

Zwischen Zeichenkunst und Mathematik:
Die darstellende Geometrie und ihre Lehrer
an den Technischen Hochschulen und deren
Vorgängern in ausgewählten deutschen
Ländern im 19. Jahrhundert

Zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Erziehungswissenschaften (Dr. paed.)

in der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften der
Bergischen Universität Wuppertal eingereichte

Dissertation

von

Nadine Benstein

Wuppertal, Januar 2019

Für Elisabeth, Hiltrud, Ulla und Marie

Die Dissertation kann wie folgt zitiert werden:

urn:nbn:de:hbz:468-20190813-141836-4

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn%3Anbn%3Ade%3Ahbz%3A468-20190813-141836-4>]

DOI: 10.25926/y1s8-7806

[<https://doi.org/10.25926/>]

Dank

Viele Menschen haben mich in den letzten nunmehr fast vier Jahren beruflich und privat auf verschiedenste Weisen unterstützt und ermutigt. Sie alle angemessen zu würdigen, würde weitere zahlreiche Seiten füllen.

Mein größter Dank gilt meinem Betreuer Prof. Dr. Klaus Volkert, der mich durch zahlreiche Gespräche beim Verfassen meiner Arbeit und durch seine Anregungen, Korrekturen und Vorschläge unterstützt hat. Ich danke ihm für die Möglichkeit, die er mir gegeben hat und die Erfahrungen, die ich machen durfte. Herrn Prof. Dr. Andreas Filler danke ich herzlich für die Erstellung des Zweitgutachtens.

Ein großer Dank gilt meinen Kolleginnen und Kollegen der Arbeitsgruppe Didaktik und Geschichte der Mathematik an der Bergischen Universität Wuppertal. Meine Zeit dort wurde durch die gute Zusammenarbeit und den regen Austausch sehr bereichert. Unter ihnen möchte ich meine Kollegin Nicola Oswald hervorheben, die mir beruflich und privat an vielen Stellen mit Rat zur Seite stand. Bei Sebastian Kitz möchte ich mich für seine Anregungen und Korrekturen bedanken.

Besonderer Dank gilt meinen Freundinnen und Freunden Christine Polaczek, Anna Potthoff, Sönke Schäfer, Aytüre Türkyilmaz und Mike Wolan für ihre Korrekturen und Anmerkungen in den letzten Zügen, die meine Arbeit bedeutend aufgewertet haben.

Zu guter Letzt danke ich Karin Leonhart für ihre tagtägliche Unterstützung, sei es durch ihre guten Ratschläge oder ihr offenes Ohr in beruflichen oder privaten Dingen. Ihren Beitrag zu meiner Arbeit, wenn auch indirekt, schätze ich besonders wert.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
I Die Entwicklung der darstellenden Geometrie und ihre Überlieferung in den deutschsprachigen Raum	7
1 Darstellende Geometrie vs. <i>Géométrie descriptive</i>	9
2 Überblick über die Geschichte der darstellenden Geometrie im engeren Sinne	21
2.1 Ursprünge des Grund- und Aufrissverfahrens	25
2.1.1 Erste Zeugnisse bis zum Ende der Antike	26
2.1.2 Baukunst im Mittelalter	31
2.1.3 Abbildungskonventionen während der Renaissance . . .	35
2.1.4 Handwerk und Bauwesen im 17. und 18. Jahrhundert .	38
2.1.5 Ein Werkzeug für die Perspektive	44
2.2 Die Begründung einer Wissenschaft durch Gaspard Monge . .	56
3 Deutschsprachige Lehrwerke der darstellenden Geometrie	75
3.1 Erste Versuche nach Monge	78
3.1.1 Weinbrenners <i>Architektonisches Lehrbuch</i> (1810)	78
3.1.2 Creizenachs <i>Anfangsgründe der darstellenden Geometrie</i> (1821)	82
3.2 Schreibers <i>Lehrbuch der Darstellenden Geometrie nach Monge's Géométrie descriptive</i> (1828/29)	85
3.3 Ausgewählte Lehrbücher der darstellenden Geometrie ab 1828	92

3.3.1	Steiners <i>Reißkunst und Perspektiv (Géométrie descriptive)</i> (1828)	93
3.3.2	Wolffs <i>Die beschreibende Geometrie und ihre Anwendungen</i> (1835)	101
3.3.3	Guglers <i>Lehrbuch der descriptiven Geometrie</i> (1841)	107
3.3.4	Pohlkes <i>Darstellende Geometrie</i> (1860)	112
3.3.5	Wieners <i>Lehrbuch der Darstellenden Geometrie</i> (1884/1887)	118
3.4	Zusammenfassung und Übersicht über weitere Entwicklungen	123

II Die darstellende Geometrie an (höheren) technischen Bildungsinstitutionen im 19. Jahrhundert 133

4 Die Entstehung des höheren technischen Bildungswesens in ausgewählten deutschen Staaten 135

4.1	Französische Vorbilder II: Die <i>École Polytechnique</i> in Paris	137
4.2	Berufsbildung zu Beginn des 19. Jahrhunderts und der Bedarf an höherer technischer Bildung	140
4.3	Die Vorgängerinstitutionen der Technischen Hochschulen	145
4.3.1	Acht Konzepte höherer technischer Bildung	149
4.3.1.1	Polytechnische Schulen	153
4.3.1.2	Höhere Gewerbeschulen	157
4.3.1.3	Technische Lehranstalten	169
4.3.2	Merkmale des „deutschen“ höheren technischen Unterrichtswesens um die Jahrhundertmitte	175
4.4	Orientierungspunkt Universität: Der Ausbau zu Technischen Hochschulen	183
4.4.1	Die Forderungen des Vereins Deutscher Ingenieure	184
4.4.2	Das „Ideal“ der Universitäten	189
4.4.3	Der Versuch der Etablierung der Lernfreiheit	191
4.4.4	Gestiegene Anforderungen an Vorbildung und Vorwissen	193
4.4.5	EXKURS: Die Entstehung eines realistischen Sekundarschulwesens	197

4.4.6	Humanisierung durch Allgemeine Abteilungen	205
4.4.7	Eine neue Ausbildungsfunktion: Lehrerbildung	208
4.5	Die verschiedenen Rollen der Mathematik innerhalb der Ent- wicklungen des höheren technischen Bildungswesens	215
4.5.1	Ihre ursprüngliche Funktion	216
4.5.2	Aufschwung durch Mathematisierung	218
4.5.3	Konsequenzen für Dozenten und Lehre	223
4.5.4	Die Antimathematik(er)bewegung	227
4.5.5	Die Etablierung technischer Forschungsmethoden am Ende des 19. Jahrhunderts	229
5	Die darstellende Geometrie als Lehrfach an höheren techni- schen Bildungsinstitutionen	233
5.1	Phasen der institutionellen Entwicklung	237
5.2	Anteile der darstellenden Geometrie am Lehrpensum der hö- heren technischen Schulen	239
5.2.1	In der Gründungsphase	241
5.2.2	Während der Ausdifferenzierung des (deutschen) poly- technischen Konzeptes	251
5.2.3	In der Übergangsphase zu Technischen Hochschulen	260
5.3	Anschlussfragen zur Funktion und zur konkreten Ausgestal- tung der Lehre und zum Wesen der darstellenden Geometrie	268
6	Lehrende der darstellenden Geometrie im 19. Jahrhundert	279
6.1	Die Ausbildung und Forschungsbeiträge der Lehrer und Lehr- stuhlinhaber der darstellenden Geometrie	282
6.1.1	Kurzbiographien und Publikationslisten	286
6.1.2	Auswertung	323
6.1.3	Zusammenfassung: Typisch darstellender Geometer?	348
6.2	Die Besetzungen der Lehrstühle für darstellende Geometrie in den 1870er und 1880er Jahren	352
6.3	Ausblick zur Lehrkörperstruktur der darstellenden Geometrie	369

7	Fazit: Hochschullehrer oder Lehrer an einer „Hochschule“? Für Mathematik oder Zeichenkunst?	373
---	--	-----

Abbildungsverzeichnis

1.1	Veranschaulichung der Projektionsarten der darstellenden Geometrie (Müller & Presler, 1903)	10
1.2	Übersicht gebräuchlicher Darstellungsmethoden der darstellenden Geometrie (Papperitz, 1909)	11
1.3	Axonometrische Darstellungsverfahren	13
2.1	(a) Grundriss eines Palastes (Perrot & Chipiez, 1882); (b) Abbild einer Wandmalerei (Lepsius, 1901)	28
2.2	Aufrisse von Bauteilen eines Tempels (Jomard, 1817)	30
2.3	Risszeichnungen eines Turmes (Roritzer, 1845)	32
2.4	Darstellung einer Pyramide mit quadratischer Basis nach der Standardkonvention des 15. Jahrhunderts	36
2.5	Darstellungen von Treppen in Grund- und Aufriss (Voch, 1788)	45
2.6	Darstellung einer Schraubenlinie (Dürer, 1525)	51
2.7	Darstellung eines Tetraeders durch Risse (Dürer, 1525)	52
2.8	Grund- und Aufrisskonfiguration (Dürer, 1525)	53
2.9	Monges Ebenenkonfiguration mit Grund- und Aufriss (Monge, 1900)	61
2.10	Darstellung einer Strecke in Grund- und Aufriss und die Bestimmung ihrer wahren Länge (Monge, 1900)	63
2.11	Risse eines Stehlagers (Salzenberg, 1842)	73
3.1	Abbildungen von Strecken in Grund- und Aufriss (Weinbrenner, 1810)	80
3.2	Veranschaulichung der Umklappung der Aufriss- in die Grundrissebene (Creizenach, 1821)	84

3.3	Titelseite zu Schreibers <i>Lehrbuch der Darstellenden Geometrie nach Monge's Géométrie descriptive</i> (1828)	86
3.4	Tafeln I und II aus Schreibers <i>Lehrbuch der Darstellenden Geometrie...</i> (1828)	89
3.5	Titelseite zum ersten Teil von Steiners <i>Reißkunst und Perspektiv (Géométrie descriptive)...</i> (1828)	94
3.6	Grundriss, Profil, Standriss und Vogelansicht (Steiner, 1828) .	97
3.7	Projektionen eines Punktes (Wolff, 1835)	103
3.8	Konstruktionsaufgaben zu gegebenen Projektionen in Grund- und Aufriss (Wolff, 1835)	105
3.9	Darstellungen regelmäßiger Körper (Gugler, 1841)	111
3.10	Verzeichnis der von Pohlke (1860) erwähnten und verwendeten Werke	115
3.11	Illustration des „Herabschlagens“ (Pohlke, 1860)	117
3.12	Illustration des Grund- und Aufrissverfahrens (Wiener, 1884) .	119
3.13	Verschiebung und Entbehren der Projektionsachse (Wiener, 1884)	121
6.1	Lehrende der darstellenden Geometrie an der Technischen Hochschule Hannover bzw. deren Vorgängerinstitutionen (Trommsdorff, 1931)	313

Tabellenverzeichnis

4.1	Übersicht über die Entwicklungsstadien der acht deutschen Technischen Hochschulen, deren Ursprungsinstitutionen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts gegründet wurden	150
4.2	Übersicht über strukturelle Veränderungen der höheren technischen Bildungsinstitutionen während der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts	188
5.1	Anteile des Unterrichts in darstellender Geometrie an den Studienjahren der acht betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen zwischen 1821 und 1840 („Gründungsphase“)	243
5.2	Anteile des Unterrichts in darstellender Geometrie an den gesamten Bildungsgängen der acht betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen zwischen 1821 und 1840 („Gründungsphase“)	250
5.3	Anteile des Unterrichts in darstellender Geometrie an den Studienjahren der acht betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen zwischen 1840 und 1870 („Ausdifferenzierungsphase“)	252
5.4	Anteile des Unterrichts in darstellender Geometrie an den gesamten Bildungsgängen der acht betrachteten technischen Lehranstalten zwischen 1840 und 1870 („Ausdifferenzierungsphase“)	258
5.5	Anteile des Unterrichts in darstellender Geometrie an den Studienjahren der acht betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen zwischen 1870 und 1899 („Übergangsphase“)	262

5.6	Anteile des Unterrichts in darstellender Geometrie an den gesamten Bildungsgängen der acht betrachteten technischen Lehranstalten zwischen 1870 und 1899	266
6.1	Übersicht über die Werdegänge (Ausbildung und Lehrtätigkeit) der Lehrenden der darstellenden Geometrie bis zur Übernahme ihrer Lehrstelle im 19. Jahrhundert	324
6.2	Zusammenstellung der Berufungen auf die Lehrstühle für Mathematik und darstellende Geometrie an den Technischen Hochschulen in den 1870er und 1880er Jahren, Teil 1	359
6.3	Zusammenstellung der Berufungen auf die Lehrstühle für Mathematik und darstellende Geometrie an den Technischen Hochschulen in den 1870er und 1880er Jahren, Teil 2	360
6.4	Übersicht über den weiteren Werdegang und die Tätigkeitsdauer der Besetzungen der Lehrstühle für Mathematik und darstellende Geometrie in den 1870er und 1880er Jahren . . .	363

Einleitung

Was aber ist der Mathematiker der technischen Hochschule ohne die darstellende Geometrie? Ein Nonsens!

(Holzmüller, 1896, 293)

Gustav Holzmüller (1844–1914), von dem das obige Zitat stammt, war zum Zeitpunkt dieser Aussage Direktor der Gewerbeschule in Hagen – zuvor, von 1872 bis 1874, Lehrer in Wuppertal beziehungsweise damals noch Elberfeld – und insbesondere am Ende des 19. Jahrhunderts bekannt als ein Verfechter der lateinlosen Sekundarschulen und Vorkämpfer für die Etablierung des höheren technischen Bildungswesens, der Technischen Hochschulen. Für letztere forderte Holzmüller, dass sie als den Universitäten ebenbürtige, aber dennoch von diesen zu unterscheidende Institutionen anerkannt werden. Die Vorgänger dieser Technischen Hochschulen entstanden während der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Abgrenzung vom und in Ergänzung zum etablierten Bildungswesen, hauptsächlich bestehend aus Gymnasium und Universität, mit dem Ziel, „höhere“ technische Bildung zu gewährleisten. Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts sollten sich diese höheren technischen Schulen dann zu universitätsähnlichen Institutionen entwickeln. Insbesondere in den ersten Jahrzehnten ihres Bestehens lag aber ihr Niveau weit unter demjenigen der Universitäten. Der Universitätsstatus wurde ursprünglich nicht angestrebt.

Die den Technischen Hochschulen oder deren Vorgängerinstitutionen eigene Ausbildungsart war für Holzmüller auf das Engste mit der darstellenden Geometrie verknüpft. In seinem Aufsatz „Über die Beziehung des mathematischen Unterrichts zum Ingenieur-Wesen und zur Ingenieur-Erziehung“ (1896) brachte er vehement sein Unverständnis gegenüber den Entwicklungen der

mathematischen Lehre an den Technischen Hochschulen während des letzten Drittels des 19. Jahrhunderts zum Ausdruck, u.a. gegenüber der Überbetonung der höheren, reinen Mathematik und gegenüber der Entfremdung von den ursprünglichen Fächern, darunter die darstellende Geometrie. Darüber hinaus kritisierte Holzmüller in besagtem Aufsatz auch, dass die darstellende Geometrie in anderen Bildungsinstitutionen nicht vertreten wäre: „Wie war es nur möglich, daß die darstellende Geometrie auf der Universität so vollständig vernachlässigt wurde? [...] Warum haben uns unsere Lehrer dies nicht gelehrt? Weil sie selbst nicht zeichnen konnten“ (ebd., 292–293).

In Holzmüllers Aussagen bzw. Fragen zeigt sich nicht nur, dass die darstellende Geometrie im deutschen (höheren) allgemeinbildenden Bildungswesen keinen festen Platz hatte, sondern auch ihre enge Verbindung zum Zeichnen. Die darstellende Geometrie beschäftigt sich mit der zweidimensionalen Darstellung dreidimensionaler Gebilde auf Grundlage mathematischer bzw. geometrischer Prinzipien durch Zeichnung. Eine gewisse Zeichenkompetenz ist Voraussetzung für die Ausübung der darstellenden Geometrie, umgekehrt schult sie aber auch die Zeichenfähigkeiten. Bei der Vermittlung der darstellenden Geometrie können verschiedene Schwerpunkte gesetzt werden, die das Zeichnen mehr oder weniger in den Vordergrund rücken. Die darstellende Geometrie selbst kann als Teilgebiet der Geometrie zwar der Mathematik zugeordnet werden, man kann sie aber auch als „Zeichenkunst“¹ vermitteln, indem man nicht die geometrischen Prinzipien, die sich hinter den Darstellungen verbergen, fokussiert, sondern sich darauf beschränkt, die Lernenden für bestimmte Anwendungskontexte gewissermaßen mechanisch zu schulen. Die enge Verbindung zum Zeichnen bzw. die Tatsache, dass Zeichnungen das Ausdrucksmittel der darstellenden Geometrie verkörpern, führt – neben der Assoziation mit dem technischen Bildungswesen – zu der Annahme, dass die darstellende Geometrie im 19. Jahrhundert im Allgemeinen eine Sonderrolle innerhalb der Mathematik inne hatte. Auch Scriba & Schreiber sprechen von einer „tiefen Kluft zwischen Mathematik und darstellender Geometrie“ (vgl.

¹Diese Bezeichnung ist einer Äußerung Papperitz' entlehnt, die zu einem späteren Zeitpunkt in dieser Arbeit, im Kontext der Annäherung an die Geschichte der darstellenden Geometrie, noch vollständig zitiert werden wird (vgl. Papperitz, 1901, 11).

Scriba & Schreiber, 2010, 389). Karl Pohlke, im 19. Jahrhundert Lehrer der darstellenden Geometrie an Bau- und Gewerbeakademie in Berlin, der mit seinem Lehrwerk zur darstellenden Geometrie (1860) einen wichtigen Beitrag zu deren Weiterentwicklung leistete, erklärte diese Kluft wie folgt:

Für Mathematiker existieren die geometrischen Gebilde nur in der Vorstellung in vollkommener Genauigkeit; alle Darstellungen durch Zeichnungen sind ungenügend [...]. Der Mathematiker hat demnach die annähernde Richtigkeit der Darstellung und der aus ihr hergeleiteten Resultate stets zu prüfen, und die Constructionen der darstellenden Geometrie können für ihn nur geringen Werth haben. (Pohlke, 1860a, 1–2)

Dieses Spannungsfeld, zwischen Zeichenkunst und Mathematik, bildet den Rahmen für die Untersuchungen der darstellenden Geometrie an höheren technischen Lehranstalten im 19. Jahrhundert in dieser Arbeit. Es spiegelt mögliche Schwerpunkte in der Lehre der darstellenden Geometrie wider, und zwar einerseits einen eher praktisch und andererseits einen eher theoretisch orientierten Zugang zu diesem Fach. Der Beitrag, den das höhere technische Bildungswesen zur Verbreitung und Weiterentwicklung der darstellenden Geometrie leistete, soll erfasst und dabei auch die mutmaßliche „Sonderrolle“ dieser Disziplin unter den mathematischen Fächern ergründet werden.

Viele Untersuchungen über verschiedene Aspekte, die Lehre der Mathematik an den Technischen Hochschulen und ihren Vorgängern im 19. Jahrhundert betreffend, haben die Mathematik im Gesamten betrachtet – allzu häufig wurde die darstellende Geometrie dabei mit einbezogen. In der vorliegenden Arbeit wird die darstellende Geometrie separat betrachtet, um Aufschluss über ihr Wesen als (mathematische) Disziplin und insbesondere als Lehrfach im (höheren) technischen Bildungswesen zu erhalten. Die wichtigste Rolle wird dabei den Lehrenden dieses Faches in den entsprechenden Bildungsinstitutionen zugeschrieben, weil angenommen wird, dass diese als „Vertreter“ der darstellenden Geometrie für ihre Verbreitung und – formuliert man die gleichen Ansprüche, die für Universitätsprofessoren galten – Weiterentwicklung verantwortlich waren.

Diese Arbeit ist in zwei Teile unterteilt: Teil I behandelt die Entwicklung der darstellenden Geometrie im Allgemeinen, aber insbesondere im deutschsprachigen Raum im 19. Jahrhundert, Teil II setzt sich mit der Funktion der darstellenden Geometrie im relevanten institutionellen Kontext, dem höheren technischen Bildungswesen, auseinander. In Teil I wird zunächst das dieser Arbeit zugrundeliegende Verständnis der darstellenden Geometrie vorgestellt (Kapitel 1). Darauf folgt ein Überblick über die Geschichte der darstellenden Geometrie im engeren Sinne, das heißt des Grund- und Aufrissverfahrens, welches sowohl für die Etablierung der darstellenden Geometrie, als auch für den technischen Bildungskontext maßgeblich war (Kapitel 2). Zeichnerische Darstellungen der Dreidimensionalität existierten als Kommunikations- oder Ausdrucksmittel wahrscheinlich so lange wie die Menschheit selbst, eine Sache der Mathematik wurden diese Darstellungen aber erst spät: Der Ursprung der darstellenden Geometrie als mathematische Wissenschaft wird generell am Ende des 18. Jahrhunderts in Frankreich verortet, wo Gaspard Monge seine *Géométrie descriptive* (1798) veröffentlichte und an der *École Polytechnique* (und an der *École Normale*) in Paris lehrte. Bevor in Kapitel 2.2 das Verdienst Monges um die Begründung der darstellenden Geometrie als mathematische Wissenschaft erörtert wird, wird im vorangehenden Kapitel 2.1 die Entwicklung von Darstellungen durch orthogonale Parallelprojektionen, die die Grundlage für Monges Grund- und Aufrissverfahren bilden, skizziert.

30 Jahre nach der Veröffentlichung Monges und der Gründung der mit der *Géométrie descriptive* eng verbundenen *École polytechnique* war der Einfluss dieser Geschehnisse im deutschsprachigen Raum zu spüren. Die ersten Lehrbücher, die Monges darstellende Geometrie in dieses Gebiet überlieferten, wurden veröffentlicht. Die späteren Lehrwerke zu Themen der darstellenden Geometrie, von denen einige Beispiele in dieser Arbeit (Kapitel 3) vorgestellt werden, um die Entwicklung dieser Disziplin zu erfassen, verdeutlichen, dass die darstellende Geometrie zwar anfänglich im Monge'schen Stil übermittelt, aber schnell in den Kontext anderer Darstellungsmethoden eingebettet und so weiterentwickelt wurde.

Teil II beginnt mit der Betrachtung des für diese Arbeit und die darstellende Geometrie relevanten institutionellen Lehr- und Lernkontextes: Die Ent-

stehung Polytechnischer Schulen zur Gewährleistung „höherer“ technischer Bildung – als mögliche Pendants der *École Polytechnique* in Frankreich – und ihre Entwicklung zu Technischen Hochschulen im deutschsprachigen Gebiet bis zum Ende des 19. Jahrhunderts sollen nachvollzogen werden (Kapitel 4). Die häufig proklamierte Vorbildfunktion der *École Polytechnique* in Paris für die höheren technischen Schulen im deutschsprachigen Raum hätte sich u.a. in den hohen Anteilen, die die darstellende Geometrie im Lehrplan einnahm, manifestiert (vgl. Schubring, 2018). Neben der Ergründung des Einflusses, den das französische institutionelle Vorbild auf die Ausgestaltung des deutschen technischen Unterrichtswesens hatte, ist es das Ziel dieses Kapitels, sowohl für die acht in dieser Arbeit betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen spezifische Organisationsformen als auch gemeinsame, charakteristische Merkmale aller Institutionen zu verschiedenen Zeitpunkten im 19. Jahrhundert herauszuarbeiten. So gelangen wir zu einem Phasenmodell der Entwicklung der Technischen Hochschulen im betrachteten Gebiet in dieser Zeit. Diese Phasierung dient im folgenden Kapitel als Leitfaden für die Untersuchung der Lehrpläne der höheren technischen Bildungsinstitutionen hinsichtlich der Anteile der darstellenden Geometrie im Unterrichtsbetrieb dieser Lehranstalten (Kapitel 5). Im letzten Kapitel werden dann die Lehrenden der darstellenden Geometrie im 19. Jahrhundert in ihren Rollen als Vertreter dieser Disziplin betrachtet (Kapitel 6). Zum einen sollen, wie weiter oben geschildert wurde, deren Beiträge zur Verbreitung und Weiterentwicklung der darstellenden Geometrie untersucht werden, aber auch die Voraussetzungen, die an eine solche Lehrstelle geknüpft waren (Kapitel 6.1). Zum anderen werden diese Lehrstellen mit denjenigen ihrer Kollegen der Mathematik an den Technischen Hochschulen verglichen. Es wird überprüft, ob und inwiefern sich die vermutete Sonderrolle der darstellenden Geometrie unter den mathematischen Disziplinen durch die Betrachtung des Lehrpersonals bestätigen lässt (Kapitel 6.2).

Die nachfolgenden Untersuchungen beschränken sich auf die Entwicklungen des technischen Unterrichtswesens (und damit der darstellenden Geometrie) während des 19. Jahrhunderts, also bis zu dem Zeitpunkt, zu dem die Technischen Hochschulen das Promotionsrecht erhielten. Die Entwicklung

der Technischen Hochschulen galt damit allgemein als abgeschlossen. Territorial wird zunächst die Einschränkung gemacht, nur diejenigen höheren technischen Institutionen einzubeziehen, die im Gebiet der heutigen Bundesrepublik gegründet wurden. Weitere zeitliche und territoriale Einschränkungen werden an entsprechenden Stellen in dieser Arbeit kommentiert. Wird im Folgenden vom „deutschsprachigen Gebiet“ die Rede sein, werden zum Beispiel die heutige Schweiz und das heutige Österreich mit einbezogen.

Teil I

Die Entwicklung der darstellenden Geometrie und ihre Überlieferung in den deutschsprachigen Raum

Kapitel 1

Darstellende Geometrie vs. *Géométrie descriptive*

Die darstellende Geometrie beschäftigt sich mit der zweidimensionalen Abbildung dreidimensionaler Gebilde durch Projektionen – eine Umschreibung, die es im Laufe dieses Kapitels zu spezifizieren gilt. Die Bezeichnung „darstellende Geometrie“ ist nicht immer einheitlich verwendet worden, sowohl innerhalb des betrachteten Zeitraums, also während des 19. Jahrhunderts, im deutschsprachigen Raum als auch über die Grenzen dieses Gebietes hinaus. In diesem Kapitel soll eine begriffliche und inhaltliche Eingrenzung der darstellenden Geometrie als mathematische Disziplin im deutschsprachigen Raum gegeben werden, die sich recht früh im 19. Jahrhundert angedeutet, im Laufe dessen entwickelt und spätestens zu Beginn des 20. Jahrhunderts verfestigt hat. Es wird hier nicht der Anspruch erhoben, eine vollständige Definition zu liefern; insbesondere wird später in Kapitel 3 im Rahmen der Vorstellung deutscher Lehrbücher zu diesem Thema für jedes Werk das jeweils zugrunde gelegte Verständnis dieser Disziplin vorgestellt. Vielmehr soll an dieser Stelle eine ursprünglich im Gegensatz zum französischen Pendant spezifische Nutzung des Begriffs der darstellenden Geometrie im deutschsprachigen Raum aufgezeigt werden.

Projektionsverfahren Bei der zweidimensionalen Darstellung dreidimensionaler Objekte auf Grundlage mathematischer bzw. geometrischer Prinzi-

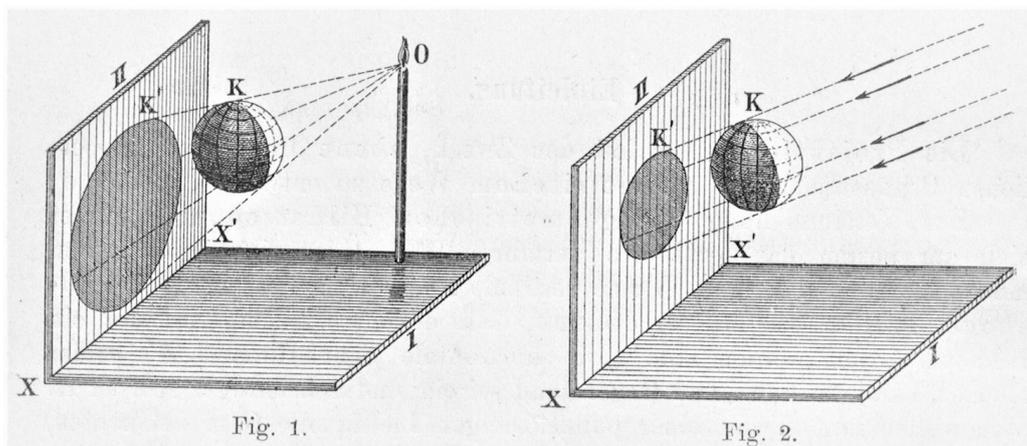


Abbildung 1.1: Veranschaulichung der Zentralprojektion (Fig. 1) und der schrägen Parallelprojektion (Fig. 2) aus dem Schulbuch *Leitfaden der Projektions-Lehre* für Realgymnasien und Oberrealschulen (vgl. Müller & Presler, 1903, 2)

pien, also durch Projektion, wird durch jeden Punkt des darzustellenden Objektes eine Gerade („projizierender Strahl“) gelegt. Zusätzlich wählt man eine feste Ebene, die Bildebene. Der zu einem Punkt gehörende Bildpunkt ist der Schnittpunkt des projizierenden Strahles mit der Bildebene. Man kann zwischen der Parallel- und der Zentralprojektion unterscheiden. Bei Letzterer existiert ein sogenanntes Projektionszentrum, durch das alle projizierenden Strahlen verlaufen (siehe Abbildung 1.1 links, Fig. 1). Bei der Parallelprojektion sind die projizierenden Strahlen zueinander parallel. Diese kann weiterhin bezüglich der Stellung der Bildebene klassifiziert werden: Bei der schrägen Parallelprojektion steht die Bildebene in einem beliebigen von 90° verschiedenen Winkel zu den projizierenden Strahlen (siehe Abbildung 1.1 rechts, Fig. 2), im Fall von 90° handelt es sich um die orthogonale Parallelprojektion.

Diese Projektionsmethoden finden in verschiedenen Darstellungsverfahren Anwendung. Eine Zusammenstellung der Verfahren zur Darstellung dreidimensionaler Objekte in der Ebene findet sich beispielhaft in Abbildung 1.2, die dem Kapitel „Darstellende Geometrie“ aus der *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften unter Einschluss ihrer Anwendungen* (1909)

Übersicht der gebräuchlichen Darstellungsmethoden.

A. Parallelprojektion.

1. *Grund- und Aufrißverfahren.* Orthogonale Projektion auf zwei rechtwinklige Tafeln. Charaktere: Projektionen und Spurelemente.
2. *Orthogonale axonometrische Projektion* auf eine Tafel. Angabe des Achsenkreuzbildes und der Achsenmaßstäbe.
3. *Kotierte Projektion* (topographisches Verfahren). Orthogonale Projektion auf eine Ebene mit Angabe der Koten (Höhenmaßzahlen).
4. *Freie schiefe Projektion* auf eine Tafel mit Angabe eines Projektionsdreiecks. Charaktere: Projektionen, Spur- und Hilfselemente.
5. *Schiefe axonometrische Projektion* auf eine Tafel. Angabe des Achsenkreuzbildes und der Achsenmaßstäbe.
6. *Angewandte schiefe Projektion* (Kavalier-, Militär- oder Vogelperspektive). Grundriß (Aufriß) mit Angabe des Verkürzungsverhältnisses der schief projizierten Höhen (Tafelabstände)³⁰.

B. Zentralprojektion.

7. *Freie Perspektive.* Zentralprojektion auf eine Tafel mit Angabe des Hauptpunktes und des Distanzkreises. Charaktere: Projektionen, Spur- und Fluchtelemente.
8. *Axonometrische Perspektive.* Zentralprojektion auf eine Tafel mit Benutzung der Fluchtmaßstäbe für Breiten und Höhen oder Tiefen (veraltetes Verfahren).
9. *Angewandte Perspektive* (architektonisches Verfahren). Zentralprojektion auf eine Tafel, ausgehend vom Grund- und Aufriß. Angabe der Grundlinie, des Horizontes, des Hauptpunktes und der Distanz.

Abbildung 1.2: „Übersicht der gebräuchlichen Darstellungsmethoden“ der darstellenden Geometrie (vgl. Papperitz, 1909, 539)

verfasst von Erwin Papperitz¹ entnommen ist. Unter Punkt 1 steht dort das sogenannte Grund- und Aufrissverfahren, bei welchem zwei orthogonale Parallelprojektionen desselben Objektes auf zwei zueinander orthogonale Bildebenen durchgeführt und in einer Ansicht dargestellt werden.² Durch die orthogonale Parallelprojektion von oben entsteht der Grundriss, durch diejenige von vorne der Aufriss. Lage und Position des Objektes bezüglich der Bildebenen können dabei frei gewählt werden. Teilweise werden, insbesondere im Kontext technischer Zeichnungen, diese beiden Risse noch mit einer dritten Ansicht von der Seite, dem Seitriss, kombiniert. So kann zum Beispiel bei quaderförmigen Objekten, welche man häufig unter den für die Produktion, den Maschinenbau etc. relevanten Objekten findet, die Lage der Projektionsebenen parallel zu den Außenflächen des abzubildenden Objektes gewählt werden, was die Abbildung durch die orthogonale Parallelprojektion einerseits vereinfacht, weil die wahren Umrisse abgebildet werden können, und andererseits die Abbildung anschaulicher macht. Dann spricht man von der Mehrtafelprojektion. Bei den Verfahren der Zentralprojektion (siehe Abbildung 1.2 unter B.) wird immer nur auf eine Bildebene abgebildet. Bei den sogenannten axonometrischen Verfahren („Schiefe axonometrische Projektion“, Punkt 5 bei Papperitz) findet u.a. die schräge Parallelprojektion Anwendung. Hierbei wird ein dreidimensionales Koordinatensystem samt des abzubildenden Objektes in schräger Parallelprojektion auf einer Bildebene dargestellt. Bei den Darstellungen durch die „Angewandte schiefe Projektion“ (Punkt 6), wie Papperitz sie nennt, handelt es sich um spezielle Anwendungen der schiefen axonometrischen Projektion. Das Koordinatensystem, d. h. die Winkel zwischen den Achsen und die Abstände der Achseneinteilungen, wird dabei je nach gewünschter Anschaulichkeit gewählt (siehe Abbildung 1.3). Ein gleiches Verfahren kann mit der orthogonalen Parallelprojektion durchgeführt werden. Auch für die Zentralprojektion existiert ein axonometrisches Ver-

¹Erwin Papperitz (1857–1938) wirkte sowohl an der Technischen Hochschule in Dresden als auch an der Bergakademie in Freiberg als Lehrer bzw. Professor für Mathematik und darstellende Geometrie.

²In Kapitel 2.2 wird dieses Verfahren im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Begründung der darstellenden Geometrie durch Gaspard Monge, der dieses Verfahren am Ende des 18. Jahrhunderts in Frankreich systematisch aufgearbeitet hat, noch ausführlich vorgestellt.

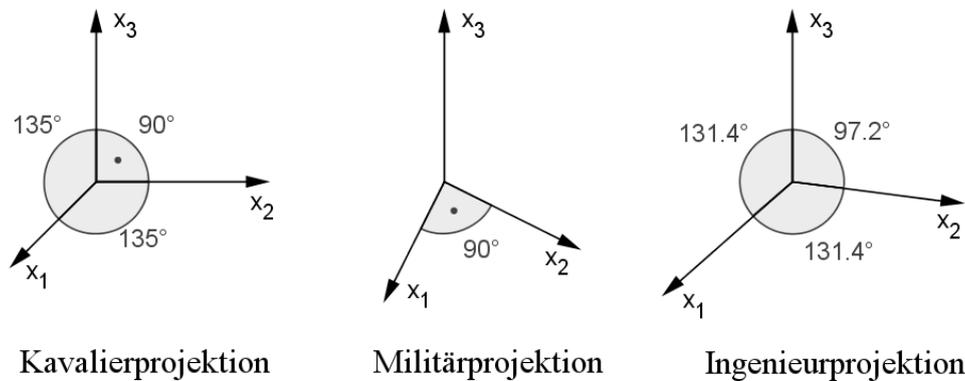


Abbildung 1.3: Axonometrische Darstellungsverfahren

fahren, bei welchem man, anstatt ein Koordinatensystem mit abzubilden, Fluchtmaßstäbe, also Skalierungsfaktoren, für die Ausdehnungen des dargestellten Objektes nutzt (Punkt 8). Bildet man bei der orthogonalen Parallelprojektion auf eine Ebene kein Koordinatensystem mit ab, sondern versieht diese Darstellung mit Koten (Höhenmaßzahlen), ergibt sich das Verfahren der kotierten Projektion (Punkt 3).

In der Auflistung von Papperitz (Abbildung 1.2) fehlen weitere Verfahren, wie zum Beispiel die Photogrammetrie, bei welcher aus zwei vorhandenen Photographien ein Grund- bzw. Aufriss erstellt wird, oder die sogenannte Reliefperspektive, mit der man versucht, den dreidimensionalen Effekt in der zweidimensionalen Abbildung aufrecht zu erhalten. Dies geschieht dadurch, dass es sich bei dieser Darstellungsart geometrisch aufgefasst um eine Zentral-kollineation räumlicher Figuren handelt (vgl. Papperitz, 1909, 579). Es zeigt sich, dass die verschiedenen Projektionsmethoden einerseits und die daraus resultierenden Darstellungsverfahren andererseits gleichwertig zu den Mitteln der darstellenden Geometrie gezählt und sogar zur Lösung von Aufgaben der darstellenden Geometrie kombiniert werden.

Begrifflichkeit Die Bezeichnung „darstellende Geometrie“ entstammt dem späten 18. Jahrhundert beziehungsweise, im Deutschen, dem frühen 19. Jahrhundert. Geprägt wurde im Französischen der Begriff *Géométrie descriptive*

am Ende des 18. Jahrhunderts von Gaspard Monge, dessen Name im Kontext ihrer Entwicklung zu einer wissenschaftlichen Disziplin unweigerlich immer fällt. Monge habe diese Wissenschaft am Ende des 18. Jahrhunderts in Frankreich begründet (vgl. z. B. ebd., 522).³ Aufgrund seiner wissenschaftlichen Aufarbeitung dieses Verfahrens wurde im Zusammenhang mit Monge die Bezeichnung „darstellende Geometrie“ häufig für das Grund- und Aufrissverfahren verwendet. Friedrich Weinbrenner, Autor des ersten deutschen Lehrwerkes über Themen der darstellenden Geometrie (*Architektonisches Lehrbuch*, 1810)⁴, nutzte beispielsweise u.a. die französische Bezeichnung *Géométrie descriptive*, um zu verdeutlichen, dass er die Methode nach Monge, das Grund- und Aufrissverfahren, im ersten Teil seines Werkes behandelte. Er stellte diese Methode als eine von mehreren, die er in seinen Büchern thematisierte, vor. Auch in Wilhelm Butz' *Anfangsgründe der darstellenden Geometrie ...* (1870), einem Lehrbuch für den Unterricht an Realschulen,⁵ findet sich noch immer eine (sprachliche) Unterscheidung und zwar zwischen der darstellenden Geometrie im weiteren und im engeren Sinne, wobei sich die letztere Bezeichnung auf die Methode nach Monge bezog (vgl. Butz, 1870). Die „darstellende Geometrie im engeren Sinne“ bezeichnete Butz auch als *Géométrie descriptive*, um ebenfalls zu verdeutlichen, dass damit das Grund- und Aufrissverfahren nach Monge gemeint war. Die darstellende Geometrie im weiteren Sinne bezieht neben der orthogonalen Parallelprojektion aber weitere Projektionsmethoden und daraus resultierende Darstellungsverfahren mit ein, wie es auch durch Papperitz' Übersicht verdeutlicht wird (siehe 1.2). Noch bis ins 20. Jahrhundert fanden diese Bezeichnungen Verwendung, wie es folgende Aussage von Timerding illustriert: „Ich habe hier

³Der Versuch einer Beurteilung der Rolle Monges findet sich in Kapitel 2.2.

⁴In Kapitel 3 wird dieses Werk ausführlicher behandelt.

⁵Realschulen und weitere Sekundarschulformen des 19. Jahrhunderts werden in Kapitel 4 im Zuge der Frage nach adäquater Vorbildung für höhere technische Bildungsanstalten noch vorgestellt. Bei den sogenannten „Anfangsgründen“ handelte es sich im 18. Jahrhundert noch um elementare Lehrwerke, die für die vorbereitenden Studien an Universitäten geschrieben wurden, im 19. Jahrhundert wurden diese auch für Schulen im Sekundarschulbereich geschrieben. Über die Funktion der Anfangsgründe für die Lehre der Mathematik an deutschen und französischen Universitäten sei das Werk *Teaching the Mathematical Sciences at French and German Universities during the 18th century* empfohlen (Confalonieri & Kröger, 2016).

nur von dem Grund- und Aufrißverfahren gesprochen, von der darstellenden Geometrie im engeren Sinne, im Sinn Monges: wie ich sagen möchte, von der eigentlich technischen Geometrie. In dieser erschöpft sich die darstellende Geometrie, wenn wir der Bedeutung des Wortes nachgehen, aber keineswegs“ (Timerding, 1910, 16). Das weiter gefasste Verständnis der darstellenden Geometrie herrschte im deutschsprachigen Raum vor. Auch Monge selbst kommentierte im Übrigen im Zusammenhang mit dem *Supplement*, einer Erweiterung seines Werkes von 1812, verfasst von seinem Schüler bzw. Assistenten Hachette, welches die Anwendungen der darstellenden Geometrie auf die Theorien des Schattenwurfs und des Perspektivzeichnens enthält, dass die Auswahl dieser Inhalte als Weiterführung der darstellenden Geometrie natürlich sei und dass sie die Wissenschaft der *géométrie descriptive* im engeren Sinne ergänzen würden (vgl. Paul, 1980, 184).

Für die gesamte Wissenschaft im weiteren Sinne wurden im Deutschen die Bezeichnungen „deskriptive“, „darstellende“ und „beschreibende“ Geometrie weitgehend synonym verwendet (vgl. Papperitz, 1909, 520),⁶ wie es sich beispielsweise auch in den Titeln deutscher Lehrbücher aus dem 19. Jahrhundert widerspiegelt, die weder einheitlich sind (z. B. wählten Michael Creizenach (1821) und Guido Schreiber (1828/29) „darstellend“ für ihren Titel, Ferdinand Wolff (1835) „beschreibend“ und Bernhard Gugler (1841) „deskriptiv“), noch durch die Wahl eines der Begriffe Rückschlüsse auf bestimmte Inhalte zuließen.

Bedeutung und Inhalte Das im deutschsprachigen Raum vorherrschende weitere Verständnis der darstellenden Geometrie, das über das Grund- und Aufrißverfahren hinausging, zeigt sich zum Beispiel auch im Eintrag „Geometrie, descriptive“ in der *Allgemeinen Encyclopädie der Wissenschaften und Künste* von 1854:

Obschon nun die Frage, auf welche Weise Raumgebilde am zweckmässigsten durch Zeichnungen in einer Ebene versinnlicht werden

⁶Im Folgenden werden diese Begriffe, insofern nicht anders hervorgehoben, ebenso synonym verwendet. Wenn die Bezeichnung nicht weiter spezifiziert wird, handelt es sich um die darstellende Geometrie im weiteren Sinne, wie sie in diesem Kapitel definiert wird.

können, eine ursprünglich praktische und hauptsächlich durch die Baukunst und Maschinenlehre gestellt war, so ist sie doch dadurch zu einer rein theoretischen geworden, daß man ihre Beantwortung nicht der subjectiven Willkür des Einzelnen überlassen konnte, die bald diese, bald jene Darstellungsform für die anschaulichere gehalten haben würde, sondern, daß man vielmehr auf die Entdeckung allgemein gültiger Gesetze ausgehen mußte, deren mathematische Nothwendigkeit dann von selber zu einer Einheit in den Zeichnungsmethoden führen mußte. Den Inbegriff dieser mathematisch begründeten Zeichnungsmethoden gibt die descriptive oder darstellende Geometrie; sie besteht, wie sich nach dem Vorigen erwarten läßt, aus zwei Theilen, einem theoretischen und einem praktischen; der erste enthält die Behandlung der sich darbietenden Fundamentalaufgaben, der zweite zeigt die mannichfaltigen Anwendungen derselben zur bildlichen Darstellung von Gegenständen des praktischen Lebens (Bauwerken, Maschinen u.). (Schlömilch, 1854, 244)

Zusammenfassen läßt sich das Verständnis der darstellenden Geometrie in diesem Eintrag als Zusammenstellung mathematisch begründeter Zeichnungsmethoden zum Zweck der Darstellung räumlicher Gebilde in der Ebene. Auf den folgenden Seiten des zitierten Eintrags wird dann sowohl die orthogonale als auch die perspektivische Projektion thematisiert.⁷ Außerdem liest sich aus diesem Eintrag das Verständnis der darstellenden Geometrie heraus, das zur Mitte des 19. Jahrhunderts sowohl in Lehrbüchern (siehe Kapitel 3) als auch im Unterricht an den höheren technischen Bildungsinstitutionen (siehe Kapitel 5) verbreitet war: Das Grund- und Aufrissverfahren, die darstellende Geometrie im engeren Sinne, galt als theoretische Grundlage für verschiedene

⁷Die im Kontext der orthogonalen Parallelprojektion behandelten „Fundamentalaufgaben“ sind die Projektion der Grundelemente (Punkt, Gerade und Ebene) und deren Lagebeziehungen, krumme Flächen und deren Durchschnitte und die konstruktive Durchführung von Verschiebungen und Drehungen. Im Zusammenhang mit der so genannten „perspektivischen Projektion“ werden u.a. die Darstellung von Gebilden in der Grundebene, die Wahl der Distanz und die Abbildung räumlicher Gebilde mit Hilfe von Grund- und Aufriss erläutert.

Anwendungsbereiche, und zwar zählten dazu zu jener Zeit auch die Perspektive und die Schattenlehre neben technischen Bereichen wie dem Maschinen- oder Bauzeichnen, dem Steinschnitt oder Handwerk.⁸

In der *Encyklopädie des gesammten Erziehungs- und Unterrichtswesens* von 1860 wird die „Geometrie, descriptive (darstellende, beschreibende)“ folgendermaßen definiert:

Die wesentliche Bedeutung der descriptiven Geometrie liegt darin, daß sie die Mittel gewährt, Aufgaben aus der Geometrie des Raumes auf graphischem Wege (durch Zeichnung) zu lösen. Während bei einer Aufgabe aus der Geometrie der Ebene die wirkliche, mittels Zirkels und Lineals zu bewerkstelligende Ausführung der durch Verstandesschlüsse gefundenen Lösung sich von selbst ergibt, hört die Möglichkeit solcher Ausführung schon mit den Elementen der Stereometrie auf; nur in mittelbarer Weise lehrt sie wieder, wenn die räumlichen Gebilde selbst durch hinreichend bestimmte Abbildungen auf einer Ebene vertreten werden und man die im Raum unausführbaren Constructionen durch entsprechende an jenen Abbildungen (Projectionen) vorzunehmende Constructionen zu ersetzen weiß, deren Ergebnisse einen Rückschluss auf den Raum gestatten. Hiernach läßt sich (den Begriff der „Projection“ als vorausgeschickt angenommen) die descriptive Geometrie definieren als ein Zweig der angewandten Mathematik, welcher die Untersuchung und Bewerthung der zwischen räumlichen Gebilden und ihren Projectionen stattfindenden Beziehungen zum Gegenstand hat. [...] [S]ie ist die wissenschaftliche Grundlage alles construirenden Zeichnens räumlicher Gestalten. (Gugler, 1860, 715–716)⁹

⁸Oskar Schlömilch (1832–1901), Verfasser dieses Eintrags und zu dieser Zeit Professor für Mathematik an der Technischen Schule in Dresden, galt als einer der ersten „echten Mathematiker“, die an eine höhere technische Schule berufen wurden – zur Entwicklung der Rolle der Mathematik an höheren technischen Bildungsinstitutionen sei an dieser Stelle auf Kapitel 4.5 verwiesen. Interessant ist, dass hier das Verständnis eines Mathematikers von der darstellenden Geometrie dargestellt ist, welches diese Disziplin recht deutlich für die Anwendungen funktionalisierte und stark auf „Zeichnungsmethoden“ reduzierte.

⁹Bernhard Gugler (1812–1880) unterrichtete von 1843 bis 1880 darstellende Geometrie

Diese Beschreibung hebt die theoretische, die mathematische, Seite der darstellenden Geometrie hervor, das Augenmerk liegt auf der Lösung raumgeometrischer Probleme in der Ebene und der eindeutige Zusammenhang zwischen dem Original und dessen Abbild wird in den Mittelpunkt gestellt. Das Mittel dazu ist die Projektion, die auch hier nicht auf eine bestimmte Projektionsart reduziert wird.¹⁰ Laut Papperitz ist es genau diese „eindeutige, wechselseitige Korrespondenz“ zwischen dem Original und seinem Bild, die vorliegen muss, damit die darstellende Geometrie nicht „bloße Zeichenkunst“, sondern eine Wissenschaft ist:

Man muß also nicht nur von dem darzustellenden Gegenstande, dem Original, nach genauer Vorschrift, die auf der Definition des Objektes fußt, zu seinem Bilde übergehen können, sondern auch umgekehrt aus dem Bilde unzweideutig auf die geometrischen Eigenschaften des Originales und auf seine Lagebeziehungen zu anderen Objekten zurückschließen können. (Papperitz, 1909, 521)

Die Möglichkeit zu eindeutigen Rückschlüssen über das abgebildete Objekt bildet die Voraussetzung für die Lösung dreidimensionaler Probleme mit eben diesen zweidimensionalen Abbildungen (Wiener, 1884, 1–2). Allgemein kann man der darstellenden Geometrie also zwei Hauptaufgaben zuordnen: die – in verschiedenen Hinsichten eindeutige – zweidimensionale Abbildung dreidimensionaler Gebilde und die Möglichkeit der konstruktiven Lösungen raumgeometrischer Probleme in der Ebene. Dabei können hinsichtlich der ersten Aufgabe, der eindeutigen Darstellung, verschiedene Darstellungszwecke unterschieden werden: Wiener differenziert zum Beispiel zwischen Abbildungen, die „auf Erzielung eines möglichst übereinstimmenden Eindrucks gerichtet“ sind, also dem Selbstzweck dienen, welchen er die Darstellungsformen Perspektive, Beleuchtungslehre und Reliefperspektive zuordnet, und denjenigen Darstellungsformen, die er „als Hilfsmittel zur Auflösung von Aufgaben

an der Polytechnischen Schule in Stuttgart. Sein Lehrwerk wird in Kapitel 3 vorgestellt und seine Tätigkeit als Lehrender der darstellenden Geometrie in Kapitel 6.1.

¹⁰In der folgenden Auflistung von „Gruppen unter sich verwandter Aufgaben“ werden Schattenkonstruktionen, die orthogonale Projektion, die Zentralprojektion, das Axonometrische Zeichnen, Kartographie usw. genannt (Gugler, 1860, 716).

über Raumgebilde“ bezeichnet, denen er die Parallelprojektion, insbesondere die orthogonale, zuordnet (vgl. ebd., 1–2). Die orthogonale Parallelprojektion liefert weniger anschauliche Bilder als die schräger Parallel- oder die Zentralprojektion, ermöglicht aber die wahren Ausmaße der dargestellten Objekte leichter abzulesen.

Stäckel kommentierte zu Beginn des 20. Jahrhunderts: „Das Verfahren von Monge steht noch immer im Vordergrund; vielfach zeigt sich aber das Bestreben, die darstellende Geometrie als die Gesamtheit der zeichnerischen Methoden aufzufassen, die zur Beherrschung räumlicher Beziehungen dienen [...]“ (Stäckel, 1914, 165). Die eingangs erwähnten, von deutschen Autoren verwendeten Begrifflichkeiten betreffend die darstellende Geometrie – also die sprachliche Abgrenzung der Methoden nach Monge bzw. die Spezifizierung der darstellenden Geometrie in einen engeren und einen weiteren Sinne – schon während des 19. Jahrhunderts zeigen aber, dass sie schon viel früher weiter aufgefasst wurde. Die dieser Arbeit zugrunde liegende Auffassung der darstellenden Geometrie ist ebenso eine weitere: Es handelt sich um geometrische Darstellungsverfahren durch Projektion zur zweidimensionalen Abbildung dreidimensionaler Objekte, die neben verschiedenen Darstellungszwecken teilweise auch ermöglichen, eindeutige Rückschlüsse auf das Original zuzulassen und damit konstruktive Operationen in der Ebene durchzuführen. Eine weitere begriffliche Differenzierung der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne, die die Entwicklung bzw. Ausweitung darstellend-geometrischer Methoden im 19. Jahrhundert treffender repräsentiert, wird am Ende des Kapitels 3 in Abschnitt 3.4 noch vorgestellt.

Kapitel 2

Überblick über die Geschichte der darstellenden Geometrie im engeren Sinne

Die Methoden beziehungsweise Verfahren der darstellenden Geometrie sind älter als die Disziplin selbst (vgl. Timerding, 1910, 3). Die Geschichte der darstellenden Geometrie führt uns weit zurück bis zu den ersten Anfängen menschlicher Kultur (vgl. Papperitz, 1909, 521). Die Herausforderung, dreidimensionale Objekte auf zweidimensionalen Oberflächen darzustellen, ist eine alte; durch alle Zeitalter hindurch haben Künstler und Handwerker in vielen Zivilisationen verschiedene Lösungen dieses Problems gefunden, wobei eine generelle Tendenz wahrnehmbar ist, an einem System für eine bestimmte Zeit in einer bestimmten Kultur festzuhalten (vgl. Andersen, 2007, 2). Zeugnisse für Versuche, dreidimensionale Gebilde zweidimensional abzubilden, gibt es mindestens aus dem 15. Jahrhundert v. Chr. beispielsweise in der Form von ägyptischen Papyrusbildern, Wandgemälden oder Reliefs (vgl. Burmester, 1906, 3). Hierbei sei betont, dass sich die Vorläufer der darstellenden Geometrie bis ins 18. Jahrhundert primär auf deren erste Aufgabe, die Darstellung dreidimensionaler Objekte in der Ebene, beziehen. Die Rekonstruktion des Originals und die Möglichkeit der geometrischen Operationen am Bild in der Ebene kommen erst später auf: „Anfangs wurde fast ausschließlich die erste

Aufgabe ins Auge gefaßt; die Notwendigkeit der zweiten hat eigentlich erst Monge klargestellt und die vollständige Lösung gegeben“ (Papperitz, 1909, 538).

Ehe eine Wissenschaft der beschreibenden Geometrie existierte, gab es eine Zeichenkunst, die schon mit Zirkel und Lineal arbeitete und die ihre Konstruktionen mehr und mehr auf mathematische Prinzipien zu gründen suchte, um den Mängeln abzuweichen, die sich notwendig einstellen, wenn man sich nur auf die Beobachtung mit natürlichen Mitteln, also auf das Augenmass verlässt. Die Zeichenkunst giebt uns Bilder, aus denen man die dargestellten Gegenstände und ihre Eigenschaften erraten kann. Die Wissenschaft aber lehrt uns nicht nur aus dem vorher definierten Objekte das Bild, sondern auch umgekehrt aus diesem das Objekt Punkt für Punkt unzweideutig zu bestimmen. (Papperitz, 1901, 11)

Der Zeitpunkt, zu dem aus der Zeichenkunst eine Wissenschaft wurde, wird allgemein am Ende des 18. Jahrhunderts verortet, als Gaspard Monge sein Werk über darstellende Geometrie veröffentlichte. In Kapitel 2.2 wird Monges Verdienst um die Begründung der darstellenden Geometrie als wissenschaftliche Disziplin erörtert. Um dieses Verdienst beurteilen zu können wird zuvor ein Überblick über vorher vorhandene Darstellungsmethoden, die sich auf Grund- und Aufrisse bzw. orthogonale Parallelprojektionen gründen, gegeben. Deswegen soll in Kapitel 2.1 zunächst ein Eindruck von der verbreiteten „Zeichenkunst“ und den von Papperitz erwähnten „mathematischen Prinzipien“, auf denen sich diese gründeten, vermittelt werden, die von Rissen, also orthogonalen Parallelprojektionen, Gebrauch machte, bevor Monge sein Werk veröffentlichte.

Ausgehend von einem weiten Verständnis der darstellenden Geometrie, wie es im vorangegangenen Kapitel definiert wurde, müsste für deren Entstehungsgeschichte in Kapitel 2.1 der Vollständigkeit halber die Entwicklung aller derjenigen Darstellungsverfahren skizziert werden, die die zweidimensionale Abbildung dreidimensionaler Gebilde ermöglichen, wie sie in Kapitel 1

teilweise vorgestellt wurden. Der Fokus soll in diesem Abschnitt allerdings auf dem Grund- und Aufrissverfahren liegen, weil die Verwissenschaftlichung dieser Methode durch Monge am Ende des 18. Jahrhunderts den entscheidenden Impuls für die Verbreitung der darstellenden Geometrie in dann entstandenen Bildungsinstitutionen in Deutschland gegeben hat. Diese Bildungsinstitutionen sollten im 19. Jahrhundert höhere technische Bildung vermitteln. Das Grund- und Aufrissverfahren spielte für diesen Kontext eine wichtige Rolle im Gegensatz zu perspektivischen Darstellungsverfahren o. Ä.: In Kapitel 1 wurde schon die Bezeichnung „technische Geometrie“ für das mit Monge assoziierte Verfahren aufgeworfen. Seine Methode erlangte überwiegende Bedeutung in den technischen Anwendungen (vgl. Rohn & Papperitz, 1901, 415). Im Prinzip kann man sagen, dass es sowohl vor als auch nach Monges Veröffentlichung eine technische und eine künstlerische Seite der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne gab, ohne dass diese vor dem 19. Jahrhundert unter einer gemeinsamen Bezeichnung zusammengefasst wurden; im engeren Sinne bezieht sich die darstellende Geometrie nur auf das Grund- und Aufrissverfahren und somit auf die technische Seite. Allerdings wurden diese beiden Seiten vor der Veröffentlichung von Monge nicht miteinander in Verbindung gebracht; sie existierten getrennt voneinander, was vor allem darauf zurückzuführen ist, dass sie in völlig verschiedenen Kontexten Anwendung fanden. Mit der Ausbildung der Disziplin im 19. Jahrhundert, zumindest im deutschsprachigen Raum, sind diese beiden Stränge zu einer gemeinsamen Wissenschaft verschmolzen. So lässt sich u.a. auch die Tatsache erklären, dass sich viele weitere Darstellungsverfahren, dann als Teile der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne, erst im 19. Jahrhundert ausgebildet haben. Die Entwicklung solcher weiteren Darstellungsverfahren wird außerdem in den Kapiteln 3.3 und 3.4 im Kontext der Vorstellung deutschsprachiger Lehrwerke aus dem 19. Jahrhundert aufgearbeitet.

Die Geschichte der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne wurde bereits in zahlreichen Werken thematisiert. Die Entwicklung der Perspektive aus mathematischer Sicht, also die Zentralprojektion, wurde sehr detailliert in Kirsti Andersens *The Geometry of an Art: The History of the Mathematical Theory of Perspective from Alberti to Monge* (2007) bearbeitet. Auch

folgende Autoren integrieren die Entwicklung der Zentralprojektion bzw. Perspektive in ihre Ausführungen zur Geschichte der darstellenden Geometrie, die außerdem Vorgänger des Grund- und Aufrissverfahren und teilweise auch weitere Darstellungsverfahren, die auf der orthogonalen und der schrägen Parallelprojektion gründen, behandeln:

- Christian Wiener in einem Kapitel zur Geschichte der darstellenden Geometrie im ersten Band seines *Lehrbuch der darstellenden Geometrie* (1884)
- Ferdinand Josef Obenrauch in seinem Werk über die *Geschichte der darstellenden und projektiven Geometrie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Begründung in Frankreich und Deutschland und ihrer wissenschaftlichen Pflege in Österreich* (1897)
- Erwin Papperitz in seinem Kapitel „Darstellende Geometrie“ im dritten Band der *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen* (1909)

Bei Wiener und Papperitz werden diverse Darstellungsverfahren behandelt. Dabei wird ersichtlich, dass die meisten Darstellungsverfahren, die die orthogonale oder schräge Parallelprojektion nutzen, erst im 19. Jahrhundert literarisch und damit auch wissenschaftlich aufgearbeitet wurden. Die meisten mathematisch relevanten Veröffentlichungen betreffen vor Monge die Perspektive. Ausnahmen werden im nachfolgenden Unterkapitel aufgezeigt. Den größten Anteil der Ausführungen in allen drei aufgelisteten Werken machen die Perspektive und das Grund- und Aufrissverfahren aus. Auch in Reden vom Anfang des 20. Jahrhunderts findet sich die Thematik teilweise aufgearbeitet:

- Erwin Papperitz: *Ueber die wissenschaftliche Bedeutung der darstellenden Geometrie und ihre Entwicklung bis zur systematischen Begründung durch Gaspard Monge* (1901)
- Ludwig Burmester: *Die geschichtliche Entwicklung der Perspektive in Beziehung zur Geometrie* (1906)

- Heinrich Emil Timerding: *Über Ursprung und Bedeutung der darstellenden Geometrie* (1910)

Interessant hierbei ist, dass die Redner die „Bedeutung“ der darstellenden Geometrie, mehr als hundert Jahre nach ihrer Begründung durch Gaspard Monge, noch immer oder wieder betonen.¹ Die im nächsten Abschnitt folgenden Momente aus der Entwicklung der darstellenden Geometrie im engeren Sinne sind mehrheitlich den erwähnten Werken entnommen. Eine interessante Perspektive bezüglich praktischer Implikationen zweidimensionaler Darstellungsverfahren, die zusätzlich an vielen Stellen in das nachfolgende Kapitel eingeflossen ist, liefert Alois Nedoluhas *Kulturgeschichte des technischen Zeichnens* (1960), welches insbesondere durch die vielen Abbildungen technischer Zeichnungen einen guten Eindruck über die Nutzung der darstellenden Geometrie in der Praxis liefert.

2.1 Ursprünge des Grund- und Aufrissverfahrens

Die Darstellung dreidimensionaler Gebilde durch zwei verschiedene orthogonale Projektionen ist älter als diejenige auf Grundlage der Perspektive. Das Grund- und Aufrissverfahren sei – so behaupten manche Autoren – aus den Bedürfnissen der Baukunst entstanden und so alt wie diese selbst (vgl. z. B. Wiener 1884, 59; Timerding 1910, 6). „Mathematisch orientierte Verwaltungsprobleme“ hätten die Anfänge der darstellenden Geometrie motiviert (vgl. Wußing, 1975, 11): „Zu den ersten Versuchen, graphische Bilder nicht nach bloßem Augenmaß, sondern nach geometrischen Regeln und genauen Maßen zu entwerfen, lag die Veranlassung in den praktischen Aufgaben der Feldmeßkunst und der Baukunst“ (Papperitz, 1909, 541). Allerdings entwickelten

¹Bei Burmester wird dies zwar nicht im Titel deutlich, in seiner Festrede zum Anlass der Akademischen Feier an der Technischen Hochschule München betont er aber den Wert der Perspektive für die Weiterentwicklung der Geometrie und die Notwendigkeit der zukünftigen Förderung der Letzteren. Mögliche Erklärungen dafür, warum Legitimierungsversuche des Bildungswertes der darstellenden Geometrie zu Beginn des 20. Jahrhunderts vorgenommen wurden, werden zu einem späteren Zeitpunkt in dieser Arbeit, in Teil II, diskutiert.

sich die mathematischen Grundlagen, die das Grund- und Aufrissverfahren zu einem geschlossenem System machten, erst sehr spät ab dem 17. Jahrhundert im Zusammenhang mit dem Steinschnitt bis sie am Ende des 18. Jahrhunderts von Monge vollständig wissenschaftlich ausgearbeitet wurden (siehe Kapitel 2.2).

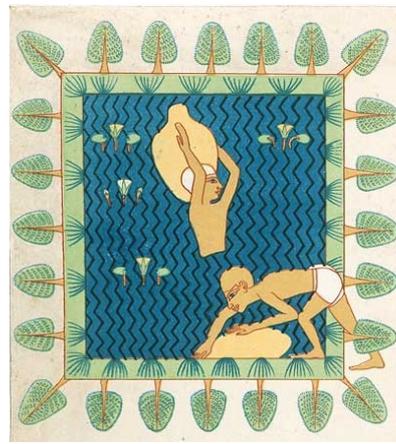
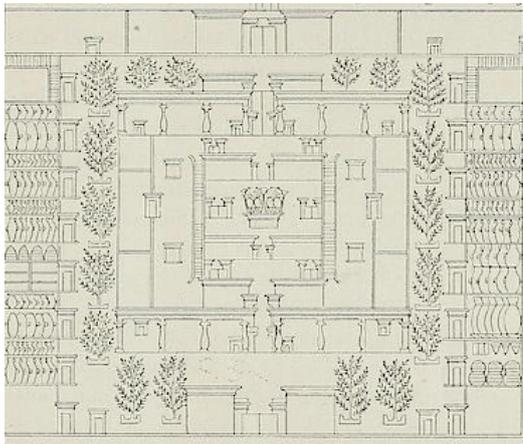
In den folgenden Abschnitten soll anhand einzelner illustrativer Beispiele ein Überblick über die Entwicklung graphischer Darstellungsmethoden auf Grundlage orthogonaler Parallelprojektionen gegeben werden, die existierten, bevor Monge sie zu einem geschlossenem System zusammenfasste. In diesem Zusammenhang wird in Abschnitt 2.1.5 zuletzt auch die Perspektive, allerdings gesondert (außerhalb der chronologischen Anordnung), thematisiert und zwar stark eingeschränkt, nämlich hinsichtlich der Nutzung orthogonaler Parallelprojektionen bzw. von Rissen für die Konstruktion perspektivischer Bilder.

2.1.1 Erste Zeugnisse bis zum Ende der Antike

Baupläne Schon Bauten aus dem 4. Jahrtausend v. Chr. gelten als indirekte Beweise dafür, dass Baupläne bzw. Werkszeichnungen irgendeiner Art benutzt worden seien (vgl. z. B. Obendrauch, 1897, 6; Papperitz, 1901, 15–16; Papperitz, 1909, 541), weil diese „[...] unmöglich ohne gewisse Kenntnisse praktisch-geometrischer Operationen ausgeführt werden [konnten; NB]“ (vgl. Obendrauch, 1897, 5–6). Was unter „praktisch-geometrischen Operationen“ zu verstehen ist, wird von Obendrauch nicht weiter erläutert; ob Baupläne auf Grundlage darstellend-geometrischer Methoden erstellt worden sind, ist nicht nachvollziehbar. Dort, wo Baupläne vorhanden und datierbar sind, zeigt sich, dass diese eher schematisch beziehungsweise illustrativ als eindeutig hinsichtlich der Eigenschaften der abgebildeten Objekte waren. „Die ägyptischen Grundrisse unterscheiden sich [...] dadurch wesentlich von unseren, daß sie mit den Umlegungen der aufrecht stehenden Teile verquickt sind. Sie bilden sozusagen eine Kombination von Grundriß und Aufriß. Dadurch erreichen sie, daß es möglich wird, in einer Zeichnung die Form des Gebäudes vollständig anzugeben“ (Timerding, 1910, 6). Als illustratives Beispiel nennt

Timerding in diesem Zusammenhang den Grundriss eines Palastes (siehe Abbildung 2.1a), in welchem einige Elemente (Wasserbecken und Umriss von Räumen beziehungsweise Bodenflächen) im Grundriss, die meisten anderen (Bäume, Säulen etc.) jedoch im Aufriss dargestellt wurden (vgl. Perrot & Chipiez, 1882, 459). Tatsächlich kann es sich um orthogonale Parallelprojektionen der realen Objekte handeln (mit Ausnahme der Bäume, die ikonisch dargestellt wurden), allerdings wurde jeweils nur eine Projektionsrichtung pro Objekt benutzt. Über die dreidimensionale Umsetzung dieser Abbildung kann keine Aussage getroffen werden, weil u.a. nicht eindeutig hervorgehoben wird, in welcher Relation die aufrechten Elemente zueinander und zu den Elementen im Grundriss stehen – Gilt der gleiche Maßstab für alle Objekte? – und teilweise die vollständige Form (zum Beispiel der Säulen, die rund, quadratisch, rechteckig usw. sein könnten) aus der Zeichnung, also ohne weitere Erläuterungen, nicht ablesbar ist.

Solche Darstellungsweisen resultierten aus der Konvention, die abgebildeten Objekte in ihrer wahren Form abzubilden. So wurden zum Beispiel (nach dem gleichen Prinzip) Gesichter häufig im Profil, aber das Auge so, als ob es dem Betrachter zugerichtet wäre, dargestellt, so dass die „wahre Form“ des Auges zu sehen war; Field spricht von einer Konvention, die sich noch viel später, beispielsweise auch in mathematischen Darstellungen aus dem 16. Jahrhundert, zeigte (siehe Abbildung 2.4 in Abschnitt 2.1.3), in welchen der Grund- mit dem Seitriss so kombiniert wird, dass sich zwar die Winkel verzerren, aber die Abbildung insgesamt anschaulicher bleibt beziehungsweise das Original besser vorstellbar wird (vgl. Field, 2004, 261–262). „Man zeichnete daher alle für die Herstellung eines Bauwerkes erforderlichen Ansichten in einen Riß, meist in den Aufriß hinein“ (Nedoluha, 1960, 62). Auch zu Beginn des 20. Jahrhunderts ist es noch allgemein üblich gewesen, „[...] die Form der über dem Grundriß stehenden Bögen und Gewölbe durch Umlegungen sichtbar zu machen [...]“ (Timerding, 1910, 6). Ein weiteres Beispiel für die Darstellungskonventionen aus der Antike findet sich in Abbildung 2.1b (vgl. Lepsius, 1901, Tafel 40). Zu sehen ist ein Ausschnitt eines Abbildes einer Wandmalerei aus dem Grab von Abd el Qurna in Theben: Ein quadratischer Teich wird im Grundriss gezeigt, die wasserschöpfenden Männer und die um-



(a) Ausschnitt des Grundrisses eines Palastes (b) Abbild einer Wandmalerei

Abbildung 2.1: (a) Ausschnitt des Grundrisses eines Palastes, gefunden in einem Grab zu Tell el Amarna, entnommen aus Georges Perrots und Charles Chipiez' *Histoire de l'Art dans l'Antiquité...* (Paris, 1882, 459) (Digitalisat der Universitätsbibliothek Heidelberg, <https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/perrot1882bd1> – CC-BY-SA-3.0); (b) Abbild einer Wandmalerei aus dem Grab von Abd el Qurna in Theben aus der Zeit des 2. Jahrtausends v. Chr., entnommen aus Band V von Karl Richard Lepsius' *Denkmäler aus Aegypten und Aethiopien...* (Berlin, 1901, Tafel 40) (Digitalisat der Universitäts- und Landesbibliothek Halle; <http://edoc3.bibliothek.uni-halle.de/lepsiustafelwa3.html>)

stehenden Bäume im Aufriss, wobei alle nach außen umgelegt und die Bäume in den Ecken insbesondere in die verlängerte Diagonale gelegt wurden (vgl. Wiener, 1884, 6).

Während einer Ägypten-Expedition unter Napoleon Bonaparte am Ende des 18. Jahrhunderts wurden in den Steinbrüchen Gebel Abou-Fedah Baupläne für Kapitäle eines Tempel gefunden. Diese sind in Abbildung 2.2 abgebildet (vgl. Jomard, 1817, Tafel 62). Hier werden Risse einander durch ein quadratisches Netz zugeordnet. Man war also schon sehr früh zu der Erkenntnis gelangt, dass nur eine Ansicht eines Objekts nicht ausreichend für eine eindeutige Darstellung ist. Wußing bezeichnet diese Vorgehensweise, die auch schon aus der Zeit des 17. Jahrhunderts vor Chr. nachgewiesen sei, als eine Vorstufe der darstellenden Geometrie (vgl. Wußing, 1975, 10). Wiener behauptete, dass zu seiner Zeit solche Zeichnungen „kaum anders“ ausgeführt wurden (vgl. Wiener, 1884, 5–6) und Timerding deklariert im Zusammenhang mit den Abbildungen der Kapitäle, dass „[...] schon unter den alten Dynastien die Kunst des technischen Zeichnens voll entwickelt war“ (vgl. Timerding, 1910, 6). Diese Aussagen sind unter Einbezug des Wissensstands zum jeweiligen Zeitpunkt der gemachten Aussagen aber kritisch zu betrachten, weil man jeweils bezüglich der Exaktheit beziehungsweise Eindeutigkeit solcher Zeichnungen (durch die Verbindung der Grund- und Aufrissebene, durch Ordner etc.) prinzipiell weiter gekommen war. Beispielsweise lässt die Grundrissabbildung darauf schließen, dass alle Elemente des Isiskopfs, die in der Aufrisszeichnung zu sehen sind, die gleiche Tiefe haben müssten.

Vitruvs literarisches Zeugnis (14 v. Chr.) Die erste schriftliche Bearbeitung einer Art von darstellender Geometrie findet sich bei Vitruv: „Der römische Baumeister Vitruvius, [...] Verfasser von zehn Büchern über Architektur, die vermuthlich im Jahre 14 v. Chr. vollendet wurden [...], gibt uns als Schriftsteller in diesem Werke die ersten Nachrichten über Darstellungsweisen der Alten“ (Obenrauch, 1897, 6–7). Demnach wurde der Grundriss ‚Ichnographie‘ („Fußstapfe“) und der Aufriss ‚Orthographie‘ („Aufriss“ bzw. „aufrecht“) genannt (vgl. z. B. Wiener, 1884, 5; Timerding, 1910, 7; Papperitz, 1909, 541). Papperitz liefert eine freie Übersetzung von Vitruvs Erklärungen:

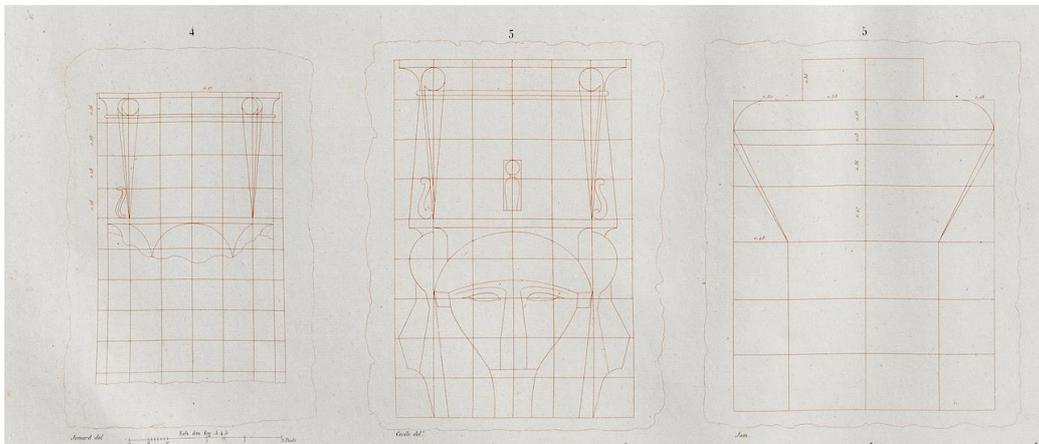


Abbildung 2.2: Aufrisse der Kapitäle des Tempels zu Dendera abgebildet in Edmé-François Jomards *Description de l'Égypte...* (Paris, 1817, Tafel 62) (Digitalisat der Universitätsbibliothek Heidelberg, https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/jomard1817bd2_2_4/0101 – CC-BY-SA-3.0)

Die Formen der Entwürfe [...] sind die Ichnographie, die Orthographie und die Scenographie.² Aus der Ichnographie, die auf dem Gebrauche des Zirkels und Lineals in angemessenem Zusammenhange beruht, entnimmt man die Zeichnung der Formen auf dem Boden. Die Orthographie aber ist das aufrechte Bild der Stirnfläche, eine nach den Verhältnissen des geplanten Bauwerkes entworfene Zeichnung [...]. (Papperitz, 1901, 17)

Allerdings erwähnte Vitruv in diesem Kontext nicht, ob und inwiefern diese beiden Zeichnungen zusammenhängen. In Vitruvs Werk wird „[...] die Anwendung des Grund- und Aufrißverfahrens in der Baukunst [...] als etwas längst bekanntes hingestellt“ (vgl. Wiener, 1884, 5). „[...] [E]r hat diese Methoden wahrscheinlich von den Griechen entlehnt, hat aber das Verdienst, sie allgemein verbreitet zu haben, so daß seine Nachfolger sie ohne Ausnahme anwandten“ (Loria, 1965, 618).

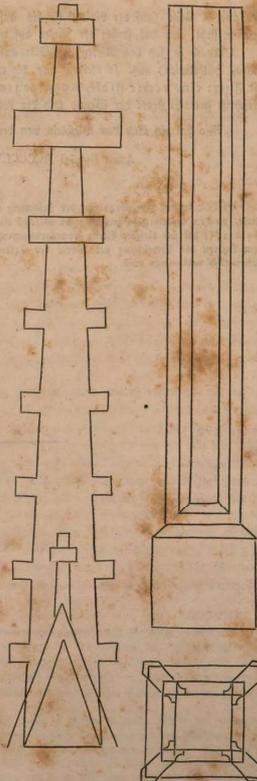
²Bei der „Scenographie“ handelt es sich um eine „perspektivische Ansicht, [...] wobei wir freilich von exakten perspektivischen Kenntnissen nicht viel mehr als das Zusammenlaufen der in die Tiefe gehenden Linien voraussetzen haben“ (Timerding, 1910, 7). Ihren Ursprung hat diese Darstellungsform in der Theaternalerei und zwar im Bedürfnis dem Bühnenbild eine plastische Wirkung zu verleihen (vgl. Papperitz, 1901, 18; Papperitz, 1909, 542).

2.1.2 Baukunst im Mittelalter

Die Praxis der Bauhütten Auch wenn im Kontext des Grund- und Aufrissverfahrens keine direkten Innovationen aus der Zeit des Mittelalters bekannt sind, lebte das Verfahren aufgrund seiner Anwendung in der Praxis durch das Handwerk weiter (vgl. z. B. Obenrauch, 1897, 5; Papperitz, 1901, 19; Papperitz, 1909, 542). „Im Mittelalter muß sie [die darstellende Geometrie im engeren Sinne; NB] einen bedeutenden Grad der Ausbildung erlangt haben; dies beweisen die zusammengesetzten Gewölbe aus jener Zeit“ (Wolff, 1835a, III). Auch an dieser Stelle in der Entwicklung des Grund- und Aufrissverfahrens zeigt es sich indirekt in der Existenz komplexer Gebäudeteile, die – das Argument von oben übernehmend – anscheinend eine gründliche Planung u.a. in der Form von Bauplänen o. Ä. voraussetzte. Allerdings ist davon auszugehen, dass diesen Vorgehensweisen keine systematischen, mathematischen Prinzipien zugrunde lagen: der mittelalterlichen Risskunst fehlte „mathematische Strenge“ (vgl. Papperitz, 1901, 19), das orthogonale Projektionsverfahren wurde „[...] überhaupt nur empirisch, sozusagen handwerksmäßig, und nicht auf mathematischen Principien ruhend, angewendet“ (vgl. Obenrauch, 1897, 5) und „[d]essenungeachtet kannte man nur Einzelheiten, die man aufzusuchen durch praktische Fälle genöthigt war, und man gab sich von ihrer wissenschaftlichen Grundlage, ihrem Zusammenhange keine Rechenschaft“ (vgl. Wolff, 1835a, III).

Falls Wissen über die darstellende Geometrie, implizit oder explizit, existierte, „[...] Gemeingut der mathematisch Gebildeten konnte es nicht werden, weil in jenen Zeiten auf dem Gebiete wissenschaftlicher Entdeckungen und nützlicher Erfindungen die Geheimniskrämerei an der Tagesordnung war“ (vgl. Papperitz, 1909, 542). Neben dem Umstand, dass „alle Kenntnisse an die Grenzen der Zunft gebunden waren“, wurde das Wissen „nur durch die persönliche Unterweisung von dem Meister auf den Gesellen fortgepflanzt“ (vgl. Timerding, 1910, 8). Allerdings sind einige wenige Quellen über die Praxis der Bauhütten aus dem 15. Jahrhundert erhalten: Es handelt sich um vier Bauhüttenbücher (jeweils bestehend aus sechs bis 16 Seiten) aus Süddeutschland (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 233–236). Als Beispiel hier-

Linie o e, und desgleichen auf der Linie d f an, und mach Pünktlein nach dem Winkelmaß (errichte sowohl auf o e als d f bei jedem der fünf zwischen o und e und rfp. d und f fallenden, mit Zahlen bezeichneten Theilungspunkte keine senkrechte Linien von unbestimmter Länge). Darnach setz den Zirkel auf den Mittelpunct in dem Grundlein der Fiale woselbst die Vierung der Fosen eingerissen steht (in welchem Grundriß der horizontale Durchschnitt der vier kleinen Blöcke zu den Fosen auf den vier Ecken hineingezeichnet ist, — vgl. die Buchstaben e n z x y n dasselbst), und zeuch den Zirkel auf bis auf das x (miß den graden Abstand des Punktes d von x z); dieselbe Weite setz auf das a an den Riesen der Fiale und mach auf jeder Seite einen Punkt auf der Linie e a f, welche Punkte aber weiter reichen werden auf der Linie denn das e oder f (welche Punkte aber nicht in die Linie e a f selbst sondern zu beiden Seiten in deren Verlängerung fallen werden); und diese Punkte bezeichne mit den Buchstaben g und h. Darnach nimm dieselbe Weite an dem Riesen der Fiale von dem e bis zu dem g, diese Weite setz oben auf das o, desgleichen auf der andern Seite auf das d, und mach auf jeder Seite einen Punkt bezeichnet mit den Buchstaben i und k. Darnach zeuch eine Linie von dem i bis zu dem g; desgleichen mach eine Linie von dem k bis zu dem h. Darnach setz den Zirkel auf das n in dem Grundlein da wo die Vierung der Fosen gerissen steht, und zeuch den Zirkel auf über die Linie a d zu dem nächsten n da wo die zwei n nahe bei einander stehen und nur ein e dazwischen steht (miß, quer den Zirkel über die im Grundriße der Fiale in Gedanken von a nach der entgegengesetzten Ecke d zu ziehende Diagonallinie hinüber sehend, den Abstand der beiden Punkte n bei o von einander *); dieselbe Diste oder Weite setz auf jeder Zahl besonders (trage bei jedem der mit Zahlen bezeichneten Theilungspunkte besonders auf die beiden Linien e o und f d auf), und hebe an unten an dem e, und mach (miß ab) in der Richtung aufwärts Pünktlein mit den Buchstaben bezeichnet k l m n o p; und aus denselben Buchstaben zeuch eine Linie bis auf die Linie i g (und bei jedem der also bestimmten Punkte k l m n o p errichte senkrechte Linien auf o e, deren jede bis zur Linie i g reiche). Desgleichen auf



*) Im Originale: Darnach setz den Zirkel auf das a in der grüßten da by Vierung der Fosen gerissen steu vñ miß den Zirkel auf über dy Linie a. d. p. dem nächsten n. wo dy selben cymp. n. höher sey als and. se da stet nur ein e. da cywischen dy selben dist oder weit setz auf dy gal gefunden u. f. w.

Abbildung 2.3: Zwei Aufrisse und ein Grundriß eines Turms aus Matthäus Roritzers *Büchlein von der Fialen Gerechtigkeit* (Trier, 1845, 23) (Digitalisat der Bayerischen Staatsbibliothek, 4 A.civ. 67 h, <http://www.mdz-nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:bvb:12-bsb10048477-3>)

für nennen Scriba & Schreiber Matthäus Roritzers *Büchlein von der Fialen Gerechtigkeit...*, welches ursprünglich 1468 veröffentlicht und im Jahre 1845 neu aufgelegt wurde; eine Seite daraus findet sich in Abbildung 2.3 (vgl. Roritzer, 1845, 23). Diese Bauhüttenbücher belegen allerdings eher, dass keine darstellend-geometrischen Kenntnisse verbreitet waren: „Rezepturartig wird der Steinmetz angewiesen, mit dem Zirkel bestimmte Strecken abzugreifen und auf das Werkstück zu übertragen“, wobei bemerkenswert sei, „[...] daß die gesamten Konstruktionen ohne Berechnungen durchführbar sind“ (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 237).

Grundrisspläne im Kirchen- und Klosterbau In seiner in der Einleitung dieses Kapitels erwähnten Rede nennt Timerding zwei Beispiele für die Risskunst im Mittelalter aus dem Bereich des Kirchen- beziehungsweise Klosterbaus. Das erste Beispiel ist der Grundriss eines geplanten Klosters:

Von der Form, in welcher die Rißkunst der Römer an die Bauwerkstätten der Klöster übergang, haben wir gute Kunde durch den höchst merkwürdigen Bauplan des Klosters von St. Gallen aus dem Jahr 820. Es ist eine mit ausgezeichneter Technik ausgeführte Zeichnung, die allerdings nicht als ein wirkliches Objekt, sondern als eine Art Idealbild, die Utopie eines baulustigen Herrn, aufzufassen ist. (Timerding, 1910, 7)

Bei diesem Klosterplan handelt es sich um einen Grundriss, welcher für Laien beziehungsweise ohne weitere Angaben über die Form der abgebildeten Gebäude nicht lesbar ist. Zu erkennen sind lediglich die Umrisse und die Positionen der verschiedenen Gebäude.³ Als weiteres – ähnlich schwierig zu verstehendes – Beispiel für einen Bauplan im Grundriss liefert Timerding denjenigen des Kölner Doms:⁴

Typisch für die Zeichentechnik der gotischen Zeit ist das Streben, wenigstens für die Einzelheiten, die Aufrißzeichnung zu vermei-

³Zu sehen ist der St. Gallener Klosterplan beispielsweise unter folgendem Link: http://www.harald-klinke.de/archiv/texte/sa/Mittelalterliche_Klosteranlagen.html.

⁴Ein Beispiel eines solchen Plans ist beispielsweise unter folgendem Link zu finden: <http://www.baukunst-nrw.de/objekte/Koelner-Dom--180.htm>.

den. Da nun die Konstruktionen nach oben zu sich verjüngen, so sieht man in der Zeichnung die Umrisse der verschiedenen Stockwerke ineinander geschachtelt, und es gehört ein geübter Blick dazu, in einer solchen Zeichnung sich zurecht zu finden. Das haben die gotischen Meister auch klar erkannt und keineswegs bedauert, denn es gab ihrer Kunst Würde und Ansehen und schützte sie vor Mißbrauch. Es mußte gelernt werden ‚aus dem Grunde zu nehmen‘, wie sie sagten, d. h. die Formen der Bausteine aus dem Grundriß abzulesen, und der zunftmäßig ausgebildete Meister durfte es lernen, denn jede Kunst war im Mittelalter auch ein Recht. (ebd., 7)

Der Grundrissplan des Kölner Doms zeigt den symmetrischen Aufbau und den Umriss des Bauwerks; wo „ineinander geschachtelte“ Stockwerke abgebildet seien sollen, erschließt sich dem ungeübten Betrachter nicht. Im Prinzip könnte es sich bei dieser Darstellung um eine arte kotierte Eintafelprojektion handeln, bei welcher zwar keine Maßzahlen angegeben sind, die Höhen der einzelnen Objekte bzw. Punkte aber auf eine andere Weise abgelesen werden können. Timerding erwähnt aber, dass passende Aufrisszeichnungen für bestimmte Teile existierten, eine Tatsache, die es vorstellbarer macht, auf Grundlage dieser Pläne den Bau eines so komplexen Gebildes zu realisieren. In den beiden Abbildungen der Grundrisse sind – im Gegensatz zum Grund-/Aufriss des Palastes aus der Antike – die Größenverhältnisse zwischen den abgebildeten Objekten vermutlich richtig und ihnen liegt ein einheitlicher Maßstab zugrunde. Diese Baupläne sind nicht mehr nur schematisch, sondern bilden ein relativ konsistentes Verständigungsmittel, welches zumindest von Baubeteiligten gelesen werden konnte.

Technische Zeichnungen Neben der Verwendung in der Architektur spielten Zeichnungen auch im Bereich des Maschinenbaus schon früh eine wichtige Rolle. In Alois Nedohulas *Kulturgeschichte des Technischen Zeichnens* (1960) finden sich viele Abbildungen von technischen Zeichnungen, die zu verschiedenen Zeitpunkten zwischen dem 13. und 20. Jahrhundert angefertigt wurden und einen Überblick über die Entwicklung der technischen Zeichnung in die-

sem Zeitraum geben. Beispiele für technische Zeichnungen aus der Zeit des Mittelalters verdeutlichen, dass noch immer eine Kombination verschiedener Ansichten angewendet wurde, wie es schon die Ägypter handhabten: Zum Beispiel wird in einer Zeichnung ein Schaufelrad „nach ägyptischer Methode ganz umgeklappt“ dargestellt, Zahnräder in der gleichen Zeichnung in schiefer und der Rest in orthogonaler Parallelprojektion (vgl. Nedoluha, 1960, 62). Für wiederum andere (technische) Zeichnungen aus dieser Zeit wurde vollständig die schiefe Parallelprojektion verwendet (vgl. ebd., 62). Die schiefe Parallelprojektion ersetzte im Mittelalter die Perspektive teilweise auch in der Malerei z. B. bei Darstellungen von Gebäuden (vgl. Wiener, 1884, 9, 59). Bei Nedoluha finden sich aber auch Beispiele für Zeichnungen von Schrauben, die noch eher schematisch anstatt auf Grundlage von Projektionen erstellt wurden (vgl. Nedoluha, 1960, 83–84).

2.1.3 Abbildungskonventionen während der Renaissance

Wie sich in Abschnitt 2.1.5 zeigen wird, war die Zeit der Renaissance zwar reich an Innovationen im Bereich der Zentralprojektion bzw. der (mathematischen) Perspektive, das Grund- und Aufrissverfahren, wie es zu diesem Zeitpunkt angewendet wurde und entwickelt war, wurde aber teilweise als gegeben vorausgesetzt und Innovationen in diesem Bereich sind nicht bekannt. In ihrem bereits zitierten Aufsatz („Renaissance mathematics: diagrams for geometry, astronomy and music“) behandelt die Autorin Judith V. Field die Rolle von Abbildungen oder Illustrationen innerhalb von Texten über Mathematik, Musik und Astronomie in der Zeit der Renaissance, welche den Eindruck bestätigen, dass gewisse Formen senkrechter Projektionen etabliert waren.

Geometrische Abbildungen In Abschnitt 2.1.1 wurde bereits die Konvention erwähnt, Grund- und Aufriss so miteinander zu kombinieren, dass die Abbildung auf Kosten der korrekten Darstellung von Winkeln und Verhältnissen anschaulich bleibt (siehe Abbildung 2.4). Solche geometrischen Figuren im „alten Stil“ sind nach Field bis ins 17. Jahrhundert zu finden;

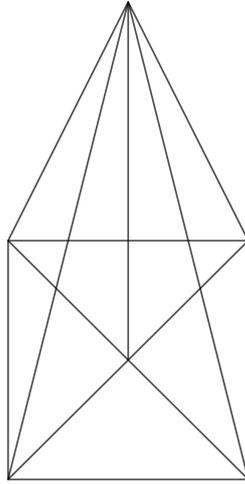


Abbildung 2.4: Darstellung einer Pyramide mit quadratischer Basis nach der Standardkonvention des 15. Jahrhunderts

der Stil der Abbildungen habe sich viel weniger verändert als der Stil der Mathematik, die sie umgibt (vgl. Field, 2004, 269).

Diagramme, welche auf „aufgeklappten“ Ebenen in einander oder von einander weg basieren, die bestimmte mathematische Eigenschaften verlieren, um wiederum andere sichtbar zu machen, scheinen manchmal schwer zu verstehen zu sein, aber ihre durchgängige Nutzung zeigt nach Field, dass sie als hilfreich angesehen wurden (vgl. ebd., 268). Diese Darstellungsform ist anschaulicher als diejenige eines Grund- und eines Aufrisses, aber weniger anschaulich als beispielsweise eine schräge Parallelprojektion. Interessant ist aber, dass auf diese Weise die wahre Form der Grundfläche zu sehen ist und man aufgrund geometrischer Kenntnisse (z. B. über die Regelmäßigkeit einer Pyramide mit quadratischer Basis, wie sie in Abbildung 2.4 zu sehen ist) weiß, dass verschieden lang abgebildete Seiten eigentlich gleich lang sind. Zusammen mit Vorwissen oder Erläuterungen im Text ist diese Abbildungsweise auf ihre Art also eindeutig. Es ist davon auszugehen, dass es nicht zu den allgemein verbreiteten Kenntnissen und Fähigkeiten gehörte, zugeordnete Normalrisse zu verstehen, so dass für die Abbildungen dreidimensionaler Gebilde als Illustrationen in Texten ein Mittelweg gefunden werden musste.

Abbildungen in der Astronomie Auch in der Astronomie waren orthogonale Ansichten für Abbildungen etabliert und zwar nur aus einer Richtung: Der Vorrang gegenüber Illustrationen galt dem Text; bei den Abbildungen wurden Kompromisse auf Kosten der Dreidimensionalität eingegangen (vgl. ebd., 270). Ein Beispiel hierfür stellt die Darstellung des heliozentrischen Systems nach Kopernikus, welches anhand konzentrischer Kreise die verschiedenen Planetenlaufbahnen illustriert. Eine solche Abbildung ist laut Field aufgrund der konzeptuellen Vereinfachung beziehungsweise der stilistischen Konvention entstanden, dass es nicht nötig sei, die dritte Dimension anzudeuten; Kopernikus griff bei diesem Diagramm auf den mathematischen Standard-Typ zurück, Figuren zweidimensional – d. h. so, als hätten sie auch in der Realität nur zwei Dimensionen – abzubilden (vgl. ebd., 270–271, 275). Auch im Text habe es nur wenige Andeutungen auf die dreidimensionale Struktur gegeben (vgl. ebd., 270). Der erste, der versuchte, die Situation im Sonnensystem realistisch – also dreidimensional – abzubilden, war Johannes Kepler (vgl. ebd., 271).

Technische Zeichnungen Im Bereich des Maschinenbaus war die Darstellung der Dreidimensionalität der abgebildeten Gegenstände hingegen gängig. Bei Nedoluha finden sich zwei Zeichnungen von verschiedenen Maschinen aus der Zeit des frühen 15. Jahrhunderts, die, gemäß des zeitgenössischen Standards, in schiefer Parallelprojektion erstellt wurden (vgl. z. B. Nedoluha, 1960, 63, 87). Teilweise findet sich aber auch noch die „ägyptische Manier“ angewendet, wie im folgenden Beispiel von Nedoluha beschrieben wird:

Anstatt die Welle im Grundriß zu zeichnen, hat sie der Zeichner umgeklappt und zeigt sie in der Vorderansicht. Auch die Mühlen selbst und die Zahnräder sind umgelegt und in der Vorderansicht dargestellt. Die Zähne des großen Zahnrades sind genauso umgeklappt wie [...] die Bäume der ägyptischen Zeichnung um 1450 v. Chr. [...]. Im Laufe von rund 2900 Jahren haben sich wohl die Objekte geändert, die gezeichnet wurden, die Art der Darstellung ist aber dieselbe geblieben. (ebd., 87)

Nedoluha bezieht sich bei der ägyptischen Zeichnung auf die Wandmalerei des Teiches, die in Kapitel 2.1.1 abgebildet ist (Abbildung 2.1b). In einer Zeichnung von Da Vinci vom Ende des 15. Jahrhunderts zeichnet sich eine Entwicklung der technischen Zeichnung ab: Im 16. Jahrhundert setzte sich die Zentralperspektive (auch) in technischen Zeichnungen durch und Da Vinci war einer der ersten, der diese Projektionsart in diesem Kontext anwendete (vgl. ebd., 64).

2.1.4 Handwerk und Bauwesen im 17. und 18. Jahrhundert

Steinschnitt in der Praxis Der Steinschnitt hatte schon im Mittelalter eine entscheidende Rolle in der Aufrechterhaltung des Grund- und Aufrissverfahrens gespielt: „Das Verfahren [...] wurde in den ‚Bauhütten‘ wegen der immer schwieriger werdenden Aufgaben des Steinschnittes gepflegt“ (Papperitz, 1909, 542). „Wenn man Gewölbe, Fensterlaibungen, Wendeltreppen oder ähnliches aus Naturstein baut, dessen Gewinnung und Bearbeitung teuer und mühsam ist, muß die Form jedes einzelnen Steines vorher genau bestimmt werden“ (Scriba & Schreiber, 2010, 358). Insbesondere haben die Aufgaben des Steinschnitts dazu geführt, dass sich die zweite Aufgabe der darstellende Geometrie, die Lösung räumlicher Probleme in der Ebene, ausgebildet hat:

„[...] [D]iese Urform [in Bezug auf das Darstellungsverfahren von Vitruv; NB] einer sehr bekannten Methode der darstellenden Geometrie gibt zwar eine leichte und bequeme Art an, um die dreidimensionalen Figuren darzustellen, zeigt aber den Weg nicht, um auf dieselben die gewöhnlichen Operationen der Geometrie anzuwenden. Und zwar lehrt sie es deshalb nicht, weil der reine Architekt dessen nicht bedarf. Aber der praktische Architekt muß auch die Handwerker bei der Bearbeitung des Materials, beim Holz- und Steinschnitt anleiten; daraus erwuchs die Notwendigkeit einer neuen Hilfswissenschaft, der ‚Stereotomie‘“ (Loria, 1965, 618–619).

So war der erste Teil der darstellenden Geometrie, die Abbildung räumlicher Gebilde, in der Mitte des 18. Jahrhunderts auf einem „hohen Grad der Vollkommenheit“ gelangt, zu diesem Zeitpunkt war aber auch bezüglich der zweiten Aufgabe, „der Lösung von Aufgaben über Raumgebilde durch Konstruktionen in der Ebene, [...] schon Vieles geschehen“:

Es wurden Durchschnitte von Flächen, Bestimmungen wahrer Gestalten, Umlegungen und Abwicklungen ausgeführt, [...] und zwar vorwiegend auf dem Gebiete der Baukunst. Hier benutzte man bei senkrechter Projektion den Grundriß, den Aufriß und das Profil oder den vertikalen Durchschnitt, und verwendete die meiste Kunst auf die oft verwickelten Aufgaben des Steinschnittes bei Gewölben und Treppen, worin im Mittelalter und zur Zeit der Renaissance mehr als gegenwärtig geleistet wurde. (Wiener, 1884, 22)

Steinschnitt in der Theorie Im Falle des Steinschnittes kam es dann, im Gegensatz zur gängigen Praxis im Mittelalter, vorhandenes Wissen primär mündlich weiterzugeben, zu schriftlichen Auseinandersetzungen (vgl. ebd., 22). Die ersten bedeutenden Autoren über den Steinschnitt stammen aus Frankreich: Philibert de l'Orme (dessen Werk 1576 erschien), Maturin Jousse (1642) und Pater Derand (1643). Bei diesen Werken handelt es sich um „empirische Vorschriften“ (vgl. Loria, 1965, 619) und sie „[...] beschränkten [...] sich meist auf die Konstruktionszeichnungen samt Hilfslinien, mit dem Hinweis, daß jeder Kundige daraus den Hergang entnehmen könne und weitläufige schriftliche Erklärungen die Sache nur verwirren würden [...]“ (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 358–360). Jousse und Derand behandelten den Steinschnitt beispielsweise mit Hilfe graphischer Methoden (vgl. Obenrauch, 1897, 9–10):

[E]s sind nämlich in einfachster Weise durch Grund- und Aufrisse, Schnitte, Umlegungen und Abwicklungen die Schablonen der abwickelbaren Flächen der Steine konstruiert. Die geometrischen Verfahrensweisen sind aber nur durch Angaben der zu ziehen-

den Linien bestimmt. Im Vorwort ist gesagt, daß die Begründung weggelassen wäre, weil sie für denjenigen, der Geometrie versteht, überflüssig und ermüdend, und für denjenigen, der sie nicht versteht, zu ausgedehnt werden und das Verständnis doch nicht herbeiführen würde. Es scheint, daß das Verständnis der Konstruktionen nur durch mündliche Unterweisung bei Anlaß der praktischen Aufgaben überliefert wurde. (Wiener, 1884, 22)

Gérard Desargues Als derjenige, der die Stereotomie zuerst wissenschaftlich behandelte, gilt Gérard Desargues (1591–1661), „[...] aber da er auch bei dieser Gelegenheit sich damit begnügte, seine Gedanken nur unklar an einem Beispiele auseinanderzusetzen, so blieb er fast unverständlich und daher ohne Einfluß, auch nachdem Bosse seinen verehrten Lehrer kommentiert hatte“ (vgl. Loria, 1965, 619). Bei dem erwähnten Beispiel handelt es sich um einen schräg absteigenden gewölbten Durchgang in einer Böschungsmauer:

Er bestimmt mittels Hilfs-ebenen und Achse [...] die Wölbfläche [...] aus einzelnen Erzeugenden, die Stellungswinkel der Widerlager [...], der Fugen [...] und Seiten [...], der Wölbsteine und den Lehrbogen [...]. Auch hier vermißt man jede Begründung der Konstruktionen. Über die Natur der Wölbungen erfährt man nichts Näheres. (Papperitz, 1909, 550–551)

Desargues' Werk sei in theoretischer Hinsicht zwar „besonders hervorragend“ gewesen, allerdings auch weniger praktisch:

Dieses Verfahren beruht auf einer allgemeinen Veränderung der Projectionsebene und ist von Bosse ebenso weitschweifig, wie schwer verständlich mitgeteilt. Desargues wurde von Praktikern, die ihn vielleicht gar nicht verstanden, angefeindet und sein Verfahren zurückgewiesen. Aber auch jetzt wird dieses Verfahren der Veränderung der Projektionsebenen nur in den einfach Fällen angewendet, nicht aber in dem allgemeinen, wie es Desargues gethan hatte, so sinnreich es auch ist, weil andere Verfahren einfacher sind. (Obenrauch, 1897, 10)

Neben einer Zielgruppe, die nicht an der Anwendung wissenschaftlicher Theorien interessiert war, ergibt sich für Desargues noch das Problem, dass der Entwicklungsstand der Technikwissenschaft noch zu gering war und dass sein Zugang über die Zentralprojektion für die technische Praxis nachteilhaft war, weil Längen und Winkel nicht aus der Zeichnung abgelesen werden können; zwar strebte er ähnliche Ziele wie Monge an (technische Verfahrensweisen mittels Geometrie zu vereinheitlichen und zu systematisieren und durch die Lehre unter praktizierenden Handwerkern zu verbreiten, um den Produktionsprozess positiv zu beeinflussen), allerdings wollte Desargues dies „eine ganze Epoche zu früh“ (vgl. Paul, 1980, 221–223).

Amédée François Frézier Es sollte ein Jahrhundert später der Militäringenieur Amédée François Frézier (1682–1773) derjenige sein, der der Stereotomie eine „beständig rationelle Richtung“ gegeben hat, also das, was Desargues und Bosse nicht erreichen konnten (vgl. Loria, 1965, 619). Seine Errungenschaften werden als Vorgeschichte der Leistungen von Monge betrachtet (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 360). Auch Wiener spricht Frézier das größte Verdienst um die Heranbildung der darstellenden Geometrie vor Monge zu (vgl. Wiener, 1884, 23). Frézier hat „[...] unzweifelhaft die Methoden der darstellenden Geometrie ein bedeutendes Stück vorwärts gebracht und seinem berühmten Nachfolger G. Monge auch darin vorgearbeitet, daß er die Aufmerksamkeit der Mathematiker wieder auf die Fruchtbarkeit einer synthetischen Behandlung der Geometrie nach Euklidischem Muster lenkte“ (vgl. Papperitz, 1909, 558). Stachel geht so weit, Frézier zuzuschreiben, dass die meisten der graphischen Methoden, die Monge behandelt hat, schon in seinem Werk zu finden sind (vgl. Stachel, 2007, 73).

Frézier war der erste Autor, der den Steinschnitt „[...] getrennt von den technischen Anwendungen, als konstruktive Geometrie des Raumes behandelte“ (vgl. Wiener, 1884, 60). Er selber hat geschrieben, „[...] daß der erste Teil seines Werkes von der Wissenschaft, der zweite von der Kunst des Steinschnittes handelt“ (vgl. Papperitz, 1909, 555). Zwischen 1737 und 1739 erschien Fréziers dreibändiges Werk *La Théorie et la Pratique de la Coupe de Pierres et des Bois, ou Traité de Stereotomie*, welches aus vier Büchern

besteht, wobei die Bücher I bis III im ersten Band und das IV. Buch in den letzten zwei Bänden behandelt werden (vgl. Loria, 1965, 622). „Der erste Band ist nur der Theorie gewidmet, die beiden folgenden den Anwendungen“ (Scriba & Schreiber, 2010, 360).

Frézier stellt sich in diesem Werk selbst vier Aufgaben: „[...] eine genaue Kenntnis der krummen Linien und Flächen zu geben, die bei Gewölbekonstruktionen vorkommen, frühere Irrtümer zu berichtigen, die Konstruktion von Rissen (*épure*s) zu lehren und den Methoden Beweise hinzuzufügen“ (vgl. Papperitz, 1909, 555). Tatsächlich ging er „[...] von klaren und eindeutigen Definitionen aus, formuliert allgemeine Regeln und beweist alle seine Behauptungen“ (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 360). Dennoch lieferten praktische Probleme (Gewölbekonstruktionen) die „Richtschnur“ für die geometrischen Betrachtungen: „Es ist eine Geometrie des Bauingenieurs, wie Dürers Geometrie eine Geometrie des Künstlers gewesen war“ (Timerding, 1910, 10).

Elemente, die später noch relevant im Kontext der darstellenden Geometrie werden sollten, sind besonders im II. und III. Buch des ersten Bandes zu finden. „Im dritten Teil [des zweiten Buches; NB] beschäftigt sich der Verfasser mit den unebenen Linien, die Schnittlinien von Kugel-, Kegel- oder Zylinderflächen sind“ (Loria, 1965, 621). Was Frézier in diesem Kontext thematisierte, sei „für die Entwicklung der deskriptiven Methoden in der Geometrie von größter Bedeutung“ gewesen: „Wir dürfen in diesen echt deskriptiv gehaltenen [also auf graphischen Methoden basierenden; NB] Ausführungen die Quelle einer ganzen Reihe von Konstruktionen erblicken, aus der spätere Autoren bewußt und unbewußt geschöpft haben“ (Papperitz, 1909, 555–556). Beispielsweise hat Frézier bei der Beschreibung der genannten Linien und Flächen mit Hilfe eines Systems paralleler Ebenen, einem Prinzip, das in der darstellenden Geometrie noch lange genutzt wurde, um die Schnittlinie zweier Flächen zu konstruieren, gearbeitet (vgl. Loria, 1965, 621).

Im III. Buch wird „[...] der allgemeine Begriff ‚Projektion‘ auf die Darstellung vermittels der Ikonographie und Orthographie der Gewölbe angewandt; es erhellt daraus die Notwendigkeit, zwei Projektionen einer Figur zu betrachten, um dieselbe eindeutig darzustellen [...]“ (vgl. ebd., 621). In diesem Zusammenhang ist

besonders interessant, was Frézier über die Zusammenstellung der Zeichnungen in einem Risse sagt; er empfindet deutlich den Mangel eines einheitlichen Prinzips, entscheidet sich selbst aber gleichwohl nicht für eine bestimmte Anordnung der Risse, die ihren Zusammenhang unmittelbar erkennen läßt. Andererseits warnt er davor, aus Zufälligkeiten in der Zeichnung auf notwendige Zusammenhänge zu schließen. Es blieb G. Monge vorbehalten, die Zuordnung der Normalrisse zueinander zum Grundsatz zu erheben. (Papperitz, 1909, 557)

Frézier stellt in seinem Werk die Projektionsebenen aus technischen Gründen zwar horizontal oder vertikal dar und unterscheidet Grundriss und Aufriss (vgl. Wiener, 1884, 23), entwickelt aber noch kein geschlossenes System. Er nutzt zum Beispiel nicht ausschließlich die orthogonale Parallelprojektion für seine Darstellungen, sondern integriert auch schiefe Ansichten (vgl. Papperitz, 1909, 555; Wiener, 1884, 23). Zusätzlich behandelt Frézier neben „[...] Anwendungen der Risikunst auf die Aufgaben der Stereotomie und viele damit zusammenhängende Fragen der deskriptiven Geometrie“ u.a. Raumkurven 4. Ordnung 1. Art, deren Untersuchung ein wesentliches Verdienst seinerseits gewesen sei (vgl. Papperitz, 1909, 554–555).

Kavalierprojektion Im Bereich des Militärs findet sich im Festungsbau ein weiterer Nährboden für die Entwicklung darstellend-geometrischer Methoden im weiteren Sinne. Dort hatte sich seit etwa 1600 die sogenannte Kavalierprojektion⁵ (siehe Kapitel 1) zur Darstellung von Festungsanlagen durchgesetzt, u.a. weil die sich zu dieser Zeit ausbreitende Zentralperspektive sich für die Darstellung nicht gut eignete, da man diesen Abbildungen die wahren Maße und Entfernungen nicht unmittelbar entnehmen kann (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 356–357). Durch die Anwendung der schrägen Parallelprojektion blieben Verhältnisse in der Zeichnung erhalten und diese war zugleich anschaulich. Auch in technischen Zeichnungen fand die Kavalierperspektive Anwendung, ansonsten hatte sich bei diesen auch die Perspektive

⁵Bei einem sogenannten „Kavalier“ handelt es sich um eine Art von Festungsturm.

als Darstellungsform etabliert (vgl. z. B. Nedoluha, 1960, Tafel 3 u. 84).

Lukas Voch Lukas Vochs (1728–1785) Lehrwerk *Deutliche Anweisung zur Verfertigung der Baurisse...* (1778) wurde speziell für Handwerker geschrieben und vermittelt somit einen Eindruck darüber, wie (technische) Zeichnungen im Bauwesen und Handwerk am Ende des 18. Jahrhunderts angefertigt wurden. Der Autor selbst spricht in seinem Vorwort von einer „Menge“ und einem „Vorrath“ an Schriften über die „bürgerliche Baukunst“, bemängelt aber das Fehlen eines Werkes für Anfänger, welches „nach dem Geschmacke des Handwerks“ geschrieben ist (vgl. Voch, 1788, 3–4). Voch beginnt sein Lehrbuch zwar mit geometrischen Grundkonstruktionen (eine Parallele zeichnen, eine Senkrechte errichten usw.), teilweise nicht mit Zirkel und Lineal, sondern mit Hilfe diverser Zeicheninstrumente, behandelt aber auch Grund-, Auf- und Profilrisse. In Abbildung 2.5 sind solche auf Treppen angewendet. Die Normalrisse sind einander durch Verbindungslinien zugeordnet und es scheint, als wären Ordner o. Ä. benutzt worden. In den Erläuterungen zu den hier abgebildeten Treppen liegt der Fokus aber auf praktischen Anweisungen bezüglich der Realisierung (Wie sieht der Ort aus, an dem die Treppe gebaut werden soll? Welche Ausmaße hat diese?) und es folgt im Grunde eine Anleitung, die Strich für Strich für ein Beispiel (die Maße einer Treppe sind gegeben) den Entwurf des Grundrisses beschreibt (vgl. ebd., 93–96). Auf den folgenden Seiten wird dann erläutert, wie man den passenden Aufriss zu einem Grundriss einer Treppe konstruiert, und zwar durch das Einzeichnen von Senkrechten an passenden Stellen. Es handelt sich bei diesen Risszeichnungen also um reine Darstellungsformen, Vochs Werk zeigt jedoch, dass Risszeichnungen im Bauwesen auch im 18. Jahrhundert noch etabliert gewesen zu sein scheinen. Mathematisch liefert das Lehrbuch nichts Neues; es ist komplett auf den Anwendungsbezug ausgerichtet.

2.1.5 Ein Werkzeug für die Perspektive

Perspektivische Konstruktionen haben zunächst einen anderen Darstellungszweck als orthogonale Parallelprojektionen: Sie sind „auf die Erzielung eines

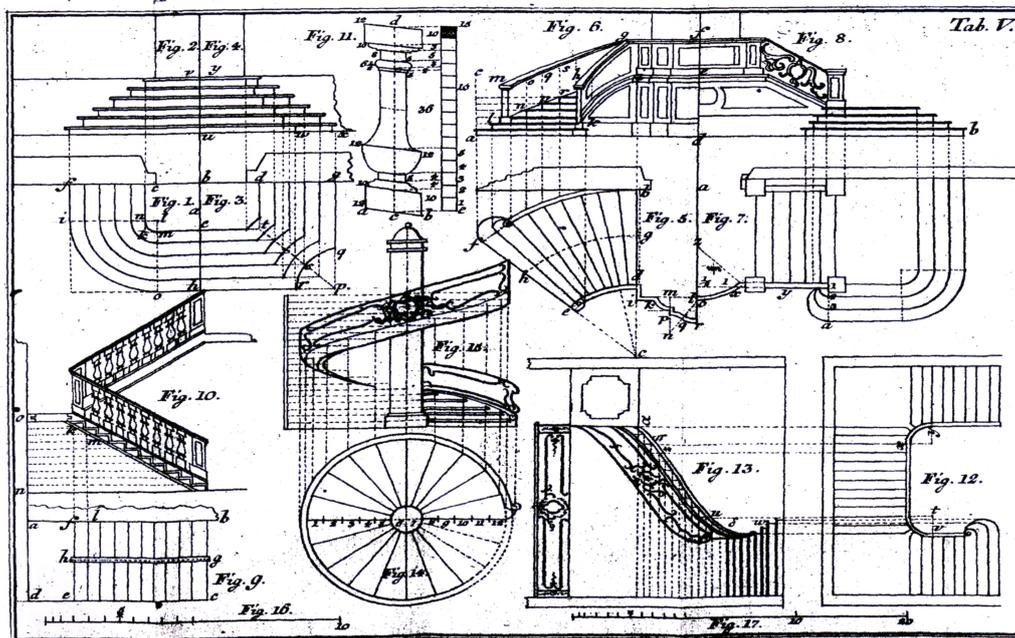


Abbildung 2.5: Verschiedene Treppen im Grund- und Aufriss aus Lukas Vochs *Deutliche Anweisung zur Verfertigung der Baurisse...* (Augsburg, 1778, Tafel V) (Staats- und Stadtbibliothek Augsburg, H 2376, Digitalisat der Bayerischen Staatsbibliothek, <http://www.mdz-nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:bvb:12-bsb11253203-9>)

möglichst übereinstimmenden Eindrucks gerichtet“, sie dienen dem Selbstzweck (vgl. Wiener, 1884, 1). Mit perspektivischen Darstellungen wird eine möglichst naturgetreue Abbildung der Realität intendiert, wohingegen Abbildungen im Grund- und Aufriss praktische Zwecke, im Prinzip Ablesbarkeit bestimmter Informationen über die abgebildeten Originale, verfolgen. Für den Zweck, bestimmte Eigenschaften der abzubildenden Objekte auch in der perspektivischen Darstellung zu erhalten, also für eine Systematisierung bzw. Mathematisierung der Perspektive, wurden teilweise schon Grund- und Aufrissverfahren bzw. deren Eindeutigkeit von Künstlern genutzt.

Zwar war es die Perspektive bzw. die Zentralprojektion, die die darstellende Geometrie im weiteren Sinne zuerst auf ein mathematisches Level gehoben hat, jedoch liegt der Fokus dieser Arbeit auf den Entwicklungen, die im 19. Jahrhundert durch die Innovationen von Monge, also eine für die

Technikwissenschaften und berufliche Praxis nutzbare Systematisierung des Grund- und Aufrissverfahrens, initiiert wurden. „Die Perspektive andererseits ging aus dem Bedürfnisse der Malerei hervor“ (Wiener, 1884, 6), sie bildet deren wissenschaftliche Grundlage (vgl. Loria, 1965, 580): „Mit Beginn der Renaissance wandten sich die Künstler von der symbolträchtigen Darstellungsweise des Mittelalters ab und begannen, sich um Realismus zu bemühen. So kam es zwangsläufig zur Wiedererweckung und Entwicklung der Zentralperspektive“ (Scriba & Schreiber, 2010, 273).

Diese Wiedererweckung spiegelte sich auch im literarischen Schaffen wieder: In der Zeit der Renaissance „[...] strömen Werke über Perspektive in überreicher Fülle hervor“, die Suche „nach einer systematischen Darstellung des Grund- und Aufrissverfahrens“ ist aber vergeblich; dieser Umstand „[...] liegt wohl wesentlich darin begründet, daß man in diesem Verfahren nichts Besonderes sah, daß aber die Perspektive und die Raumtäuschung, die sie ermöglichte, als etwas Neues und Wunderbares erschien, das der ganzen Malerei der Renaissance seinen Stempel aufgedrückt hat“ (vgl. Timerding, 1910, 8). Mit dieser Auffassung, dass im Grund- und Aufrissverfahren „nichts Besonderes“ gesehen wurde, kann auch der Umstand erklärt werden, dass jenes in der Renaissance Anwendung innerhalb perspektivischer Konstruktionen fand. Im Grunde liefert die Geschichte der Zentralprojektion einen weiteren Anwendungsbereich des Grund- und Aufrissverfahrens.

Italien Die ersten Nutzungen von Grund- und/oder Aufrissen für die Konstruktion perspektivischer Bilder finden sich bei Filippo Brunelleschi (1377–1446), Leon Batista Alberti (1404–1472) und Piero della Francesca (?–1492)⁶. Von della Francesca stammt die erste bekannte Beschreibung eines Grund- und Aufrissverfahrens im Kontext der Perspektive, so dass man in seinem Fall von einer bewussten Nutzung dieses Verfahrens ausgehen kann (vgl. Andersen, 2007, 14). Brunelleschi soll am Anfang des 15. Jahrhunderts „[...] eine Methode erfunden haben, aus dem Grund- und Aufriß eines Gebäude-Ensembles punktweise eine perspektivisch korrekte Ansicht zu konstruieren;

⁶Es wird angenommen, dass della Francesca zwischen 1410 und 1420 geboren ist (vgl. Andersen, 2007, 35).

das Verfahren wurde später als ‚Durchschnittsmethode‘ bezeichnet [...]“ (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 275). Alberti nutzte in seinem Werk *De pictura* (1435) eine Aufrissmethode für die Konstruktion der Transversalen in seiner Bodenfliesenkonstruktion (vgl. Andersen, 2007, 26–28).

Della Francesca ging in seinem Werk *De prospectiva pingendi* (1482) ähnlich wie Alberti bei seiner Bodenfliesenkonstruktion vor. Alberti platzierte den Seitriss außerhalb der Konfiguration und übertrug die „Höhe“ der Transversalen auf die Bildebene, della Francesca integrierte diesen in seine Konfiguration.⁷ Andersen nennt diesen Abschnitt in ihrem Buch „Pieros rabatement“, wahrscheinlich in Anlehnung an den Terminus, den Monge mehr als 300 Jahre später für die Drehung bzw. „Umklappung“ der Grundrissebene benutzt haben wird (siehe Kapitel 2.2). Neben der Verwendung eines Auf- bzw. Seitnisses für besagte Bodenfliesenkonstruktion präsentiert della Francesca ein eigenes Grund- und Aufrissverfahren für zwei- und dreidimensionale Objekte (vgl. ebd., 37), welches stark an die von Monge etablierte Darstellungsweise erinnert. Bei della Francesca werden Grund- und Aufrissebene so in eine Ebene gedreht, dass die beiden – wie es bei Monge später auch geschehen würde – verbunden bleiben (vgl. ebd., 62), um die horizontalen und vertikalen Koordinaten des perspektivischen Bildes eines Punktes zu bestimmen (vgl. ebd., 60). Interessant ist hierbei, dass della Francesca die Risskonstruktionen beziehungsweise -darstellungen nicht als eine Neuheit, sondern als etwas Bekanntes behandelte, was darauf schließen lässt, dass er davon ausging, dass diese Methode seinen Lesern bekannt war (vgl. ebd., 62).

Della Francesca nutzte Grund- und Aufrisse auch für die Konstruktion des perspektivischen Bildes eines Würfels, die von Dürer kurze Zeit später aufgegriffen werden würde (siehe unten). In dieser Konstruktion vollzog della Francesca als Erster den „bedeutungsvollen Schritt“, Grund- und Aufrissebene, die üblicherweise als horizontale und vertikale Ebene angenommen werden, frei zu drehen, allerdings „[...] ohne daß darauf besonderer Nachdruck gelegt ist und auch wohl ohne daß es als eine eigene Entdeckung ausgegeben werden soll“ (vgl. Timerding, 1910, 8). Mit Hilfe diverser Rotationen, die del-

⁷Bei Andersen sind die Verfahren von Alberti und della Francesca illustriert (vgl. ebd., 27, 41).

la Francesca jeweils so wählte, dass gewissen Informationen über den Würfel in jeweils einem Riss enthalten bleiben, konstruierte er den Grund- und Aufriss eines Würfels in beliebiger Lage, auf welche er anschließend seine zuvor erwähnte Grund- und Aufrisskonstruktion anwendete (vgl. Andersen, 2007, 64–70). Diese Konstruktion funktioniert für beliebige Objekte in beliebiger Lage unter der Voraussetzung, dass Grund- und Aufriss bekannt sind, deren Konstruktion zu della Francescas Zeit die eigentliche Schwierigkeit bildete, weil noch keine eindeutige geometrische Methode bekannt war, um diese Risse zu erstellen (vgl. ebd., 64–66).

„Deutsche“ Beiträge zur Perspektive Bevor am Ende des 18. Jahrhunderts durch Monge eine systematische Darstellung des Grund- und Aufrissverfahrens zur Verfügung stand, welche zu einer literarischen Auseinandersetzung mit diesem Thema im deutschsprachigen Raum führte (siehe Kapitel 3), gab es in deutscher Sprache bereits zahlreiche Werke über die Perspektive. Mit Ausnahme der Werke der beiden prominentesten Autoren, Albrecht Dürer und Johann Heinrich Lambert, haben andere deutschsprachige Werke über die Perspektive, obwohl die deutschsprachigen Länder hinsichtlich der Anzahl an Veröffentlichungen zu diesem Thema führten,⁸ aus dem Zeitraum vom 16. bis zum Ende des 18. Jahrhunderts hinsichtlich mathematischer Innovationen aber nichts Neues gebracht (vgl. ebd., 633–634). Insbesondere verzichtete die deutsche Literatur über Perspektive fast 200 Jahre lang auf Beweise (vgl. ebd., 620), was sich erst änderte, als die Perspektive am Ende des 17. Jahrhunderts zum Standardthema in Mathematikbüchern wurde (vgl. ebd., 219) und sich Akademiker und insbesondere im 18. Jahrhundert Mathematiker diesem Thema widmeten; zuvor, im 16. Jahrhundert, waren die deutschen Autoren über Perspektive alle noch Praktiker gewesen (vgl. ebd., 599), also Künstler und Handwerker gewesen (vgl. ebd., 213). Die Nutzung von Grund- und Aufrissen im Kontext der Konstruktion perspektivischer Abbildungen war in anderen Ländern bis zum 17. Jahrhundert außer Gebrauch gekommen, von deutschen Praktikern wurde diese Methode aber

⁸Andersen listet 68 deutsche Werke auf, die zwischen 1508 und 1799 veröffentlicht wurden und Perspektivkonstruktionen enthalten (vgl. Andersen, 2007, 739).

noch benutzt oder zumindest beschrieben (vgl. ebd. 229, 614–623).

Albrecht Dürer Albrecht Dürers (1471–1528) *Underweysung der Messung mit dem Zirckel und Richtscheit in Linien, Ebenen und gantzen Corporen* (Dürer, 1525) war „das erste selbständige deutsche Werk über Perspektive“ (vgl. Wiener, 1884, 10). Diverse Autoren sind zu dem Schluss gekommen dieses Werk als eines über die darstellende Geometrie zu bezeichnen bzw. Dürer als einen Vorgänger Monges (vgl. z. B. Loria, 1965, 582; Papperitz, 1909, 545–548; Timerding, 1910, 8). Zum einen sehen viele Abbildungen in Dürers Werk so aus, als wären sie „mit Monges Projektion“ konstruiert worden (vgl. Moravcová, 2014, 165). Dies betrifft zum Beispiel die Darstellungen windschiefer Kurven, wie z. B. Schraubenlinien (siehe Abbildung 2.6), im Grund- und Aufriss, welche erst im 18. Jahrhundert zum allgemeinen Untersuchungsgegenstand, von Dürer also recht früh aufgegriffen wurden (vgl. Andersen, 2007, 193). Zum anderen ähnelt Dürers Verwendung von Grund- und Aufrissen Monges Verfahren:

Er stellt den Grund horizontal, den aufgezogenen Riß vertikal; er zeichnet den Schnitt der Tafeln als Zwerchlinie⁹ und den ersten Riß unter dem zweiten. Offenbar denkt er sich die erste Tafel umgelegt, denn er spricht vom niedergedrückten Grund. Die beiden Risse eines Punkts bezeichnet er mit den gleichen Zahlen oder Buchstaben und verbindet sie durch aufrechte Linien. Im Gebrauche dieser Mittel aber geht er nicht systematisch vor. (Papperitz, 1909, 545–546)

Neben der Stellung bzw. Drehung der Risse in eine Ebene, scheint Dürer schon eine Art von „Ordern“, die Verbindung der beiden Projektionen eines Punktes durch eine senkrechte Strecke, benutzt zu haben; beides erinnert an Monge, dem die Systematisierung des Zweitafelverfahrens fast 300 Jahre später zugeschrieben wird. In Dürers Nutzung zeigt sich, dass für die darstellende Geometrie bzw. für das Grund- und Aufrissverfahren – wie es nach

⁹Hierbei handelt es sich um Dürers Bezeichnung für die Verbindungslinien zwischen den zwei einander zugeordneten Normalrisse.

Monge bekannt wurde¹⁰ – charakteristische Methoden schon vor Monge etabliert waren. Dafür spricht auch, dass Dürer, genau wie della Francesca es vor ihm gehandhabt hatte, die Anwendungen von Grund- und Aufrissen in seinem Werk so präsentiert, als ob er annehmen würde, dass diese Technik seinen Lesern bekannt war (vgl. Andersen, 2007, 193).

Dürer wird häufig eine mathematische, wissenschaftliche Aufarbeitung der Perspektive zugeschrieben (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 273; Wiener, 1884, 10). Bei genauerer Betrachtung seines Werkes wird aber deutlich, dass Dürer mit seinen geometrischen Kenntnissen zwar über seinen Zeitgenossen gestanden hat, jedoch mathematische Strenge nicht erreichte (vgl. Papperitz, 1909, 548). Papperitz formuliert treffend: Zu einer Zeit, in der der „Risskunst noch in vielen Stücken der Charakter der mathematischen Strenge“ fehlte, machte Dürer einen bemerkenswerten Versuch, ihre Regeln zusammenzufassen (vgl. Papperitz, 1901, 19). Dürer, selbst mehr Künstler als Geometer, zielte nicht darauf ab, seine Leser mit geometrischen Erklärungen zu versorgen, sondern ihnen beizubringen, wie die Konstruktion auszuführen ist (vgl. Andersen, 2007, 191). Dementsprechend benutzt er in seinem Werk auch keine mathematischen Fachbegriffe, z. B. heißt ein Quadrat bei ihm „platte gevierte Ebene“ oder ein Kreis „runde Ebene“ (vgl. Papperitz, 1909, 545). Die fehlende mathematische Strenge zeigt sich in einigen Fehlern, die in seinem Werk zu finden sind.¹¹ Beispielsweise „[...] läßt [er; NB] sich [...] dazu verleiten, aus rein zeichnerischen Ergebnissen unrichtige Schlüsse zu ziehen. So hindern ihn z. B. bei der Zusammensetzung regulärer Polygone nur graphische Fehler, Schließungssätze richtig zu erkennen“ (vgl. ebd., 548). Des weiteren behauptet Dürer, dass man alle Körper perspektivisch darstellen kann, deren Grund- und Aufriss gezeichnet werden können, scheidet aber selbst an den Grund- und Aufrissen einiger Körper (vgl. Andersen, 2007, 206): „Am Anfang des IV. Buches stellt er die regulären (Platonischen) und viele halbrekuläre (Archimedische) Polyeder durch Normalrisse dar. Einige Fehler beweisen, daß Dürer die Geometrie der Alten nicht vollkommen ver-

¹⁰In Kapitel 2.2 wird genauer darauf eingegangen, welche Verdienste in der Entwicklung der darstellenden Geometrie zu einem geschlossenem System Monge zugesprochen werden.

¹¹Diese Fehler, von denen insbesondere einer im Folgenden vorgestellt wird, finden sich auch noch in der zweiten Auflage von Dürers *Underweysung* von 1538.

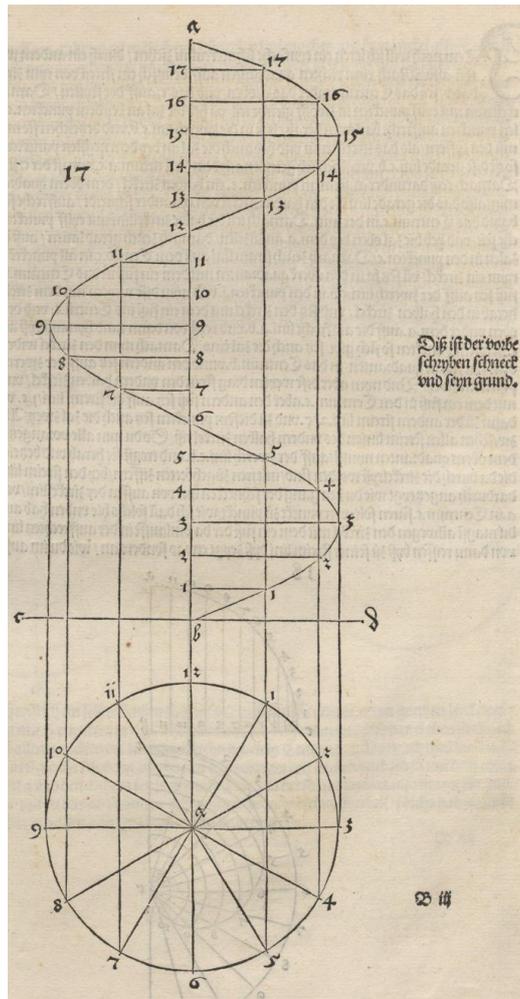


Abbildung 2.6: Darstellung einer Schraubenlinie, entnommen aus Albrecht Dürers *Underweysung...* (Nürnberg, 1525, o. S.) (Digitalisat der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden, <http://digital.slub-dresden.de/werkansicht/dlf/17139/1/> – CC-BY-SA 4.0)

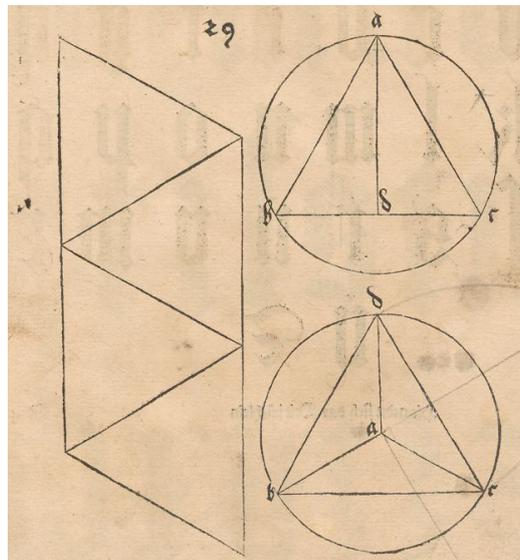


Abbildung 2.7: Dürers fehlerhafte Darstellung eines Tetraeders mit Umkugel im Grund- und Aufriss (rechts) und dessen Netz, entnommen aus Albrecht Dürers *Unterweysung...* (Nürnberg, 1525, o. S.) (Digitalisat der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden, <http://digital.slub-dresden.de/werkansicht/dlf/17139/1/> – CC-BY-SA 4.0)

standen hat“ (Papperitz, 1909, 548). In Abbildung 2.7 ist beispielhaft Dürers Darstellung des Tetraeders und dessen Netzes wiedergegeben. Hier passen Auf- (oben rechts) und Grundriss (unten rechts) nicht zusammen: Geht man davon aus, dass es sich um den korrekten Grundriss handelt, müsste im entsprechenden Aufriss die obere Spitze a unterhalb der Kreislinie abgebildet, d. h. die Kanten ab und ac müssten verkürzt dargestellt werden (vgl. Andersen, 2007, 191).

Die eigentliche Grund- und Aufrisskonstruktion präsentiert Dürer am Ende seines Werkes. Er veranschaulichte sein Prinzip anhand der Konstruktion des perspektivischen Bildes eines Würfels auf einer Plattform inklusive seines Schattens. Diese sei es, „[...] die ihn in beachtliche, bisher wenig gewürdigte, geistige Nähe von Monge rückt“ (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 287). Gleichzeitig lieferte Dürer damit die erste Veröffentlichung über die Konstruktion perspektivischer Schatten und seine Behandlung sollte in dieser Hinsicht noch für über ein Jahrhundert einzigartig in der Literatur über Perspektive bleiben

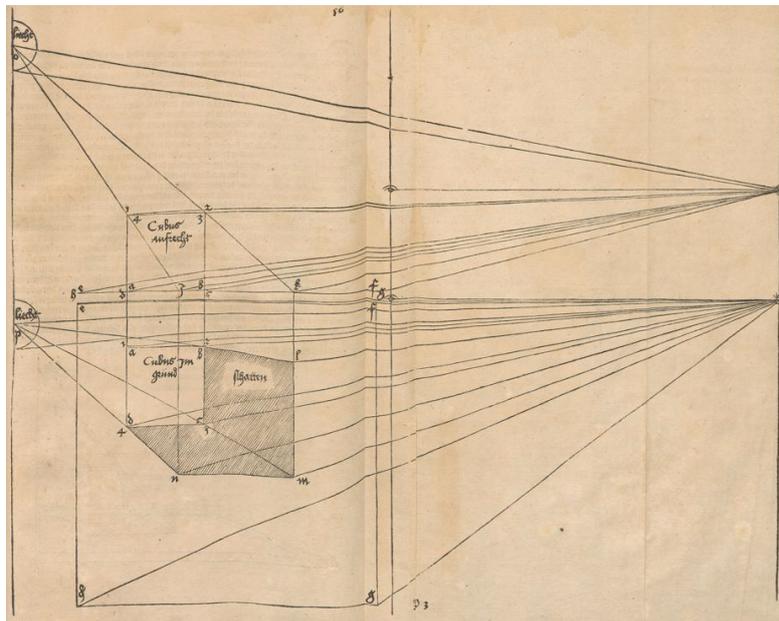


Abbildung 2.8: Dürers Grund- und Aufrisskonfiguration am Beispiel der Konstruktion des perspektivischen Bildes eines Würfels und seines Schattens, entnommen aus Albrecht Dürers *Underweysung...* (Nürnberg, 1525, o. S.) (Digitalisat der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden, <http://digital.slub-dresden.de/werkansicht/dlf/17139/1/> – CC-BY-SA 4.0)

(vgl. Andersen, 2007, 194). Dürer konstruierte das „[...] perspektive Bild als Schnitt der Sehstrahlenpyramide mit der Bildfläche vermittelt Grund- und Aufrisses [...]. Auf gleiche Weise überträgt Dürer den vorher in Grund- und Aufriss bestimmten Schatten“ (vgl. Wiener, 1884, 14). Seine Konstruktion ist in Abbildung 2.8 zu sehen.¹² Dürers Methode, aus beiden Rissen des Lichtpunktes die Projektionen der Lichtstrahlen durch die Ecken zu ziehen und ihre Spurpunkte zu suchen, entspricht dem Verfahren, das „rund 260 Jahre später G. Monge lehrte“; „[...] unabhängig von italienischen Meistern hatte Dürer sein Verfahren entwickelt, die Perspektive eines Gegenstandes und seines Bodenschattens aus Normalrissen abzuleiten“ (vgl. Papperitz, 1909, 548).

¹²Bei Andersen findet sich eine ausführliche Analyse dieser Konfiguration (vgl. Andersen, 2007, 195).

Weiterhin hat auch Dürer – wie della Francesca – Grund- und Aufrisse beispielsweise in späteren Werken benutzt, um die Drehung eines Würfels aus den entsprechenden Rissen heraus zu konstruieren und diese für die perspektivische Konstruktion von menschlichen Köpfen genutzt (vgl. Andersen, 2007, 186; Moravcová, 2014, 165). Dürer scheint in seinen Ausführungen zur Perspektive schon viele Prinzipien (selbstverständlich) verwendet haben, die später zu „Grundpfeilern“ der systematisch aufgearbeiteten darstellenden Geometrie nach Monge wurden. Allerdings hat Dürer, wie bereits erwähnt, diese Prinzipien selbst nicht systematisch aufgearbeitet, intendierte dies aber auch nicht, sondern nutzte sie als Werkzeug für seine Anleitungen für perspektivische Darstellungen für Praktiker.

Johann Heinrich Lambert Obwohl er zu seiner Zeit kaum Einfluss ausübte (vgl. Andersen, 2007, 633–634), soll an dieser Stelle kurz das Verdienst eines weiteren deutschsprachigen Autors vorgestellt werden, der als Begründer der „perspektiven Geometrie“ gilt und zu seiner Zeit als erster die Theorie der Perspektive vollständig aufgearbeitet haben soll (vgl. ebd., xxi): Johann Heinrich Lambert (1728–1777) mit seinem Werk *Freye Perspective, oder Anweisung, jeden perspektivischen Aufriß von freyen Stücken und ohne Grunriß zu verfertigen* (1759). Lambert war der erste Autor, der perspektivische Konstruktionen ohne die Verwendung von Grund- und Aufrissen behandelte (vgl. z. B. Burmester 1906, 12; Schur, 1905, 195; Scriba & Schreiber, 2010, 352; Wiener, 1884, 21). Damit hat er nach Obenrauch die Perspektive begründet, wie sie noch am Ende des 19. Jahrhunderts üblich war (vgl. Obenrauch, 1897, 9). Lambert hat diese Theorie der Perspektive – diejenige, der perspektivischen Projektion dreidimensionaler Objekte auf eine Ebene – nicht neu erfunden, sondern sie, soweit wie es möglich war, zu einer eigenständigen Disziplin gemacht (vgl. Andersen, 2007, 717).

Zwar war sein Werk „für die Wissenschaft ein wahrer Gewinn“, doch hat es „den Künstlern unmittelbar wenig Nutzen gebracht“, weil es geometrische Kenntnisse voraussetzte und geometrische Entdeckungen enthielt (vgl. Schur, 1905, 195), die anscheinend irrelevant für praktizierende Künstler, die vorrangige Leserschaft, waren. Das, was Lambert mathematisch geleistet hat,

sorgt jedoch dafür, dass auch er als einer der Vorgänger Monges angesehen wird (vgl. z. B. Cajori, 1985, 246; Scriba & Schreiber, 2010, 352; Schur, 1905, 195). Lamberts mathematische Innovationen kamen aber zu früh, zu einer Zeit, in der die Werke über Perspektive noch nicht die Aufmerksamkeit der Mathematiker hatten, sondern die der Künstler, die an mathematischen Theorien weniger interessiert waren. Beispielsweise thematisiert er ausführlich die konstruktive Lösung räumlicher Probleme in der Ebene, die dann von Monge durch die Kombination mit dem Mehrtafelverfahren zur Vollendung gebracht wurde (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 352). Auch mit der Rekonstruktion des Originals beschäftigt sich Lambert im Kontext der Perspektive: „Er zeigt nicht nur, wie man in einem fertigen Gemälde den Augenpunkt und den Gesichtspunkt finden kann, von dem es aufgenommen sei [...], sondern er entwickelt auch, wie und unter welchen Umständen man aus dem perspektivischen Bilde eines Gegenstandes seinen Grundriß und Aufriß herstellen kann“ (Schur, 1905, 196).

Im weiteren Verlauf seiner Werke finden sich viele Bereiche der Perspektive bzw. der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne mathematisch aufgearbeitet, von denen einige Beispiels an dieser Stelle gegeben werden:

- Seine Behandlungen der schrägen Parallelprojektion weisen Resultate auf, die als Vorgänger des Satz von Pohlke (siehe Kapitel 3.3.4) gesehen werden können (vgl. Andersen, 2007, 718).
- Er gilt als Begründer der Beleuchtungslehre (vgl. Papperitz, 1901, 22).
- Durch die Nutzung von Koordinaten eröffnete er einen analytischen Zugang zur Perspektive (vgl. Andersen, 2007, 629).
- Er entwickelte einen Perspektographen, „mit dem man einen Grundriß mechanisch in seine zentralperspektive Ansicht verwandeln kann“ (Scriba & Schreiber, 2010, 352).
- Die in der *Freyen Perspektive* aus der perspektiven ebenen Kollineation abgeleiteten „[...] Konstruktionen enthalten das Prinzip, aus dem sich die [...] Photogrammetrie entwickelt hat, die aus den photographischen

Aufnahmen die wirklichen Größenverhältnisse der aufgenommenen Gegenstände ermittelt“ (vgl. Burmester, 1906, 12).

- Lamberts Ausführungen zu der sogenannten Linealgeometrie weisen schon Andeutungen auf die bzw. Anschauungen der projektiven Geometrie auf,¹³ da er beispielsweise für die Konstruktion einer Parallelen zu einer gegebenen Gerade durch einen Punkt im Bild diesen mit dem Fluchtpunkt verbindet (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 352–353).

2.2 Die Begründung einer Wissenschaft durch Gaspard Monge

Als allgemein anerkannt, das heißt in einschlägiger Literatur sowohl über die darstellende Geometrie selbst als auch über ihre Geschichte, gilt, dass Gaspard Monge (1746–1818) die darstellende Geometrie erschaffen bzw. diese als „Wissenschaft“ begründet hat. In diesem Kapitel soll das Verdienst, das Monge um die Begründung der darstellenden Geometrie zugeschrieben wird, nachvollzogen werden. Dabei liegen den Äußerungen der in diesem Abschnitt zitierten Autoren keine einheitlichen Konzepte des Wissenschaftsbegriffs zugrunde, die Argumente, die sie dazu veranlasst haben, Monge als den Begründer der darstellenden Geometrie zu bezeichnen, stimmen aber größtenteils überein und werden im Folgenden zusammengefasst. Zu den Perspektiven um die Jahrhundertwende vom 19. zum 20. Jahrhundert von Wiener (1884), Obenrauch (1897), Timerding (1910) und Papperitz (1909), die im vorangegangenen Abschnitt schon vielfach einbezogen wurden, kommen an dieser Stelle primär diejenigen von Lipsmeier (1971), Paul (1980) und Scriba & Schreiber (2010) hinzu, die sich zwar jeweils mehrfach u.a. auf die Werke von Obenrauch und Wiener stützen, aber auch einige neue Analysen und Ergebnisse aufweisen.

Monges *Géométrie descriptive* erschien 1794 zunächst in Form von Vorlesungsmitschriften, die im Unterricht an der *École Normale*¹⁴ in Paris ent-

¹³Siehe zum Beispiel Wiener, 1884, 21; Andersen, 2007, 718.

¹⁴Die *École Normale*, bzw. später *École Normale Supérieure*, zählt zu den sogenann-

standen sind, und 1798 dann als Lehrbuch. Schon während seiner Zeit an der Militäringenieurschule in Mézières (1765–1783) hatte Monge darstellende Geometrie unterrichtet, publizieren konnte er seine Erkenntnisse allerdings nicht, da sie der militärischen Geheimhaltung unterlagen (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 363). Laut René Taton hatte Monge die *Géométrie descriptive* schon seit 1775, während seiner Zeit in Mézière, nicht mehr nur als Konstruktionstechnik, sondern auch als Hilfsmittel im Beweisen, „in ihrem Geist vollständig“ erfasst (vgl. Paul, 1980, 171). Er war maßgeblich an der Gründung und Konzeption der 1795 gegründeten *École Polytechnique* in Paris beteiligt, auf deren Ausgestaltung in Kapitel 4.1 noch genauer eingegangen wird.¹⁵ Auch bezüglich des Inhalts und Aufbaus seines Werkes sei auf einen späteren Zeitpunkt in dieser Arbeit verwiesen: In Kapitel 3.2 wird Monges Werk im Vergleich zum ersten einschlägigen deutschen Lehrwerk über die darstellende Geometrie vorgestellt werden.

Betrachtet man die Kenntnisse über und die selbstverständliche Nutzung von Grund- und Aufrissverfahren, wie sie schon hunderte Jahre praktische Anwendung zur Darstellung fanden, stellt sich berechtigterweise die Frage nach Monges Verdienst. Papperitz schildert beispielsweise im Kontext der Errungenschaften Albrecht Dürers, dass man dessen Werk sinngemäß auch schon als darstellende Geometrie bezeichnen könne (siehe Kapitel 2.1.5). Auch Barbin verweist im Kontext einer früheren Arbeit Monges von 1785, in welcher er Projektionen mit Hilfe von Schatten erklärte, auf die Ähnlichkeit zu einer Konfiguration Dürers (vgl. Barbin, 2018, 18).¹⁶ Des weiteren veröf-

ten *Grandes Écoles* in Frankreich. Sie wurde 1794 für die Ausbildung von Lehrern und Verwaltungsangestellten/-beamten gegründet (vgl. Grattan-Guinness, 2012, 218).

¹⁵Von einer ausführlichen Beschreibung der Biographie Monges wird an dieser Stelle abgesehen. In zahlreichen, auch in den meisten hier zitierten Werken, ist dies bereits ausführlich geschehen. Eine Übersicht findet sich beispielsweise in den Anmerkungen zu der ersten deutschen Übersetzung von Monges Werk (*Darstellende Geometrie*, 1900) von Robert Haussner. Für ausführliche Auseinandersetzungen mit Monges Begründung der darstellenden Geometrie als Wissenschaft sei an dieser Stelle auf Matthias Pauls *Gaspard Monge „Geometrie descriptive“ und die École polytechnique – eine Fallstudie über den Zusammenhang von Wissenschafts- und Bildungsprozess* (1980) und die Arbeiten von René Taton, insbesondere *L’œuvre scientifique de Monge* (1954), verwiesen. Aktuell hat sich Évelyne Barbin mit dem Thema u.a. in zwei Kapiteln in *Descriptive Geometry: The Spread of a Polytechnic Art* (2018) beschäftigt.

¹⁶Siehe Abbildung 2.8 in Kapitel 2.1.5.

fentlichte fast zeitgleich mit Monge Sylvestre F. Lacroix, einer von Monges ersten Schülern, sein Lehrwerk über das Grund- und Aufrissverfahren, „[...] das sich nur wenig von Monges Buch unterscheidet“; Lacroix erklärt in seinem Vorwort aber, dass er durch Zeichnungen und Mitschriften ehemaliger Schüler Monges Zugang zu dessen Methode hatte, diese aber „[...] selbständig zu einem Lehrgebäude geordnet habe, bevor Monges Vorlesungen im Druck erschienen“ (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 363). Diese beinahe gleichzeitige Veröffentlichung von Lacroixs Werk verdeutlicht jedoch noch einmal, „[...] wie sehr die darstellende Geometrie vorbereitet war“ (vgl. Wiener, 1884, 30). Welche Errungenschaften seinerseits berechtigen also Monges als „Begründer der Wissenschaft“ zu bezeichnen? Was unterschied ihn von seinen Vorgängern? Konkret schließen sich einerseits Fragen nach mathematischen Neuerungen bzw. Innovationen und andererseits nach Implikationen für die Praxis an, die sich aus Monges Arbeit ergaben. Timerding bemerkt, dass Monges Leistung keineswegs darin lag, „[...] daß er etwas völlig Neues brachte, sondern darin, daß er es wagte, etwas Altes als etwas Neues zu bringen, daß er es aber auch vermochte, etwas Neues daraus zu machen“ (vgl. Timerding, 1910, 8). Im Wesentlichen lassen sich folgende, sowohl inhaltliche als auch systemische, Errungenschaften im Kontext der Etablierung der darstellenden Geometrie als wissenschaftliche Disziplin herausstellen, die Monge zuzuschreiben sind:

- Systematisierung des Stoffes
- Mathematische Präzisierung der orthogonalen Parallelprojektion und Erweiterung des Aufgabenbereiches
- Verbreitung sowohl durch Veröffentlichung seines Werkes als auch durch öffentliche Vorträge
- Prägung des relevanten institutionellen Kontextes und Herausbilden einer bestimmten Lehrart und didaktischer Konzeptionen
- Betonung des praktischen Nutzens für die Optimierung von Produktionsprozessen
- Benennung der Disziplin

Systematisierung Auch wenn er die Methode der orthogonalen Parallelprojektion nicht selbst erfunden hat, wird Monge zugeschrieben, dass er diese systematisiert hat – Obenrauch spricht in diesem Kontext von der Ordnung des vorhandenen Chaos' (vgl. Obenrauch, 1897, 5, 10), Lipsmeier von „einem verworrenen Bündel mehr oder weniger verwickelter Aufgaben“, das Monge geordnet hat (vgl. Lipsmeier, 1971, 9). Im Prinzip gelang es Monge die von Handwerkern, Architekten und Ingenieuren erfundenen Repräsentationspraktiken zu vereinigen, zu verallgemeinern (vgl. Barbin, 2015, 35) und diese auf eine kleine Zahl von Grundsätzen zu stützen (vgl. Obenrauch, 1897, 10). Für Wiener ergibt sich Monges Stellung als Begründer der Wissenschaft außerdem durch die „Sammlung“ der „bekannten konstruktiven Lösungen von Aufgaben über Raumgebilde“, welche er durch Hinzufügen „sinnreicher und einfacher neuer“ Aufgaben und deren Ordnung bereicherte und vertiefte (vgl. Wiener, 1884, 26, 60). Laut Papperitz war dabei der Überblick, den er über bereits Erreichtes hatte, entscheidend (vgl. Papperitz, 1901, 15).¹⁷ Taton schreibt Monges *Géométrie descriptive* eine „Synthetisierungsfunktion“ zu, womit er das „Zusammenfassen und Auf-den-Begriff-bringen einer Vielzahl von graphischen Techniken“ bezeichnet, was „[...] sowohl enge Vertrautheit mit technischen und handwerklichen Verfahrensweisen als auch vertiefte Kenntnisse der modernen Geometrie und [ein; NB] ausgeprägtes räumliches Vorstellungsvermögen“ voraussetzte (vgl. Paul, 1980, 165). Das Resultat war ein geordnetes System, das durch „Klarheit und Einfachheit“ charakterisiert werden konnte (vgl. Papperitz, 1901, 12). Monge entwickelte die „Hauptmethode“ der darstellenden Geometrie, das Grund- und Aufrissverfahren, systematisch und vollständig (vgl. Rohn & Papperitz, 1901, 414).

Lipsmeier stellt im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Begründung der darstellenden Geometrie zwar noch einmal heraus, dass schon Frézier durch seine „neuen Ansätze“ einen „echten Fortschritt“ erreicht hatte, spezifiziert diese Ansätze bzw. den Fortschritt aber weder weiter, noch macht

¹⁷Timerding behauptet im Gegensatz dazu, dass Monge in jüngeren Jahren „[...] über die vorausgehende Literatur wenig orientiert war und so über längst Bekanntes und längst Geprobtes nachdachte, als ob er es neu entdeckt hätte. Später freilich hat er die bedeutendsten Vorgänger sicher kennen gelernt und ihre Arbeiten sich zu nutze gemacht“ (Timerding, 1910, 8-9).

er an dieser Stelle deutlich, wie Monge im Unterschied zu Frézier einen „gesonderten Wissenszweig“ bzw. „eine auf mathematischer Grundlage aufgebaute Wissenschaft“ geschaffen hat (vgl. Lipsmeier, 1971, 9, 98). Wie in Kapitel 2.1.4 schon erläutert wurde, orientierte sich Fréziers Werk trotz seiner theoretischen Auslegung stark an praktischen Problemen des Steinschnitts. Damit ließe sich begründen, dass sein Werk weniger systematisch aufgebaut war: „Dem mit einer Fülle von Einzelheiten überladenen Frézierschen Werke gegenüber erscheint der Inhalte der grundlegenden Mongeschen Schrift fast dürftig, aber um so eindrucklicher wirkt die Betonung der wenigen leitenden Gedanken, die so einfach und so selbstverständlich aussehen und in denen doch das ganze Geheimnis liegt“ (Timerding, 1910, 10–11). Auch Paul Cooledge (1963) schreibt, dass es bei Frézier an System fehlte (vgl. Paul, 1980, 164). Wie sich im Folgenden zeigen wird, erschöpft sich Monges Verdienst aber nicht in der reinen Systematisierung einer vorhandenen Methode.

Mathematisierung Die Systematisierung bzw. Ordnung des Grund- und Aufrissverfahrens wurde von Monge auch dadurch erreicht, dass er diesem eine mathematische Grundlage gab. Risskonstruktionen – beispielsweise in der Baukunst des Mittelalters (siehe Kapitel 2.1.2) – wurden in der Praxis eher „handwerksmäßig und empirisch“ angewendet (vgl. Obentraut, 1897, 5). Erst durch Monge wurde das Grund- und Aufrissverfahren auf der Grundlage mathematischer Prinzipien aufgebaut. Monges Grundsatz, die praktischen Konstruktionen auf die Mathematik zurückzuführen, fand auch in der mathematischen Fachwelt Anklang; in einer Rezension von Gauß aus dem Jahr 1813 empfahl dieser Monges Werk „als kräftige Geistesnahrung“ welche zur „Belebung und Erhaltung des echten, in der Mathematik der Neuern sonst manchmal vermissten, geometrischen Geistes“ beitrug (Gauß, 1813, 1208). In dieser Rezension beklagte Gauß zuvor, dass die Stereometrie meistens analytisch behandelt wurde und betont in diesem Zusammenhang, dass es wichtig sei, dass die „[...] geometrische Methode fortwährend cultivirt werde“: Die Franzosen, und hierbei bezieht sich Gauß nicht nur auf Monge, nutzten bei ihrer Beschäftigung mit den Elementen im Raum „bloß geometrische Methoden“ (vgl. ebd., 1207–1208). Somit könnte man Monge u.a. eine Re-

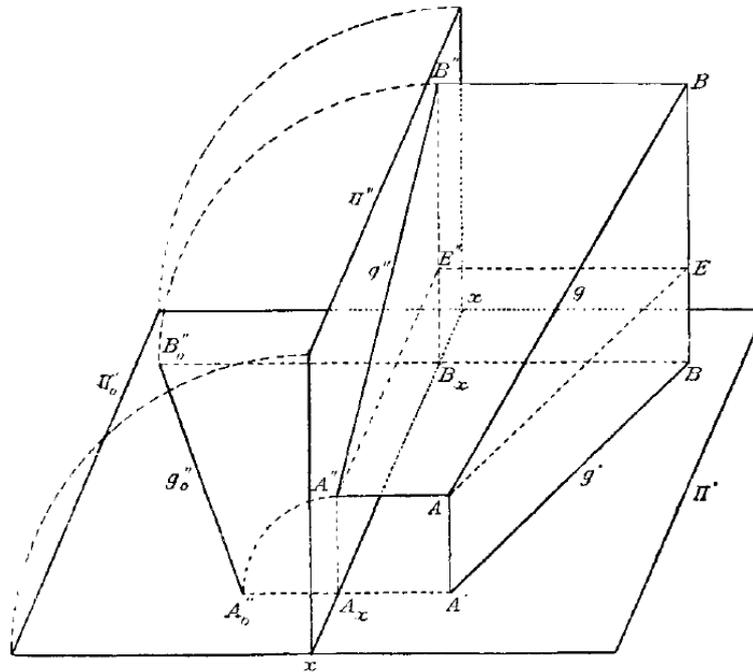


Abbildung 2.9: Eine Illustration von Monges Ebenenkonfiguration mit Grund- und Aufriss dargestellt in schiefer Parallelprojektion, entnommen aus Gaspard Monges *Darstellende Geometrie* (Leipzig, 1900, Hrsg. Robert Haussner, 15) (Digital Mechanism and Gear Library, Digitalisat der European Collections, https://www.europeana.eu/portal/de/record/2020801/dmglib_handler_docum_669009.html – CC BY-NC-ND 3.0)

orientierung an bzw. eine Wiederbelebung von synthetischen Methoden der Geometrie zuschreiben.

Im Prinzip lassen sich zwei geometrische Präzisierungen des Grund- und Aufrissverfahrens Monge zuordnen: die Verbindung der Grund- mit der Aufrissebene durch die Risskante (*ligne de terre*) und die „Umklappung“ der Bild- bzw. Projektionsebenen (*rabattement*). Der Aufriss wird um die Risskante in die gleiche Ebene wie der Grundriss gedreht. „Sein schöpferisch verwerteter Grundgedanke war: Eine Projektion genügt nicht, um ein Objekt durch die Zeichnung zu bestimmen; folglich muß entweder eine zweite Projektion hinzugenommen werden, oder andere Angaben müssen die fehlenden Bestimmungsstücke ersetzen“ (Papperitz, 1909, 538). Die Risskante, auch Grundlinie genannt, wurde bis dahin nur in der Perspektive und noch nicht im Zusam-

menhang mit Grund- und Aufrissverfahren verwendet (vgl. Wiener, 1884, 25–26). In Abbildung 2.9 ist Monges erläuternde Illustration seiner Konfiguration abgebildet. Zu sehen sind die Projektionen einer Strecke AB auf die horizontal abgebildete Grundrissebene und die senkrecht stehende Aufrissebene, deren Umklappung nach links durch die gestrichelten Bogenlinien angedeutet wird. Abbildung 2.10 zeigt, wie die Konfiguration nach der Umklappung aussieht. In dieser Abbildung ist zusätzlich die Lösung der Aufgabe zur Bestimmung der wahren Länge $|A_0B''|$ der abgebildeten Strecke AB zu sehen. Die konstruktiven Verfahren, um die wahren Längen der dargestellten Objekte in dessen Abbildung zu bestimmen, ergaben sich aus Monges Konfiguration: Sie eröffnete die Möglichkeit, das darzustellende Objekt zu einer Bildebene parallel zu drehen, Teile des Objektes in eine Bildebene umzuklappen und Hilfsebenen in günstiger Lage zum abgebildeten Objekt zu wählen, sodass Eigenschaften ablesbar wurden. Im Beispiel in Abbildung 2.10 erhält man die wahre Länge der Strecke AB , also $|A_0B''|$, durch Paralleldrehen von AB zur Aufrissebene.

Durch seine Konfiguration, also die Verbindung des Grund- und Aufrisses in der gleichen Ebene, konnten nicht nur Punkt und Gerade durch jeweils zwei Projektionen eindeutig dargestellt werden, sondern auch Ebenen durch ihre Spurelemente, also deren Schnitte mit den Projektionsebenen. Durch diese geometrischen Präzisierungen, die „strenge Bestimmtheit“ eines Raumpunktes durch zwei Projektionen und die Umklappung der Ebenen, hatte Monge die zeichnerischen Verfahren stark vereinfacht (vgl. Paul, 1980, 164). Beispielsweise hatten schon Monges Vorgänger Spurelemente am konkreten Fall entwickelt, aber bei Monge war „alles auf möglichste Allgemeinheit gerichtet“ (Scriba & Schreiber, 2010, 363). Neben der Möglichkeit, Ebenen durch ihre Spuren darzustellen, erreichte Monge mit seiner Methode weiterhin den Vorteil, auf die so dargestellten Ebenen „[...] in einfachster Weise Senkrechte fallen zu können“ (Wiener, 1884, 26), weil „[...] die Projectionen der Normalen einer Ebene senkrecht auf ihren gleichnamigen Spuren stehen“ (vgl. Haussner, 1900, 190). Diese Kernelemente seines geschaffenen Theoriegebäudes, erzielt durch seine spezielle Verbindung zweier Darstellungen bzw. Ansichten eines Objektes, resultierten in eindeutigen zweidimensionalen Abbildungen dreidi-

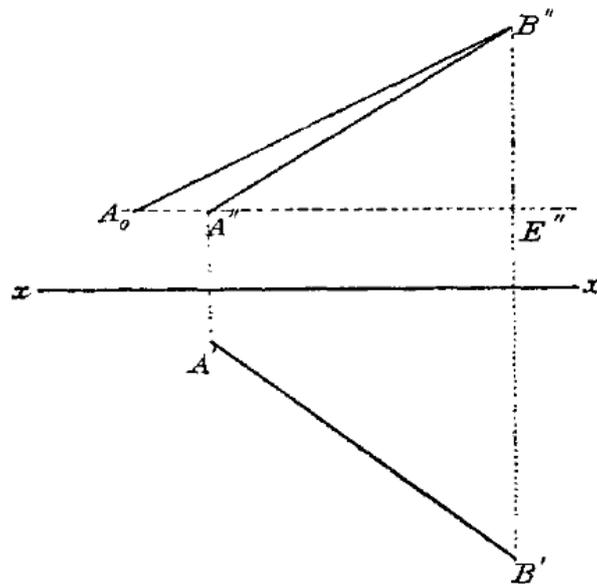


Abbildung 2.10: Darstellung einer Strecke AB durch ihre beiden orthogonalen Parallelprojektionen $A'B'$ und $A''B''$ auf die Grund- und Aufrissebene und die Bestimmung der wahren Länge $|A_0B''|$, entnommen aus Gaspard Monges *Darstellende Geometrie* (Leipzig, 1900, Hrsg. Robert Hausner, 16) (Digital Mechanism and Gear Library, Digitalisat der European Collections, https://www.europeana.eu/portal/de/record/2020801/dmglib_handler_docum_669009.html – CC BY-NC-ND 3.0)

mensionaler Objekte. „Sein Hauptverdienst besteht also darin, die Aufgabe der darstellenden Geometrie und die Mittel zu ihrer Lösung klar erkannt zu haben“ (Papperitz, 1909, 538). Diese Anwendung der orthogonalen Parallelprojektion führte zusätzlich dazu, dass Monge „[...] nicht nur die früher bereits gelösten Aufgaben einfacher lösen, sondern noch ungelöste und neue Aufgaben in einfacher Weise erledigen [konnte; NB]“ (Haussner, 1900, 190). Durch die Verbindung von „zwei bisher nur in losem Zusammenhang auftretende[n] Formen der Beschreibung, den Grundriss und den Aufriss“, wurde die Lösung der zweiten Aufgabe der darstellenden Geometrie, wie er sie selbst definiert hatte, möglich: die Rekonstruktion bzw. die „unzweideutige Bestimmung der Raumelemente und ihrer Beziehungen zu einander aus den graphischen Daten“ (vgl. Papperitz, 1901, 23).

Orthogonale Parallelprojektionen und auf verschiedene Arten zugeordnete Normalrisse als Darstellungsmittel waren schon etabliert, bevor Monge sein Werk veröffentlichte. Sie dienten aber allein der Abbildung und nicht der Lösung räumlicher Probleme (vgl. Moravcová, 2014, 167). Monge definierte die zweite Aufgabe der darstellenden Geometrie: „Zweitens soll sie das Verfahren lehren, um aus einer genauen Zeichnung die Gestalt der Raumgebilde erkennen und alle Sätze, welche aus der Gestalt und der gegenseitigen Lage der Raumgebilde folgen, ableiten zu können“ (Monge, 1900, 3). Monge gelang es durch sein Grund- und Aufrissverfahren „[...] Sätze der räumlichen Geometrie auf solche der ebenen Geometrie zurückzuführen“ (Maurer, 1998, 122). Zuvor hatte es an einem einheitlichen Prinzip gefehlt, welches die orthogonale Parallelprojektion „umkehrbar eindeutig und allgemein anwendbar“ machte, sodass Konstruktionen im Raum mit Zirkel und Lineal in der Ebene möglich wurden (vgl. Papperitz, 1909, 560). Im Grunde erstellte Monge ein zweidimensionales Modell des dreidimensionalen Raumes, „[...] in dem Aufgaben, die sich eigentlich auf den Raum beziehen, ersatzweise an den ebenen Repräsentanten gelöst werden, wobei es sich bei den Aufgaben sowohl um Konstruktionen im engeren Sinne als auch um Entscheidungsprozeduren oder um den Beweis von Sätzen handeln kann“ (Scriba & Schreiber, 2010, 361). Durch die Erweiterung der darstellenden Geometrie um eine zweite Aufgabe und die damit verbundene Möglichkeit der Lösung dreidimensiona-

ler konstruktiver Aufgaben in der Ebene, gab er der orthogonalen Parallelprojektion „einen neuen Wert“ (vgl. Papperitz, 1909, 560). Aber nicht nur die Lösung räumlicher konstruktiver Probleme in der Ebene ergab sich aus Monges Methode, sondern auch die Möglichkeit, die dargestellten Objekte zu ergründen: Die darstellende Geometrie „[...] bildete auch eine sehr geeignete Methode zur Entdeckung von wichtigen und verborgenen Eigenschaften der begrenzten Räume“ (Obenrauch, 1897, 11) und „[...] gewährt uns auch einen klaren Einblick in den organischen Aufbau, die Struktur der geometrischen Gebilde“ (Papperitz, 1909, 522).

Verbreitung, institutioneller Kontext und didaktische Prinzipien

Berechtigterweise weist Paul darauf hin, dass man Monges Einfluss „[...] auf die Geometrieentwicklung kaum mit seinen materiell-mathematischen Forschungsbeiträgen erklären kann“, sondern zusätzlich seine „methodologischen Reflexionen“ heranziehen muss, die in seine „didaktische Konzeption“ der darstellenden Geometrie eingeflossen sind (vgl. Paul, 1980, 284). Tatsächlich handelt es sich mathematisch bzw. geometrisch um recht simple Innovationen, die Monge zuzuschreiben sind. So sei es nach Paul auch nicht weiter verwunderlich, dass „[...] die ideengeschichtlich orientierte Mathematikgeschichtsschreibung weitgehend ratlos darüber ist, wie das grundlegend Neue der g.d. [*géométrie descriptive*; NB] genauer zu fassen wäre“ (vgl. ebd., 163). Monge bettete diese Inhalte aber zugleich in ein didaktisches Konzept ein. Seine *Géométrie descriptive* an sich, also die Veröffentlichung eines systematisch und geometrisch aufgearbeiteten Grund- und Aufrissverfahrens, erwies sich schon zu seiner Zeit als didaktisch durchdachtes Lehrwerk, wie es auch Gauß in seiner Rezension beschreibt: „Dem vorliegenden Werke über diese Wissenschaft müssen wir insbesondere das Lob einer großen Klarheit und Concision im Vortrage, eines wohlgeordneten Ueberganges vom Leichtern zum Schwerern [...] beylegen [...]“ (Gauß, 1813, 1208).

Eine wichtige Errungenschaft Monges war darüber hinaus aber auch die Verbreitung der darstellenden Geometrie durch ihre Lehre in verschiedenen institutionellen Kontexten, weil die Thematik so einem breiteren Publikum zugänglich gemacht wurde. Dabei spielte insbesondere der institutio-

nelle Kontext, vor allem die *École Polytechnique*, eine Rolle. An der *École Normale* hielt Monge außerdem Vorträge über die darstellende Geometrie vor „mehreren Tausenden“ Zuhörern (vgl. Barbin, 2015, 40). Monge waren institutionelle Kontexte zugänglich, die es zum Beispiel Frézier nicht waren. Zusätzlich hat Monge bei der Ausgestaltung der *École Polytechnique* entscheidend mitgewirkt und der darstellenden Geometrie einen wichtigen Platz in der Ausbildung gesichert (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 360). Er verknüpfte die darstellende Geometrie also von Beginn an mit einem institutionellen Lehr-Lern-Kontext. Blankertz schreibt Monges *Géométrie descriptive* sogar die Rolle des „organisierenden didaktischen Prinzips“ dieser Institution zu (vgl. Blankertz, 1969, 63). Monge hatte großen Einfluss auf die „Mathematisierung des Unterrichts“ dort genommen (vgl. Lipsmeier, 1971, 97) und „[...] die scharfe Logik seines mathematischen Geistes hat [...] dem Aufbau der neuen Schule eine denkwürdige und historisch unendlich folgenreiche Gestaltung verliehen“ (Schnabel, 1925, 10).

Des weiteren muss Monge als „Schöpfer des neuen Unterrichtsplanes“ (vgl. ebd., 9) bezeichnet werden, da er gleichzeitig „[...] hervorragende Lehrprogramme für diesen Unterricht konzipierte“ (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 360). Auch für eine gewinnbringende Ausgestaltung des Unterrichts in der Praxis sorgte Monge und setzte diese auch um: Neben den „hervorragenden Vorlesungen“, die er auch durch seine „persönliche Ausstrahlung“ prägte (vgl. ebd., 360), ist er außerdem „[...] als Begründer der echten polytechnischen Lehrart anzusehen [...]“ (vgl. Schreiber, 1828). Diese Lehrart schließt die praktische Übung, das Zeichnen, als wichtigstes Charakteristikum ein (vgl. Lipsmeier, 1971, 99). So gelang es Monge am Ende des 18. Jahrhunderts nicht nur, der darstellenden Geometrie einen Platz im Fächerkanon zu sichern, sondern auch die Lehre des Faches von Beginn an didaktischen Prinzipien zu unterstellen und somit ihre Lehre qualitativ zu gestalten.

Nützlichkeit Die Legitimierung der Verbreitung der darstellenden Geometrie lieferte Monge im Vorwort („*Programme*“) zu seinem Werk, in welchem er dieser Disziplin einen direkten praktischen, sowohl wirtschaftlichen als auch gesellschaftlichen, Nutzen in ihrer Anwendbarkeit für die Optimierung von

Produktionsprozessen zuschreibt.¹⁸ Monges Argumentation in seinem *Programme* lässt sich folgendermaßen zusammenfassen: Er sieht den Weg aus der Abhängigkeit von der ausländischen Industrie in einer Neuorganisation des öffentlichen Unterrichts, indem man diesen an Gegenständen ausrichtet, die Genauigkeit von ihren Lernenden verlangen, mit dem Ziel die Präzision der Arbeit zu erhöhen, die Handarbeit zu verringern und den Resultaten mehr Gleichförmig- und Pünktlichkeit zu geben (vgl. Schreiber, 1828, II). Die Voraussetzung für den Fortschritt der Industrie sei die Rationalisierung der Arbeitsprozesse, welche durch die Naturwissenschaften erreicht werden könnte, die wiederum die darstellende Geometrie zur Grundlage haben, „[...] weil sie erlaube den Gegenstand zu quantifizieren“ (vgl. Blankertz, 1969, 67). Weiterhin würde die darstellende Geometrie außerdem das Kommunikationsmittel bzw. die Sprache für die am Fertigungsprozess beteiligten Instanzen stellen (vgl. Lipsmeier, 1971, 99). Dementsprechend müsste all diesen Instanzen – bzw. „Menschen mit Intelligenz oder Vermögen“ (vgl. Schreiber, 1828, II) – die darstellende Geometrie in verschiedenen Bildungskontexten zugänglich gemacht werden. Im Zuge der Entwicklungen der Industrie würde der Produktionsprozess unter verschiedenen Instanzen aufgeteilt werden müssen; diese müssten durch Bildung kommunikationsfähig gemacht werden (vgl. Paul, 1980, 220–222). Sowohl über die Auswirkungen auf Produktionsprozesse als auch über die Verwendbarkeit als Kommunikationsmittel positioniert Monge die darstellende Geometrie als einen integralen Bestandteil einer systematisch geleiteten technischen Ausbildung mit dem Ziel, Fertigungsprozesse zu optimieren (vgl. Timerding, 1910, 11–12).

Dass er die darstellende Geometrie einer breiteren Masse zugänglich machen möchte, zeigt sich auch im weiteren Verlauf seines Werkes; zu Beginn des fünften Kapitels greift er die Thematik noch einmal auf:

Hätten wir uns nun nur das Ziel gesteckt, ein elementares Lehrbuch, welches dem Unterricht an diesen Mittelschulen zur Grund-

¹⁸Haussner hat in seiner Übersetzung von Monges Werk auf die Integration von Monges Vorwort bzw. „Eröffnungsrede“ verzichtet, weil sich dies nicht „empfahl“ (vgl. Haussner, 1900, 189). Eine Übersetzung findet sich aber im Vorwort des ersten einschlägigen deutschsprachigen Lehrwerkes von Guido Schreiber (vgl. Schreiber, 1828, II–III), welches in Kapitel 3.2 vorgestellt wird, und bei Blankertz (vgl. Blankertz, 1969, 66–67).

lage dienen soll, zu schreiben, so müssten wir hiermit die allgemeinen Betrachtungen abschliessen und sofort zu den nützlichsten und am häufigsten gebrauchten Anwendungen übergehen. [...] In den Lehrplan des Volksunterrichtes soll man nur einfache Dinge, deren Kenntniss täglich nützlich sein kann, aufnehmen. (Monge, 1900, 143)

Er knüpft die Inhalte also nicht unbedingt an einen bestimmten Bildungskontext, sondern macht deutlich, dass die darstellende Geometrie auch andere Funktionen, als das Hilfsmittel der Technik zu sein, haben kann und in weiteren, durchaus allgemeinbildenden, Bildungskontexten gelehrt werden soll. Auch in seinem *Programme* erwähnt Monge, dass die darstellende Geometrie einen Betrag zur „Vervollkommnung des menschlichen Geschlechts“ beitragen würde, weil sie außerdem das räumliche Anschauungsvermögen, also die Verstandeskräfte, schule (vgl. Schreiber, 1828, III), der Nutzen für die Industrie steht in seiner Argumentation aber eindeutig im Vordergrund. Dennoch attestiert Monge seiner darstellenden Geometrie sowohl als Gegenstand mit „materielem Gehalt“, der „Auswirkungen auf die zukünftige Berufspraxis“ haben kann, als auch als „Material zur Schulung des Geistes“ (vgl. Paul, 1980, 178).

Monges Argumentation ist recht überspitzt: Die darstellende Geometrie sei diejenige Wissenschaftsdisziplin „[...] die, offenbar als einzige, in der Lage ist, die Probleme der Produktionstechnik streng zu erfassen und im Sinne der Erhöhung der Exaktheit des Produzierens erzieherisch zu wirken“ (vgl. ebd., 175). Er geht so weit, die „langsamen Fortschritte“ der französischen Industrie auf die fehlende Verbreitung der Kenntnisse über die darstellende Geometrie zurückzuführen (vgl. Schreiber, 1828, III). Mathematisch bringt Monges darstellende Geometrie zwar nicht viel Neues, er eröffnete aber durch sein Konzept die Möglichkeit, „[...] die Vielzahl der handwerklichen und technischen Verfahrensweisen exakt zu fassen, und auf wenige Grundprinzipien zurückzuführen [...]“ (vgl. Paul, 1980, 164). Tatsächlich zielt Monge auf „die Schaffung eines anwendungsorientierten Bildungsgutes“ ab (vgl. ebd., 342).

Benennung So simpel es auch scheint, Monge hat durch die Benennung seiner dann systematisch aufgebauten und mathematisch begründeten Darstellungsmethode durch Grund- und Aufrisse entscheidenden Einfluss auf die Wahrnehmung der darstellenden Geometrie als (mathematische) Disziplin genommen: „Der Name ist sehr jung, der Gegenstand sehr alt. Der Name bedeutet aber hier nicht bloß ein Wort, sondern die bewusste Auffassung als eine geschlossene mathematische Disziplin“ (Timerding, 1910, 3). Zum ersten Mal taucht der Begriff *Géométrie descriptive* im Zusammenhang mit einer Schrift Monges von 1793 auf, in welcher er Vorschläge für die schulische Ausbildung in der dreidimensionalen Geometrie macht und im Zuge dessen von einer „strengen, rein darstellenden Geometrie“ spricht (vgl. Barbin, 2015, 35). Im deutschsprachigen Raum findet der Begriff „darstellende Geometrie“ – als erster der drei später synonym verwendeten Begriffe (darstellende, beschreibende oder deskriptive Geometrie) – Verwendung im Titel von Michael Creizenachs Lehrbuch *Anfangsgründe der darstellenden Geometrie* von 1821. Zuvor hatte Weinbrenner in seinem Lehrwerk für Architekten von 1810 noch die französische Bezeichnung *Géométrie descriptive* als Synonym für das geometrische Zeichnen, welches bei ihm durch das Grund- und Aufrissverfahren verkörpert wurde, benutzt (siehe Kapitel 1 und 3.1). An dieser Stelle zeigt sich zudem die anfängliche Assoziation des Begriffs „darstellende Geometrie“ mit dem Grund- und Aufrissverfahren – der Kontext, in dem Monge diese Bezeichnung ursprünglich nutzte.¹⁹ Vor Monges Veröffentlichung wurde, zumindest im deutschsprachigen Raum, schon von Grund- und Aufrissen, von der Risskunst o. Ä. gesprochen, aber einen übergreifenden, geschweige denn einheitlichen Begriff gab es nicht.

Eine folgenreiche Veröffentlichung

Monge wird als Begründer der darstellenden Geometrie als Wissenschaft bezeichnet, zum einen aufgrund seiner Systematisierung und Mathematisierung

¹⁹Wie in Kapitel 1 geschildert, wurde die darstellende Geometrie im deutschsprachigen Raum recht schnell als die – im weiteren Sinne – allgemeine Lehre der zweidimensionalen Abbildung dreidimensionaler Objekte aufgefasst, die sich nicht nur auf das Grund- und Aufrissverfahren stützte.

der Methode der zugeordneten Normalrisse, des Grund- und Aufrissverfahrens, und zum anderen aufgrund seines Beitrags zu deren Etablierung in einem institutionellen Lehr-Lern-Kontext sowie als unabdingbares Mittel zur Erhebung der französischen Industrie. Die Veröffentlichung seines Werkes am Ende des 18. Jahrhunderts war der Ausgangspunkt für viele weitere Entwicklungen sowohl im Bereich der darstellenden Geometrie selbst, als auch im Hinblick auf die Geometrie im Allgemeinen. „Von vielen Mathematikern wurde die Umgestaltung der Geometrie durch Monge als eine wesentliche Voraussetzung für die stürmische Entwicklung der Geometrie im 19. Jahrhundert gesehen [...]“ (Maurer, 1998, 123). Paul zitiert Hankel (1875), der Monge im Kontext der geometrischen Wissenschaften die Schaffung der bis dahin unbekanntem Begriffe „der geometrischen Allgemeinheit und der geometrischen Eleganz“ zuschreibt, da die „[...] alte Geometrie von Figuren strotzte [...]“ und aus einem „Gewirre aus Buchstaben“ bestand, d. h. unübersichtlich und ungeordnet war, und somit als Kommunikationsmittel völlig ungeeignet (vgl. Paul, 1980, 197–198). Monges *Géométrie descriptive* wurde durch ihre Übersichtlichkeit und Universalität charakterisiert, die sie von bestehenden Methoden abhob. Somit und darüber hinaus hat Monge den zuvor rein praktisch genutzten – und auch damit assoziierten – Zeichenmethoden außerdem eine wissenschaftliche Grundlage gegeben.

Der „ungeheure Einfluss“, den Monges „Prinzipien der beschreibenden Geometrie“ auf die geometrischen Wissenschaften hatten, manifestierte sich auch in der Weiterentwicklung der darstellenden Geometrie selbst (vgl. Papperitz, 1909, 559). Beispielsweise haben die Methoden Monges auch die Lehre der Perspektive, insbesondere der Schatten- und Beleuchtungskonstruktionen, mathematisch begründet und auch diesen Bereichen damit eine „sichere Grundlage“ gegeben (vgl. Papperitz, 1901, 12–13). Monge selber betonte in seinem Vorwort, dass es sich bei seinem Buch nur um den ersten Teil seines Werkes handelte und dass im zweiten Teil die Anwendungen seiner Methode auf den Steinschnitt, das Fachwerk, die Perspektive, die Schattenkonstruktion und die Maschinenlehre behandelt werden sollten (vgl. Haussner, 1900, 188).²⁰ Die Veröffentlichung dieser Kapitel blieb aber seinen Schülern und

²⁰In Monges Lehrveranstaltungen fanden zumindest die Schattenkonstruktionen und

Nachfolgern Barnabé Brisson (1777–1828) und Jean Nicolas Pierre Hachette (1769–1834) in Frankreich vorbehalten. Auch im deutschsprachigen Raum beschäftigte man sich im 19. Jahrhundert innerhalb verschiedener Lehrwerke mit diesen Themen (siehe Kapitel 3).

Neben den im Vorangegangenen aufgezeigten „mathematischen Neuerungen“ des Grund- und Aufrissverfahrens, finden sich in Monges Werk weitere Innovationen die darstellende Geometrie betreffend, die hier nur kurz erwähnt werden. Zum Beispiel erklärte er die Krümmung von Kurven und Flächen, Krümmungslinien und abwickelbaren Flächen allein aufgrund rein geometrischer Betrachtungen (vgl. Haussner, 1900, 190), d. h. anstelle des „alten Klassifizierungsprinzips“ nach dem algebraischen Rang, „[...] gruppierte er die Oberflächen nach dem Modus ihrer Erzeugung“ (vgl. Obendrauch, 1897, 29–30). So konnte die Konstruktion von Durchschnittskurven leichter realisiert werden (vgl. Paul, 1980, 164), und zwar weil Monge krumme Flächen durch ihre scheinbaren Umrisse und die Projektionen ihrer Erzeugenden darstellte (vgl. Haussner, 1900, 190). Eben diese Methoden der Behandlung von Flächen bilden einen der „großen inhaltlichen Fortschritte der Mongeschen Theorie“ (vgl. Paul, 1980, 186).

Monge hätte durch seine *Géométrie descriptive* aber nicht nur einen maßgeblichen Einfluss auf die Wissenschaft der geometrischen Darstellungsmethoden dreidimensionaler Objekte gehabt, sondern auch auf die berufliche bzw. technische Praxis. Bevor Monge das Grund- und Aufrissverfahren aufbereitet hatte, waren technische Zeichnungen hauptsächlich sowohl in Zentralperspektive als auch schräger Parallelprojektion oder durch Kombinationen dieser beiden Methoden gezeichnet worden (siehe Kapitel 2.1). Durch seine Veröffentlichung legte Monge „[...] die Grundlage dafür, dass das Zeichnen zur Sprache des Ingenieurs wurde“ (vgl. Lehmann, 2006, 106). Der Zeitpunkt, zu welchem er sein Werk veröffentlichte, war denkbar günstig, denn es fiel in die „Epoche des aufkommenden Maschinenbaus“; so behauptet Timerding, „[...] daß das exakte Entwerfen und Modellieren der Maschinenteile ohne die Methoden, die uns Monge gegeben hat, unmöglich gewesen wäre“ (vgl.

die Perspektive anscheinend schon Berücksichtigung, weil sie sich in den zurückgelassenen Stenogrammen seiner Vorträge fanden (vgl. Obendrauch, 1897, 64–65).

Timerding, 1910, 11). Monge selbst benutzte zwar keine Beispiele aus der Praxis, deutete diese aber an (vgl. Gauß, 1813, 1208), und erkannte damit an, dass die darstellende Geometrie einen Anwendungsnutzen hatte. Auch in seinem Vorwort proklamierte Monge – wie bereits erläutert – den Nutzen der darstellende Geometrie für die Ausbildung aller am Fertigungsprozess beteiligten Personen; Monge hatte erkannt, dass die technische Zeichnung „[...] mit der Industrialisierung eine völlig neue Ausprägung bekommen müsse“ (vgl. Lipsmeier, 1971, 8, 99). „Für die technische Zeichnung bedeutete das, daß sie rationaler, exakter, technischer werden mußte, um zur ‚Sprache des Ingenieurs‘ [...] werden zu können [...]“ (ebd., 8). Bei Nedoluha finden sich diverse Beispiele technischer Zeichnungen aus dem 19. Jahrhundert, in denen Monges Grund- und Aufrissmethode aber keine Anwendung gefunden hat. Teilweise gibt es zwar zwei orthogonale Ansichten eines Objektes, die aber nicht eindeutig miteinander in Verbindung gebracht sind. Das Beispiel eines dargestellten Stehlagers, das Nedoluha nennt und zeigt, ist in Abbildung 2.11 zu sehen (vgl. Salzenberg, 1842, 19).²¹ In einem weiteren Beispiel aus Sebastian Haindls *Maschinenkunde und Maschinenzeichnen* (1852), welches Nedoluha aufgenommen hat, wurden für die Darstellung einer Winde verschiedene Ansichten und Projektionsmethoden kombiniert: Das Objekt ist perspektivisch, isometrisch – eine weitere axonometrische Darstellungsform – und aus zwei Ansichten in orthogonaler Parallelprojektion dargestellt, aber auch hier, ohne dass diese beiden miteinander in Verbindung stehen durch eine Grundlinie oder Ordner (vgl. Nedoluha, 1960, Bild 52, 76). Im letzteren Fall wurden die beiden orthogonalen Ansichten sogar nebeneinander angeordnet. Grund- und Aufriss wurden in den genannten Beispielen sozusagen einzeln benutzt.

Trotz des deklarierten Nutzens für die Praxis und der Aussagen einiger Autoren, die den Einfluss der Innovationen Monges insbesondere für technische Zeichnungen hervorheben, können die Auswirkungen, die Monges Verfahren auf dieselben hatte, an dieser Stelle nicht beurteilt werden. Es scheint, als wäre Monges Einfluss eher im Bereich der Mathematik bzw. Geometrie,

²¹Diese Abbildung ist auch bei Nedoluha zu finden (vgl. Nedoluha, 1960, Tafel 2, Bild 9).

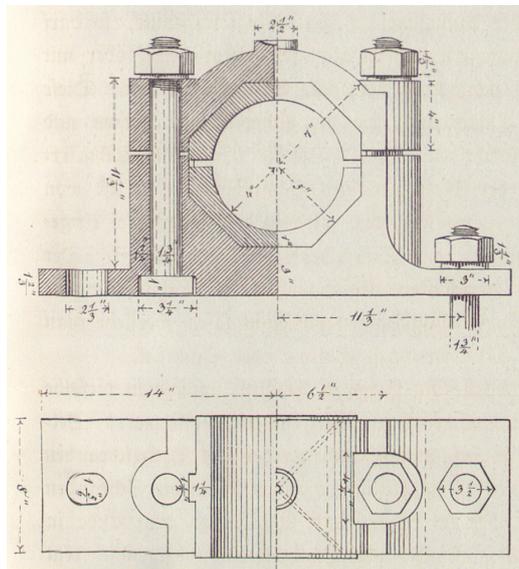


Abbildung 2.11: Risse eines Stehlagers entnommen aus Wilhelm Salzenbergs *Vorträge über Maschinenbau...* (Berlin, 1842, 19–20) (Digitalisat der ETH-Bibliothek Zürich, <http://doi.org/10.3931/e-rara-51790> – Public Domain Mark)

also „in der Theorie“, zu spüren gewesen. Monges Werk führte zu einer intensiven Auseinandersetzung mit und gestiegenem Interesse an der darstellenden Geometrie im 19. Jahrhundert sowohl in Frankreich als auch etwas später im deutschsprachigen Raum (siehe Kapitel 3).

Erfunden hat Gaspard Monge die Methoden der darstellenden Geometrie nicht, was in diesem Fall keineswegs als Minderung seiner Leistung zu bewerten ist. Sein Verdienst ist die Systematisierung, Verwissenschaftlichung und die Verbreitung der Methode der zugeordneten Normalrisse. Durch Monges „Theoretisierung empirischer graphischer Techniken“ wurde eine „qualitativ neue Stufe der Entwicklung der darstellenden Geometrie“ erreicht (vgl. Paul, 1980, 170).

Kapitel 3

Deutschsprachige Lehrwerke der darstellenden Geometrie

In Frankreich führte die Veröffentlichung Monges zu einer intensiven literarischen Auseinandersetzung mit den Themen der darstellenden Geometrie. Zuerst führten Monges Schüler Hachette und Brisson sein Werk fort, sowohl indem sie sein Lehrwerk überarbeiteten, neu auflegten und teilweise um Themen nach Monges Aufzeichnungen erweiterten, als auch durch eigene Schriften (vgl. Papperitz, 1909, 566). Brisson fügte Anhänge über die Zentralprojektion und Schattenkonstruktionen hinzu (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 385), in Hachettes *Supplément* von 1812 finden sich erweiternde innergeometrische Aufgaben hauptsächlich krumme Flächen betreffend. Das 1799 veröffentlichte Lehrbuch Monges basierte auf den Mitschriften der Lehrveranstaltungen zur darstellenden Geometrie an der *École Normale*, Hachettes *Supplément* orientierte sich am Stoff der Kurse an der *École Polytechnique* (Paul, 1980, 172–173). In seinem eigenen, von Monges Werk unabhängigen *Traité de géométrie descriptive* (1822) thematisierte auch Hachette u.a Anwendungen auf Schattenlehre, Perspektive und Steinschnitt (vgl. Wiener, 1884, 30) und „[...] machte sich besonders verdient um die Anwendung der darstellenden Geometrie im technischen Zeichnen des Maschinenbaus“ (Scriba & Schreiber, 2010, 385). Sowohl Hachette als auch Brisson behielten bei der Behandlung der krummen Linien und Flächen das „Schema von Monge“ bei,

also deren Klassifizierung bzw. Betrachtung anhand ihrer Erzeugenden, wie es viele nachfolgende Autoren in Frankreich auch getan hätten (vgl. Papperitz, 1909, 572). Weitere Autoren in Frankreich schlugen wiederum früh andere Richtungen ein: Cousinery behandelte in seiner *Géométrie perspective* (1828) beispielsweise die Zentralperspektive mit einem Ansatz, den Otto Wilhelm Fiedler (1832–1912) 1882 zur „Zyklographie“ entwickelte (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 386). Andere Nachfolger Monges in Frankreich waren beispielsweise C. F. A. Leroy, Th. Olivier oder J. M. de la Gournerie.¹ Diese Autoren knüpften an Monge an, behandelten aber auch erweiternde Themen die darstellende Geometrie im weiteren Sinne betreffend: Olivier veröffentlichte ein Werk über die Schattenlehre, Perspektive und Gnomik, de la Gournerie bezog u.a. die kotierte Projektion und die Axonometrie mit ein (vgl. Wiener, 1884, 31–32). Insgesamt wurden die Themenbereiche der darstellenden Geometrie in Frankreich also erweitert, wie es auch Monge von Beginn an angestrebt hatte (siehe Kapitel 2.2), blieben aber hinsichtlich der geometrischen Ausrichtung in Monges Tradition. Dessen Einfluss auf die weitere Entwicklung im 19. Jahrhundert sei so groß gewesen, dass „[...] die starke Mongesche Tradition die Hinwendung zu den Fragen der nichteuklidischen Geometrie oder der inneren Differentialgeometrie behinderte“ (Scriba & Schreiber, 2010, 387).

Im deutschsprachigen Raum hingegen führte die Veröffentlichung Monges vom Ende des 18. Jahrhunderts sowohl zu einer literarischen Auseinandersetzung mit dem Grund- und Aufrissverfahren und anderen Projektionsmethoden, wie in Frankreich, aber auch zu einer Ausweitung der nichteuklidischen, insbesondere der projektiven Geometrie. Aus der Zeit vor Monges Veröffentlichung sind keine deutschsprachigen Werke bekannt, die die Themen der

¹Ihre und weitere Werke französischer Autoren finden sich in Papperitz’ Literaturliste zur darstellenden Geometrie (vgl. Papperitz, 1909, 518–520). In dieser Auflistung fehlen aber einige von Monges Nachfolgern. „Zur von Monge begründeten Schule zählt eine lange Reihe bekannter Namen: Meusnier, Hachette und L. Carnot (die ältesten Schüler, noch aus der Zeit in Mézières), E. Bobilier, Ch. Brianchon, B. Brisson, Ch. Dupin, S. F. Lacroix, G. Lamé, Th. Olivier, L. Poinsot, J. V. Poncelet, um nur die wichtigsten und ausgesprochenen Geometer dieser auch sonst an glanzvollen Namen reichen Zeit zu nennen“ (Scriba & Schreiber, 2010, 385). Außerdem sei an dieser Stelle ein weiteres Mal auf das Kapitel von Barbin (2018) verwiesen, in welchem die Entwicklung der darstellenden Geometrie in Frankreich im 19. Jahrhundert ausgehend von Monges Impuls behandelt wird.

darstellenden Geometrie, sowohl im engeren, als auch mit wenigen Ausnahmen im weiteren Sinne, mathematisch bzw. wissenschaftlich behandeln.² Der Beginn der deutschsprachigen literarischen Auseinandersetzung mit der darstellenden Geometrie fiel mit den Anfängen des höheren technischen Unterrichtswesen zusammen (vgl. Wiener, 1884, 60). Die ersten deutschsprachigen Werke der darstellenden Geometrie orientierten sich stark an Monges Werk: Sie behandeln, wenn auch in abgewandelter Form, hauptsächlich das Grund- und Aufrissverfahren. Dabei nahmen die deutschen Lehrbuchautoren aber eine Aufbereitung der Inhalte für den intendierten Lehrkontext, das höhere technische Bildungswesen, vor. Weitere Entwicklungen verschiedener Darstellungsmethoden führten dann zu einer Ausweitung der darstellenden Geometrie, zu der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne, wie sie in Kapitel 1 vorgestellt wurde. Diese Auffassung, die über das Grund- und Aufrissverfahren hinausgeht, soll in diesem Kapitel durch die Betrachtung deutscher Lehrwerke, die im 19. Jahrhundert anschließend an die Veröffentlichung Monges erschienen sind, aufgezeigt werden.

In den Kapiteln 3.1 bis 3.3 werden chronologisch deutschsprachige Lehrwerke der darstellenden Geometrie vorgestellt, die im 19. Jahrhundert verfasst wurden. Die erste wissenschaftliche deutschsprachige Bearbeitung der Thematik war, in Einklang mit einschlägiger Literatur, Guido Schreibers *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie nach Monge's Géométrie descriptive* (1828/29). Bevor dieses Werk in Kapitel 3.2 gesondert und am ausführlichsten hinsichtlich der Überlieferung der Ideen Monges thematisiert wird, werden in Kapitel 3.1 zwei, im Vergleich zu Monge, komprimierte Werke über das Grund- und Aufrissverfahren betrachtet, die den Impuls von Monge vor Schreiber literarisch aufgegriffen haben. In Kapitel 3.3 werden dann beispielhaft weiterführende deutsche Werke der darstellenden Geometrie vorgestellt, die deren Entwicklungsgang in Deutschland im Verlauf des 19. Jahrhunderts repräsentieren. Zugleich wird durch die Betrachtung dieser Lehrwerke in besagtem Abschnitt ein Einblick in die inhaltliche Ausgestaltung der Lehre der darstellenden Geometrie an den in dieser Zeit entstandenen höheren technischen Bildungsinstitutionen gegeben. Im letzten Teil (Kapitel 3.4) findet

²In Kapitel 2.1 wurde dies schon kurz dargelegt.

sich eine Übersicht über weitere Autoren und deren innovative Beiträge zur darstellenden Geometrie im weiteren Sinne.

3.1 Erste Versuche nach Monge

Die ersten beiden deutschen Lehrwerke über die Methoden der darstellenden Geometrie im engeren Sinne wurden veröffentlicht, bevor die in dieser Arbeit hauptsächlich betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen gegründet worden waren. Bei beiden Werken handelt es sich um Lehrbücher, die keine wissenschaftliche Behandlung intendierten, weswegen sie vorangestellt, separat an dieser Stelle betrachtet werden. Die später im Laufe des 19. Jahrhunderts folgenden Lehrwerke über darstellende Geometrie wurden zumeist von Dozenten an Vorgängereinrichtungen von Technischen Hochschulen³ – teilweise für die Lehre an eben diesen – geschrieben. Die beiden Lehrwerke von Friedrich Weinbrenner (1766–1826) und Michael Creizenach (1789–1842) wurden zwar für andere Bildungskontexte konzipiert, waren aber dennoch die ersten, die Monges Kernelemente aufgriffen und das Grund- und Aufrissverfahren in den deutschsprachigen Raum überlieferten.

3.1.1 Weinbrenners *Architektonisches Lehrbuch* (1810)

Das erste Lehrbuch in deutscher Sprache, welches in die Methoden Monges einführte, war Friedrich Weinbrenners *Architektonisches Lehrbuch* (1810). Dieses erschien in vier Teilen und richtete sich zunächst an die Schüler eines Instituts für Architektur in Karlsruhe, aus welchem u.a. 1825 die (erste deutsche) Polytechnische Schule hervorging. Weinbrenner war als Architekt und z. B. als Oberbaudirektor von Baden tätig gewesen (vgl. Katzenstein, 1896). Genau wie Monges Werk entstand Weinbrenners Buch aus dem bzw. für den mündlichen Vortrag, in Weinbrenners Fall im Unterricht der „Baukunst“ (vgl. Weinbrenner, 1810, V). Weinbrenner unterschied zwischen der geometrischen Zeichnungslehre und der Perspektive als Teildisziplinen der „Zeichnungsleh-

³Die Entwicklung und Situation der Technischen Hochschulen im 19. Jahrhundert wird in Kapitel 4 im zweiten Teil dieser Arbeit ausführlich thematisiert.

re“, wobei er erstere als *Géométrie descriptive* bezeichnete. Eben diese liefert den Inhalt des ersten Heftes des ersten Teiles (39 Seiten mit sechs Tafeln). Dabei verfolgte der Autor das Ziel, dem Künstler zu ermöglichen „[...] jede Art von Linien, Flächen und Körpern, in geometrischen Grund- und Aufriss zu bringen“ (vgl. ebd., VI), also zunächst die erste Aufgabe der darstellenden Geometrie, die Darstellung, zu vermitteln. Das zweite Heft des ersten Teiles behandelt die Licht- und Schattenlehre, der zweite Teil die Perspektive und der dritte sowie der vierte Teil die „Baukunst“ (Holz-, Steinkonstruktionen, Verzierungen von Gebäuden, Entwürfe von Gebäuden etc.).

Als Erstes führt Weinbrenner 20 „Allgemeine Lehrsätze“ ein, welche die Eigenschaften der Zweitafelprojektionen von Winkeln, Linien, Flächen und Körpern behandeln, die auf drei Arten zur Zeichnungsebene (parallel, senkrecht oder schief) denkbar sind (vgl. ebd., 15–17). „In dem ersten Fall erscheinen die Winkel und Linien auf den Zeichnungsflächen in ihren wahren, in dem zweiten und dritten Fall in ihren scheinbaren Gestalten“ (ebd., 17). Die Erläuterungen zu der Stellung der Zeichenebenen zueinander fällt folgendermaßen aus: „Da bei den Architekten beide Flächen in Verbindung gedacht werden, so nennt man ihre Berührungs- oder DurchschnittsLinie, um sie von andern zu unterscheiden, Basis. Diese ist also die ScheidungsLinie der horizontalen und perpendikularen Zeichnungsfläche“ (ebd., 15). Interessant ist hierbei Weinbrenners Formulierung, durch die er die Verbindung der beiden Rissebenen als etwas bei den Architekten Gebräuchliches darstellt. Dass die vertikale und die horizontale Projektionsfläche ihre ursprüngliche Stellung zueinander durch Drehung oder Bewegung ändern, wird nicht erläutert; in den Zeichnungen wird dies aber deutlich (s. Abbildung 3.1).

In Abbildung 3.1 sind die Illustrationen zu den ersten fünf Aufgaben, die behandelt werden, zu sehen. Beispielsweise lautet Weinbrenners zweite Aufgabe: „Eine mit der Zeichnungsfläche parallel in Grund gelegte Linie ab , unter jedem beliebigen Winkel in Grund- und Aufriss zu bringen“ (ebd., 18). Die zu dieser Aufgabe gehörende Zeichnung findet sich in Fig. II in Abbildung 3.1. Dass in diesem Fall mit der „Zeichnungsfläche“ die Aufrissebene gemeint sein muss, geht aus den folgenden Erläuterungen und der Abbildung hervor. Die Formulierung „in Grund gelegt“ bedeutet, dass ein Endpunkt der Stre-

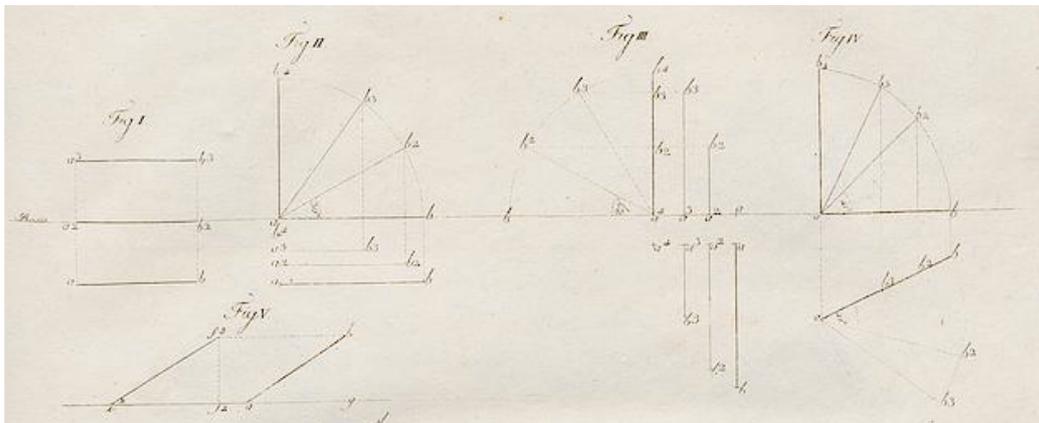


Abbildung 3.1: Abbildungen von Strecken im Grund- und Aufriss entnommen aus dem ersten Band von Weinbrenners *Architectonisches Lehrbuch...* (Tübingen, 1810, Tafel I) (Digitalisat der Universitätsbibliothek Heidelberg, <https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/weinbrenner1810bd1> – CC-BY-SA-3.0)

cke (bzw. im Spezialfall die gesamte Strecke) in der Grundrissebene liegt. Der beliebige Winkel bezieht sich folglich auf den Winkel zwischen Strecke und Grundrissebene. Die passende Zeichnung zeigt die Abbildung verschiedener zur Aufrissebene paralleler Strecken unter verschiedenen Winkeln zur Grundrissebene. Dabei fehlen aber in Weinbrenners Auflösung der gestellten Aufgabe Erläuterungen, die verdeutlichen, dass sich die Lage der Strecke nicht nur in Bezug auf den Winkel zur Grundrissebene verändert (was Weinbrenner mit einer Drehung um einen der Endpunkte der Strecke beschreibt), sondern auch in Bezug auf den Abstand der Strecke zur Aufrissebene (sonst würden die Bilder der Strecken im Grundriss in verschiedenen Längen aufeinander liegen). Die verwendeten Bezeichnungen werden von Weinbrenner im Vorfeld nicht erläutert. Außerdem hat Weinbrenner „einfache geometrische Grundkenntnisse und die Techniken zur Zeichnung einfacher, flächenhafter, geometrischer Gebilde“ vorausgesetzt und auf „eine entsprechende Einführung“ verzichtet (vgl. Lipsmeier, 1971, 134).

Es folgen fünf Kapitel, die „Linien“, „Flächen“, „Flächen mit Linien“, „Flächen mit Flächen“ und „Körper“ in Form einfacher innermathematischer Anwendungsaufgaben der 20 Lehrsätze behandeln. Dabei thematisiert Wein-

brenner u.a. auch „krumme Linien“. Am Ende seines Buches distanziert sich der Autor aber von Monges Werk, welcher (unter anderem) „[...] in die geometrische Zeichnungslehre die schwersten, durch Zeichnung zu suchenden mathematischen Aufgaben“ (vgl. Weinbrenner, 1810, 39) integriert habe, welche für die Zwecke der Künstler nicht angemessen sind. Der Autor selbst nennt sein Werk „Anfangsgründe des geometrischen Zeichnungsstudiums“ (vgl. ebd., 39). Wiener bezeichnete Weinbrenners Buch als eines über „Projektionslehre“, also die Anfangsgründe der darstellenden Geometrie (vgl. Wiener, 1884, 35).

Insgesamt ist Weinbrenners Lehrbuch eher an den praktischen Bedürfnissen von „studierenden“ Künstlern ausgerichtet mit dem Zweck diese „[...] in den Stand zu setzen, ohne viel mathematische Formeln und Lehrsätze, durch blosse Zeichnungen, wie es der plastische Künstler bedarf, jede Art von Linien, Flächen und Körpern in geometrischen Grund- und Aufriss zu bringen“ (vgl. Weinbrenner, 1810, V–VI). Mit der Fokussierung des Praxisbezugs geht eine Kritik am zeitgenössischen Bildungskonzept einher, die sich auch aus seinen weiteren Ausführungen über die Ziele seines Buches bzw. der Lehrgegenstände herauslesen lässt:

Für die Welt, nicht für die gelehrte Schule gebildet, gebe ich mit dem besten Willen, was der ältere Künstler dem jüngern, durch Zeichnung und kurze Erklärung, ohne gelehrte Ausstattung, zu seiner unentbehrlichen Belehrung und Bildung geben kann und soll. Nicht speculativ, nicht in philosophischer und gelehrter Rüstung, das heisst, abschreckend für Zöglinge und ausübende Künstler, kann und will ich einherschreiten. Gelehrsamkeit dient und wenig, und die Idee einer architektonischen Vernunft, hat für uns nur dann einigen Werth, wenn Erfahrung hinzutritt. (ebd., VIII)

Weinbrenner kritisierte das „gelehrte Bildungssystem“, zu seiner Zeit bestehend aus Gymnasium und Universität, für die unzureichende Ausbildung derjenigen, die zukünftig in praktischen Berufen tätig werden würden.⁴ Mit

⁴Die Ausgestaltung des zum Gelehrtensystem parallelen Bildungssystems auf sekundärer und tertiärer Ebene im 19. Jahrhundert, das den Bedürfnissen des „Mittelstandes“ entsprach, wird an verschiedenen Stellen in Kapitel 4 thematisiert.

einer weiteren Distanzierung von „theoretischer Bildung“ im Gegensatz zu praktischer Kenntnis beendete Weinbrenner sein Werk: „Nur dem Bedürfnis des plastischen Künstlers sollte hier abgeholfen werden. Ihm fehlte bisher eine geometrische Zeichnungslehre, durch deren Hülfe er leicht alle, in sein Fach einschlagende Gegenstände in geometrischem Bilde nicht nur sich vorstellen, sondern auch verzeichnen kann“ (ebd., 39). Weinbrenner selbst war Architekt, der „im Handwerk wurzelte“ und als „[...] Zimmermann begonnen hatte und vor der Wissenschaft noch nicht völlig kapitulierte“ (vgl. Schnabel, 1934, 328).

3.1.2 Creizenachs *Anfangsgründe der darstellenden Geometrie* (1821)

Mit seinem Werk *Anfangsgründe der darstellenden Geometrie oder der Projektionslehre für Schulen* (1821) wollte Michael Creizenach ein „Elementarbuch der Projektionslehre“ liefern, an welchem es zu diesem Zeitpunkt aus seiner Sicht noch fehlte (vgl. Creizenach, 1821, IV). Konzipiert für „Schulen“, ohne dass diese weiter spezifiziert wurden, sollte das Buch auf weitere Studien der darstellenden Geometrie vorbereiten (vgl. ebd., VI–VII). Hierbei ist aus heutiger Sicht schwer nachzuvollziehen, in welchem (institutionellen) Kontext diese weiteren Studien stattfinden sollten, weil kein aufeinander aufbauendes, im weitesten Sinne „berufsbildendes“ Schulsystem existierte und die darstellende Geometrie im Sinne des Grund- und Aufrissverfahrens zu diesem Zeitpunkt keinen Platz im allgemeinbildenden Schulsystem innehatte. Dass es sich bei der intendierten Leserschaft um „Berufsschüler“ irgendeiner Art handeln musste, erschließt sich aus der Stellung „technischer Bildungsinhalte“ zu dieser Zeit.⁵ Creizenach selbst war Lehrer an verschiedenen jüdischen Schulen (vgl. Brüll, 1903).

Creizenachs Buch besteht aus vier Kapiteln: „Vom Punkte, der geraden Linie und der Ebene“, „Von den krummen Flächen“, „Von den Durchschnei-

⁵Im zweiten Teil dieser Arbeit werden sowohl das berufs- als auch das allgemeinbildende Schulsystem in Deutschland im 19. Jahrhundert im Zusammenhang mit der Lehre der darstellenden Geometrie vorgestellt.

dungen der krummen Flächen“ und „Von der perspektivischen Darstellung“. Creizenach erklärt im Vorwort, dass er „[...] die Bogenzahl so beschränkt [hat; NB], daß es nicht möglich war den Inhalt der Wissenschaft in ihrem jetzigen Standpunkte darin zu erschöpfen [...]“ (vgl. ebd., VII). Der Autor definiert die darstellende Geometrie als diejenige Wissenschaft, die die Mittel angibt, „[...] jeden durch geometrische Merkmale bestimmbaren im Raume gegebenen Gegenstand auf Ebenen darzustellen, und durch diese Darstellung die geometrischen Eigenschaften der Gegenstände, so wie ihre gegenseitigen Beziehungen aufzufinden“ (vgl. ebd., 1). Im Gegensatz dazu bezweckten perspektivische Darstellungen „eine deutliche Vorstellung vom Gegenstande“ bzw. eine „Täuschung“ (vgl. ebd., 91–92). Der Autor vereint diesen beiden Projektionsmethoden unter dem Namen „Projektionslehre“ (vgl. ebd., III). Erstere Methode – die orthogonale Parallelprojektion auf zwei senkrechte Ebenen – beansprucht 89 der insgesamt 108 Seiten des Buches. Außerdem erkennt Creizenach die Arbeit der Franzosen auf dem Gebiet der darstellenden Geometrie an:

Die Franzosen haben in jener Zeit, da die Mathematik zum Nachtheil anderer Studien mit überspannter Vorliebe begünstigt wurde, mehrere Lehrbücher der Projektionslehre nach einem solchen Plane [reduziert auf unentbehrliche Sätze; NB] hervorgebracht, und indeß sie aus Geringschätzung dessen, was aus dem Auslande kommt, die höchst wichtigen Entdeckungen der Deutschen in der kombinatorischen Analysis mit Gleichgültigkeit übersahen, oder mit veränderter Notation als vaterländische Erzeugnisse bekannt machen, schufen sie eine wenigstens in Rücksicht der Methode neue Wissenschaft unter dem Namen der darstellenden Geometrie (Geometrie descriptive), in welche die wichtigsten Theorien der Projektionslehre mit möglichster Klarheit vorgetragen werden. (ebd., VI)

Für sein eigenes Werk hat Creizenach die Arbeiten von Monge, Hachette, Lacroix und Potier benutzt, wobei sein Buch weder als eine Übersetzung von deren Inhalte noch von deren Anordnung gesehen werden kann (vgl. ebd., VI).

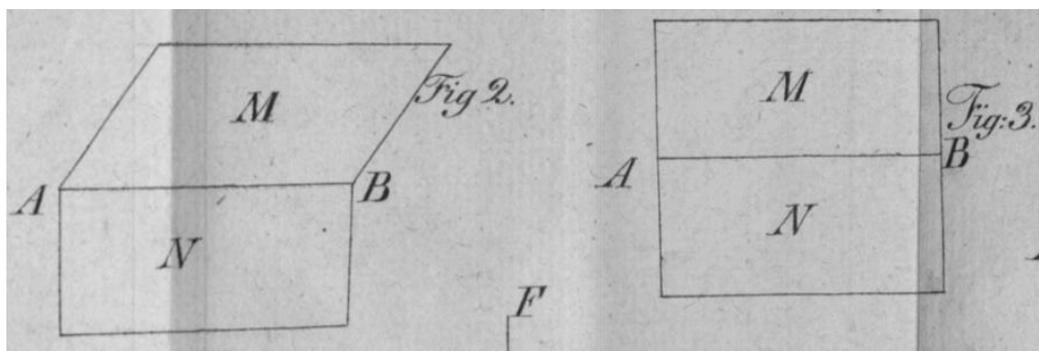


Abbildung 3.2: Veranschaulichung der Umklappung der Aufriss- in die Grundrissebene (Creizenach, 1821, Tafel I)

Die Stellung der beiden Projektionsebenen zueinander erklärt Creizenach folgendermaßen: „Denkt man sich, daß die Ebene M (Fig. 2) sich um die Projektionsaxe bewegt, bis sie in die Verlängerung der Ebene N geräth, so läßt sich das System der zwei Ebenen, wie in (Fig. 3) darstellen“ (ebd., 2). Die genannten Abbildungen finden sich in Abbildung 3.2.

Insgesamt ist das inhaltliche Niveau des Buchs relativ niedrig. In der Tat deckt der Autor zwar alle Überthemen ab, die Monge in seinem Werk integriert hat, vertieft diese aber nicht im gleichen Maß wie er; beispielsweise geht Creizenach nicht weiter als den Schnitt zweier Kugeln zu betrachten (so lautet die letzte Aufgabe in dem Teil über die Zweitafelprojektion). Lipsmeier nennt Creizenachs Werk einen gelungenen Versuch, eine didaktisch reduzierte Form der darstellenden Geometrie für Künstler und Arbeiter zu liefern, also „[...] die darstellende Geometrie neu (d. h. von der Schule, von der Praxis her, nicht von der Mathematik ausgehend) zu durchdenken“ und sie dadurch auf eine „besonnene Auswahl des Gemeinnützigsten“ zu beschränken, die zum Unterricht in Schulen brauchbar ist, „[...] wenn auch das Theoriegebäude für die Unterrichtung von Lehrlingen noch zu umfangreich gewesen sein dürfte“ (vgl. Lipsmeier, 1971, 138–139).

3.2 Schreibers *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie nach Monge's Géométrie descriptive* (1828/29)

Guido Schreibers⁶ *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie nach Monge's Géométrie descriptive* (1828/29) gilt als die „erste“ deutsche Bearbeitung der darstellenden Geometrie, wie sie Monge aufgearbeitet hatte. „Denn wenn ihm auch Creizenach mit seinen Anfangsgründen der darstellenden Geometrie (Mainz, 1821) vorausging, so ist doch das erste umfassende Buch, das in deutscher Sprache über diesen Gegenstand erschien, Schreibers [...]“ (Wiener, 1884, 36). Auch Obendrauf bezeichnet Schreibers Buch als das erste umfassende Werk zu diesem Thema (vgl. Obendrauf, 1897, 81), genau wie Timerding (vgl. Timerding, 1910, 12). Stäckel nennt es zum Beispiel das erste Werk überhaupt (vgl. Stäckel, 1915, 133). Diese Wahrnehmung resultiert wahrscheinlich daraus, dass Schreiber, im Gegensatz zu seinen Vorgängern Weinbrenner und Creizenach, die darstellende Geometrie auf einem wissenschaftlichen Niveau und im Vergleich zu Monges Werk relativ vollständig behandelt hat. Außerdem handelt es sich bei Schreibers Werk um das erste Lehrbuch, das für die Lehre an einer Polytechnischen Schule, derjenigen in Karlsruhe, geschrieben wurde, wo Schreiber 25 Jahre als Lehrer für darstellende Geometrie tätig war, und die erst kurz vorher mit dem Ziel der Gewährleistung höherer technischer Bildung gegründet worden war.⁷ Nichtsdestotrotz erkennt Schreiber das Werk von Creizenach nicht nur als die erste deutsche Bearbeitung der darstellenden Geometrie an, sondern listet es unter den Werken auf, die er für sein eigenes Buch konsultiert hat (vgl. Schreiber, 1828, IX).

⁶Der Autor selbst, wie es für andere nachfolgende Lehrwerkautoren auch gilt, die an einer Technischen Hochschule (oder einer Vorgängerinstitution) als Lehrende der darstellenden Geometrie tätig waren, wird zu einem späteren Zeitpunkt dieser Arbeit, im Kontext der Lehrstuhlinhaber für darstellende Geometrie an deutschen Technischen Hochschulen bzw. deren Vorgängern, vorgestellt (siehe Kapitel 6.1.1).

⁷Auch an dieser Stelle sei auf Teil II dieser Arbeit verwiesen. In Kapitel 4.3 wird die Entstehung und Entwicklung Polytechnischer Schulen im 19. Jahrhundert in Deutschland ausführlich thematisiert.

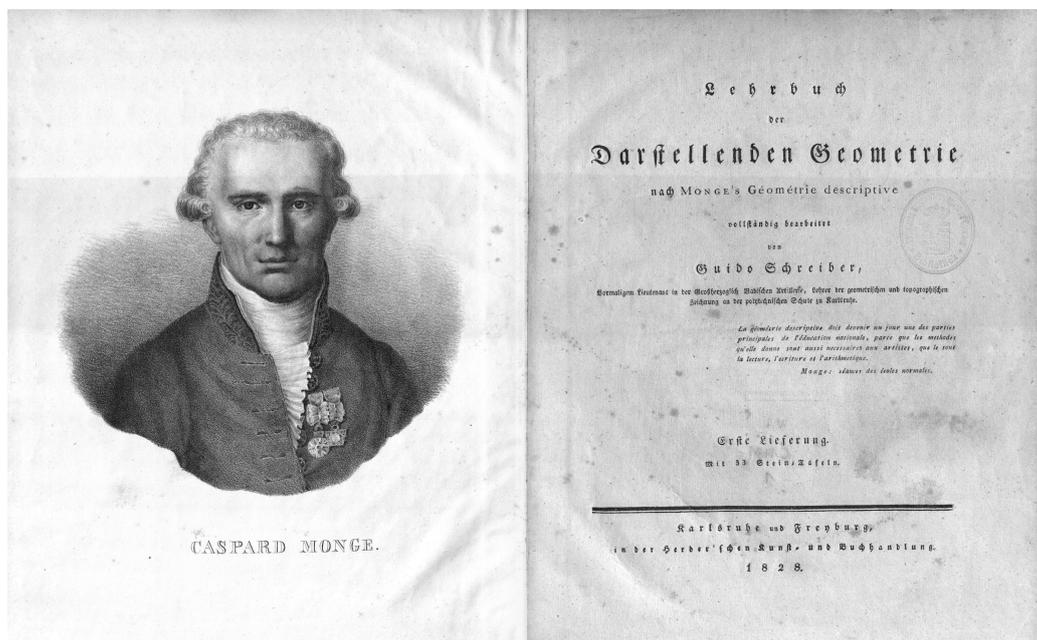


Abbildung 3.3: Titelseite zu Schreibers *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie nach Monge's Géométrie descriptive* (1828)

In seinem Vorwort erklärt Schreiber, dass er sich primär an der Version von Monges Werk von 1812, welches das erste *Supplement* von Hachette enthielt, orientiert hat, wobei er aber auf die von Hachette eingeführte Unterscheidung zwischen der „Geometrie von drei Dimensionen“ und darstellender Geometrie aufgrund des „Stande[s] des Unterrichts in Deutschland“ verzichtete (vgl. ebd., VI–VII): „Die darstellende Geometrie würde durch eine solche Behandlung fasst auf eine nackte und trockene Projektionslehre heruntergebracht, woran wir in der That keinen Mangel leiden“ (ebd., VII). Ansonsten hat Schreiber versucht, so nahe wie möglich am „Gange und der Eintheilung“ seines Originals zu bleiben; bei der „Einflechtung“ von Hachettes *Supplement* sei jedoch von der „Einheit und der wunderbaren Rundung jenes unübertrefflichen Werkes“ viel verloren gegangen (vgl. ebd., VII–VIII). Seine Wertschätzung für Monges Werk drückt Schreiber zusätzlich in der Übernahme von Monges Vorrede über die gesellschaftliche Aufgabe der darstellenden Geometrie für die öffentliche Erziehung u.a. der Arbeiter aus und

bezeichnet ihn als den „Begründer der echten polytechnischen Lehrart“⁸ (vgl. ebd., II–III). Im Folgenden wird Schreibers Buch im Vergleich mit der ersten deutschen Übersetzung von Monges Werk von Robert Haussner (1900) vorgestellt, so dass an dieser Stelle gleichzeitig Einblicke in das französische Original gewährt werden.

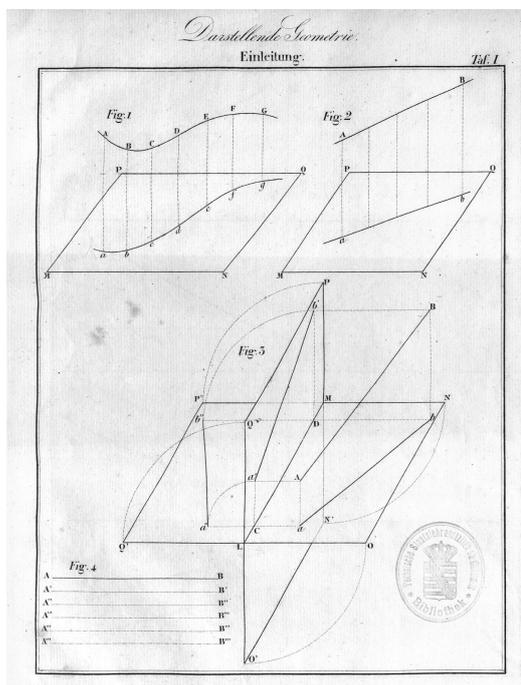
Schreibers Werk ist in fünf Kapitel (bzw. „Bücher“, wie der Autor selbst sie nennt) unterteilt. Die ersten drei Bücher wurden im ersten Teil des Werks 1828 veröffentlicht; das vierte und das fünfte Buch erschienen im zweiten Teil 1829. Die Struktur des Werks ist der von Monge gewählten sehr ähnlich; die Überschriften der Kapitel unterscheiden sich manchmal, die globale Reihenfolge der Inhalte wurde aber größtenteils beibehalten. Insgesamt scheint es, dass Schreiber Monges Werk als Grundlage genommen, Hachettes *Supplement* eingeflochten, an einigen Stellen zusätzliche Erläuterungen eingebaut und einige Inhalte umstrukturiert bzw. an anderer Stelle platziert hat. Schreibers erstes Kapitel verdeutlicht dieses Vorgehen.

Das erste Kapitel behandelt „gerade Linien“ und Ebenen und ähnelt bzw. gleicht Monges erstem Kapitel „Aufgabe und Methode der darstellenden Geometrie. Elementare Aufgaben“. In diesen beiden Kapiteln sind die Inhalte und deren Anordnung größtenteils gleich. Dies beinhaltet zum Beispiel auch die Erklärung des *rabattements*, welches Schreiber, genau wie Monge, mit Hilfe einer Vierteldrehung der vertikalen Bildebene um die Schnittlinie mit der horizontalen Bildebene wie bei einem Scharnier erklärt (vgl. ebd., 10). Einen Begriff, also eine Übersetzung von *rabattement*, gibt Schreiber nicht an. Schreibers Veranschaulichung (Fig. 3) ist in Abbildung 3.4a zu sehen. Schreiber stellt die Verlängerung der Aufrissebene unterhalb der Grundrissebene dar, die bei Monge fehlt (siehe Abbildung 2.9 in Kapitel 2.2). Außerdem findet sich bei Monge nur Fig. 2 von Tafel I; Schreiber betrachtet die Gerade sozu-

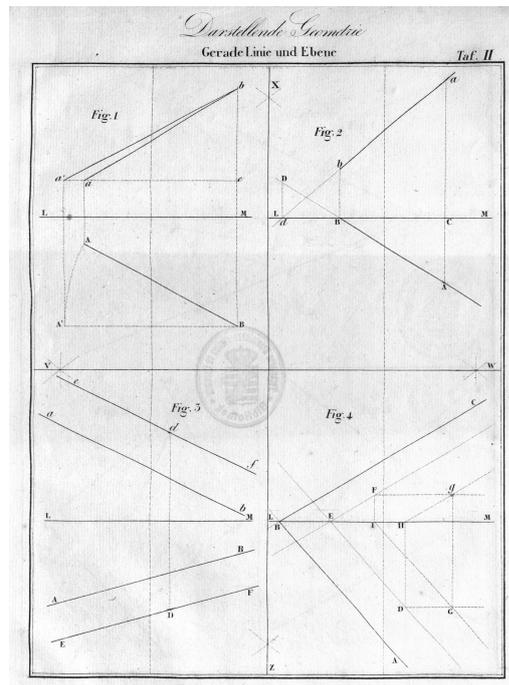
⁸Mit dieser „polytechnischen Lehrart“ kann, wie im vorangegangenen Kapitel bereits erwähnt, das Unterrichtsprinzip der *École Polytechnique* gemeint sein, praktische und theoretische Studien in eine enge Verbindung miteinander zu bringen oder es kann im Kontext der zeitgenössischen Situation in Deutschland als eine Abgrenzung zur Lehrart an allgemeinbildenden Schulen oder Universitäten gesehen werden, die zu jener Zeit für die fehlende Passung zur beruflichen Praxis kritisiert wurde. Die Abgrenzung vom allgemeinbildenden Schulsystem war eine entscheidende Gründungsmotivation für technische Bildungsanstalten in Deutschland (siehe Kapitel 4.2).

sagen als Spezialfall einer beliebigen „Linie“ und wendet die orthogonale Parallelprojektion zuerst auf eine eben solche an (Fig. 1 in Abbildung 3.4a). In diesem Kapitel integriert Schreiber zwischendurch zusätzliche Erläuterungen zum Beispiel zur deutschsprachigen Terminologie oder bezüglich der graphischen Ausführung der Zeichnungen. Er geht so weit vorzuschreiben, wie man das Zeichenblatt vorbereiten soll: Das Blatt Papier soll in vier gleiche Flächen eingeteilt werden, wobei jede Fläche für eine Zeichnung benutzt werden soll (vgl. ebd., 11). Außerdem setzt Schreiber verschiedenartig gezeichnete Linien („volle“, „punktirte“, „gestrichelte“ oder „gemischte“) für die verschiedenen in den Zeichnungen vorkommenden Linien fest: So repräsentieren „volle“ Linien beispielsweise das darzustellende Objekt, „gestrichelte“ hingegen Linien, die bloß der Konstruktion dienen (vgl. ebd., 17). Die Umsetzung dieser Prinzipien ist in Abbildung 3.4b zu sehen. Fig. 1 auf dieser Tafel zeigt ebenfalls die graphische Bestimmung der wahren Länge der abgebildeten Strecke, welche auch bei Monge die erste Aufgabe ist (siehe Abbildung 2.10 in Kapitel 2.2), wobei Schreiber die Lösung anschaulich über die Projektion eines Dreiecks mit der darzustellenden Strecke als Hypotenuse erklärt (vgl. ebd., 13) und in der Abbildung selbst durch die gestrichelten Bogenlinie verdeutlicht, dass die Strecke zum Aufriss parallel gedreht wird. Die Figuren 2 und 3 stellen Abbildungen von Geraden und Fig. 4 einer Ebene dar. Interessanterweise erklärt der Autor in einem der zusätzlichen Paragraphen die orthogonale Parallelprojektion damit, dass man sich das „Auge“ unendlich weit von der Projektionsebene entfernt denken muss, „[...] so daß die projektirenden Linien als in unendlicher Entfernung zusammenlaufende Gesichtsstrahlen angesehen werden können“ (vgl. ebd., 16). Schreiber verortet Monges Methode also von Beginn an innerhalb anderer bekannter Projektionsmethoden – hier verknüpft er die orthogonale Parallelprojektion mit der Zentralprojektion bzw. benennt erstere als Spezialfall der zweiten.

Eine weitere Abweichung von Monges Werk findet sich in der Tatsache, dass Schreiber in seinem ersten Kapitel keine krummen Flächen thematisiert, sondern diese erst im zweiten Kapitel behandelt. Am Ende des Kapitels integriert Schreiber 14 Aufgaben (anstatt neun wie Monge), von welchen er diejenigen von Monge und drei aus dem Supplement von Hachette über-



(a) Tafel I



(b) Tafel II

Abbildung 3.4: (a) Abbildungen zu den einführenden Erläuterungen der Projektionsmethode (Schreiber, 1828, Tafel I) und (b) Darstellungen von Geraden und Ebenen in Grund- und Aufriss (ebd., Tafel II)

nommen hat. Bei den beiden weiteren Aufgaben handelt es sich zum einen um die Konstruktion der Spurpunkte einer Gerade (Erste Aufgabe),⁹ die bei Monge nicht separat behandelt oder eingeführt werden (sie werden in der Lösung der dritten und fünften Aufgabe zwar verwendet, aber erst in der Lösung seiner siebten Aufgabe dann auch als „Spuren einer Gerade“ konkret benannt) und das von Schreiber so benannte „Zurücklegen“ einer Ebene in eine Projektionsebene, die einen Punkt enthält, dessen neue Position in der Projektionsebene bestimmt werden soll (Neunte Aufgabe). Mit Hilfe dieses Prinzips können die wahren Gestalten aller Objekte gefunden werden, von denen zwei Projektionen bekannt sind (vgl. ebd., 27). Schreiber hat sich dafür entschieden, dieses Prinzip, das bei Monge zwar innerhalb einzelner Aufgaben angewendet wird (Hausner hat es mit „umlegen“ übersetzt), separat zu erläutern. Schreiber ging kleinschrittiger vor als Monge. Zusätzlich integrierte Schreiber sechs weitere (ungelöste) Übungsaufgaben zu Punkten, Geraden, Ebenen und Körpern (vgl. ebd., 33). Schreiber führt sein Werk auf diese Art – die primäre Orientierung an Monges Werk mit der Einflechtung von Hachettes *Supplement* und eigenen Zusätzen – fort.

Im zweiten Kapitel mit dem Titel „Krumme Flächen“ (bei Monge „Tangentialebenen und Normalen krummer Flächen“) führt der Autor die Entstehung krummer Flächen durch die Bewegung einer krummen Linie ein, genau wie Monge es in seinem ersten Kapitel getan hat, mit den Beispielen der Zylinder-, Kegel- und Rotationsflächen, allerdings ausführlicher als Monge (vgl. ebd., 34–41). Die zunächst folgenden Erläuterungen und Aufgaben zu Tangentialebenen und „aufwickelbaren“ Flächen¹⁰ gleichen denen von Monge bezüglich Inhalten und Reihenfolge. Allgemein integriert Schreiber alle Themen, die Monge behandelt hat, fügt aber in diesem Kapitel 30 Seiten über Flächen zweiter Ordnung und deren Rotationen hinzu, die Monge nur kurz in seinem dritten Kapitel erwähnt. Schreiber verzichtet in seinem dritten Kapitel („Durchschnitte der Flächen“) auf die Methode von Roberval zur

⁹Bei den Spurpunkten einer Gerade handelt es sich um die Schnittpunkte einer Gerade mit den beiden Projektionsebenen. Analog sind die Spurgeraden einer Ebene die Schnittgeraden der Ebene mit den beiden Projektionsebenen. Ebenen werden durch ihre Spurgeraden dargestellt wie es in Fig. 4 auf Tafel II in Abbildung 3.4 dargestellt ist.

¹⁰Gemeint sind abwickelbare Flächen.

Auffindung von Tangenten, die Monge an dieser Stelle in seinem dritten Kapitel („Schnitte krummer Flächen“) behandelt. In Schreibers Werk befindet sich die Erläuterung dieser Methode im Anhang, was der Autor folgendermaßen kommentiert: „Da die Roberval’sche Methode der Tangenten auf das Prinzip der Zusammensetzung der Bewegung gebaut ist, so wird man leicht entnehmen, daß man in weniger einfachen Fällen, als die vorgetragenen Beispiele, bekannte Methoden zu Hülfe nehmen könnte, um die mittlere Kraft zu finden von mehreren nach einem Punkte gerichteten, und deren Größen und Richtungen bekannt sind“ (Schreiber, 1829, 298). Die Kapitel vier und fünf heißen jeweils „Verschiedene Aufgaben“ bzw. „Anwendung der für die Construction der Schnitte krummer Flächen gegebenen Methoden zur Lösung verschiedener Aufgaben“ und „Theorie der krummen Linien und der krummen Flächen“ bzw. „Krümmung doppelt gekrümmter Curven und krummer Flächen“ bei Schreiber bzw. Monge. Insgesamt ist die globale Struktur also ähnlich; innerhalb der einzelnen Kapitel hat Schreiber einige Stellen umstrukturiert bzw. vertieft behandelt.

Trotz dieser strukturellen Unterschiede und der Integration vieler zusätzlicher Paragraphen gleicht Schreibers Werk der deutschen Übersetzung von Monges Buch zum Teil Wort für Wort, was indiziert, dass Schreiber sehr nah an Monges Vorlage geblieben ist. Stäckel nannte Schreibers Buch „[...] im wesentlichen eine Wiedergabe des *Traité de géométrie descriptive* (1799)“ (Stäckel, 1915, 133). Allerdings enthielt Schreibers Buch schon „[...] die fünf Arten der Flächen zweiter Ordnung, die windschiefen Flächen und besonders diejenigen zweiter Ordnung“ (Wiener, 1884, 36), die Monge nicht behandelt hatte. Insgesamt umfasst Schreibers Buch 306 Seiten ohne und Monges 132 Seiten mit integrierten Abbildungen. Bei Schreiber gibt es 70 und bei Monge 56 verschiedene Abbildungen. Schreibers Werk kann weder als eine Übersetzung, noch als eigene Arbeit gesehen werden. Schreiber war aber der erste Autor, der die darstellende Geometrie im Sinne Monges in den deutschsprachigen Raum überliefert hat.

3.3 Ausgewählte Lehrbücher der darstellenden Geometrie ab 1828

Die ersten deutschsprachigen Werke zur darstellenden Geometrie von Weinbrenner, Creizenach und Schreiber belegen eindeutig den Einfluss, den der literarische Impuls Monges auch im deutschsprachigen Raum hatte, da sie alle das Grund- und Aufrissverfahren von Monge mehr oder weniger ausführlich thematisieren. Schreibers Werk behandelt ausschließlich Monges Verfahren, bei Creizenach macht es den Hauptanteil aus und Weinbrenner widmet ihm einen seiner vier Bände über architektonisches Zeichnen. Interessant ist, dass Weinbrenner und Creizenach neben dem Grund- und Aufrissverfahren auch die Perspektive in ihren Werken behandeln; Schreiber erwähnt die Zentralprojektion immerhin im Kontext der Erläuterung der Projektionsmethode. Trotz der Vorherrschaft der Mongeschen Methode, deutet sich in diesen drei Werken schon die weitere Auffassung der darstellenden Geometrie an. Diese Beobachtungen bestätigen zunächst die Aussage von Stäckel, dass die darstellende Geometrie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts „im Schlepptau Frankreichs“ lief, allerdings kam es später auch in Deutschland zu „schöpferischen Leistungen“ (vgl. Stäckel, 1915, 133–134). Die Werke, die in diesem Kapitel vorgestellt werden, sollen aufzeigen, wie sich die darstellende Geometrie im 19. Jahrhundert im betrachteten deutschsprachigen Gebiet entwickelt hat und welche Inhalte zu verschiedenen Zeitpunkten für die Lehrwerke, also implizit auch für die Lehre, ausgewählt wurden.

Diese Werke wurden aus verschiedenen Gründen ausgewählt: Teilweise wurden sie häufig im Kontext der Lehrbücher über darstellende Geometrie von anderen Autoren genannt, meistens handelt es sich um Autoren, die an einer Technischen Hochschule oder einer ihrer Vorgängerinstitutionen darstellende Geometrie unterrichtet haben und somit an dieser Stelle schon wertvolle Informationen für die Rolle der darstellenden Geometrie an höheren technischen Bildungsinstitutionen (siehe Kapitel 5) gewonnen werden können. Diese Werke bilden gleichzeitig einen Spiegel dessen, was als wichtig für die Lehre im später betrachteten Bildungskontext angesehen wurde. Ein weiteres drittes Kriterium bildet der Innovationsgehalt eines Werkes, der einem Autor

zugeordnet werden kann – mit Stäckels Worten die „schöpferischen Leistungen“ eines Autors. Für alle Werke soll überprüft werden, welche Definition bzw. Begrifflichkeit der darstellenden Geometrie verwendet wurde und welche Inhalte behandelt werden, also welches Verständnis dieser Disziplin dem jeweiligen Werk zugrunde liegt und, bezogen auf das Grund- und Aufrissverfahren, ob und wie die Neuerungen durch Monge aufgegriffen und erläutert wurden. Dabei liegt der Fokus auf der Bildebenenkonfiguration, insbesondere auf der Umklappung der Ebenen, und wie diese integriert bzw. erläutert wird. Außerdem sollen, wenn solche vorhanden sind, innovative Aspekte im Bereich der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne hervorgehoben werden. Des Weiteren werden an dieser Stelle teilweise didaktische Implikationen für die Lehre der darstellenden Geometrie, die die Autoren in ihren Werke direkt ansprechen, thematisiert. Diese didaktischen Implikationen betreffen insbesondere die Stoffreihenfolge und die Nutzung von Abbildungen und Modellen.

3.3.1 Steiners *Reißkunst und Perspektiv (Géométrie descriptive)* (1828)

Das Lehrbuch *Reißkunst und Perspektiv (Géométrie descriptive) für Künstler, Gewerke; für das Haus und für das Leben* (1828–1835) von Carl Friedrich Christian Steiner (1774–1840) wurde für einen anderen Bildungskontext geschrieben, als denjenigen, der im Verlauf dieser Arbeit untersucht wird. Steiner war seit 1796 Lehrer für das „geometrische Fach“ an der Weimarer Zeichenschule (vgl. Heinemann, 2009, 67).¹¹ Auch weist Steiners Lehrbuch keine darstellend-geometrischen Innovationen oder überhaupt eine Nutzung von Monges Verfahren auf; er nutzt noch nicht einmal den Begriff „Projektion“, sondern spricht lediglich von „Ansichten“. Dennoch soll Steiners Lehr-

¹¹Die Entstehung von Zeichenschulen und die Entwicklung des Zeichenunterrichts im Kontext der beruflichen Bildung wurden von Antonius Lipsmeier in *Technik und Schule: Die Ausformung des Berufsschulcurriculums unter dem Einfluß der Technik als Geschichte des Unterrichts im technischen Zeichnen* (1971) ausführlich dargelegt. Die vorliegende Arbeit beschränkt sich jedoch auf Bildungskontexte, in denen höhere technische Bildung vermittelt werden sollte, zu denen Zeichenschule nicht zählten. Die Eingrenzung des betrachteten Bildungskontextes wird in Kapitel 4 erläutert.

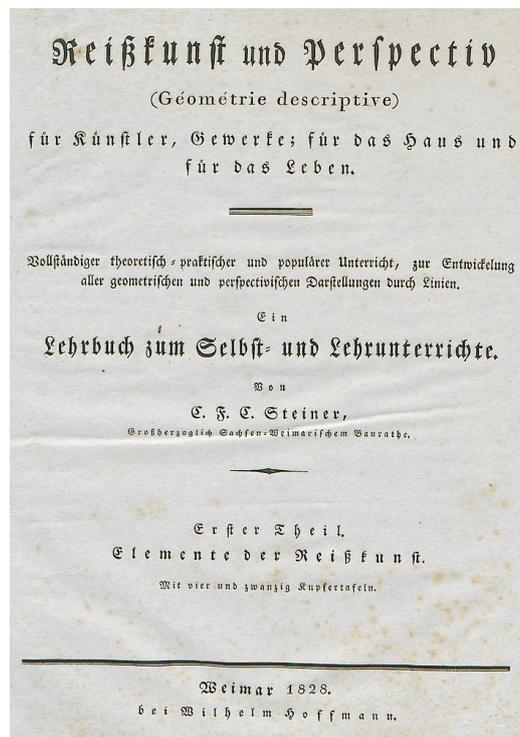


Abbildung 3.5: Titelseite zum ersten Teil von Steiners *Reißkunst und Perspektiv* (*Géométrie descriptive*) für *Künstler, Gewerke; für das Haus und für das Leben* (Weimar, 1828) (Digitalisat der Universitätsbibliothek Heidelberg, <https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/steiner1828bd1> – CC-BY-SA-3.0)

werk aufgrund der expliziten Referenz zum französischen Ursprung in seinem Zusatztitel vorgestellt werden. Die Wahl dieses Zusatztitels als Alternativbezeichnung für „Reißkunst und Perspektiv“ weicht vom vorherrschenden Verständnis (siehe Kapitel 1) der darstellenden Geometrie bzw. der *géométrie descriptive*, also der darstellenden Geometrie im engeren Sinne, die sich auf Monges Grund- und Aufrissverfahren bezog, ab: Steiner subsumiert unter dem Begriff *géométrie descriptive* die sogenannte „Reißkunst“, die bei ihm Zeichnen mit mathematischen Instrumenten ist (vgl. Klinger, 2014, 258) und die Perspektive. Steiner selbst definiert die Reißkunst als „[...] eine Fertigkeit, vermöge welcher, mittelst Linien, die Grenzen von Flächen und Körpern in allen Lagen so dargestellt werden, wie sie der Verstand auffaßt und begreift, aber so, wie sie dem wirklichen Auge bei der Anschauung erscheinen“, wobei „[...] die reine Geometrie dem Zeichner Theorie, und die Reißkunst [...] die Anwendung jener Erklärung und Theorie“ darstellt (vgl. Steiner, 1828, 1). Hier findet sich in der Formulierung des Zieles einer Darstellung („wie sie dem wirklichen Auge bei der Anschauung erscheinen“) ein weiterer Hinweis darauf, dass Steiner mit der Bezeichnung *géométrie descriptive* nicht (ausschließlich) auf Monges Methode Bezug nehmen wollte; er integrierte anschaulichere Darstellungsmethoden. Die sogenannte „niedere Reißkunst“ sei diejenige, die sich mit der Darstellung bekannter Gegenstände beschäftigt und bildet den Inhalt des ersten Bandes (*Elemente der Reißkunst*, 1828) seines Werkes; die „höhere Reißkunst“ beinhalte zusätzlich die „[...] Erfindung unbekannter neuer Formen, Gestalten und Ansichten“ und wird im dritten Band seines Werkes behandelt (vgl. ebd., 1). Der zweite Band trägt den Titel *Theorie der Perspektive als Zeichenkunst*. Im vorliegenden ersten Band beschäftigt sich Steiner also mit der ersten Aufgabe der darstellenden Geometrie, der Darstellungsfunktion. Was Steiner darunter versteht und wie dieses Verständnis von der mit Monge assoziierten darstellenden Geometrie im engeren Sinne abweicht, soll im Folgenden dargelegt werden.

Das Werk, 41 Seiten und 24 Tafeln (mit 217 Abbildungen) umfassend, beginnt mit grundlegenden Einführungen geometrischer Begriffe. In § 1 wird der Punkt nach dem Vorbild Euklids definiert:

Punkt ist: was keine Theile hat, daher nicht lang, breit oder dick

und tief ist. Da der Punkt keine Theile hat, und daher nicht lang, breit und dick ist, so macht er auch keinen Theil eines Dinges aus, an dessen Anfang oder Ende er gedacht wird. Der Ort, wo ein Punkt gedacht wird, oder stehen soll, wird auf dem Papier, oder sonst wo, durch ein kleines Fleck oder Döpflein bezeichnet; doch denkt man sich dabei den Punkt in die Mitte des Flecks. (ebd., 4)

Die §§ 3 und 4 führen auf eine ähnliche, aus heutiger Sicht unpräzise, Weise den Begriff der „Linie“ ein: „Linie ist, was nur lang, aber nicht breit und dick ist“, eine krumme Linie ist „ein Umweg von einem Punkte zu einem andern“. Die Erläuterungen sind nicht formalisiert. In dieser Weise fährt Steiner fort. In den folgenden §§ 5 bis 31 führt er beispielsweise in das Thema Winkel ein und bedient sich u.a. Dürers Bezeichnung „Eilinie“ (vgl. ebd., 3–8). Es folgt das Kapitel „Ausübung der Reißkunst“, welches aber nur grundlegende Aufgaben der ebenen Geometrie enthält – die §§ 32 bis 60 thematisieren die Teilung des Winkels, die Verschiebung verschiedener Figuren, wobei „krumme Linien“ über ein Gitternetz verlegt werden, wie es schon in der Antike üblich war (siehe Abbildung 2.2 in Kapitel 2), die Konstruktion des Mittelpunktes eines Kreisbogens usw. (vgl. ebd., 9–15). Die erwähnten „Verlegungen von Figuren [...] finden bei Steiner nicht per ‚Projektion‘ im Sinne Monges, sondern durch Abtragen per Zirkelspanne statt“; die Verlegungen per Gitternetz in „Dürerscher Manier“ (vgl. Heinemann, 2009, 73). Die Einführung grundlegender geometrischer Konstruktionen und Begriffe, wie sie Steiner handhabte, entspricht darüber hinaus nicht der Konzeption Monges oder seiner Nachfolger, wie z. B. Weinbrenner, die auf eine entsprechende Einführung einfacher geometrischer Grundkenntnisse verzichteten, weil sie diese aufgrund der intendierten Leser- bzw. Schülerschaft an (höheren) technischen Schulen als bekannt voraussetzten; „[...] dem mehr wissenschaftlich orientierten Lehrgang [Monges; NB] wurde so der mehr didaktisch-methodisch konzipierte gegenübergestellt“ (Lipsmeier, 1971, 134).¹²

¹²An dieser Stelle sei noch einmal auf Kapitel 4 verwiesen, in welchem der betrachtete Bildungskontext vorgestellt wird. Tatsächlich sollte sich im Laufe des 19. Jahrhunderts nämlich zeigen, dass man nicht davon ausgehen konnte, dass Schüler bzw. Studierende

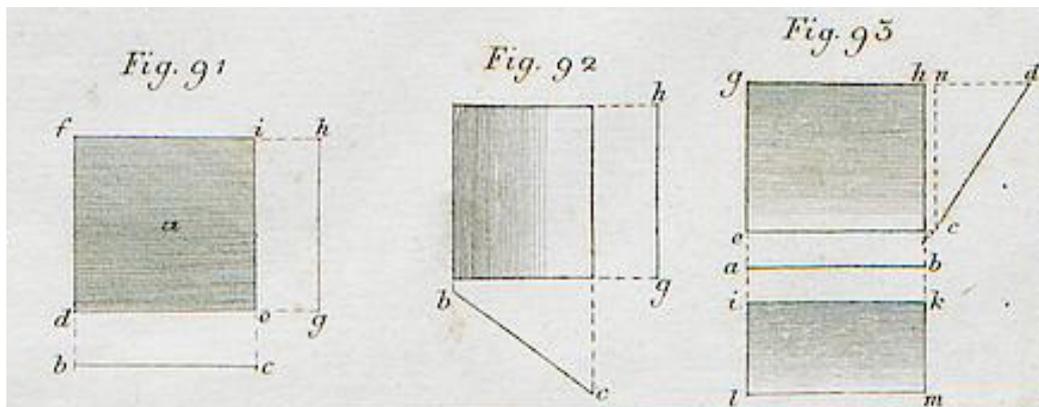


Abbildung 3.6: Illustrationen zur Einführung der Begriffe „Grundriß“ (jeweils unten), „Profil“ (jeweils rechts) und „Standriß“ in Carl Friedrich Christian Steiners *Reißkunst und Perspektiv...* (Weimar, 1828, Tafel 4). In Fig. 93 ist zusätzlich die sogenannte „Vogelansicht“ *iklm* abgebildet (Digitalisat der Universitätsbibliothek Heidelberg, <https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/steiner1828bd1> – CC-BY-SA-3.0)

In § 61 stellt Steiner sein „Grund- und Aufrissverfahren“ vor.¹³ Er erklärt seinen „Grundriß“ über die Projektion eines „senkrecht stehenden Vierecks“ – es handelt sich um ein Quadrat – und dessen „Profil“ (siehe Fig. 91 in Abbildung 3.6); hierbei handelt es sich um die orthogonalen Parallelprojektion der unteren („Grundriß“) und der seitlichen („Profil“) Kante des Quadrates. In den Figuren 91 und 92 in Abbildung 3.6 ist zusätzlich der von Steiner so genannte „Standriß“ schattiert abgebildet, welchen man mit Hilfe von „Grundriß“ und „Profil“ über die Schnitte der Verbindungsgeraden der Endpunkte konstruiert. Bei Monge wäre dies der Aufriss. Des weiteren führt Steiner die „Vogelansicht“, „die Ansicht von oben“ ein, die dem Grundriss bei Monge entsprechen könnte. Allerdings gibt es bei Steiner in einigen Konfigurationen zwei „Vogelansichten“, was darauf hindeuten könnte, dass bei ihm die Bildebenen in keinem festen Verhältnis zueinander stehen. In der Tat verwendet Steiner bei der Einführung seiner „Ansichten“ den Begriff „Ebene“ nicht – er

eine adäquate Vorbildung an die entsprechenden Bildungsinstitutionen mitbrachten, da die Vorbildungsfunktionen im Sekundarschulwesen bzw. allgemein im Bildungssystem bis zum 20. Jahrhundert nicht eindeutig geklärt war.

¹³Die Bezeichnung verwendet er nicht selbst; sie wird hier in Anlehnung an Monge gewählt.

spricht von Bildern.

Betrachtet man die Inhalte des Lehrwerkes, stellt sich die Frage nach Steiners Intention bei der Auswahl des Zusatztitels *géométrie descriptive*. Ob Steiner mit dem Werk von Monge vertraut war und durch seine Nutzung des Begriffes „*géométrie descriptive*“ deutlich machen wollte, dass er den Begriff weiter auffasst als Monge, die Bezeichnung also bewusst uminterpretiert, oder ob er zwar die Bezeichnung kannte, aber die Inhalte des Werkes von Monge nicht im Detail, ist nicht bekannt. In beiden Fällen ist es aber möglich, dass Steiner diese Wahl getroffen hat, damit sein eigenes Werk von der Bekanntheit und Anerkennung der Mongeschen Schrift profitiert; es könnte sich sozusagen um einen programmatischen Schritt gehandelt haben. Auch Klinger vermutet, dass Steiner mit dem Untertitel „auf die Modernität und die Professionalität seines Werkes“ hinweisen wollte, aber eigentlich eine andere „beschreibende Geometrie“ gemeint war, nämlich eine solche, die auf Perspektive und Schattenlegung gründet und somit eine realistischere Abbildung erzielt (vgl. Klinger, 2014, 259). Die bereits erwähnte Formulierung, Darstellungen erzielen zu wollen, „wie sie dem wirklichen Auge bei der Anschauung erscheinen“, die Steiner selbst wählt, deutet auch auf perspektivische Darstellungen hin, allerdings finden sich, zumindest in dem hier betrachteten ersten Band, keine perspektivischen Abbildungen. Steiner selbst kommentiert die Wahl seines Titelzusatzes nicht. „Bezugnahmen auf Monge werden bei Steiner ganz getilgt; übrig bleibt allein der Terminus *Geometrie descriptive*, der nunmehr auf die traditionelle praktische Zeichnungslehre bezogen wird“ (Heinemann, 2009, 72). Laut Heinemann gibt Steiner der ihm bekannten „traditionellen praktischen Zeichnungslehre“ im Grunde genommen einen neuen Titel. Heinemann schreibt darüber hinaus, dass „[...] sich zwischen den Veröffentlichungsjahren der ersten und der zweiten Auflage [1828 und 1853; NB] der Steinerschen Reißkunst im deutschen Raum eine Tendenz zur Lösung des Ausdrucks *Geometrie descriptive* aus seinem ursprünglichen Zusammenhang erkennen [lässt; NB], die mit Umdeutungen und Verallgemeinerung seines ursprünglichen Sinns einhergeht“ und zwar sei der Ausdruck im deutschen Raum inzwischen „als Synonym für die bestehende praxisorientierte Zeichnungslehre“ genutzt worden (vgl. ebd., 71). So habe

zum Beispiel auch Meno Burg, Lehrer an der Artillerie- und Ingenieurschule in Charlottenburg, der 1830 den ersten Teil seines Werkes über architektonisches Zeichnen veröffentlichte, bis zum Jahr 1851 die *géométrie descriptive* mit der „aufs Handwerk ausgerichteten ‚geometrischen Zeichenkunst‘ assoziiert“ (vgl. ebd., 71). Auch Burg wählte den Untertitel *Géométrie descriptive* für den ersten, theoretischen Teil seines Werkes von 1830, in welchem er „Projections- und Schattenlehre in architektonischer Rücksicht“ behandelt (vgl. Burg, 1830), und für sein Buch über „geometrisches Zeichenkunst“ von 1851 (vgl. Burg, 1851). Dass die darstellende Geometrie spätestens ab der Mitte des 19. Jahrhunderts (bei Creizenach beispielsweise schon 1821) weiter und allgemeiner aufgefasst wurde, wie Heinemann es auch schreibt, also neben Monges Verfahren, neben der *géométrie descriptive*, weitere Projektionsmethoden und Darstellungsverfahren zur Repräsentation dreidimensionaler Objekte im Zweidimensionalen integriert wurden, hat sich auch in Kapitel 1 gezeigt. Die Bedeutungsverschiebung in Richtung der „praxisorientierten Zeichnungslehre“ repräsentiert durch Steiner und Burg scheint aber eher eine Ausnahme zu sein. Durch ihr Wesen und ihren Nutzen für die Industrie ist der darstellenden Geometrie eine gewisse Praxisorientierung inhärent, dennoch scheint die Bezeichnung als „Zeichnungslehre“ zu schwach, um auch die wissenschaftliche Ausweitung darstellend-geometrischer Methoden bzw. die mathematische Fundierung dieser Methoden, wie sie auch im nachfolgenden Kapitel vorgestellt wird, ausreichend zu repräsentieren. In der Regel wird die darstellende Geometrie von Autoren deutschsprachiger Lehrwerke der Mathematik zugeordnet. Es ist aber möglich, dass Autoren wie Steiner und Burg den von Monge selbst proklamierten Nützlichkeitsgedanken der darstellenden Geometrie für technische oder allgemein praktische Berufe bzw. für Produktionsprozesse durch die Wahl der französischen Bezeichnung aufgreifen wollten oder dass eine kontextabhängige Nutzung der Bezeichnung vorliegt, dass also im Kontext der Zeichenschulen der Begriff anders genutzt wurde als beispielsweise im wissenschaftlichen Diskurs.

Auch Goethe, „in seiner Funktion als Oberaufseher über die Anstalten von Wissenschaft und Kunst“, bediente sich 1829 dieses Begriffes „in seinen Vorstellungen zum Lehrpensum der zu gründenden Gewerkschule“ in Weimar

(vgl. Klinger, 2014, 259–261), wobei er die „Reißkunst“, welche er als „Geschick mit Zirkel und Lineal umzugehen“ bezeichnet, die „in der neueren Zeit [...] Geometrie descriptive“ genannt werden würde, für die Aufnahmeprüfung vorschlägt (vgl. Heinemann, 2009, 72). Goethe hatte Steiners Begriffsnutzung der *géométrie descriptive* als „Reißkunst“ also übernommen. Heinemann argumentiert weiter, dass sich diese Nutzung des Begriffes auch bei Weinbrenner findet bzw. sogar von ihm inspiriert gewesen sein könnte, da sich bereits um 1800 persönliche Kontakte von Weinbrenner nach Weimar nachweisen lassen; Weinbrenner habe die beschriebene begriffliche Implikation ausdrücklich modifiziert (vgl. ebd., 72). Wie in Kapitel 3.1 dargelegt wurde, bezieht sich die Bezeichnung *géométrie descriptive* bei Weinbrenner auf die „geometrische Zeichnungslehre“ (im Gegensatz zur perspektivischen), unter welcher er das Grund- und Aufrissverfahren nach Monge versteht. Dieses wird in seinem Werk auch thematisiert. Weinbrenners Auffassung des Begriffs unterschied sich also bezüglich der Inhalte von Steiners. Allerdings kritisierte Weinbrenner Monge und seine Nachfolger dafür, dass ihr Stoffkanon nicht zur beruflichen Praxis passte, weswegen er seine eigenen Inhalte einschränkte. Die Fokussierung auf die beruflichen Bedürfnisse der Schülerschaft bzw. die Eingrenzung des Stoffes, um eine besser Passung für die Zielgruppe zu bewirken, erweist sich als Parallelität zum Vorgehen Steiners. Auch Steiner möchte ein „praxisorientiertes Lehrbuch“ zur Verfügung stellen (vgl. ebd., 73). Sein Werk konzipierte er für den „populären gemeinverständlichen Vortrag“ mit ausgewogenem Verhältnis von Theorie und Praxis bzw. Empirie, u.a. weil er zeitgenössische Abhandlungen für den Zeichenunterricht dafür kritisierte, dass sie „entweder zu theoretisch, oder zu empirisch“ seien (vgl. Steiner, 1828, 2-3). Dennoch stand die Zielgruppe im Vordergrund: Seine *Reißkunst* sollte eine „handwerkliche Zeichenlehre“ sein (vgl. Klinger, 2014, 257). Gegen Heinemanns Argument von oben, dass sich die Begriffsbedeutung der darstellenden Geometrie bzw. *géométrie descriptive* im Laufe des 19. Jahrhunderts in Richtung von Steiners Auffassung verschoben habe, spricht allerdings, dass der Titelzusatz *géométrie descriptive* in der zweiten Auflage von Steiners Werk entfernt wurde, also nicht mehr mit den Inhalten Steiners verknüpft wurde bzw. werden sollte (vgl. ebd., 259). Der Herausgeber

der zweiten Auflage begründet die Streichung des Zusatztitels damit, dass eine Assoziation mit der ursprünglichen *géométrie descriptive*, die „von den Franzosen und Engländern ausgebildet“ wurde, vom Autor nicht intendiert gewesen sei (vgl. Heinemann, 2009, 73).¹⁴ Bis zur Herausgabe der zweiten Auflage seines Buches hatten sich die Methoden Monges verbreitet und die darstellende Geometrie weiter ausdifferenziert; zeitgleich zu Steiners ersten Auflage wurde erst Schreibers Lehrwerk, das als erste umfassende deutschsprachige Bearbeitung der Thematik gilt, veröffentlicht.

3.3.2 Wolffs *Die beschreibende Geometrie und ihre Anwendungen* (1835)

Carl Ferdinand Leberecht Wolffs (1803–1861) *Die beschreibende Geometrie und ihre Anwendungen: Leitfaden für den Unterricht am Königl. Gewerbe-Institut* (1835) wurde für den Unterricht am genannten Institut in Berlin geschrieben, an welchem Wolff von 1826 bis 1854 (ab 1835 als Professor) unterrichtete.¹⁵ Sein Werk wurde in den vorliegenden Quellen nicht zusammen mit anderen „bekanntem“ deutschen Lehrwerken der darstellenden Geometrie genannt, es wird hier aber aufgrund der expliziten Referenz zum Lehrkontext der Berliner Gewerbeakademie im Titel vorgestellt. Der erste Teil *Die Projektionslehre und die beschreibende Geometrie* erschien 1835, der erste Abschnitt des zweiten Teiles mit dem Titel *Schattenconstruction* 1840. Die Trennung der Themen resultiert aus Wolffs Überzeugung, dass man die beschreibende Geometrie nicht mit ihren Anwendungen, welche für ihn Schattenkonstruktionen, Perspektive und Steinschnitt waren, „verweben“ solle (vgl. Wolff, 1835a, IX). Er schreibt dem Grund- und Aufrissverfahren, welches er im ersten Teil behandelt, also die Funktion der Grundlage für weitere Darstellungsweisen,

¹⁴Welche Rolle den „Engländern“ bei der Ausbildung der *géométrie descriptive* zugeschrieben wird, wird nicht erläutert.

¹⁵In einigen Quellen wird Wolff als Lehrer bzw. Professor für Mathematik und beschreibende Geometrie geführt und auch die Tatsache, dass er ein Lehrwerk zur darstellenden Geometrie verfasste, legt den Schluss nahe, dass er dieses Fach in Berlin unterrichtete. Auf Grundlage der „Programme“ des Gewerbeinstituts wird aber davon ausgegangen, dass Wolff wahrscheinlich nicht für die Lehre der darstellenden Geometrie zuständig war. In Kapitel 6.1.1 werden die Gründe für diese Annahme noch weiter erläutert.

wie Schatten- oder Perspektivkonstruktionen, zu und assoziiert mit dem Begriff „beschreibende Geometrie“ nur das Grund- und Aufrissverfahren. Er behandelt jenes zuerst und getrennt, da nach seiner Überzeugung die Praxis, also der Anwendungsbezug, erst eingebunden werden kann, „[...] nachdem ihr [der Praxis; NB] durch die Theorie der Weg vorgezeichnet ist, welchen sie einzuschlagen und zu verfolgen hat“; konkret bedeutet das für die Mathematik bzw. die beschreibende Geometrie, dass „Verwebungen technischer Gegenstände“ nicht passend und sogar störend sind, „[...] weil sich die Grundlage nicht gleichzeitig mit dem Erbauen läßt, dem sie als solche dient“ (vgl. ebd., X–XI). 1847 erschien dann *Die beschreibende Geometrie: die geometrische Zeichenkunst und die Perspective* als zweite Auflage; diese gruppierte mehrere Themen zusammen in vier Kapiteln über Projektionslehre, beschreibende Geometrie, Schattenkonstruktionen und Perspektive.¹⁶ In dieser Form erschien 1861 dann auch die dritte Auflage des Werkes. Die zweite Auflage besteht aus 371, die hier betrachtete erste Auflage über Projektionslehre und beschreibende Geometrie allein aus 328 Seiten. In der zweiten Auflage entfallen auf die beschreibende Geometrie mehr als 200 Seiten. Wolff selbst behauptet über den vorliegenden ersten Teil, dass man bei seiner Stoffauswahl „Vollständigkeit nicht vermissen“ dürfte (vgl. ebd., VII). Tatsächlich erweist sich Wolffs Werk als sehr ausführlich im Vergleich zu Monges.

Das Lehrbuch ist in zwei Abschnitte unterteilt. Wolff entschied sich gegen das Vorgehen „bei Monge u.s.w.“, die Gesetze der Projektionen der beschreibenden Geometrie „einzuverleiben“, bei ihm wird die Projektionslehre im ersten Abschnitt getrennt von der beschreibenden Geometrie behandelt; Letztere charakterisiert er als „Lehre von den Constructionen im körperlichen Raum, vermittelt durch Projectionen“, wobei er die „Gesetze der körperlichen Geometrie“ voraussetzt (vgl. ebd., VI–VII). Wolff argumentiert, dass bei den Franzosen nur diejenigen Gesetze der Projektionen integriert wurden, die für spätere Betrachtungen relevant waren (vgl. ebd., VI). In besagtem ersten Abschnitt („Die Projektionslehre“) werden auf 70 Seiten die Projektionen

¹⁶Für den Unterricht in der darstellenden Geometrie an der Polytechnischen Schule in Hannover sollte dieses Lehrwerk zum Beispiel „vorzugsweise“ verwendet werden (vgl. Karmarsch, 1856, 43). Die erste Auflage seines Lehrbuches diente als Grundlage der Lehre der darstellenden Geometrie in Braunschweig (vgl. Uhde, 1836, 38).

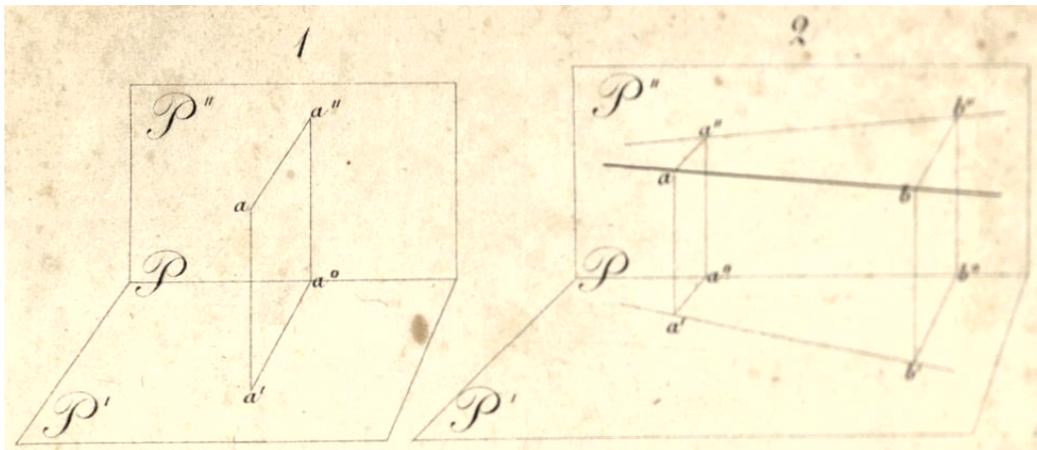


Abbildung 3.7: Projektionen eines Punktes a (Fig. 1) und einer Geraden (Fig. 2), die durch die Punkte a und b verläuft (Wolff, 1835b, Tafel I)

und gegenseitigen Lagen von Punkt, Gerade und Ebene aufgelistet – unter den 48 Paragraphen findet sich nicht eine Aufgabe – und in einem kurzen Abschnitt (§§ 41–47) die Projektionen krummer Linien. Wolff selbst macht seinem ersten Abschnitt „den Vorwurf der Weitschweifigkeit“, da jener „gedrängter und übersichtlicher“ sein könnte, allerdings habe er in diesem Teil die Projektionslehre vervollständigt und ergänzt, was bei Monge fehle (vgl. ebd., VII). In der zweiten Auflage des Lehrwerkes nimmt das Kapitel über die Projektionslehre nur noch 36 Seiten in Anspruch. Zu diesem ersten Teil des Lehrwerkes gibt es drei Abbildungen, von welchen zwei die Ebenenkonfiguration als Schrägbild illustrieren, die der Autor in diesem Abschnitt einführt (siehe Abbildung 3.7). Erst in den nachfolgenden Abbildungen, die sich auf den zweiten Abschnitt des Buches „Die beschreibende Geometrie“ beziehen, sind die Projektionsebenen umgeklappt (siehe Abbildung 3.8). In Abbildung 3.8 zeigt Fig. 4a die Lösung der ersten Aufgabe dieses Abschnitts: Zu den gegebenen Projektionen (Grund- und Aufriss) eines Punktes, soll die dritte Projektion, der Seitriss des Punktes, gefunden werden (vgl. ebd., 81). Den Seitriss führt Wolff zu Beginn seines Werkes zusammen mit Grund- und Aufriss ein: „In der Folge sind beständig zwei Projektionsbenen vorausgesetzt; der dritten werden wir besonders erwähnen, wenn sie erforderlich ist“ (ebd., 3). Bei Monge und Schreiber gibt es keinen dritten Riss, bei Steiner hingegen

schon, der, wie Wolff, auf eine praxisnahe Ausbildung in der darstellenden Geometrie abzielt. In diesem Kontext erläutert Wolff auch den Nutzen bzw. die Zielgruppe dieses Verfahrens: „Techniker bedienen sich der Projectionsebenen zu Entwürfen“ (ebd., 3).

Die Tatsache, dass er von „bildlichen Darstellungen“ nur selten Gebrauch macht, begründet Wolff in seinem Vorwort damit, dass der Anfänger gezwungen werden soll, „[...] sich alles im Raum auf das Lebhafteste vorzustellen“ (vgl. ebd., V–VI). „Von bildlicher Darstellung, sichtbaren und verdeckten Theilen, und was mehr damit zusammenhängt, ist niemals die Rede“ (vgl. ebd., V), womit er sich von seinem Vorgänger Schreiber abgrenzt, der verdeckte Teile durch besondere Linien darstellte – auch Gugler benutzte verschiedenartige Linien in seinen Darstellungen (siehe Abschnitt 3.3.3). Die gleiche Begründung gab Wolff dafür, Modelle nicht für den Unterricht in der beschreibenden Geometrie zu benutzen, da auch diese „die Einbildungskraft nicht in Anspruch nehmen“; zusätzlich habe die beschreibende Geometrie „[...] den Zweck, Zeichnungen von einer Art zu liefern, daß nach ihren Gegenstände der Wirklichkeit (also auch Modelle) ausgeführt werden können“, also solle sie so gelehrt werden, „[...] daß sie dessen nicht bedarf, dem sie vorarbeitet“ (vgl. ebd., XIV).

In seinem zweiten Abschnitt „Die beschreibende Geometrie“ definiert Wolff die Aufgabe der darstellenden Geometrie: „Die Wissenschaft, welche lehrt, wie man allein durch Zeichnung in einer Ebene die Projectionen von Raumgrößen findet, und wie man mit Raumgrößen construirt, welche durch Projectionen gegeben sind, heißt die beschreibende Geometrie“ (ebd., 75). Wolff hebt hier die zweite Aufgabe der darstellenden Geometrie deutlich hervor und schreibt Monge zu, durch seine *Géométrie descriptive* eine neue mathematische Wissenschaft geschaffen zu haben, die die Konstruktionen im dreidimensionalen Raum ermögliche (vgl. ebd., III). Zuvor hatte Wolff die beschreibende Geometrie vor Monge „als eine Zeichnungsart, als eine Methode der Darstellung von Körpern“ charakterisiert (vgl. ebd., IV). Im vorliegenden Abschnitt, also bei der darstellenden Geometrie, geht es um die „praktische Ausführung der Constructionen im körperlichen Raume“, was voraussetzt, dass „die Raumgrößen in demselben vollständig repräsentirt“ sind, und zwar

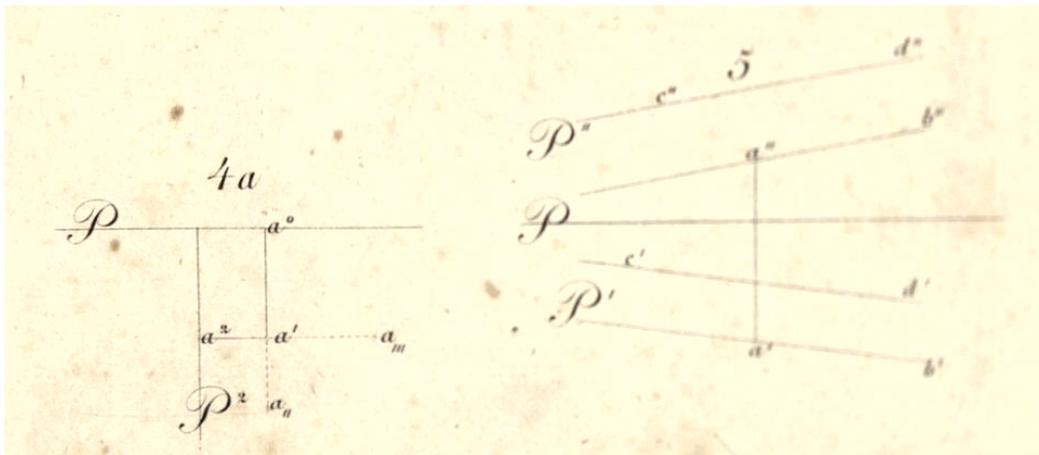


Abbildung 3.8: Konstruktion des Seitrisses eines Punktes zu seinen gegebenen Projektionen im Grund- und Aufriss (Fig. 4a) und der Projektion einer zu einer durch ihre Projektionen gegebenen Geraden parallelen Gerade durch einen durch seine Projektionen gegebenen Punkt (Fig. 5) (Wolff, 1835a, Tafel I)

so, dass „alle Operationen [...] mit den Raumgrößen“ möglich sind; das Mittel hierzu stellt die Projektion (vgl. ebd., 74). Zunächst erläutert Wolff darauf in seinem ersten Kapitel („Die einfachen Constructionen“) die beliebige Lage der Projektionsebenen, dass aber bei technischen Anwendungen eine in horizontaler und somit die andere in vertikaler Position gedacht werde. Erst später wird erklärt, dass der Aufriss um die „Achse“ in den Grundriss gedreht wird, um alles in einer Ebene zeichnen zu können (vgl. ebd., 79). An dieser Stelle erläutert Wolff auch die Drehung des Seitrisses. Wolff behandelt in den neun Kapiteln des zweiten Abschnittes über beschreibende Geometrie zusätzlich zu den von Monge bzw. Schreiber bekannten Inhalten auch sphärische Trigonometrie (Kapitel 4), die Schnitte von Körpern, die durch ebene Flächen begrenzt werden (Kapitel 5) und das von ihm so bezeichnete „Herabschlagen“ (Kapitel 2) und das „Zurückschlagen“ (Kapitel 3). Das „Herabschlagen“ erläutert Wolff wie folgt: „Eine begränzte gerade Linie, welche durch ihre Projectionen gegeben ist, herabschlagen, soll heißen, eine gerade Linie zeichnen, welche gleich ist jener Linie“ (ebd., 106). Analoges gilt für Winkel und Polygone („n-Ecke“). Es handelt sich hierbei also um die Konstruktion bzw. das Zeichnen der wahren Ausmaße eines zweidimensionalen

Objektes. Die Erklärung des „Herabschlagens“ eines Punktes illustriert das Prinzip, das hierbei angewendet wird:

Einen gegebenen Punkt, welcher sich in einer gegebenen Ebene befindet, mit dieser Ebene auf eine Projectionsebene herabschlagen, soll heißen, in der Projectionsebene denjenigen Punkt bestimmen, mit welchem jener Punkt zusammenfallen würde, wenn man die Ebene um ihren Schnitt in der Projectionsebene drehte, bis sie in die Projectionsebene fällt. (ebd., 106)

Unter dem „Herabschlagen“ ist anschaulich also das „Hereindrehen“ eines realen Objektes (maximale Dimension 2) in eine Projektionsebene zu verstehen, konkret eine maßgetreue Projektion. Hierbei handelt es sich um das von Schreiber eingeführte „Zurücklegen“ (siehe Kapitel 3.2). „Das Zurückschlagen ist das Umgekehrte des Herabschlagens“ (ebd., 119). In diesem Zusammenhang erläutert Wolff, dass das Projizieren einer gegebenen Linie bedeutet, dass man deren Projektionen konstruiert und in Abgrenzung davon das „Zurückschlagen“: „Einen in einer Projectionsebene gegebenen Punkt (s) in eine gegebene Ebene L zurückschlagen, soll heißen, die Projectionen desjenigen Punktes s der Ebene E construiren, welcher, mit der Ebene L auf jene Projectionsebene herabgeschlagen, in den Punkt (s) fallen würde“ (ebd., 119). Sowohl Schreiber als auch Wolff haben das Prinzip hinter der von Monge nicht konkret eingeführten Möglichkeit, die wahren Ausmaße der abgebildeten Gebilde abzulesen, schrittweise erläutert. Bei Monge wird diese Möglichkeit im Kontext der ersten Aufgabe (Konstruktion der wahren Länge einer Strecke) verwendet, aber nicht erklärt. Es handelt sich hierbei um eine maßgebliche Errungenschaft des Grund- und Aufrissverfahrens, die in Wolffs und auch Schreibers Lehrwerk als solche hervorgehoben wird.

Die ersten fünf Kapitel des zweiten Abschnitts beschäftigen sich mit ebenflächigen Gebilden (103 Seiten). Die Kapitel sechs bis neun behandeln krumme Flächen, deren Schnitte, Berührungsflächen und Normalen (151 Seiten). Wolff kommentiert im Vorwort diesen Teil seines Werkes dahingehend, dass er einige krumme Flächen, „die dem Zweck des Buches nicht entsprechen“ übergangen habe (vgl. ebd., VII). In Wolffs Lehrwerk zeigt sich das Mon-

gesche Verfahren in recht ursprünglicher Form, weist aber Modifizierungen bzw. Ergänzungen auf (Seitriß, einige inhaltliche Abweichungen). Sein Vorgehen ist im Kontext der geraden Gebilde kleinschrittiger und ausführlicher als bei Monge oder Schreiber.

3.3.3 Guglers *Lehrbuch der descriptiven Geometrie* (1841)

Bernhard Gugler (1812–1880) war Lehrer der darstellenden Geometrie an den Polytechnischen Schulen in Nürnberg und Stuttgart (hier später auch Rektor).¹⁷ Guglers Lehrwerk erfuhr mehrere Auflagen: „1857 erschien eine zweite, vollständig überarbeitete Fassung, welche bis zu seinem Tod noch zweimal neu aufgelegt wurde“ (Wendel, 2008, 63).¹⁸ Sein Lehrbuch gehörte zu den Werken, „[...] welche sich der Auffassung Monges anschließen“ (vgl. Papperitz, 1909, 567). In der Tat behandelt Gugler in seinem Werk ausschließlich das Grund- und Aufrissverfahren. Dementsprechend formuliert er die doppelte Aufgabe der darstellenden Geometrie nach dem Vorbild Monges:

Eine gegebene geometrische Größe auf eine gegebene Ebene in orthogonale Projection zu legen, macht einen Theil der Aufgabe aus, mit der sich die descriptive Geometrie (darstellende Geometrie, beschreibende Geometrie) beschäftigt. Außerdem aber zeigt dieser Zweig der Mathematik, wie man aus den gegebenen Projectionen verschiedener Raumgrößen die Beziehungen auffindet, in denen diese Größen selbst unter sich stehen, und lehrt die Aufgaben, auf welche die gegenseitige Stellung von Puncten, Linien und Flächen im Räume führt, durch Zeichnungsoperationen lösen, welche in einer und derselben Ebene ausgeführt werden können. (Gugler, 1841, 2)

¹⁷Sein Lehrwerk veröffentlichte er während seiner Zeit in Nürnberg (1837–1843), ab 1843 wirkte er bis zu seinem Tod als Professor für „Descriptive Geometrie“ in Stuttgart (siehe Kapitel 6.1.1).

¹⁸Das Inhaltsverzeichnis der zweiten Auflage ist mit dem der ersten identisch, das Buch umfasst lediglich circa 50 Seiten mehr. Gugler selbst schreibt aber in seinem Vorwort, dass die neue Auflage „durch Ueberarbeitung und Vermehrung fast zu einem neuen Buche geworden“ sei (vgl. Gugler, 1857, III).

Dabei legt Gugler aber die „orthogonale Projection“, die er zuvor als Spezialfall der Parallelprojektion und in Abgrenzung von der Zentralprojektion anhand des Verlaufs der „Projectionsstrahlen“ eingeführt hat, als das Mittel der Darstellung fest. Dazu führt er weiter aus: „Da die descriptive Geometrie sich der orthogonalen Projectionsmethode fast ausschließlich bedient, so soll künftig immer diese gemeint sein, wenn das Wort Projection ohne nähere Bestimmung steht“ (ebd., 2). Die Wahl der Darstellungsmethode begründet er durch den intendierten Lehr-Lern-Kontext: „Gleichwohl zieht man es für technische Zwecke allgemein vor, einen darzustellenden Gegenstand in seiner orthogonalen Projection oder als geometrisches Bild zu geben, weil sich daraus leichter und einfacher auf seine wahren Dimensionen und übrigen geometrischen Eigenschaften schließen lässt“ (ebd., 2).

Obwohl sich in seiner Eingrenzung der Darstellungsmethode eindeutig eine Orientierung an Monges Werk festmachen lässt, wurde die darstellende Geometrie von Gugler dennoch „selbstständig und unabhängig aufgebaut“ (vgl. Wiener, 1884, 37), insbesondere unabhängig von der analytischen Geometrie (vgl. Obenrauch, 1897, 83). Der Autor selbst erklärt in seinem Vorwort, dass analytische Beweise im Anhang zu finden seien, welche es „nur als Beigabe zu betrachten“ gilt, weil sie „[...] der descriptiven Geometrie nicht wesentlich an[gehören; NB], da auf dieselben keine Constructionen gegründet werden“ (vgl. Gugler, 1841, V). Daraus lässt sich schließen, dass es analytische Beweise zu bestimmten Inhalten gab, die noch nicht anders, mit den Mitteln der darstellenden Geometrie, also vorwiegend synthetisch, bewiesen worden waren.¹⁹ Sonst weiche sein Werk von den französischen Lehrbüchern, den „besten Mustern“, bezüglich zweier weiterer grundlegender Aspekte ab (vgl. ebd., V). Erstens behauptet Gugler, dass er sein Werk übersichtlicher und wissenschaftlicher strukturiert habe, indem er „Zusammengehöriges“ zusammengestellt und komplexe Aufgaben segmentiert habe (vgl. ebd., V–VI).

¹⁹Im Vorwort zu seiner zweiten Auflage erklärt Gugler, dass es ihm durch „eine eingänglichere Behandlung der Linien und Flächen zweiter Ordnung“ möglich geworden ist, den Anhang der ersten Auflage fast vollständig in den Text der zweiten Auflage zu verweben und bedankt sich in diesem Kontext bei v. Staudt für einen „elementaren Beweis für die Haupteigenschaft sphärischer Kegelschnitte“ (vgl. Gugler, 1857, III). Gugler war Schüler von Staudts an der Polytechnischen Schule in Nürnberg, was auch seine Vorliebe für das Synthetische erklären könnte.

Zweitens habe er, wie auch Wolff, den Fokus im Gegensatz zu seinen französischen Vorbildern von den krummen Flächen auf die Ebene und Gerade gelegt, welche bei letzteren „nur als Mittel zum Zweck“ dienten, „[...] weshalb außer den Fundamentalaufgaben nur solche sich aufgenommen finden, welche zur Auflösung späterer, auf krumme Flächen bezüglicher Aufgaben unumgänglich nothwendig sind“ (vgl. ebd., VI). Gugler entschied sich in seinem Werk für eine intensive Auseinandersetzung mit den Aufgaben über Geraden und Ebenen, einerseits, weil deren Verständnis Voraussetzung für das Verständnis der Aufgaben zu krummen Flächen sei, und andererseits, weil „[...] der Lernende am besten das Wesen der descriptiven Geometrie erfaßt, und sich gewöhnt, jede Aufgabe in den verschiedenen Modificationen, welche sich bei veränderter Lage der gegebenen Größen herausstellen, zu verfolgen, was bei krummen Flächen in der Regel weit mehr Schwierigkeiten hat“ (vgl. ebd., VI). Der erste Abschnitt „Die gerade Linie, die Ebene, und die von ihnen begrenzten Figuren“ (fünf Kapitel) umfasst 126 Seiten, der zweite Abschnitt „Krumme Linien und krumme Flächen“ (fünf Kapitel) weitere 154 Seiten. Guglers Werk wird nachgesagt, dass er damit „[...] den Schülern der darstellenden Geometrie erstmals ein Kompendium an die Hand gab, welches das Fachwissen seiner Zeit in einem einzigen Band vereinte. Von den Fachkollegen ist es mit großem Lob als maßgebliches Standardwerk für diese Disziplin aufgenommen worden“ (Wendel, 2008, 63).

Insgesamt ist Guglers Werk sehr ausführlich. Er scheint alle Themen abgedeckt zu haben, die auch Monge behandelt hat, geht dabei aber teilweise viel kleinschrittiger vor. Dies äußert sich beispielsweise in der Aufzählung aller möglichen Lagen eines Punktes bzw. einer Geraden zu den bzw. in den beiden Bildebenen (vgl. Gugler, 1841, 8–10). Im Grunde kann Guglers Werk als eine Elementarisierung im Vergleich zu Monges Werk genannt werden: Er legt die Grundlagen ausführlich und sorgfältig, über die Monge schnell hinweg geht. In dieser Hinsicht ähnelt Guglers Werk demjenigen von Wolff. Genau wie Wolff verzichtet auch Gugler in der Lehre auf die Nutzung von Modellen:

Diese unerläßliche Ausbildung der geometrischen Anschauung wird übrigens nie zu Stande kommen, wenn man mit Demonstrationen

an körperlichen Modellen beginnt; denn wem sich eine einfach Combination von Raumgrößen durchaus nicht ohne Modell vor das geistige Auge führen lassen sollte, der dürfte überhaupt zum Studium der descriptiven Geometrie nicht befähigt sein. [...]; wenigstens hat dem Verfasser eine sechsjährige Erfahrung gezeigt, daß auch mittelmäßige Köpfe sich nach einiger Zeit wohl zurecht finden. (ebd., VI–VII)

Die Überzeugung, dass ein Schüler der darstellenden Geometrie in der Lage sein müsse, sich „eine einfache Combination von Raumgrößen“ ohne Modell vorstellen zu können, macht sich auch innerhalb seines Lehrwerkes bemerkbar: Gugler integriert erst sehr spät illustrierende Abbildungen; zuvor setzt er auf detaillierte Beschreibungen. Die erste Abbildung gehört zu § 31, in welchem beschrieben wird, wie man die Spuren einer Gerade, also die Schnittpunkte mit den beiden Projektionsebenen, aus ihren beiden Projektionen finden kann (vgl. ebd., 16). Bei den Spuren einer Geraden handelt es sich um Elemente, die durch das Grund- und Aufrissverfahren überhaupt erst konstruiert werden, den Schülern also wahrscheinlich nicht aus anderen Kontexten bekannt sind und somit eine erläuternde Abbildung erhalten. Zuvor (in den §§ 7–31) behandelt Gugler die „Darstellung des Puncts, der geraden Linie und Ebene“ (Kapitel 1) und „Fundamentalsätze“ (Kapitel 2). Im zweiten Kapitel werden außerdem gegenseitige Lagebeziehungen von und Entfernungen zwischen Punkten, Geraden und Ebenen und deren Winkel zu den Bildebenen und zueinander thematisiert. Dieser Teil ist Wolffs Werk sehr ähnlich: Beide Autoren erklären zum Beispiel die Projektion eines Punktes über die durch seine projizierenden Lote erzeugte Ebene oder sind sehr konkret bezüglich möglicher Lagen von Punkten und Geraden (liegt ein Raumpunkt auf der Rissachse, fallen seine beiden Projektionen zusammen usw.).

Zu Beginn seines Werkes gibt Gugler eine Zusammenfassung relevanten Vorwissens in Form einer Auflistung von Eigenschaften von Geraden und Ebenen im Raum, deren Lagebeziehungen etc. (vgl. ebd., 2–4). In § 3 wird die Darstellung eines Punktes durch zwei Projektionen erläutert und in diesem Zusammenhang auch, warum eine zweite Projektion zur eindeutigen Bestimmung nötig ist: Ein einzelner Punkt in der Bildebene kann das Bild

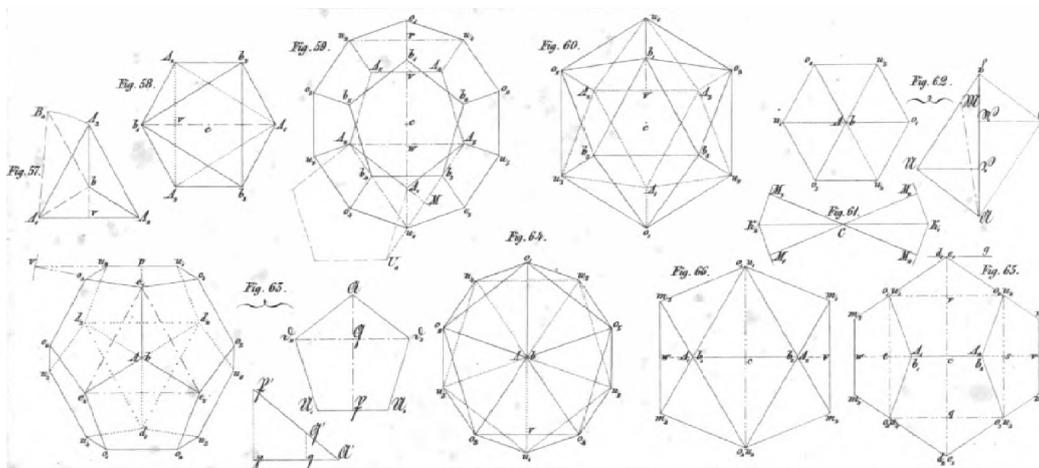


Abbildung 3.9: Darstellung regelmäßiger Körper: z. B. in Fig. 62 des Würfels, in Fig. 59, 63 und 65 des Dodekaeders und in Fig. 64 und 66 des Isokaeders (vgl. Gugler, 1841, Tafel III)

einer Gerade bzw. jedes Punktes auf dieser Gerade sein, ein einzelnes „Projektionsloth“ eines Punktes repräsentiert analog unendlich viele Geraden (vgl. ebd., 5). In § 4 definiert Gugler dann die eine Gerade durch den Schnitt ihrer „projizierenden Ebenen“, einen Punktes über den Schnittpunkt seiner projizierenden Lote und in diesem Kontext auch die Kurve als den Durchschnitt zweier Zylinderflächen (vgl. ebd., 5–6). Bei den projizierenden Ebenen handelt es sich um die auf den Projektionen einer Geraden senkrecht zu der jeweiligen Projektionsebene stehenden Ebenen. Gugler definiert die darzustellenden Gebilde über ihre Projektionen. In § 6 erläutert der Autor dann die Ebenenkonfiguration: Zur Lösung geometrischer Aufgaben „mit Bequemlichkeit und Genauigkeit“ muss die Vertikalebene mit der Horizontalebene durch Drehung der ersteren Ebene um den „Grundschnitt“ in die letztere „vereint werden“, sodass eine Ebene, die „Zeichnungsebene“, entsteht (vgl. ebd., 7). Genau wie Monge betont Gugler an dieser Stelle, dass man niemals vergessen darf, „[...] daß das Umlegen einer Grundebene in die andere nur die Erleichterung der Zeichnungsoperationen bezweckt, und daß man, um sich über die Bedeutung dieser Operationen Rechenschaft zu geben, die Grundebenen immer in rechtwinkliger Verbindung denken muß“ (vgl. ebd., 7–8).

Im fünften Kapitel des ersten Abschnittes werden „Polygone und Polyeder“ behandelt. In diesem Kontext können Gugler Innovationen, die darstellende Geometrie betreffend, zugeschrieben werden: „Gugler hat besonders sorgfältig die Projektionen der regelmäßigen Körper untersucht und einige Beziehungen gefunden, welche ihre Darstellung vereinfachen“ (Wiener, 1884, 37). In Abbildung 3.9 finden sich einige Beispiele hierfür. Außerdem hat Gugler – nach Wiener – schon Elemente der projektiven Geometrie in sein Lehrbuch integriert, allerdings nicht als Grundlage für seine Betrachtungen zur Darstellung dreidimensionaler Gebilde in der Ebene. Vielmehr nutzte er einzelne Teile wie z. B. die Polarität (vgl. ebd., 37). Primär kann Guglers Werk aber als eine sehr ausführliche und kleinschrittige Behandlung der Methoden und Inhalte Monges angesehen werden.

3.3.4 Pohlkes *Darstellende Geometrie* (1860)

Karl Wilhelm Pohlke (1810–1876) studierte Kunst in Berlin und arbeitete als freier Künstler bevor er ab 1849 Lehrer und später (1860) Professor für darstellende Geometrie an der Bau- und der Gewerbeakademie in Berlin wurde. Der erste Band seines Lehrwerkes *Darstellende Geometrie zunächst für den Gebrauch bei den Vorträgen an der Königlichen Bau-Akademie und dem Königlichen Gewerbe-Institut für Berlin* erschien 1860 und wurde noch drei weitere Male neu aufgelegt (1866, 1872 und 1876). Der erste Band trägt den Titel *Darstellung der geraden Linien und ebenen Flächen, so wie der aus ihnen zusammengesetzten Gebilde, vermittelt der verschiedenen Projektionsarten*. Die vier Auflagen des ersten Bandes umfassen alle zwischen 140 und 150 Seiten. Der zweite Band mit dem Titel *Darstellung einiger krummer Linien und Flächen* erschien zum ersten Mal 1876 zusammen mit der vierten Auflage des ersten Bandes und umfasst 231 Seiten. Die thematische Aufteilung nach „geraden“ und „krummen“ geometrischen Objekten wurde von Pohlke also noch deutlicher vorgenommen als von seinen hier bereits vorgestellten Vorgängern.

Des weiteren zeigt sich im Titel des ersten Bandes die auch von Pohlke im Vorwort selbst so benannte weitere Auffassung der darstellenden Geometrie,

da er „verschiedene Projectionsarten“ in seinem Lehrwerk behandelt. Im vorliegenden ersten Band werden neben der orthogonalen Parallelprojektion auf eine (Kapitel 1) und auf zwei Ebenen (Kapitel 2–4) auch die Axonometrie bzw. schiefe Parallelprojektion (Kapitel 5 und 6), die Zentralprojektion (Kapitel 7) und die „räumliche Projection“, womit die Reliefperspektive gemeint ist (Kapitel 8) behandelt. Das zugrundeliegende Verständnis der darstellenden Geometrie definiert Pohlke in seinem ersten Kapitel wie folgt: „Darstellende Geometrie (auch beschreibende, descriptive Geometrie) ist der Inbegriff der Methoden, nach welchen Gestalt und Lage der Raumgebilde durch Zeichnungen dargestellt, und alle im Raume auszuführenden Constructionen mit Hilfe solcher gelöst werden, welche sich einer Ebene ausführen lassen“ (Pohlke, 1860a, 1). Pohlke benennt also sowohl die Darstellungsfunktion als auch die Möglichkeit zur Konstruktion in diesen Darstellungen als Aufgaben der darstellenden Geometrie. Er motiviert diese beiden Aufgaben mit der Praxis von Baukünstlern: „1) ein vorhandenes Bauwerk aufzunehmen und so darzustellen, daß man aus den Zeichnungen Größe und Gestalt des Werkes, sowohl des Ganzen als seiner Theile, erkenne; 2) ein erdachtes Bauwerk zu entwerfen und so darzustellen, daß man es nach den Zeichnungen wirklich ausführen könne“ (vgl. ebd., 2). Nachfolgend erläutert Pohlke, dass für die anschauliche Darstellung von Bauwerken Schattenkonstruktionen und perspektivische Darstellungen am besten geeignet seien und öffnet sein Verständnis der darstellenden Geometrie diesen Darstellungsmethoden, indem er sie als „wissenschaftliche Begründung der Zeichenkunst“ bezeichnet (vgl. ebd., 2–3). Indem Pohlke Schattenlehre und Perspektive als Teile der darstellenden Geometrie anstatt als Anwendungen dieser auffasste (vgl. ebd., III), grenzte er sich u.a. von Wolffs Verständnis ab. Im Anschluss entwickelt Pohlke die Parallelprojektion als einen Spezialfall der Zentralprojektion: „[...] so werden die von den Projectionsstrahlen eingeschlossenen Winkel sehr klein (oder unendlich klein), und man kann annehmen, alle Projectionsstrahlen seien einander parallel, oder der Strahlenbüschel habe sich in eine Schaar paralleler Strahlen verwandelt“ (vgl. ebd., 4). Zuletzt kommentiert Pohlke noch, dass von den drei vorhandenen Projektionsmethoden, nämlich Zentral-, schräge und orthogonale Parallelprojektion, „[...] letztere die einfachste und am meisten

angewendete“ sei (vgl. ebd., 4), mit welcher er sein Lehrwerk auch beginnt.

In seinem Vorwort listet Pohlke die von ihm verwendeten Werke auf und ordnet sie sogleich den Kapiteln seines eigenen Werkes zu. Dabei ergibt sich eine Mischung sowohl aus französisch-, englisch- und deutschsprachigen als auch älteren und zeitgenössischen Werken (siehe Abbildung 3.10). Pohlke kommentiert an dieser Stelle auch die jeweiligen Errungenschaften einzelner Autoren und gibt somit einen guten Überblick über den Stand der darstellenden Geometrie zur Zeit seiner eigenen Veröffentlichung. So wird deutlich, dass sein eigenes Werk in den aktuellen wissenschaftlichen Diskurs seiner Zeit eingebettet war bzw. an den aktuellen Forschungsstand anknüpfte. Sein Werk sei als ein Versuch zu sehen, eine Auswahl des Reichtums an Sätzen und Aufgaben seinen Ansichten gemäß für seine Studierenden zu ordnen (vgl. ebd., III). Insbesondere handelte es sich laut Autor bei seinem Werk um die Anfangsgründe der darstellenden Geometrie (vgl. ebd., III). Dass diese Charakterisierung auf Pohlkes Werk zutrifft, zeigt sich auch darin, dass Butz Pohlkes zweite Auflage des ersten Bandes als Quelle nennt, die er für sein eigenes Schulbuch für Realschulen benutzt habe. Dieses charakterisiert er folgendermaßen: „Ein Werk, welches die darstellende Geometrie im weitesten Sinne und in größter Allgemeinheit möglichst kurz und gedrängt abhandelt“ (Butz, 1870, VI). Über die ersten drei Kapitel („Die orthographische Projektion“, „Darstellung von Punkten und Geraden auf zwei Projectionsebenen“ und „Darstellung von Ebenen auf zwei Projectionsebenen“) führt Pohlke in seinem Vorwort aus:

Die ersten drei Kapitel enthalten die Grundlage der darstellenden Geometrie im engeren Sinne nach der zuerst von Monge und Lacroix gegebenen Erklärung derselben. Die Lösung der Aufgaben erfolgt jedoch nach Olivier durch Veränderung der Projectionsebenen; diese Veränderungen entsprechen denen der Coordinatenebenen in der analytischen Geometrie, und versetzen die Raumbilde in die einfachste Lage gegen die Projectionsebenen. Bei den Aufgaben über zusammengesetzte und von krummen Flächen begränzte Gebilde, giebt man diesen stets die einfachste Lage, daher scheint es zweckmäßig, schon die ersten Aufgaben auf gleiche

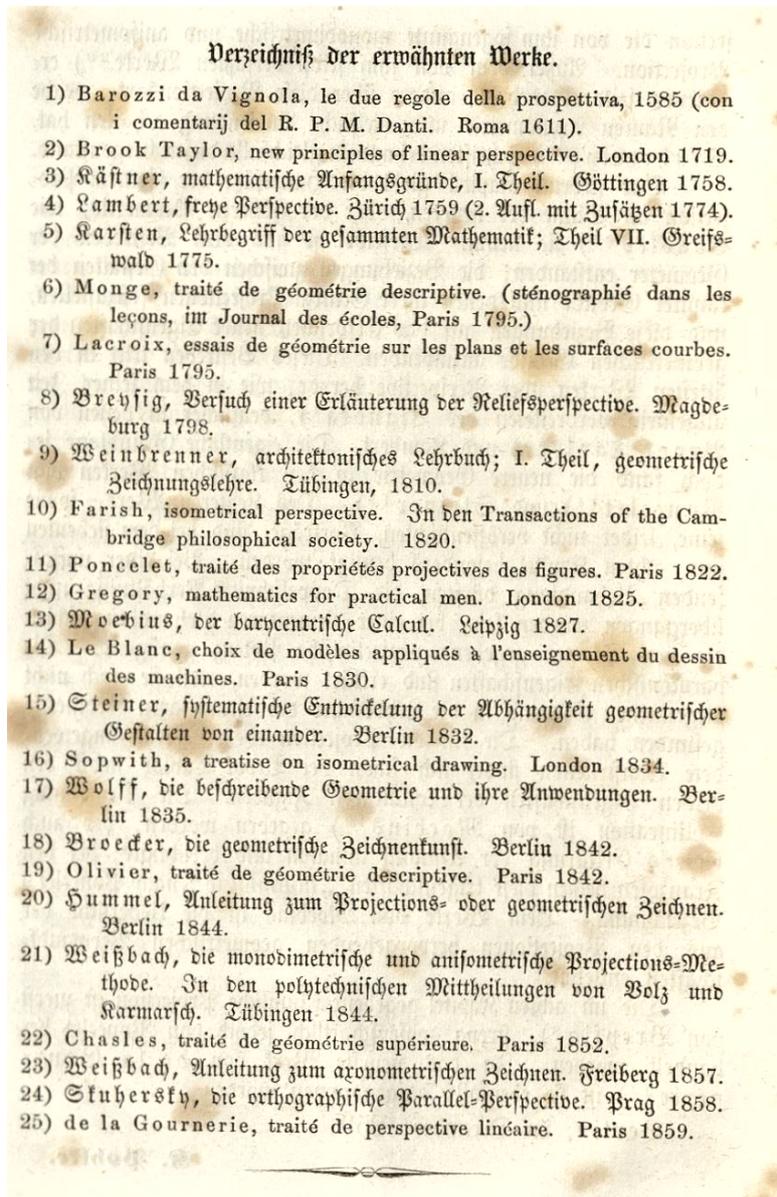


Abbildung 3.10: Verzeichnis der von Pohlke erwähnten und verwendeten Werke (vgl. Pohlke, 1860a, VI)

Weise zu lösen. Die Bezeichnungsart Oliviers hat nicht Eingang gefunden, ich habe mich meistens der von Wolff gegebenen angeschlossen. (Pohlke, 1860a, III)

Im ersten Kapitel erläutert Pohlke u.a. das „Herabschlagen“ (oder „Aufklappen“, siehe Abbildung 3.11) und das „Zurückschlagen“ wie Wolff und Schreiber, als „Grundverfahren der darstellenden Geometrie zur Ausführung von Constructionen im Raume durch Constructionen in der Ebene“ (vgl. ebd., 13–14). Im zweiten Kapitel erklärt der Autor dann die Ebenenkonfiguration für das Grund- und Aufrissverfahren, die darstellende Geometrie im engeren Sinne, durch das „Herabschlagen“ des Aufrisses in den Grundriss (vgl. ebd., 20).

Im vierten Kapitel („Darstellung von n seiten und n flachen auf zwei Projectionsebenen“) werden die Aufgaben behandelt, die Weinbrenner (siehe Kapitel 3.1) auf einfachere Weise „ohne mathematische Formeln und Lehrsätze“ im Vergleich zu Monge behandeln wollte (vgl. ebd., IV). Pohlke empfiehlt Weinbrenners Lehrgang (siehe Kapitel 3.1), genau wie diejenigen von Hummel und Le Blanc, für solche Schulen, „[...] in denen geringe Kenntnisse in der Mathematik vorausgesetzt werden“; „Studirenden, die eine höhere Stufe der Bildung einnehmen, ist eine wissenschaftliche Auffassung zu empfehlen; zudem wird man bei aufmerksamer Vergleichung finden, daß Weinbrenners Lösungen keine anderen als die der darstellenden Geometrie sind“ (ebd., IV). Zwar behandelte Pohlke u.a. auch Elemente der projektiven Geometrie – in Kapitel 7 werden harmonische Punkte, Strahlenbüschel, die Kollineation etc. angesprochen –, orientierte sich aber auch an Autoren wie Weinbrenner und geht darüber hinaus ähnlich wie Wolff sehr kleinschrittig bei den Grundlagen, also der Darstellung ebenflächiger und geradliniger Gebilde in Grund- und Aufriss, vor. Wiener sagt Pohlke sogar nach, dass er selbst Sätze der neueren Geometrie entwickelt habe, spezifiziert diese aber nicht weiter (vgl. Wiener, 1884, 38). Laut Obenrauch nutzte Pohlke die neuere Geometrie, „[...] ohne jedoch deren Charakter seinen Untersuchungen in der orthogonalen Projection, Axonometrie und Perspective aufzuprägen“ (vgl. Obenrauch, 1897, 83). Pohlke integrierte Elemente der neueren Geometrie sozusagen als Zusatzthema und behandelte die darstellende Geometrie grundlegend und – anders

einander senkrechten Strecken $oa = ob = oc$ betrachtet werden.

(Küpper, 1889, 474)

Dieser Satz bedeutet, dass „[...] jedes axonometrische Bild eines Gegenstandes [...] zu einer bestimmten Parallelprojektion des Gegenstandes ähnlich ist“ und „[...] dass man auch bei frei gewählten Achsenbildern und Verkürzungsverhältnissen die Gesetze der Parallelprojektion anwenden darf“ (vgl. Wunderlich, 1955, 87). Dieser Satz, „ein Glanzpunkt aus mathematischer Sicht“, den Pohlke bereits 1853 entdeckt hatte, aber erst in seinem Lehrwerk veröffentlichte, war für die darstellende Geometrie sowohl von theoretischer und als auch praktischer Bedeutung: Von praktischer Bedeutung war er, weil er die „Rechtfertigung“ für das übliche Anfertigen von Skizzen „nach Gefühl“, von Schrägbildern, lieferte, in theoretischer Hinsicht war er „hochinteressant“, u.a., weil er nicht einfach zu beweisen aber unverzichtbar war (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 389). Im Grunde fällt Pohlke durch seinen Satz das Verdienst zu, dass er die Axonometrie, ein Teilgebiet der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne, wissenschaftlich begründet hat.

3.3.5 **Wieners *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie* (1884/1887)**

Ludwig Christian Wiener (1826–1896) war mehr als 40 Jahre Professor für darstellende Geometrie an der Polytechnischen Schule bzw. Technischen Hochschule in Karlsruhe. Während seiner Tätigkeit veröffentlichte er sein *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie*, dessen erster Band 1884 und dessen zweiter 1887 erschien. Der Autor selbst hatte sich zum Ziel gesetzt, „[...] die darstellende Geometrie in ihrem ganzen wesentlichen Umfange zu behandeln und dabei so viel zu ihrer Weiterführung und Vervollkommnung beizutragen [...]“ wie es ihm „unter Benutzung der Veröffentlichungen anderer Schriftsteller“ und eigener Untersuchungen und Erfahrungen in der Lehre möglich war (vgl. Wiener, 1884, III). Auf 649 Seiten behandelt Wiener zahlreiche Teilgebiete dieser Disziplin. Der erste Band (477 Seiten) umfasst das Grund- und Aufrissverfahren (für ebenflächige, geradlinige und krumme Objekte), die kотиerte Projektion, die projektive Geometrie, die Beleuchtungslehre, die

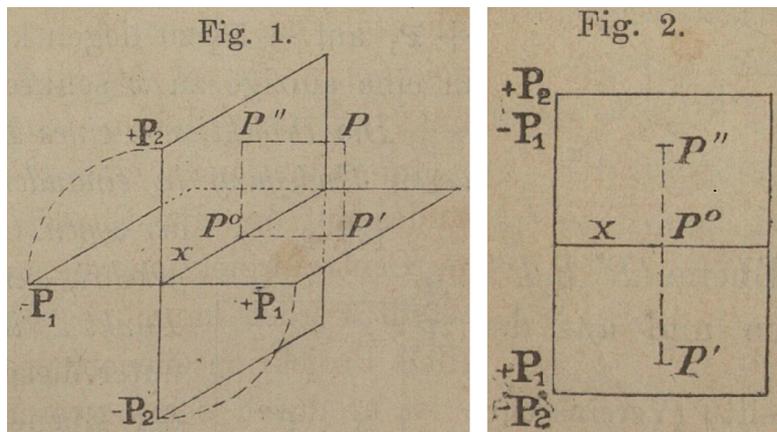


Abbildung 3.12: Illustration des Grund- und Aufrissverfahrens aus Christian Wieners *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie* (Band 1, Leipzig, 1884, 63–64) (Digitalisat der Technischen Informationsbibliothek Hannover, <https://www.tib.eu/suchen/id/TIBKAT:894758322/>)

Axonometrie, die schiefe Parallelprojektion, die Perspektive, die Photogrammetrie, die Reliefperspektive u.v.a. Zusätzlich integrierte Wiener das bereits vielfach zitierte Kapitel über die Geschichte der darstellenden Geometrie, welches es in diesem Umfang vorher nicht gegeben hatte. Im zweiten Band (172 Seiten) behandelte Wiener dann krumme Flächen und Linien, deren Schnitte, Berührungsflächen und Beleuchtung, Umdrehungsflächen, Schraubenlinien, abwickelbare Flächen, windschiefe Flächen, topographische Flächen etc. und am Schluss die axonometrische und schiefe Parallelprojektion sowie die Perspektive und Reliefperspektive der in diesem Band thematisierten Flächen. Die geometrischen Grundobjekte, die zahlreichen krummen Linien und Flächen, deren Eigenschaften und Darstellungen durch verschiedene Projektionen Wiener ausführlich behandelt, dominieren sein Lehrwerk. Die meisten dieser Themen behandelt der Autor „einheitlich mit synthetischen Mitteln“, bei einigen Flächen zog er aber auch analytische Methoden heran (vgl. Brill & Sohncke, 1897, 51). Wiener selbst erklärt, dass „[...] die Benutzung derartiger analytischer Sätze möglichst beschränkt und nur bei Gebilden höherer Ordnung zugelassen [wurde; NB]“ (vgl. Wiener, 1887, III).

Wieners umfangreiches Werk enthält viel Neues; „[...] die grundlegenden Sätze der darstellenden Geometrie im engeren Sinne, wie sie Monge geschaf-

fen hat, [ließen; NB] sich auf knappem Raum erörtern [...]“ (Brill & Sohncke, 1897, 49). Wiener führt das Grund- und Aufrissverfahren zusammen mit vier weiteren Projektions- bzw. Darstellungsmethoden jeweils anhand der eindeutigen Darstellung eines Punktes ein. In Abbildung 3.12 sind die illustrierenden Abbildungen des Autors dazu zu sehen. Hier schreibt Wiener: „Weil nur eine Zeichenfläche benutzt werden soll, legt man dann die eine Projektionsebene in die andere um. Dieses Verfahren ist das gewöhnlich angewendete“ (Wiener, 1884, 64). Das Grund- und Aufrissverfahren wird von Wiener teilweise auch ohne die Nutzung der Projektionsachse angewendet (vgl. ebd., III). In diesem Fall werden die Ordinatenlinien („Ordner“) dargestellter Punkte nur angedeutet und Ebenen werden nicht durch ihre Spuren, sondern durch die Projektionen zweier sich schneidender Geraden, die in der darzustellenden Ebene liegen, wiedergegeben (vgl. ebd. 79). Abbildung 3.13 zeigt Wieners Abbildungen zu diesem Thema. In Fig. 23 ist die Verschiebung der Projektionsachse x um die Strecke a nach x' illustriert. Fig. 24 zeigt die Ebenenkonfiguration ohne Projektionsachse für die Lösung der Aufgaben, den Schnittpunkt G einer Geraden g mit einer Ebene E und die Schnittgerade zweier Ebenen E und F zu bestimmen, die jeweils durch die Projektionen zweier sich schneidender Geraden a und b bzw. c und d gegeben sind (vgl. ebd., 78–79).

Bei den anderen vier Darstellungsmethoden, die Wiener anfänglich zusammen mit dem Grund- und Aufrissverfahren einführt, handelt es sich um die kotierte Projektion, die schräge und perspektivische Projektion, welche Wiener gemeinsam aufführt, Wilhelm Fiedlers zyklographisches Verfahren²⁰ und eine „neue Methode“. Bei letzterer Methode nutzt Wiener die „Hauptgeraden einer Ebene“ (Parallellinien zu den Tafeln) zur Lösung einiger Grundaufgaben (vgl. Brill & Sohncke, 1897, 49) und zwar „[...] für Aufgaben über Ebenen und Flächen, die durch gerade Linien gebildet werden [...]“ (vgl. Wie-

²⁰Bei Fiedlers zyklographischem Verfahren handelt es sich um eine Darstellungsart, die die senkrechte Projektion P' eines Punktes P mit einem Kreis in der Projektionsebene kombiniert, dessen Radius dem Abstand PP' entspricht (vgl. Wiener, 1884, 63). Diese Darstellungsart unterscheidet sich nach Wiener von den anderen vorgestellten insbesondere dadurch, dass „[...] sie auf das Auge nicht einen ähnlichen Eindruck macht, wie der Gegenstand selbst“ (vgl. ebd., 63).

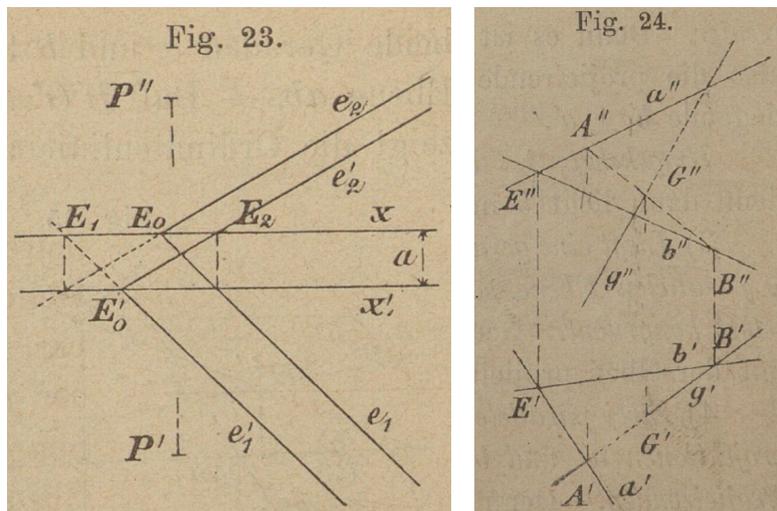


Abbildung 3.13: Verschiebung und Entbehren der Projektionsachse, entnommen aus Christian Wieners *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie* (Band 1, Leipzig, 1884, 79) (Digitalisat der Technischen Informationsbibliothek Hannover, <https://www.tib.eu/suchen/id/TIBKAT:894758322/>)

ner, 1884, 64). Diese Methode gewähre zum Beispiel bei den Durchschnitten ebenflächiger bzw. geradliniger Gebilde erhebliche Vereinfachungen (vgl. ebd., IV). Das Verfahren erläutert der Autor folgendermaßen: „Man wählt zwei parallele Spur- und Projektionsebenen, schneidet mit ihnen eine abzubildende Gerade, projicirt diese Schnittpunkte oder Spuren auf eine der beiden Ebenen, so ist durch diese Projektionen und den Abstand der Ebenen die Lage der Geraden bestimmt“ (ebd., 64). Der Vorteil dieses Verfahrens sei es, dass es nur einer Projektion bedarf (vgl. Wiener, 1887, III). Weitere Beispiele für Innovationen Wieners finden sich in der sogenannten „Imaginärprojektion“, welche die Konstruktion von Kegelschnitten vereinfacht, und in der Behandlung topographischer Flächen.²¹ Letztere waren zuvor von anderen Autoren im Bereich der darstellenden Geometrie wenig beachtet worden (vgl. ebd., V).

Wieners Lehrbuch ist das erste unter den hier vorgestellten, welches die projektive Geometrie ausführlich behandelt hat. Der VI. Abschnitt seines

²¹In ihrem Nachruf auf Wiener haben Brill & Sohncke diese beiden und weitere Neuheiten betreffend die darstellende Geometrie, die in Wieners Lehrbuch zu finden sind, ausführlicher erklärt (vgl. Brill & Sohncke, 1897, 49–51).

ersten Bandes widmet sich auf knapp 170 Seiten diesem Thema. Wiener zog es vor, die projektive Geometrie in einem eigenen Abschnitt zu behandeln, anstatt sie wie Fiedler „[...] mit der darstellenden Geometrie zu verschmelzen, weil dabei der Aufbau ihrer Lehrsätze nicht verdeckt wird durch den Aufbau von Konstruktionsaufgaben, welcher den Charakter der darstellenden Geometrie bildet“ (vgl. Wiener, 1884, IV–V). Diese thematische Trennung realisierte Wiener im Übrigen auch in seiner Lehrtätigkeit in Karlsruhe, wo er eine der vier ihm zur Verfügung stehenden Wochenstunden für die projektive Geometrie verwendete (vgl. ebd., V). Für Wiener bildete die projektive Geometrie ein „wichtiges Hilfsmittel“ sowohl bei der Erreichung „wissenschaftlicher Strenge“ als auch bei der „Vereinfachung“ der darstellenden Geometrie, weil sie „[...] so vielfach einfachere Entwicklungen und Auflösungen von Aufgaben gewährt, daß sie ohne Nachteil in der darstellenden Geometrie nicht zu entbehren ist“ (vgl. ebd., III). Das Kapitel über die projektive Geometrie „[...] bildet für sich ein treffliches Lehrbuch der neueren Geometrie, aus dem schon mancher Anfänger seine Wissenschaft geschöpft hat“ (Brill & Sohncke, 1897, 50). Wiener entwickelte in besagtem Kapitel zum Beispiel ein „elegantes Netzverfahren“, welches auch im zweiten Band seines Lehrwerkes auf die Projektionen der Krümmungslinien der Flächen zweiter Ordnung angewendet wird (vgl. ebd., 50–51).²²

Wieners Lehrbuch wurde zwar nicht erneut aufgelegt, dennoch hat es unter seinen Kollegen Anklang gefunden:

Daß zahlreiche andere Einheiten: die Vielseitigkeit der Lösungen eines Problems, die Sorgfalt, mit der jede einzelne bis zur äußersten mit den gegebenen Mitteln erreichbaren Genauigkeit durchgeführt wird, dem Werk allein schon bleibende Vorzüge sichern, das haben sachkundige Fachgenossen an mehreren Orten hervorgehoben. (Brill & Sohncke, 1897, 51)

²²Wieners Netzverfahren gründet sich auf die Theorie der „zyklisch-projektiver Punkt-reihen“ und liefert „[...] für ganze Gruppen von Individuen jener Scharen und Büschel vermitteltst zweier projektiver Strahlbüschel ein Gitter von Punkten, durch welche sie hindurchgehen“ (vgl. Brill & Sohncke, 1897, 50–51).

3.4 Zusammenfassung und Übersicht über weitere Entwicklungen

Die in den vorangegangenen Abschnitten vorgestellten Werke bilden zwar nur einen kleinen Ausschnitt des literarischen Schaffens in der Form von Lehrbüchern der darstellenden Geometrie im 19. Jahrhundert, sie zeigen aber einen großen Teil ihrer Fortschritte in dieser Zeit. Nachfolgend sollen sowohl die Inhalte der bereits vorgestellten Lehrwerke aus Kapitel 3.3 zusammengefasst als auch einige weitere Lehrwerke bzw. Abhandlungen, insbesondere von Lehrenden der darstellenden Geometrie an höheren technischen Bildungsinstitutionen, ergänzt werden. Es handelt sich bei den letzteren Lehrwerken aber jeweils nur um Beispiele, um einen Überblick zu gewährleisten. Alle genannten Lehrwerke werden hinsichtlich der behandelten Inhalte kategorisiert und in einer Liste zusammengestellt.

Steiners frühes Werk (1828) verdeutlicht, dass es zur Zeit auch von Schreibers Veröffentlichung zur darstellenden Geometrie im Sinne Monges im gleichen Jahr – 30 Jahre, nachdem Monge seine *Géométrie descriptive* veröffentlicht hatte – nicht unbedingt ein einheitliches, verbreitetes Verständnis der darstellenden Geometrie im deutschsprachigen Gebiet gab. Die nachfolgend erschienenen Werke von Wolff und Gugler greifen Monges Werk dann zwar auf, indem sie vornehmlich sein Grund- und Aufrissverfahren behandeln, dieses aber sowohl vereinfacht, indem sie zum einen die Projektionslehre, das heißt die Grundlagen der darstellenden Geometrie, vorschalteten und zum anderen die geradlinigen und ebenflächigen Gebilde in einem weiteren Ausmaß behandelten, als auch inklusive der Anwendungen des Grund- und Aufrissverfahrens auf Schattenkonstruktionen und Perspektive. Die deutschen Autoren dieses ersten Stadiums der literarischen Überlieferung der darstellenden Geometrie gehen in ihren Werken kleinschrittiger vor, integrieren im Vergleich zu Monge ausführlichere Beschreibungen beispielsweise der Ebenenkonfiguration und erläutern Einzelfälle, zum Beispiel die verschiedenen Lagen einer Strecke gegen die Bildebenen. Die Entscheidung, eine didaktisch reduzierte Variante der darstellenden Geometrie zu verfassen, resultierte wahrscheinlich

daraus, dass die Schülerschaft, die an den höheren technischen Bildungsinstitutionen, an denen die Autoren als Lehrer tätig waren, in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts noch sehr jung und wenig vorgebildet war.²³ So veröffentlichte auch Schreiber elf Jahre nach seinem Lehrbuch im Sinne Monges eine didaktisch reduzierte Variante (*Geometrisches Port-Folio*, 1839–1843). Zu dieser Kategorie an Lehrbüchern wird beispielsweise auch Traugott Frankes²⁴ *Lehrbuch der deskriptiven Geometrie* (1849) gezählt. Dennoch zeigt sich: Die darstellende Geometrie lief, mit Stäckels Worten, in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in der Hinsicht im Schlepptau Frankreichs, dass das Grund- und Aufrissverfahren, wie es von Monge am Ende des 18. Jahrhunderts aufgearbeitet und veröffentlicht wurde, in den deutschsprachigen Lehrwerken aus dieser Zeit klar dominierte. Wolff und Gugler begründen dies zum Beispiel direkt mit dem intendierten Bildungskontext. Die Bezeichnung „darstellende Geometrie“ wurde von diesen Autoren vornehmlich für das Grund- und Aufrissverfahren verwendet.

Eine Auffassung der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne, nach der die verschiedenen Projektionsmethoden und Darstellungsverfahren als gleichwertige Teilgebiete der darstellenden Geometrie gelten, lag zuerst in Pohlkes Werk vor, welches gleichzeitig die Axonometrie etablierte und wissenschaftlich begründete. Ähnliches gilt beispielsweise auch für Friedrich A. Klingenfolds dritten Band seines vierten Lehrwerkes zur darstellenden Geometrie (1876), in welchem er neben dem Grund- und Aufrissverfahren Schattenkonstruktionen, die schräge Parallelprojektion und die Zentralprojektion behandelt; zuvor hatten auch seine Lehrwerke für verschiedenen Bildungskontexte ausschließlich das Grund- und Aufrissverfahren thematisiert (siehe Kapitel 6.1).

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erfolgte von Deutschland aus im Allgemeinen eine „Neugestaltung der darstellenden Geometrie“ (vgl. Ne-

²³Sowohl auf die Ausgestaltung und das Niveau der höheren technischen Bildungsinstitutionen, die in den 1820er und 1830er Jahren auf dem Gebiet der heutigen Bundesrepublik entstanden, als auch auf die damit verbundenen Konsequenzen für den Lehrbetrieb an diesen Institutionen wird im nachfolgenden Kapitel 4 noch ausführlich eingegangen.

²⁴Franke war Lehrer für Mathematik an der technischen Bildungsanstalt in Dresden und eigentlich nicht für die darstellende Geometrie zuständig (siehe Kapitel 6.1).

doluha, 1960, 53). Diese äußerte sich primär in der Entwicklung der rein synthetischen und abstrakteren projektiven Geometrie. Schon bei Gugler, und in Ansätzen sogar schon bei Schreiber, wurde die Tendenz bemerkbar, die darstellende Geometrie – entgegen der französischen „Tradition“ – unabhängig von der analytischen Geometrie aufzubauen und auf ein rein geometrisches Niveau zu bringen. Bei der projektiven Geometrie handelt es sich zwar um eine von der darstellenden Geometrie unabhängige, neue Disziplin, aber Elemente der projektiven bzw. der neueren Geometrie flossen schon früh in diverse Werke zur darstellenden Geometrie ein: in Schreibers *Geometrisches Port-Folio*, in Pohlkes Lehrbuch und am umfassendsten bei Wiener (siehe Kapitel 3.3). Dieses Bestreben, die neuere Geometrie in die darstellende Geometrie einzuarbeiten, war „der deutschen Auffassung eigentümlich“ (vgl. Stäckel, 1915, 133–134). Die „volle Einführung der projektiven in die darstellende Geometrie“ wird aber erst Fiedler durch sein Werk *Die darstellende Geometrie. Ein Grundriss für Vorlesungen und zum Selbststudium* (1871) zugeschrieben (vgl. Wiener, 1884, 38).²⁵ Kurz zuvor hatte schon Joseph Schlesinger (1870) diesen Zugang zur darstellenden Geometrie gewählt. Mit der Entwicklung der projektiven Geometrie wurde auch der darstellenden Geometrie die Möglichkeit einer neuen (mathematischeren) Richtung gegeben: „Entscheidend für die Gestalt ist bei einem solchen Lehrbuch [der darstellenden Geometrie; NB] immer die Art, wie der Verfasser sich mit den Stoff abfindet, den er der reinen Mathematik, zumal der neueren Geometrie entnimmt“ (Brill & Sohncke, 1897, 49). Im Prinzip verkörpert der Zugang zur darstellenden Geometrie über Teile der projektiven Geometrie einen mehr mathematischen bzw. theoretischen Zugang als ein solcher, der sich mehr an den praktischen Bedürfnissen zukünftiger „Techniker“ orientiert, also „praktisch anwendbare“ Zeichenmethoden vermitteln will und die Inhalte dementsprechend aufbereitet bzw. beschränkt – wie es zum Beispiel einige der ersten Autoren von Lehrbüchern der darstellenden Geometrie gehandhabt hatten.

²⁵Zu der Person und den (geometrischen) Errungenschaften Fiedlers sei auf die Arbeiten von Klaus Volkert verwiesen (z. B. Volkert, 2018). Interessante Einblicke in die Entwicklung der projektiven Geometrie im Allgemeinen und ihre Lehre an höheren allgemeinbildenden Schulen zwischen 1870 und 1920 finden sich in der Dissertation von Sebastian Kitz (Kitz, 2015).

Bei Wiener wird die darstellende Geometrie außerdem in ihrem zu diesem Zeitpunkt vollen Umfang thematisiert, was bedeutet, dass hier neben den drei klassischen Projektionsarten (parallele oder schräge Orthogonal- und Zentralprojektion) bzw. den auf ihnen beruhenden Darstellungsmethoden und der projektiven Geometrie zum Beispiel auch die Reliefperspektive behandelt wird. Auch das Lehrbuch von Rohn & Papperitz (1901) behandelt sowohl die „klassische darstellende Geometrie“ im weiteren Sinne als auch die projektive Geometrie und beispielsweise die Reliefperspektive in ihren diversen Auflagen. Somit entwickelte sich die darstellende Geometrie in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts im deutschsprachigen Raum im Prinzip weg von ihrem französischen Ursprung, Monge wurde aber noch lange direkt zitiert. Zum Beispiel bezogen sich Rohn & Papperitz bei den Quellenangaben zu der zweiten Auflage ihres *Lehrbuchs der darstellenden Geometrie* (1901) bei der Darstellung der Durchdringungskurve zweier Kegel direkt auf Monge; die Autoren haben sich „[...] mehr dem ursprünglichen Gedankengange Monge’s angeschlossen und die Parallelprojektion (speziell das Grund- und Aufriverfahren) in den Vordergrund gestellt“ (vgl. Rohn & Papperitz, 1901, 413–418).

Die deutschsprachigen Lehrwerke der darstellenden Geometrie, von denen einige im Vorangegangenen ausführlich analysiert wurden und weitere nachfolgend kurz vorgestellt werden, können bezüglich der thematisierten Inhalte grob den folgenden Kategorien zugeordnet werden: **(1)** Überlieferungen Monges, die dessen *Géométrie descriptive* in deutscher Sprache übermittelten; **(2)** das Grund- und Aufrissverfahren steht klar im Vordergrund (meistens in einer didaktisch reduzierten Variante, die die ebenflächigen und geradlinigen Gebilde fokussiert, und teilweise mit der zusätzlichen Betrachtung der „Anwendungsgebiete“ Perspektive und Schattenkonstruktion); **(3)** die darstellende Geometrie im weiteren Sinne, das heißt die drei Standardprojektionsmethoden (schräge und orthogonale Parallelprojektion und Zentralprojektion) zusammen mit den als gleichwertig angesehenen Methoden aus den ersten Bereichen der „angewandten darstellenden Geometrie“ (insbesondere die Beleuchtungslehre und die Axonometrie), wird behandelt; **(4)** die darstellende wird als Teil der projektiven Geometrie eingeführt; **(5+6+7)** Einzelthemen

der darstellenden Geometrie werden in einem Lehrwerk thematisiert; **(8)** die „neue“ darstellende Geometrie im weiteren Sinne bildet den Inhalt, das heißt, dass neben Elementen der projektiven Geometrie auch Darstellungsverfahren integriert werden, die mehrere Projektionsmethoden kombinieren (wie z. B. die Photogrammetrie oder die Reliefperspektive), so dass Kompendien, die die gesamte Wissenschaft abbilden, entstanden; **(9)** eine bewusste Einschränkung der Inhalte der darstellenden Geometrie im Zuge der Anpassung an die Bedürfnisse der Technischen Hochschulen wurde vorgenommen, das heißt, dass insbesondere die projektive Geometrie nicht integriert wurde.

Die Reihenfolge der Kategorien kann als annähernd chronologisch betrachtet werden. Zwar gibt es für viele Kategorien auch Beispiele, die von der chronologischen Reihenfolge abweichen, allgemeine Trends lassen sich aber beobachten:

1. Überlieferungen Monges

- Schreiber, Guido (1828/1829). *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie nach Monge's Géométrie descriptive.*
- Haussner, Robert (Hrsg.) (1900). *Darstellende Geometrie von Gaspard Monge 1798.*

2. Grund- und Aufrissverfahren in einer didaktisch reduzierten Variante im Vordergrund, Schattenkonstruktionen und Perspektive als Anwendungsbereiche

- Wolff, Carl Ferdinand Leberecht (1835). *Die beschreibende Geometrie und ihre Anwendungen.*
- Schreiber, Guido (1839–1843). *Geometrisches Port-Folio. Curs der darstellenden Geometrie in ihren Anwendungen.*
- Gugler, Bernhard (1841). *Lehrbuch der deskriptiven Geometrie.*
- Franke, Traugott (1849). *Lehrbuch der deskriptiven Geometrie.*

3. Darstellende Geometrie im weiteren Sinne

- Pohlke, Karl Wilhelm (1860). *Darstellende Geometrie*

- Klingensfeld, Friedrich August (1876). *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie*. Band III.

4. Projektive (und darstellende) Geometrie

- Schlesinger, Joseph (1870). *Die darstellende Geometrie im Sinne der neueren Geometrie*.
- Fiedler, Otto Wilhelm (1871). *Die darstellende Geometrie* (2. Aufl. als *Die darstellende Geometrie in organischer Verbindung mit der Geometrie der Lage*, 1875; 3. Aufl. 1. Band 1883, 2. Band 1885, 3. Band 1888; 4. Aufl. 1904).

5. Perspektive

- Schreiber, Guido (1854). *Malerische Perspektive* (2. Aufl. als *Lehrbuch der Perspektive*, 1874).
- Hertzer, Hugo O. (1868). *Die geometrischen Grundprincipien der Perspektive*.
- Hauck, Guido (1910). *Lehrbuch der malerischen Perspektive mit Einschluß der Schattenkonstruktionen*.

6. Beleuchtungs- und Schattenlehre

- Hönig, Johann (1845). *Anleitung zum Studium der darstellenden Geometrie*.
- Burmester, Ludwig (1875). *Theorie und Darstellung der Beleuchtung gesetzmäßig gestalteter Flächen*.

7. Reliefperspektive

- Staudigl, Rudolf (1868). *Grundzüge der Reliefperspektive*.
- Hertzer, Hugo O. (1875). *Die geometrischen Grundprincipien der Zentral-Raumprojektion*.
- Burmester, Ludwig (1883). *Grundzüge der Reliefperspektive*.

8. „Neue“ darstellende Geometrie im weiteren Sinne

- Wiener, Christian (1884/1887). *Lehrbuch der darstellenden Geometrie*.
- Rohn, Karl und Erwin Papperitz (1893/1896). *Lehrbuch der darstellenden Geometrie* (2. Aufl. 1. Band 1901; 3. Aufl. in 3 Bänden 1906; 4. Aufl. 1. Band, 1913, 2. Band 1916 und 3. Band 1921).

9. Inhaltliche Begrenzung

- Sturm, Rudolf (1874). *Elemente der darstellenden Geometrie* (2. Aufl. 1900).
- Müller, Reinhold (1899). *Leitfaden für die Vorlesungen über darstellende Geometrie an der Herzoglichen Technischen Hochschule zu Braunschweig* (2. Aufl. 1903, 3. Aufl. 1917).
- Hauck, Guido (1912). *Vorlesungen über darstellende Geometrie unter besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse der Technik*.

Neben der Entwicklung der Axonometrie und der projektiven Geometrie war es noch die Beleuchtungslehre, die die „Richtung bezeichnete“, die die darstellende Geometrie im 19. Jahrhundert in Deutschland eingeschlagen hat (vgl. Wiener, 1884, 36). Die Schattenlehre war schon bei den ersten Autoren, die Lehrwerke zur darstellenden Geometrie verfassten, als Anwendungsgebiet der orthogonalen Parallelprojektion integriert, entwickelte sich aber auch unabhängig und zu einer eigenständigen Teildisziplin der darstellenden Geometrie. Insbesondere sind in diesem Zusammenhang Ludwig Burmesters und Johann Hönigs²⁶ Lehrwerke zu nennen. Weitere Themen, die von deutschen Autoren behandelt wurden, waren die Reliefperspektive und die Photogrammetrie. Um den letzteren Bereich macht sich vor allem Sebastian Finsterwalder²⁷ verdient, ein Lehrwerk zu diesem Thema erschien aber von ihm nicht. Die

²⁶Johann Hönig (1810–1886) war von 1843 bis 1870 Professor für darstellende Geometrie am Polytechnischen Institut in Wien.

²⁷Sebastian Finsterwalder (1862–1951) war zunächst von 1891 bis 1911 Professor der Mathematik, ab dann weitere 20 Jahre der darstellenden Geometrie an der Technischen Hochschule in München.

Reliefperspektive wurde u.a. von Rudolf Staudigl²⁸, Hugo O. Hertzner und Burmester literarisch aufgearbeitet. Auch die Perspektive wurde von einigen Autoren in separaten Lehrwerken thematisiert: von Schreiber (1854 und 1874), Hertzner (1868) und Guido Hauck (1910).

Der letzten Kategorie („Inhaltliche Begrenzung“) werden die Werke von Rudolf Sturm, Reinhold Müller und Guido Hauck zugeordnet. Sturm (1874) beschränkte sich schon recht früh auf eine reduzierte Version des Grund- und Aufrissverfahrens, welche er speziell für die Ausbildung der Techniker an der Polytechnischen Schule in Darmstadt konzipiert hatte. Sein Lehrwerk sollte die „Elemente“ der darstellenden Geometrie vermitteln (vgl. Sturm, 1874, III). Ansonsten werden keine weiteren Projektionsmethoden behandelt. Müller entschied sich in seinem späteren Lehrwerk (1903) für den Verzicht auf die projektive Geometrie, auch weil diese in den Lehrplan der Braunschweiger Technischen Hochschule, an welcher Müller als Professor für darstellende Geometrie wirkte, nicht aufgenommen wurde (vgl. Müller, 1903, V). In seinem Lehrwerk werden hauptsächlich die Parallelprojektion inklusive der Axonometrie und der kotierten Projektion, aber in einem kurzen zweiten Teil auch die Zentralprojektion behandelt. Des Weiteren gibt es einen Anhang über die Reliefperspektive. Haucks Lehrwerk (1912), welches die darstellende Geometrie im weiteren Sinne thematisierte, wurde an den Bedürfnissen der Technik ausgerichtet, was sich u.a. darin zeigt, dass er von der projektiven Geometrie nur „das Rüstzeug zur Behandlung der Kegelschnitte“ aufgenommen und auf die Verwendung von „Buchstaben“ verzichtet hat (vgl. Hauck, 1912, III–IV). Den Verzicht auf die in der Geometrie übliche Notationsweise begründet Haucks Sohn, der das Lehrwerk nach dem Tod seines Vaters herausgegeben hat, folgendermaßen: „Der Anfänger, besonders der Techniker, der nicht Fach-Mathematiker ist, wird erfahrungsgemäß von dem Studium eines Buches abgeschreckt, wenn er sich an der Hand des Textes durch eine mit Buchstaben durchsetzte Figur hindurcharbeiten soll [...]“ (vgl. ebd., III). Das Lehrbuch erschien in zwei Bänden, wobei der erste Band das Grund- und Aufrissverfahren, die Axonometrie und die schräge Parallelpro-

²⁸Rudolf Staudigl (1838–1891) war Professor für darstellende Geometrie am Polytechnischen Institut in Wien.

jektion behandelt, und im zweiten Band die „Anwendungen der besprochenen Methoden auf Zentralperspektive und Schattenkonstruktion“ enthalten sind.

Die drei zuletzt vorgestellten Lehrwerke repräsentieren im Grunde eine (Re-)Orientierung an den Bedürfnissen der Techniker, also an den Bedürfnissen der Schülerschaft an höheren technischen Bildungsinstitutionen. Dies äußert sich vornehmlich darin, dass insbesondere die projektive Geometrie ausgelassen bzw. in reduzierter Form aufgenommen wurde. Bei allen drei Autoren rückt das Grund- und Aufrissverfahren (wieder) mehr in den Vordergrund. Auch wenn sich in einigen Lehrwerken der darstellenden (z. B. bei Schreiber, Pohlke, Gugler und Wiener) teilweise schon früh Elemente der projektiven Geometrie finden, kann insgesamt aber auch eine Tendenz unter den Lehrenden der darstellenden Geometrie im 19. Jahrhundert festgestellt werden, das Grund- und Aufrissverfahren in ihren Lehrwerken in den Vordergrund zu stellen. Es fällt außerdem auf, dass viele der hier erwähnten Autoren neben ihren vorgestellten Werken noch zusätzliche Lehrbücher veröffentlichten, die sich speziell an ihre Zielgruppe richteten. Neben den bereits vorgestellten Werken von Hauck und Müller, die in ihrem Titel direkt den intendierten Bildungskontext verdeutlichen, und von Sturm, der seine Inhaltsauswahl mit dem Bedarf der Techniker begründet, veröffentlichten beispielsweise auch Schreiber (*Spezielle Darstellende Geometrie für Architekten, Techniker, Mechaniker und Bauhandwerker*, 1865) und Klingensfeld (*Lehrbuch der Darstellenden Geometrie für Gewerbeschulen*, 1851 und *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie für polytechnische Schulen*, 1854) Lehrwerke mit direktem Zielgruppenbezug im Titel. In den Lehrwerken zur darstellenden Geometrie lässt sich also eine Tendenz feststellen, die Inhalte an der Schülerschaft der höheren technischen Bildungsinstitutionen auszurichten, also an deren beruflichen Praxis, feststellen, die nicht (unbedingt) den Stand der Wissenschaft widerspiegelte.

Teil II

Die darstellende Geometrie an (höheren) technischen Bildungsinstitutionen im 19. Jahrhundert

Kapitel 4

Die Entstehung des höheren technischen Bildungswesens in ausgewählten deutschen Staaten

In den deutschen Staaten gab es zu Beginn des 19. Jahrhunderts, als die darstellende Geometrie literarisch dorthin überliefert wurde, noch keinen institutionellen Lehr-Lern-Kontext, in dem ihre vollständige (wissenschaftliche) Behandlung realisiert wurde. Die ersten Werke von Weinbrenner und Creizenach waren für eine Schülerschaft bestimmt, die eine begrenzte Kenntnis dieser Disziplin für bestimmte praktische Zwecke benötigte. In Weinbrenners Fall war sein Lehrwerk an die Bedürfnisse von Architekten angepasst und Creizenachs Werk muss bei der zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Schullandschaft in Deutschland für Berufsschulen irgendeiner Art vorgesehen gewesen sein. Dementsprechend reduziert waren die Inhalte dieser beiden Lehrbücher. Zu einer systematischen Lehre der darstellenden Geometrie konnte es erst kommen, als sich im Laufe der 1820er und 1830er Polytechnische Schulen bzw. andere Lehranstalten für „höhere“ technische Bildung entwickelten, für welche die späteren, in den Kapiteln 3.2 und 3.3 vorgestellten Lehrwerke mehrheitlich geschrieben wurden. Unter der Annahme, dass die Entwicklung einer wissenschaftlichen Disziplin an einen institutionellen Kontext gebunden ist, sollen in diesem Kapitel die Entstehungs- und Entwicklungsgeschich-

ten der relevanten technischen Bildungsanstalten in Deutschland thematisiert werden bevor im nachfolgenden Kapitel die Rolle der darstellenden Geometrie in ebendiesem technischen Bildungswesen untersucht wird bzw. werden kann. Im nun folgenden Kapitel soll ein Überblick über die Entstehung und Entwicklung des beschriebenen institutionellen Ursprungskontextes gegeben werden, der relevant für die Lehre von und Innovationen in der darstellenden Geometrie war. Im Sinne Pauls, der den Zusammenhang zwischen dem institutionellen Kontext der *École Polytechnique* und der Wissenschaftsentwicklung der (darstellenden) Geometrie untersucht hat, soll in diesem Kapitel die Untersuchung des deutschen technischen Bildungswesens zentrale Erklärungsbeiträge zur Entwicklung der darstellenden Geometrie in ausgewählten deutschen Ländern liefern (vgl. Paul, 1980, 162).

Genau wie es für die mathematische Disziplin der darstellenden Geometrie einen französischen Impuls gab, ist für technische Bildungsinstitutionen der Ursprung in Frankreich zu finden. Die *École Polytechnique* wird häufig als Vorbild oder, mit den Worten von Klein und Schimmack, als „Mutteranstalt“ (vgl. Klein & Schimmack, 1907, 177) der deutschen höheren technischen Lehranstalten bezeichnet. Wie sich in den folgenden Abschnitten aber zeigen wird, kann in diesen Fällen nicht von einer direkten Vorbildfunktion auf die Ausgestaltung deutscher Äquivalente gesprochen werden. Auf Unterschiede zwischen dem französischen Modell und den deutschen höheren technischen Bildungsinstitutionen im 19. Jahrhundert wird im Detail im Kontext der Schilderungen zur Entstehung Polytechnischer Schulen in Deutschland in Kapitel 4.3 eingegangen. Zuvor wird eine kurze Charakterisierung der *École Polytechnique* in Kapitel 4.1 den Einstieg bilden, um den Vergleich zu deutschen Anstalten möglich zu machen und ihre häufig proklamierte Vorbildfunktion beurteilen zu können.¹ Polytechnische Anstalten o. Ä. in Deutschland haben sich im 19. Jahrhundert primär aus Berufsbildungsschulen (verschiedene

¹Die Entwicklung der *École Polytechnique* allgemein wurde schon eingehend untersucht, insbesondere findet sich beispielsweise in fast jeder „Geschichte“ einer deutschen höheren technischen Lehranstalt eine kurze Schilderung des französischen „Ursprungs“. Das ausführlichste deutschsprachige Werk, das zusätzlich den Zusammenhang zur Lehre der darstellenden Geometrie untersucht, bildet noch immer Matthias Pauls *Gaspard Monges „Geometrie descriptive“ und die Ecole polytechnique – eine Fallstudie über den Zusammenhang von Wissenschafts- und Bildungsprozess* (1980).

Fachschulen und z. B. Gewerbeschulen) entwickelt, von denen einige schon im 18. Jahrhundert existierten. Diese berufsbildenden Institutionen – als Ausgangslage des höheren technischen Bildungswesens zu Beginn des 19. Jahrhunderts – werden in Kapitel 4.2 skizziert. Die fraglichen Institutionen waren hauptsächlich für die Ausbildung des gewerbetreibenden Sektors, der Handwerker und manchmal der technischen Beamten zuständig. Die Struktur des Berufsbildungswesens im technischen Bereich veränderte sich im 19. Jahrhundert, da sich neue Institutionen (wie Polytechnische Schulen) entwickelten, um technische Bildung an die neuen Umstände bedingt durch die beginnende Industrialisierung anzupassen. Im Prinzip repräsentieren Polytechnische Schulen im deutschsprachigen Raum einen Zeitabschnitt innerhalb der Entstehung der Technischen Hochschulen aus Berufsbildungsinstitutionen im 19. Jahrhundert. Der Ausbau zu letztendlich universitätsähnlichen Hochschulen wird in Kapitel 4.4 thematisiert. Deren Entwicklung repräsentiert gleichzeitig den Aufstieg technischer Fächer zu wissenschaftlichen Disziplinen.

4.1 Französische Vorbilder II: Die *École Polytechnique* in Paris

1794 gegründet und ab 1795 so genannt, sollte die *École Polytechnique* in Paris die Vorbildung für bereits bestehende (technische) Fachschulen in Frankreich gewährleisten. Sie gliederte sich also in ein aufeinander aufbauendes Bildungssystem ein. Das erfolgreiche Durchlaufen der *École Polytechnique* war Vorbedingung beispielsweise für den Besuch der *École des Mines* und der *École des Ponts et Chaussées* (vgl. Klein & Schimmack, 1907, 177) – beides Spezialschulen, die durchaus schon einen wissenschaftlichen Unterricht vermittelten (vgl. Lipsmeier, 1971, 97). Erwartungsgemäß hoch musste also das Niveau der Lehre an der *École Polytechnique* sein.² Einige weitere Spe-

²Die herausragende Rolle der Mathematik an der *École Polytechnique* hat beispielsweise Klein & Schimmack dazu veranlasst zu behaupten, dass „[...] alles, was die französische Mathematik in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts an Bedeutendem geschaffen hat, in innigem Zusammenhang mit der *École polytechnique* [steht; NB]“ (vgl. Klein & Schimmack, 1907, 179). Eine solche Aussage scheint ein wenig übertrieben zu sein, illustriert

zialschulen für die eigentliche „fachmäßige“ Ausbildung, zu deren Eintritt die *École Polytechnique* berechnigte, existierten bereits im 18. Jahrhundert in Frankreich (vgl. Schnabel, 1925, 9). An diesen Spezialschulen wurden Militäroffiziere einerseits und Ingenieure andererseits ausgebildet (vgl. Lipsmeier, 1971, 97). In den Gründungsgesetzen der *École Polytechnique* wurde zwar offiziell festgelegt, dass dort auch die Vorbildung für „freie Berufe“ gewährleistet werden sollte, allerdings standen die Bedürfnisse des öffentlichen Dienstes von Anfang an im Vordergrund (vgl. Schnabel, 1925, 9)³.

Die *École Polytechnique* unterstand dem Kriegsministerium, was sich in ihrem Betrieb niederschlug: „[...] [D]ie Disziplin wurde kasernenmäßig gehandhabt, die Schüler mußten Uniform tragen, täglichem Exerzieren sich unterziehen“ (ebd., 11) und „[...] der Unterricht auf den Spezialschulen, zu denen die *École Polytechnique* die Vorschule war, hatte zum Ziel, Artilleristen, Pioniere, Kriegsschiffbauer, Generalstabsoffiziere und Bergbauingenieure auf ihren Beruf vorzubereiten. Dabei war der Bergbau der einzige Bereich, der nicht zum Militär gehörte“ (vgl. Lipsmeier, 1971, 102). Die Schüler der *École Polytechnique* waren 16 bis 20 Jahre alt und mussten eine anspruchsvolle Aufnahmeprüfung mit landesweiter Beteiligung mit besonderem Fokus auf Arithmetik und Geometrie absolvieren (vgl. Schnabel, 1925, 9). Im 19. Jahrhundert entstanden dann auch eigene Vorbereitungsklassen für die Aufnahmeprüfung.

In ihrer Funktion als Vorbildungsanstalt für verschiedene Spezialschulen musste eine Lehrplan- und Unterrichtsgestaltung zugrunde gelegt werden, die „[...] die Lehrgebiete der Architektur, des Militärwesens, der Technik und der Wasserkraft unter den gleichen Prinzipien zusammenzufassen versuchte; diese Disziplinen sollten alle von der gleichen Theorie abhängig sein und die gleichen vorbereitenden Studien erfordern“ (vgl. Lipsmeier, 1971, 97). Diese gemeinsamen Grundsätze wurden durch die Mathematik und Naturwissenschaften verkörpert; sie wurden „[...] zum tragenden Pfeiler der gesamten

aber die Auffassung zur *École Polytechnique*, die international vorherrschte.

³1829 wurde die *École Centrale des Arts et Manufactures* für die technische Vorbereitung der in der privaten Industrie erforderlichen Kräfte gegründet, während die *École Polytechnique* weiterhin fast ausschließlich spätere Staatsbeamte, insbesondere Genieoffiziere, heranbildete (vgl. Klein & Schimmack, 1907, 177).

Ausbildung gemacht“ (vgl. Manegold, 1966, 183). In den ursprünglich drei, ab 1799 zwei Ausbildungsjahren (vgl. Grattan-Guinness, 2012, 222) wurde der Unterricht von Beginn an bewusst auf „exaktwissenschaftlicher“ Grundlage aufgebaut und Wert auf den inneren Zusammenhang aller technischen Gebiete gelegt (vgl. Schnabel, 1925, 8). Die Rolle der theoretischen Grundlagen, der Mathematik und Naturwissenschaften, war diejenige einer Vorbereitung auf die Praxis; sie lieferte die Mittel für deren „Meisterung“ (vgl. Lipsmeier, 1971, 8). „Insofern war die *Ecole Polytechnique* gewissermaßen organisatorischer Ausdruck einer Mathematisierung der anderen Wissenschaftszweige, [...] Antrieb und Basis der Schule sollte [dennoch; NB] der Gedanke der Anwendbarkeit ihrer wissenschaftlichen Methoden und Erkenntnisse auf technische Probleme sein“ (Manegold, 1969, 381). Durch die wissenschaftliche Grundlegung ist es der *École Polytechnique* als erste Institution gelungen, die im weitesten Sinne berufliche bzw. technische Bildung zu „theoretisieren“ (vgl. Blankertz, 1969, 60; Paul, 1980, 339). Die Überzeugung, die Ausbildung dennoch an der beruflichen Praxis zu orientieren, schlug sich im Unterrichtsbetrieb nieder.

Charakteristisch für die Lehre an der *École Polytechnique* war das Unterrichtsprinzip, die Vorlesungen „in durchdachter Weise mit handwerklichen Tätigkeiten, Zeichnen und Vorführungen“ zu verbinden (vgl. Lipsmeier, 1971, 103). Hier war das Unterrichtsprinzip die Konsequenz der Überzeugung, dass eine streng wissenschaftliche, theoretische Ausbildung nicht im Gegensatz zur praktischen Anwendbarkeit steht: „Antrieb und Basis aller Arbeiten der Schule sollte letztlich der Gedanke an die Anwendbarkeit ihrer wissenschaftlichen Methoden und Erkenntnisse auf praktische Probleme sein. Hier sollten ja die wissenschaftlichen Grundlagen der Technik insgesamt gelehrt werden, die allgemeinen Prinzipien der verschiedenen technischen Gebiete“ (Manegold, 1966, 183). Die Relevanz der Anwendbarkeit der verschiedenen Technikwissenschaften wurde hier im Kontext höherer Bildung anerkannt. „Die Anforderungen an die Schüler und den gebotenen Unterricht orientieren sich an dem Ziel, ein möglichst aktives Verhältnis der Lernenden zum Wissen herauszubilden. Dem wird in der Lehrplangestaltung durch einen hohen Anteil selbständiger Arbeit unter Betreuung von Hochschullehrern und einer

Art Tutoren, insbesondere auch chemischem Experimentieren Rechnung getragen [...]“ (Paul, 1980, 339). In ihrer „konstitutiven Idee“, das bedeutet, wissenschaftliche Methoden und Erkenntnisse auf technische Probleme anwendbar zu machen, einen engen Zusammenhang zwischen mathematisch-naturwissenschaftlichen Elementen und technischem Wissen herzustellen, die innere, gesetzmäßige Einheit aller technischen Betätigungen vorauszusetzen und das Ziel der methodischen Verbindung von theoretischen Studien und praktisch konstruktiven Anwendungen zu verfolgen, sei die *École Polytechnique* Vorbild und Voraussetzung für deutsche Institutionen gewesen (vgl. Manegold, 1969, 381).

4.2 Berufsbildung zu Beginn des 19. Jahrhunderts und der Bedarf an höherer technischer Bildung

Der Ursprung deutscher technischer Bildungsinstitutionen ist im Berufsbildungssektor zu suchen, zu dieser Zeit also in einer Parallelwelt zum Gelehrentensystem der Universitäten und Gymnasien. In seinem Werk *Die höheren technischen Schulen nach ihrer Idee und Bedeutung* von 1847, in dem die zu diesem Zeitpunkt bestehenden höheren technischen Schulen hinsichtlich ihrer Organisation (Lehrkörper, Lehrpläne usw.) und Bildungsziele vorgestellt werden, plädierte Friedrich Schödler dafür, diese Trennung von „gelehrten“ und technischen Schulen aufgrund ihrer verschiedenen Endzwecke aufrechtzuerhalten. Er definierte technische Schulen als Institutionen für die theoretische und teilweise praktische Ausbildung der produzierenden Stände, während diejenigen Schulen, die sich auf die Anwendung der Mathematik und Naturwissenschaften stützten, für die Ausbildung höherer Techniker zuständig sein sollten (vgl. Schödler, 1847, 3). Zu jenem Zeitpunkt existierten schon einige Polytechnische Schulen oder ähnliche Institutionen in Deutschland, die man als höhere technische Lehranstalten bezeichnen konnte. Diese höhere technische Bildung wurde ihrerseits aber noch klar von einer gelehrten höheren Bildung abgegrenzt. Kurz vorher war die Unterscheidung zwischen „höherer“

und „niederer“ technischer Bildung nicht relevant: Berufsbildung war praktisch und an einzelnen Berufen bzw. Berufsgruppen orientiert. In letzterer Hinsicht kann von einer „höheren technischen“ Bildung gesprochen werden, wenn es um die Ausbildung von technischen Staatsbeamten ging, eigene Bildungsinstitutionen existierten für diese aber meistens nicht. Insbesondere kann in diesem Zusammenhang noch nicht von einer wissenschaftlichen, im Sinne einer mathematisch-naturwissenschaftlichen, Fundierung gesprochen werden, wie sie an der *École Polytechnique* praktiziert wurde. Die verschiedenen Berufsbildungswesen der Staaten des Deutschen Bundes wiesen Unterschiede bezüglich vorhandener Institutionen und ihrer Zusammenhänge auf; in einigen Staaten war das Berufsbildungssystem mehr, in anderen weniger ausdifferenziert. Was zu Beginn des 19. Jahrhunderts aber überall vergeblich gesucht wurde, waren Anstalten, die höhere technische Bildung im Sinne einer wissenschaftlichen Ausbildung anboten.⁴

Am Anfang des 19. Jahrhunderts gab es zum Beispiel Anstalten, die ihre Schüler in speziellen technischen Disziplinen ausbildeten, wie beispielsweise Berg- oder Bauakademien. Diese Institutionen wurden hauptsächlich im Laufe des 18. Jahrhunderts gegründet, um die Vorbildung für Berufe im Staatsdienst oder für praktische Berufe zu gewährleisten (vgl. Lundgreen, 1987, 295; Manegold, 1970, 24). Zusätzlich wurden um die Jahrhundertwende separate Fachschulen für spezielle Professionen und sogenannte Gewerbeschulen etabliert, die auf eine eher allgemeinere Bildung für Berufe im Handelswesen abzielten (vgl. Lundgreen, 1987, 300). Da die Mehrheit ihrer Absolventen als Gewerbetreibende im privaten Gewerbe arbeiteten, wurde die Betonung auf praktisch anwendbare Kenntnisse und Fertigkeiten gelegt (vgl. Stäckel, 1915, 8) anstatt auf eine Ansammlung von Wissen (vgl. Ott, 1913, 6). Ähnliches gilt für Zeichen- oder Industrieschulen, die der ländlichen Bevölkerung die Möglichkeit geben sollten, „[...] einen Nebenerwerb zu erlernen, oder dem Handwerksgesellen eine bessere Ausbildung in seinem

⁴An dieser Stelle kann keine vollständige Übersicht über existierende Berufsbildungsanstalten gegeben werden. In Kapitel 4.3 werden aber einzelne Ursprungsinstitutionen, aus denen im Laufe des 19. Jahrhunderts Technische Hochschulen entstanden sind und detaillierte Informationen zu den allgemeineren Ausführungen, die in diesem Abschnitt gemacht werden, vorgestellt.

Beruf [zu; NB] vermitteln“ (vgl. Fischer, 1962, 162). Die Liste der Namen solcher berufsbildenden Institutionen kann noch erweitert werden; bei Albrecht findet sich eine Übersicht existierender Schulen im berufsbildenden bzw. technischen Bereich im 18. Jahrhundert (vgl. Albrecht, 1989, 150). In dieser Übersichtstabelle listet Albrecht 15 verschiedene Schulkategorien des beruflichen bzw. technischen Unterrichtswesens auf und nennt jeweils diverse Beispielinstitutionen. Er teilt die Schulformen nach Niveauebenen ein und ordnet diese Zielgruppen zu: Die Institutionen der unteren Ebene werden dem „einfachen Volk“ (Industrieschulen), der mittleren Ebene Handwerkern und dem Bürgertum (Real- Zeichen- Handelsschulen etc.) und der höheren Ebene dem Bürgertum und Adel (verschiedene Akademien und Hochschulen) zugeordnet. Die vorangegangenen Schilderungen verdeutlichen, dass es viele Aus- und Fortbildungsmöglichkeiten für Berufe gab, die kein Universitätsstudium benötigten. „Die Förderung des ‚Gewerbefleißes‘ durch Erziehung der Bevölkerung zur ‚Industrie‘ gehört seit dem späten 18. Jahrhundert überall in Deutschland zur inneren Politik der Landesherren“ (vgl. Fischer, 1962, 161–162). Zwar „[w]ar man sich in Kreisen der Gewerbetreibenden und Gewerbepolitiker um 1800 auch schon lange darin einig, daß den ins Erwerbsleben Eintretenden eine besondere Ausbildung zukommen müsse und daß die bestehenden Schulen dieser Aufgabenstellung nicht gerecht werden konnten [...]“, allerdings „[...] war man ebenso unschlüssig über die Art und Weise, wie dieses Ziel zu erreichen sei“ (vgl. Lipsmeier, 1971, 95). Insbesondere fehlte es diesen Institutionen an einer zum gelehrten Bildungssystem vergleichbaren öffentlichen Förderung (vgl. Albrecht, 1989, 149).

Ein weiterer Unterschied bestand darin, dass die Vielfalt an existierenden Berufsbildungsinstitutionen noch kein geschlossenes System bildete. Wie Albrecht zwar richtig feststellte, war eine Einteilung in die drei Stufen der unteren, mittleren und höheren Berufsbildung möglich (vgl. ebd., 149), allerdings bildeten diese Stufen kein aufeinander aufbauendes System, im Gegenteil, sie schlossen sich durch die jeweilige Zuordnung zu einer bestimmten Bevölkerungsschicht teilweise sogar gegenseitig aus. „Industrie-, Real- und Fachschulen bestanden neben- und untereinander, ohne die Möglichkeit für ein sinnvolles Durchlaufen dieser drei Stufen für den Auszubildenden zu ge-

währen“ (ebd., 149–150).

Die verschiedenen Berufsbildungsschulen waren entstanden, um eine Lücke innerhalb des deutschen Bildungssystems zu füllen: Das existierende Sekundarschulwesen, also zu diesem Zeitpunkt das Gymnasium, zuständig für die Vermittlung von „Allgemeinbildung“, bot keine angemessene Vorbildung für berufliche Werdegänge im Handwerk, Gewerbe oder allgemein technischen Bereichen; Kenntnisse, die für das Handelswesen als wichtig erachtet wurden (Zeichnen, Mathematik, Physik und Chemie), wurden hier nicht vermittelt (vgl. Lundgreen, 1987, 300). Ein paar Jahre später würden Realschulen⁵ versuchen, diese Lücke zu füllen (vgl. Dyck, 1904a, 3–5). Außerdem wurde es generell nicht als Aufgabe des Staates angesehen, Spezialisten in einzelnen Disziplinen an Sekundarschulen auszubilden (vgl. Ott, 1913, 4). Beispielsweise sah das in Preußen vorherrschende neuhumanistische Bildungsideal vor, dass man technische Fächer oder Naturwissenschaften „studierte“, nachdem man seine humanistische Allgemeinbildung abgeschlossen hatte (vgl. Lundgreen, 1987, 294). Dies wurde zu diesem Zeitpunkt – am Anfang des 19. Jahrhunderts – (noch) nicht realisiert.

In der Regel absolvierten Schüler ihre Grundausbildung an einer sechsjährigen Volksschule, bevor sie ins Berufsleben bzw. in eine jenem vorgeschaltete Berufsbildungsinstitution eintraten (vgl. Stäckel, 1910, V). Allerdings verlangten einige dieser Schulen auch praktische Berufserfahrung und manchmal sogar den Besuch einiger Klassen des Gymnasiums; Letzteres zum Beispiel im Fall von Aspiranten des Staatsdienstes (vgl. Dyck, 1904a, 41–42). Die Ausbildung der „[...] im staatlichen Dienste tätigen Ingenieure [...] konnte man nicht gut der Privatindustrie überlassen“ (vgl. Schnabel, 1925, 16). Da es aber häufig keine verschiedenen Lehranstalten, also ein nach Ausbildungszielen differenziertes Bildungssystem gab, vereinten insbesondere Fachschulen, die für die Ausbildung von Handelsmännern, Mechanikern und Ingenieuren zuständig waren, eine Schülerschaft mit einer relativ großen Altersspanne und verschiedenen Berufszielen (vgl. Dyck, 1904a, 3). So wurden Handwerker neben Aspiranten des technischen Staatsdienstes in einer Institution unter-

⁵Im Rahmen eines Exkurses werden die Entstehung und Entwicklung von Realschulen in Kapitel 4.4 thematisiert.

richtet, deren zukünftige berufliche Tätigkeiten sich stark unterschieden. Die Lösung war eine vertikale Ausdifferenzierung der Berufsbildungsanstalten. Hinzu kamen neue Anforderungen der Technik:

„Tatsächlich mußten auf dem Gebiete des Erziehungs- und Ausbildungswesens erst die Voraussetzungen geschaffen werden, ohne die eine Industrialisierung, die Einführung und Entwicklung des modernen Fabrikwesens nicht möglich war. [...] Neue Arbeitsmethoden, Verwendung von Maschinen, Herstellung neuer Produkte, die notwendige Verbindung einer Kenntnis der wissenschaftlichen Grundlagen mit praktischem Können und den praktischen Erfordernissen der Produktion stellten andere, höhere Anforderungen als sie bis dahin im Handwerk und Gewerbe zu erfüllen nötig gewesen waren“ (Manegold, 1970, 17).

Die genannten Anforderungs- und Aufgabenbereiche überstiegen die Kompetenzen vorhandener Berufsbildungsschulen, so dass neue Institutionen für höhere technische Bildung benötigt wurden.

Die Ausdifferenzierung der Lehrziele innerhalb des technischen Bildungsektors markierte den Ausgangspunkt für die Entwicklung der Technischen Hochschulen in Deutschland (vgl. Dyck, 1904a, 5). Universitäten schlossen höhere technische Bildung auf einem akademischen Niveau aus (vgl. Manegold, 1970, 32), trotz der steigenden Relevanz der technischen Wissenschaften (vgl. Papperitz, 1899, 4) und des Bedarfs an ausgebildeten Ingenieuren, die nämlich so ausgebildet wurden, dass sie dazu in der Lage waren, sich den sich schnell verändernden Aufgaben und Innovationen der technischen Wissenschaften anzupassen (vgl. Dyck, 1904a, 5). Zwar gab es vereinzelt schon Vorlesungen über Technologie etc. an deutschen Universitäten, allerdings fehlte dort der Bezug zur Praxis, im Sinne der Humboldtschen Bildungsauffassung, dass „[...] nur eine umfassende, zweckfreie ‚Bildung durch Wissenschaft‘ [...] auch die beste Befähigung für die ‚praktischen Geschäfte des Lebens‘ [verleihe; NB]“ (vgl. Manegold, 1970, 31). Dementsprechend ist die anfänglich vorgestellte Haltung von Schödler, die Trennung des technischen Bildungswesens vom Gelehrtensystem auch noch zur Mitte des 19.

Jahrhunderts aufrecht erhalten zu wollen, nachvollziehbar unter Einschluss des Ziels, für die Praxis auszubilden. „In einer für die weitere Geschichte des gesamten Hochschulwesens folgenreichen Weise ist die Frage nach dem höheren technischen Studium überall in Deutschland zugunsten eigenständiger Polytechnischer Anstalten beantwortet worden“ (ebd., 43).

Polytechnische Schulen, o. ä. Institutionen wie Gewerbeinstitute, wurden zu Beginn des 19. Jahrhunderts also etabliert, um höhere, im Sinne einer wissenschaftlichen beruflichen oder technischen Bildung zu gewährleisten. Die Ausbildung an den existierenden Fachschulen konnte den neuen technischen Anforderungen nicht gerecht werden und im Zuge der Industrialisierung wurden mehr Ingenieure gebraucht (vgl. Dyck, 1904a, 4–5). Die neuen technischen Institutionen sollten das Ziel der praktischen Ausbildung an den Fachschulen übertreffen, um „[...] wissenschaftlich, technisch und wirtschaftlich denkende Menschen und Leiter der wirtschaftlichen Arbeit der Nation heranzubilden“ (vgl. Stäckel, 1915, 8). Man erhoffte sich wirtschaftlichen bzw. industriellen Aufschwung durch Bildungsinvestitionen in ein technisches Bildungswesen, dass somit Funktionen übernehmen sollte, die vom bestehenden Gelehrtensystem nicht erfüllt wurden. „Wenn die Erwartungen hinsichtlich der Bedeutung des Faktors Bildung für das Wirtschaftswachstum auch übertrieben waren und sich in dieser Form nicht verwirklichten, so entwickelten diese technischen Lehranstalten bis zum Ersten Weltkrieg doch Organisationsformen der Wissenschaft [...]“ (König, 1999, 15–16).

4.3 Die Vorgängerinstitutionen der Technischen Hochschulen

Im Nachhinein wurde für die Technischen Hochschulen allgemein, zu denen sich einige deutsche Polytechnische Schulen und Höhere Gewerbeschulen im Laufe des 19. Jahrhunderts entwickeln sollten (vgl. Manegold, 1970, 22), und von einzelnen höheren technischen Institutionen im Speziellen behauptet, dass sie nach dem Vorbild der *École Polytechnique* in Paris gegründet wurden. So schreibt Manegold:

Die *École Polytechnique* ist damit das große und für die Folgezeit unübersehbare, in vielem normsetzende Vorbild für die gleichermaßen als Voraussetzung und in der Folge der industriellen Entwicklung begründeten polytechnischen Anstalten in Deutschland geworden. Als Urbegriff aller technischen Bildungsanstalten bezeichnet, spielt sie in den ersten Jahrzehnten des Jahrhunderts eine Rolle in allen Erörterungen und Plänen, die auf die Gründung einer ‚technischen Lehranstalt‘, ‚Polytechnischen Schule‘ [...], wie immer die Anstalten dabei bereits genannt wurden, hinzielen. Und wenn man sagen kann, daß die deutschen Universitäten alle letzten Endes als Nachfolgerinnen der Pariser Universität gegründet worden sind, so muß im Hinblick auf die *École Polytechnique* ein Gleiches auch von den Technischen Hochschulen bemerkt werden. (Manegold, 1966, 183–184)

Inwiefern die *École Polytechnique* „normsetzendes Vorbild“ für vergleichbare deutsche Anstalten war, soll in diesem Abschnitt erörtert werden; als „Urbegriff aller technischen Bildungsanstalten“ kann sie durchaus bezeichnet werden, weil sie rückblickend u.a. einen Anstoß zu deren Etablierung gegeben hat, wobei die deutschen Technischen Hochschulen nicht als unmittelbare Nachfolgerinnen gesehen werden können. Im deutschsprachigen Raum wurden nämlich meistens keine neuen Institutionen, keine „Kopien“ der *École Polytechnique*, gegründet, sondern bereits bestehende berufsbildende Institutionen transformiert, die sich dann in einem unabhängigen Prozess im Laufe des 19. Jahrhunderts zu Technischen Hochschulen entwickelt haben. Zwar wurde die *École Polytechnique* bei den Gründungen der deutschen Institutionen häufig als Vorbild genannt, von einer direkten oder vollständigen Einflussnahme auf die Ausgestaltung sowohl im Bezug auf die Organisation als auch Konzeption der deutschen technischen Lehranstalten kann aber nicht die Rede sein, da diese Institutionen von Anfang an entscheidende Unterschiede zum proklamierten französischen Vorbild aufwiesen.

Der „Mythos“ einer direkten Vorbildfunktion auf die Ausgestaltung deutscher Polytechnischer Schulen wurde bereits vielfach und aktuell von Gert Schubring anhand eines Vergleichs charakterisierender Merkmale der *École*

Polytechnique mit deutschen Institutionen untersucht. In seinem Kapitel „The Myth of the Polytechnic School“ (Schubring, 2018) fasst Schubring „polytechnische Charakteristika“ der französischen Institution zusammen, die in den folgenden Ausführungen zu der Entstehung polytechnischer Schulen im deutschsprachigen Raum als strukturgebende Leitideen dienen sollen:

1. Die **darstellende Geometrie** macht einen entscheidenden Teil des Lehrplans aus.
2. Es handelt sich um eine Institution **höherer Bildung**.
3. Die Institution bietet nicht nur Bildung für eine technische Disziplin oder einen Ingenieurberuf an, sondern ermöglicht die **Ausbildung für die jeweils zeitgenössisch relevanten Disziplinen der Ingenieurwissenschaften** und Technologie innerhalb eines Netzes aus Institutionen oder bietet diesen Umfang professioneller Ausbildungen innerhalb eines angemessenen Rahmens selbst an.
4. Die an diesen Institutionen angebotene Bildung **basiert auf Mathematik**: Der polytechnische Charakter der Mathematik bedeutete ihren Basisstatus für Kurse der Militär- und bürgerlichen Ingenieurwissenschaften.

Schubring kommt zu dem Schluss, dass die entscheidende Gemeinsamkeit zwischen der *École Polytechnique* und den deutschen Institutionen die Pflege der darstellenden Geometrie war. Dieser Aspekt (Punkt 1) wird in Kapitel 5 eingehend untersucht. Entscheidende Unterschiede zwischen dem französischen Vorbild und den deutschen Anstalten finden sich bei den Punkten 2, 3 und 4, also bezüglich der Bewertung der deutschen Institutionen hinsichtlich der „Höhe“ der angebotenen Bildung (Punkt 2), wobei in diesem Abschnitt eher strukturelle Komponenten als die Fundierung der Bildung durch Mathematik⁶ (Punkt 4) untersucht werden, und deren Zielgruppe und Verortung im

⁶Schon 1847 unterschied Schödler zwischen „höheren“ und „niederen“ technischen Schulen, wobei die Klassifizierung der ersteren Schulart, zu denen er Polytechnische Schulen, Höhere Gewerbeschulen usw. zählt, an ihrer Fundierung auf der Mathematik festgemacht wurde (vgl. Schödler, 1847 und Kapitel 4.2). Die Punkte 2 und 4 werden aber auch im

jeweiligen Gesamtsystem (Punkt 3). Um die genannten Aspekte zu untersuchen, werden die jeweiligen Ursprungsinstitutionen und der jeweilige Aufbau des Unterrichts in den Anfangsstadien der deutschen höheren technischen Institutionen betrachtet, d. h. bevor sie sich zu Technischen Hochschulen entwickelten. Es soll die Frage beantwortet werden, wie höhere technische Bildung in den deutschen Staaten konzeptionell zunächst realisiert wurde.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die technischen Institutionen, die sich im Laufe des 19. Jahrhunderts zu den acht Technischen Hochschulen in Berlin, Karlsruhe, München, Dresden, Stuttgart, Hannover, Braunschweig und Darmstadt entwickelten; sie wurden aufgrund territorialer Einschränkungen und den Institutionen gemeinsamen Entwicklungstendenzen ausgewählt. In Tabelle 4.1 findet sich eine Übersicht der Entwicklungsstufen der acht relevanten technischen Bildungsinstitutionen. Dieser Abschnitt beschäftigt sich im Grunde genommen mit der zweiten und dritten Spalte der Übersichtstabelle, nämlich mit der Phase, in der neue Institutionen gegründet wurden, die höhere technische Bildung anbieten sollten. In der vierten Spalte ist jeweils das Jahr angegeben, in dem die Institution in „Technische Hochschule“ umbenannt wurde.⁷ Die territorialen Einschränkungen für die Auswahl der Institutionen betreffen das deutschsprachige Gebiet: Würde man dieses im relevanten Zeitraum betrachten, wären die ersten polytechnischen Institutionen in Prag (1806) und Wien (1815) zu verorten. Diese beiden unterschieden sich zusätzlich von anderen „deutschen“ Institutionen, weil sie von Anfang an Hochschulstatus für sich proklamierten (vgl. Manegold, 1970, 34), was auf die hier betrachteten Institutionen nicht zutrifft. Im Folgenden werden zunächst nur diejenigen Institutionen betrachtet, die in den Teilen

nächsten Abschnitt 4.4 eine entscheidende Rolle spielen, weil das höhere Niveau der technischen Bildung – insbesondere unter Einbezug der Rolle der Mathematik für die Lehre – ein entscheidender Faktor für die (Weiter-)Entwicklung zu Technischen Hochschulen war. Auch in Kapitel 5 wird im Kontext der Ausführungen zur Rolle der darstellenden Geometrie an technischen Bildungsinstitutionen unausweichlich auch die Rolle der Mathematik im Allgemeinen thematisiert.

⁷Die Umbenennung in „Technische Hochschule“ war nicht immer unbedingt der Zeitpunkt, an dem eine „höhere“ Stufe erreicht war, diese aber offiziell anerkannt wurde; Umstrukturierungen in Richtung eines hochschulmäßigen Betriebes können schon vorher passiert sein. Die verschiedenen Entwicklungsstadien innerhalb der Geschichte der Technischen Hochschulen werden in diesem und im folgenden Unterkapitel behandelt.

des Deutschen Bundes bzw. Reiches etabliert wurden, die auch heute noch zum Gebiet Deutschlands gehören.

Innerhalb des betrachteten Gebietes wird die weitere Einschränkung gemacht, nur diejenigen Institutionen zu betrachten, die sich im Laufe des 19. Jahrhunderts zu Technischen Hochschulen entwickelt haben. Nicht alle der zu Beginn des 19. Jahrhundert in Deutschland gegründeten Institutionen für höhere technische Bildung erlebten eine derartige Umgestaltung, das Bildungsniveau an einigen Institutionen blieb niedriger. Dies gilt beispielsweise für die Polytechnischen Schulen in Augsburg und Nürnberg, die 1833 zusammen mit derjenigen in München eröffnet wurden.⁸ Alle drei Schulen waren ursprünglich als spezielle Fachschulen konzipiert worden, aber nur die Schule in München entwickelte sich langfristig weiter zu einer Schule für höhere technische Bildung (vgl. Dyck, 1904b, 225) und zwar auf ähnliche Weise wie die anderen sieben genannten. Die Polytechnischen Schulen in Augsburg und Nürnberg werden in einschlägigen Werken über den relevanten Kontext häufig nicht betrachtet. Dies betrifft beispielsweise auch die Institutionen in Kassel und Chemnitz.

4.3.1 Acht Konzepte höherer technischer Bildung

Die erste der in dieser Arbeit betrachteten Institutionen, die höhere Bildung für Gewerbetreibende anbot, war das Gewerbeinstitut in Berlin (eröffnet 1821 als Königlich-Technisches Institut und 1827 so genannt). Zusätzlich wird in Tabelle 4.1 die 1799 gegründete Bauakademie aufgeführt, weil diese beiden Institutionen 1879 zur Technischen Hochschule Berlin fusioniert wurden. Letztere wird aber nicht weiter betrachtet.⁹ Die verschiedenen Gewerbeschulen in Stuttgart (1829), Hannover (1831) und Darmstadt (1836) wurden 1840, 1847 bzw. 1868 zu Polytechnischen Schulen. Die Gewerbe-

⁸Für die Münchner Polytechnische Schule bzw. Schulen ist die Gründungsgeschichte etwas komplizierter, weswegen in der Tabelle auch mehrere Gründungsjahre angegeben werden. Diese werden im Laufe dieses Abschnitts erläutert.

⁹Die Bauakademie in Berlin wurde 1799 für die Ausbildung des technischen Beamten-tums gegründet, womit sie sich von den anderen hier betrachteten Institutionen maßgeblich unterscheidet. Auf die Ausbildungsfunktion der betrachteten Schulen für den Staatsdienst wird im Nachfolgenden ausführlich eingegangen.

Tabelle 4.1: Übersicht über die Entwicklungsstadien der acht deutschen Technischen Hochschulen, deren Ursprungsinstitutionen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts gegründet wurden

Standort	Ursprungsinstitution und Gründungsjahr	Gründung der bzw. Umbenennung in Polytechnische(n) Schule	Umbenennung in Technische Hochschule
Berlin	Bauakademie (1799) & Technisches Institut bzw. Gewerbeinstitut (1821/1827)	–	1879
Karlsruhe	–	1825	1885
München	–	1827/1833/1868	1877
Dresden	Technische Schule (1828)	1851 (1871 „Polytechnikum“)	1890
Stuttgart	Vereinigte Real- und Gewerbeschule (1829)	1840 (1876 „Polytechnikum“)	1890
Hannover	Höhere Gewerbeschule (1831)	1847	1879
Braunschweig	Technische Abteilung des Collegium Carolinum (1835)	1862	1877
Darmstadt	Höhere Gewerbeschule (1836)	1868	1877

schule in Stuttgart war anfangs sogar an eine Realschule¹⁰ angebunden (vgl. Schödler, 1847, 245). Die Vorgängerinstitution der Polytechnischen Schule in Dresden (1851 umbenannt) war eine Technische Schule, die 1828 gegründet wurde; die Polytechnische Schule in Braunschweig (1862) entwickelte sich aus der technischen Abteilung des Collegium Carolinum, einer Institution, die ursprünglich vorbereitende Studien für den Besuch einer Universität anbot. Die Institutionen in Karlsruhe (1825) und München (1827/1833) wurden direkt als Polytechnische Schulen gegründet. Eine zusammenfassende Übersicht über die Entstehung und Entwicklung der ausgewählten Lehranstalten ist schwierig zu realisieren, weil es sich bei jeder Institution im Grunde anfänglich um einen Einzelfall handelte. Zu allen Institutionen existieren mehr oder weniger ausführliche Werke zu deren Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte, die häufig im Zusammenhang mit Jubiläen der jeweiligen Einrichtung erschienen sind. König löst das Problem der fehlenden Vergleichbarkeit in seinem Aufsatz „Technologische Zivilisation und Zukunftsverantwortung – Anmerkungen zu Grundfragen des Wissenschaftstransfers“ beispielsweise damit, die zwei „Extreme“ Karlsruhe und Berlin gegenüberzustellen, um zu illustrieren, wie unterschiedlich die verschiedenen technischen Unterrichtsanstalten in ihren Anfängen organisiert waren (vgl. König, 1990, 30). An dieser Stelle soll die vorherrschende Varietät durch die Kategorisierung der acht Institutionen anhand ihrer Bezeichnungen eingegrenzt werden. Bei den nachfolgenden Schilderungen zur Entwicklung der Polytechnischen Schulen soll zum einen versucht werden „deutsche polytechnische Charakteristika“ herauszuarbeiten, die verdeutlichen, dass die *École Polytechnique* wenig direkten Einfluss auf die Ausgestaltung der Institutionen hatte, zum anderen werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede innerhalb der deutschen höheren technischen Bildungsanstalten hinsichtlich strukturgebender Merkmale aufgezeigt. Für die Beurteilung der „Höhe“ der angebotenen Bildung sollen u. a. folgende Aspekte betrachtet werden: das Eintrittsalter der Schüler, die Möglichkeit zur Ausbildung für Beamtenkarrieren (also für höhere Berufe),

¹⁰Realschulen lieferten im 19. Jahrhundert einen Alternativweg zum Gymnasium. Diese Schulform wird im Kontext der Vorbildungsdebatte für höhere technische Bildungsanstalten in Kapitel 4.4 thematisiert.

die Organisation bzw. der Aufbau des Unterrichts (hinsichtlich Ähnlichkeiten zum Sekundar- oder Hochschulwesen) und die Vorbildung der Schüler. Zugleich kann die Existenz des Netzes aus Institutionen untersucht werden, in das sich die jeweilige Institution eingefügt haben könnte. Außerdem werden die jeweiligen Ausbildungsziele betrachtet, um beurteilen zu können, ob die Ausbildung in den „jeweils zeitgenössisch relevanten Disziplinen der Ingenieurwissenschaften“ möglich war.

Eine grobe Einteilung der Institutionen scheint zunächst aufgrund der unterschiedlichen Benennungen zumindest der Ursprungsinstitutionen möglich:

1. Institutionen, die **direkt als Polytechnische Schule** gegründet wurden: Karlsruhe und München.
2. Institutionen, die zunächst als **Höhere Gewerbeschule bzw. Gewerbeinstitut** gegründet wurden: Berlin, Stuttgart, Hannover und Darmstadt.
3. Institutionen, die aus einer **technischen Schule bzw. Abteilung** entstanden sind: Dresden und Braunschweig.

Ob und inwiefern die unterschiedlichen Benennungen der Institutionen wirklich Aufschluss beispielsweise über deren Konzeption oder Zielgruppe geben, gilt es zu untersuchen. Fünf der acht technischen Bildungsanstalten erlebten eine Umbenennung in „Polytechnische Schule“. Es stellt sich die Frage, ob diese Benennung als „Polytechnische“ Anstalt Rückschlüsse irgendeiner Art beispielsweise auf die Struktur, das Niveau der Lehre o. Ä. zulässt oder ob es sich bei dieser Benennung um einen Versuch handelt, durch die Assoziation mit der *École Polytechnique* in Paris die deutschen Institution zu legitimieren (vgl. Schubring, 1989, 179), also ob diese Änderung als „programmatischer Schritt“ zur Sicherung eines bestimmten Status’ durch die Assoziation mit der *École Polytechnique* und der damit auf Mathematik gegründeten Bildung zu sehen ist (vgl. Schubring, 2018). Um diese Frage beantworten zu können, werden in dieser Reihenfolge die Polytechnischen, „gewerblichen“ und „technischen“ Schulen vorgestellt und hinsichtlich ihres Aufbaus und der vorher

aufgestellten Kriterien mit besonderem Augenmerk auf die Ausgestaltung zum Zeitpunkt der Umbenennung verglichen.

4.3.1.1 Polytechnische Schulen

Für diese erste Kategorie kann die Polytechnische Schule in Karlsruhe als Repräsentant angesehen werden, weil sie zum einen die erste deutsche Institution mit dieser Bezeichnung war, und zum anderen, weil sie, wie sich später zeigen wird, hinsichtlich ihrer recht früh realisierten Organisation in gewisser Weise „normsetzend“ für die anderen deutschen Institutionen sein sollte. Die Polytechnische Schule in **München** hingegen weist eine kompliziertere Anfangsphase auf. In München wurde nämlich 1827 die sogenannte „Polytechnische Zentralschule“ gegründet, die 1833 aber wieder aufgelöst und durch drei neue Polytechnische Schulen in Augsburg, München und Nürnberg ersetzt wurde (vgl. Kluckhohn, 1879, 49). An diesen wurde jeweils Unterricht im Zeichnen (der die Hälfte der Stundenzahl einnahm), in Mathematik, Deskriptiver Geometrie, Mechanik, Experimentalphysik, Maschinenlehre, Zivildaukunde und technischer Chemie angeboten; jeder Schule wurde darüber hinaus eine Spezialisierung (Baufach, Metallgießerei bzw. Chemie) zugeordnet (vgl. Fisch, 1993, 10–11). Bayerische Gewerbs- und Landwirtschaftsschulen sollten als Vorbereitungsanstalten für die drei Polytechnischen Schulen fungieren (vgl. Kluckhohn, 1879, 49). Im Grunde wurde in Bayern somit schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts versucht, ein „Netz“ aus Institutionen zu schaffen, das aber nicht mit dem französischen vergleichbar konzipiert wurde, und in dem „mehr anschaulich als theoretisch“ unterrichtet wurde (vgl. ebd., 7). Allerdings zeigt sich hier schon das Bedürfnis nach einem gestuften, unabhängigen technischen Bildungssystem. 1833 wurde gleichzeitig „[...] eine ‚Technische Hochschule‘ als formale Zusammenfassung der Staatswirtschaftlichen Fakultät der Universität, der Akademie der bildenden Künste und der Landwirtschaftsschule Schleißheim eingerichtet“, die aber bald wieder aufgelöst wurde (vgl. Toepell, 1996, 152–153). 1864 wurde die Auflösung der drei bestehenden Polytechnischen Schulen in München, Nürnberg und Augsburg und die Gründung einer neuen Polytechnischen Schule in Mün-

chen beschlossen (vgl. Hashagen, 2003, 39), was 1868 realisiert wurde. Bei ihrer Wiedereröffnung hatte die Münchner Schule ein entscheidendes Merkmal mit der Polytechnischen Schule in Karlsruhe gemeinsam: Sie bestand aus fünf Fachschulen. Wie sich später zeigen wird, waren zu diesem Zeitpunkt im 19. Jahrhundert die meisten der anderen betrachteten Institutionen bereits auch so organisiert. Zuvor wurde der Unterricht in München klassenweise abgehalten.

Die Polytechnische Schule in **Karlsruhe** beschriftet zwar in vielerlei Hinsicht einen Sonderweg unter den höheren technischen Bildungsanstalten in Deutschland, dennoch sollten sich die anderen sieben Institutionen im Laufe des 19. Jahrhunderts an die Organisation und Struktur in Karlsruhe angleichen, wahrscheinlich auch weil diese um die Mitte des 19. Jahrhunderts als „die führende polytechnische Schule in Deutschland“ galt (vgl. König, 1990, 30). Die Polytechnische Schule in Karlsruhe war das Resultat der Fusion der Bauschule von F. Weinbrenner (siehe Kapitel 3.1) und einer Ingenieurschule und wurde mit expliziter Referenz nach dem Vorbild der *École Polytechnique* konzipiert (vgl. Scharlau, 1990, 175), wies aber signifikante Unterschiede zu ihrer designierten Vorbildinstitution auf. Bezüglich der internen Organisation ähnelte die Karlsruher Schule anfänglich eher einer Sekundarschule als einer Institution für höhere Bildung, einerseits wegen des Eintrittsalters (15 Jahre) und andererseits wegen der strengen Einteilung in Klassen (vgl. Schubring, 1990, 273). In den ersten Jahren bestand die Schule aus folgenden Klassen, die auch in dieser Reihenfolge durchlaufen wurden: „1. Allgemeine Klasse, als Vorschule für die, welche in eine der folgenden Klassen übergehen wollen. 2. Mathematische Klasse. 3. Handels- und Gewerbs-Klasse“; weiterhin bestanden zwei Fachschulen, eine für das Ingenieurfach, eine für die „bürgerliche Baukunst, als Gegenstand des Gewerbes“ (vgl. Hotz, 1975, 10–11). Die von Beginn an integrierte Handels- und Gewerbeklasse bildete „[...] das Schlußstück des gewerblichen und technischen Schulgebäudes [...], das dem Unterbau zeitlich voranging. Denn Gewerbeschulen als die Mittelstufe des Gebäudes kamen nach einigen privaten Vorläufern [...] erst nach der Verordnung über die Gewerbeschulen von 1834 zustande“ (vgl. Fischer, 1962, 167). Hier zeigt sich, dass sich die Polytechnische Schule in Karlsruhe

nicht in ein Netz aus Institutionen der höheren technischen Bildung einfügte, sondern noch einige Zeit recht isoliert existierte, und zwar als „Schlussstück“ der technischen Ausbildung und nicht wie in Paris als Vorbereitung für weitere spezialisierte technische Studien. Insbesondere organisierte sie durch die Integration sowohl der allgemeinen als auch der mathematischen Klasse die Vorbildung für die späteren Fachstudien am Polytechnikum selbst. 1843 kam eine dritte „allgemeine mathematische Klasse“ hinzu; in allen drei mathematischen Klassen wurden auch allgemeinbildende Fächer unterrichtet (vgl. Renteln, 2000, 5–7).¹¹

Schon sieben Jahre nach ihrer Gründung weist die Polytechnische Schule „Hochschulcharakter“ auf: Zum einen ergänzte der Lehrkörper sich selbst und wählte den Direktor, zum anderen bestand sie ab 1832 aus einer Vorschule, mathematischen Vorklassen und fünf Fachschulen (Ingenieur-, Bau-, Forst-, Höhere Gewerbe- oder Handelsschule) mit jeweils ein- bis dreijährigem Kurs (vgl. ebd., 5, 8). Die Vorschule bot zwei vorbereitende Kurse u. a. in Mathematik, Zeichnen und Physik, in den Grundlagen der technischen Bildung (vgl. Stäckel, 1915, 7) an; sie kann mit einer Realschule verglichen werden, weil sie beispielsweise auch denjenigen zugänglich war, die sich auf die gewerbliche Praxis durch „höhere“ Bildung vorbereiten, aber im Anschluss nicht die Polytechnische Schule selbst besuchen wollten (vgl. Schnabel, 1925, 33). Das Eintrittsalter für die Vorschule betrug zu dieser Zeit 13, für die mathematischen Klassen 15 und für eine der fünf Fachschulen 17 Jahre (vgl. Renteln, 2000, 5). Ein eindeutiger Unterschied zur *École Polytechnique* war nach dieser Reorganisation also das geringe Eintrittsalter. Auch die Einbindung der fünf Fachschulen konstituierte einen entscheidenden Unterschied zum proklamierten Vorbild. Zwar hatte man das Konzept der vorbereitenden mathematischen Studien durch die mathematischen Klassen übernommen, „[v]erpflichtet zu ihrem Besuch waren freilich nur die Schüler, die Ingenieure

¹¹Im Studienjahr 1854/55 machten beispielsweise die allgemeinbildenden Fächer (Religion, Deutsch, Französisch und Weltgeschichte) in der ersten mathematischen Klasse die Hälfte des Lehrpensums aus, in der zweiten gab es insgesamt neun von 37 Stunden (Weltgeschichte fiel weg) und in der dritten dann noch sechs von über 40 Lehrstunden Französisch und Englisch (vgl. Renteln, 2000, 6–7). Die Anteile verschiedener Fächergruppen am Lehrpensum aller hier betrachteten Unterrichtsanstalten werden in Kapitel 5 aufgezeigt.

werden wollten; die Schüler der höheren Gewerbeschule brauchten nur den ersten Jahreskursus mitzunehmen, die der anderen Schulen nur einzelne Fächer der Klassen“ (vgl. Stäckel, 1915, 8). An der Polytechnischen Schule in Karlsruhe wurden nämlich von Anfang an – auch aus Kostengründen – Ingenieure, Architekten, Baumeister, höhere Staatsbeamte, Gewerbetreibende und Handwerker zusammen ausgebildet (vgl. Lipsmeier, 1971, 94–96), wohingegen an den meisten der sieben anderen Institutionen die Ausbildung auch von Beamten erst zu einem späteren Zeitpunkt des 19. Jahrhunderts etabliert wurde.¹² Die Polytechnische Schule in Karlsruhe kann als eine Vereinigung verschiedener Fachschulen gesehen werden. Im Fall von Karlsruhe bezog sich der Begriff „polytechnisch“ also eher auf die Vereinigung verschiedener technischer Disziplinen als auf deren gemeinsame Grundlagen, die Mathematik und die Naturwissenschaften, wie in Frankreich. Andererseits kann es sich bei der Benennung als „Polytechnische“ Schule um einen Legitimierungsversuch über die Assoziation des Begriffs „polytechnisch“ mit der angesehenen Pariser Institution gehandelt haben. König behauptet, dass sich die Karlsruher Polytechnische Schule von allen deutschen höheren technischen Bildungsinstitutionen am stärksten an das durch die *École Polytechnique* verkörperte französische Vorbild anlehnte, weil die in dem Unterbau (allgemeine und mathematische Klassen) vermittelte mathematisch-naturwissenschaftliche Vorbildung auf einem relativ hohem Niveau stand und die Polytechnische Schule in Karlsruhe dadurch „[...] am reinsten den in Frankreich entwickelten Zugang zur Technik über Mechanik und Mathematik“ verkörperte (vgl. König, 1990, 30). Neben dem bereits erwähnten geringen Eintrittsalter spricht laut Lipsmeier gegen diese Behauptung, dass die Schülerschaft sowohl aus zukünftigen Handwerkern als auch zukünftigen Ingenieuren bestand, also eine Trennung dieser Lehrziele noch nicht vollzogen war (vgl. Lipsmeier, 1971, 104–105). Insbesondere wurde in den ersten vorbereitenden Klassen eher Elementar- als höhere Mathematik gelehrt. Schnabel und Manegold sehen die entscheidende konzeptionelle Gemeinsamkeit mit der *École Polytechnique* in der Trennung

¹²Eine Ausnahme bildet München, wo von zwei Dritteln der Schüler der Polytechnischen Zentralschule die Beamtenlaufbahn eingeschlagen wurde und „von einem Ausstrahlen auf das private Gewerbe“ nicht die Rede sein konnte (vgl. Fisch, 1993, 7–8).

der höheren technischen Ausbildung von derjenigen an der Universität, also der Anerkennung des Bedarfs an einer eigenen, von derjenigen an den Universitäten praktizierten unterschiedlichen Lehrart (vgl. Schnabel, 1925, 24; Manegold, 1970, 39).

Zusammenfassend lässt sich das Prinzip, nach dem höhere technische Bildung in Karlsruhe an der Polytechnischen Schule organisiert wurde, folgendermaßen darstellen: Sie bestand unabhängig vom bestehenden Bildungssystem (Sekundarschulwesen und Universität), organisierte u. a. deswegen die Vorbildung ihrer Schüler selbst und teilte ihre breite Zielgruppe dann entsprechend ihrer beruflichen Ziele in Fachschulen ein. So übernahm eine Institution die gesamte theoretische Ausbildung für unterschiedlichste (im weitesten Sinne technische) Berufe.

4.3.1.2 Höhere Gewerbeschulen

Bei der Polytechnischen Schule in Karlsruhe handelt es sich u. a. auch deswegen um einen „Sonderweg“, weil in Deutschland im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts mehrheitlich (Höhere) Gewerbeschulen gegründet wurden. Zwar spielte auch bei der Karlsruher Gründung die „Förderung der heimischen Gewerbe“ eine maßgebliche Rolle, allerdings gestaltete sich der Unterricht an den Höheren Gewerbeschulen anfänglich anders. Wie in Abschnitt 4.2 bereits erwähnt wurde, existierten in den deutschen Staaten schon – man könnte sagen „niedere“ – Gewerbeschulen, die im Zuge der Gewerbeförderung aus der Überzeugung heraus gegründet worden waren, dass auch der beruflichen Praxis ein allgemeiner Unterricht vorausgehen sollte. Diese Schulen können als alternativer Bildungsgang auf Sekundarschulebene gesehen werden, also als Alternative zum allgemeinbildenden Schulsystem. Auch an den Höheren Gewerbeschulen in Stuttgart und Darmstadt wurden – wie in Karlsruhe – beispielsweise anfänglich noch „allgemeinbildende“ Fächer in den ersten Jahren der Ausbildung („Allgemeine“ oder vorbereitende Klassen genannt) neben den technischen Fächern, Mathematik und Naturwissenschaften unterrichtet. Die allgemeinbildenden Fächer wurden z. B. in Stuttgart integriert, um eine „gesellschaftliche Gleichberechtigung“ zu erzielen (vgl. Zweckbronner, 1987,

85), da die Schüler häufig noch sehr jung waren und dementsprechend früh aus dem allgemeinbildenden Schulsystem austraten. Die entscheidenden Unterschiede zur Polytechnischen Schule in Karlsruhe finden sich in Organisation und Aufbau, aber auch die vier hier betrachteten Institutionen unterscheiden sich untereinander hinsichtlich der Realisierung der höheren technischen Ausbildung für die berufliche, insbesondere gewerbliche Praxis.

Das Gewerbeinstitut¹³ bzw. die Gewerbeakademie (ab 1866 so genannt) in **Berlin** war die einzige der hier betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen, die zu keinem Zeitpunkt „Polytechnische Schule“ hieß. Die anderen drei Höheren Gewerbeschulen wurden im Laufe des 19. Jahrhunderts in „Polytechnische Schule“ umbenannt: Stuttgart und Hannover relativ früh in den 1840er Jahren, Darmstadt erst 1868. Das Berliner Modell der technischen Bildung unterscheidet sich außerdem von den anderen sieben in der Hinsicht, dass dort bis zur Gründung der Technischen Hochschule 1879 die Ausbildung zukünftiger Staatsdiener von der Ausbildung derjenigen, die in die Privatindustrie übergangen, getrennt war. Der „preußische Sonderweg“ war wie folgt: „Künftige Staatstechniker studierten an der 1799 gegründeten Berliner Bauakademie, Industrietechniker an der 1821 gegründeten Gewerbeschule [...]“ (König, 1990, 30). An den anderen drei Gewerbeschulen in Stuttgart, Hannover und Darmstadt wurden, nicht unbedingt von Beginn an, aber vor der Erreichung des Status einer Technischen Hochschule, auch zukünftige Beamte ausgebildet.

Berlin bildet eine weitere „Ausnahme“ in der gesamten Gruppe der höheren technischen Bildungsanstalten in der Hinsicht, dass in Preußen parallel, also im Vergleich zum Rest des Deutschen Bundes bzw. Reiches sehr früh, eigene externe Vorbildungsanstalten für den technischen Sektor gegründet wurden. In anderen deutschen Staaten wurde die Vorbildung der Schüler anders organisiert: Entweder integrierte man in der Institution selbst die Lehre

¹³Obwohl das Gewerbeinstitut bzw. die Gewerbeakademie in Berlin zunächst unter dem Namen „Königlich Technisches Institut“ gegründet wurde, wird die Institution hier zusammen mit den anderen drei Höheren Gewerbeschulen aufgeführt, da der Gewerbeaspekt, also die Vorbildung für die gewerbliche Praxis mit dem Ziel der „Belebung der Gewerbe“ (vgl. Warschauer, 1904, 182), vorherrschend war und die Institution insgesamt 52 Jahre den Titel Gewerbeinstitut bzw. -akademie trug.

dessen, was als elementare Grundbildung galt (z. B. in Karlsruhe), oder es existierten bereits „Realschulen“ o. Ä., an die sich die „neuen“ Institutionen anschlossen bzw. teilweise (wie z. B. in Stuttgart und Darmstadt) wurden diese ihnen sogar „aufgefropft“ (vgl. König, 1981, 49). In Preußen hingegen sollten sogenannte Provinzialgewerbeschulen „[...] eine gehobene Berufsbildung vermitteln und zum Eintritt in das Berliner Institut vorbereiten“ (vgl. Knobloch, 1981, 43). So könnte der Umstand erklärt werden, dass in Berlin im Gegensatz zu den anderen höheren technischen Bildungsanstalten keine allgemeinbildenden Fächer gelehrt wurden (vgl. Dobbert, 1899, 76–77). Die Zielgruppen dieser Provinzialgewerbeschulen waren niedere Techniker und Handwerker, „[...] wobei die besten Absolventen ihre Ausbildung auf dem Gewerbeinstitut fortsetzen sollten“ (vgl. König, 1990, 30). Im Unterschied zur *École Polytechnique* wurden die Berliner Anstalten also nicht zur Vorbereitung auf höhere technische Studien gegründet, sondern waren selbst „Fachschulen“, die vorbereitende Anstalten benötigten. Für die anderen sieben höheren technischen Bildungsinstitutionen gilt ebenfalls, dass sie „am Ende der technischen Ausbildung“ standen.¹⁴ Die Zulassung „nur“ von Absolventen von vorgeschalteten technischen Schulen – also in Berlin von Provinzialgewerbeschulen – habe dafür gesorgt, dass das Gewerbeinstitut und ebenso die Höhere Gewerbeschule bzw. Polytechnische Schule in Hannover, für die es solche Anstalten auch gegeben haben soll, ein höheres Niveau als andere Institutionen hatten (vgl. Schubring, 1989, 179). Allerdings musste man für die Aufnahme in die „Hauptschule“ der Polytechnischen Schule in Hannover entweder die Realschule, die Sekunda eines Gymnasiums oder die „Vorschule“ der Institution selbst absolviert haben (vgl. Binder, 1984, 71). Es wurden also nicht nur Absolventen beispielsweise der Realschule zugelassen. Weiterhin gab es im Königreich Hannover 1853 in 27 Städten (niedere) Gewerbeschulen, die nicht die Vorbildung für die Höhere Gewerbeschule leisteten, sondern eigenständig Handwerker schulisch an Sonntagen bildeten (vgl. ebd., 63). Die Höhere Gewerbeschule in Stuttgart war zunächst an eine

¹⁴Dass hier aber keineswegs von einem vergleichbaren Niveau mit der *École Polytechnique* die Rede sein kann, wird zu einem späteren Zeitpunkt in diesem Abschnitt bzw. in dieser Arbeit noch geklärt.

Realschule angebunden und nach deren Loslösung wurde eine Art Vorschule in Form eines Schuljahres integriert. Bei der Gründung der Höheren Gewerbeschule in Darmstadt wurde gleichzeitig die bestehende Realschule um eine Klasse erweitert (vgl. Scharlau, 1990, 78), was bedeuten könnte, dass diese mit der adäquaten Vorbildung beauftragt gewesen war.¹⁵

Das Berliner Gewerbeinstitut wurde gegründet, um die Ausbildung des gewerblichen Nachwuchses zu gewährleisten; zu diesem Zweck sollten allgemeine Bildung und die für den praktischen Gewerbebetrieb nötigen technischen Kenntnisse vermittelt werden (vgl. Scharlau, 1990, 16).¹⁶ Dementsprechend zeichnete sich die Berliner Institution insbesondere anfänglich durch eine praxisbezogene und empirische Ausrichtung des Unterrichts aus, die durch einen hohen Anteil an Werkstattarbeit geprägt war (vgl. König, 1999, 16). Ursprünglich sollten hier auch die Lehrer für die Provinzialgewerbeschulen ausgebildet werden (vgl. Schon, 1999, 87). Der Unterricht am Berliner Gewerbeinstitut fand klassenweise – 1821 bis 1826 in zwei und ab dann in drei Klassen – statt (vgl. Knobloch, 1981, 44). „Die Zöglinge [...] waren 12 bis 16 Jahre alt und unterstanden militärischer Disziplin. Sie hatten zwei Kurse, einen unteren und einen oberen, durchzumachen [...]“ (Schnabel, 1925, 18). Nach einer Reorganisation im Jahre 1849 konnte man im Alter von 17 bis 27 Jahren in die Schule eintreten und musste eine einjährige berufliche Praxis und den Abschluss einer Provinzialgewerbe-, einer Realschule oder sogar eines Gymnasiums vorweisen; es bestanden weiterhin drei Klassen, wovon die erste gemeinschaftlich von allen Schülern besucht wurde und in der zweiten und dritten teilweise nach Fächern (Mechaniker, Chemiker und Bauhandwerker) unterrichtet wurde (vgl. Binder, 1984, 78). Seit 1845 waren die Unterrichtsgegenstände in „Fachabteilungen“, also nach Berufsgruppen, eingeteilt

¹⁵Die Berliner Bauakademie, die in dieser Arbeit nicht näher betrachtet wird, forderte schon seit 1802 den erfolgreichen Abschluss der dritten Klasse des Gymnasiums (die Schüler waren also in der Regel 15 Jahre alt); hier wurden ja auch Beamte herangezogen (vgl. Schnabel, 1925, 17).

¹⁶Die Bezeichnung „allgemeine Bildung“ muss sich hierbei auf die Grundlagenfächer der Technik, also die Mathematik und die Naturwissenschaften, beziehen, weil, wie zuvor geschildert wurde, am Gewerbeinstitut keine allgemeinbildenden Fächer unterrichtet wurden.

worden.¹⁷

König sagt dem Gewerbeinstitut ein eher „niedriges theoretisches Niveau“ nach; man legte „großen Wert auf [eine; NB] möglichst praxisnahe Ausbildung“ (vgl. König, 1990, 31). Auch Schnabel schreibt, dass bei der Gründung beider Berliner Institutionen als Fachschulen eine „mathematisch-wissenschaftliche Fundierung des Studiums und der sich daraus ergebende einheitliche Aufbau des technischen Unterrichts“ nicht maßgebend war: „So handelte es sich denn hier auch um die Bedürfnisse des Handels- und Gewerbetreibenden nach einer gründlicheren praktischen Vorbildung in den für sie wichtigen Zweigen der Technik“ (Schnabel, 1925, 15). Dementsprechend „dürftig“ blieb die mechanisch-wissenschaftliche Grundlegung und den beiden Berliner Institutionen „fehlten die zwei wesentlichen Bestandteile einer hohen Schule: die Wissenschaftlichkeit und die Einheitlichkeit“ (vgl. ebd., 19). Erst 1845 hatten sich die beiden Berliner Institutionen „auf eine höhere wissenschaftliche Grundlage gestellt und sich mehr dem Range einer Hochschule genähert“ (vgl. Manegold, 1966, 196).

Mit der Gründung der Polytechnischen Schule in **Stuttgart** verfolgte man das Ziel „eine wissenschaftliche Vorbildung für die Gewerbe im Allgemeinen“ anzubieten (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 12) und nicht „die vollständige Ausbildung für einzelne Gewerbebranchen“ (vgl. Zweckbronner, 1987, 74). So sollten an dieser Institution die „soliden“ Grundlagen für die technische Bildung von Fabrikanten, Kaufleuten, Apothekern, Berg- und Hüttenmännern, Baumeistern, Reallehrern (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 12), Handwerkern, Land- und Forstwirten und Militärschülern unterrichtet werden (vgl. Zweckbronner, 1987, 74). Realisiert wurde dieser Gedanke 1829 zunächst durch die Einführung einer zusätzlichen achten „Gewerbsklasse“ in die bereits bestehende Realschule, die man somit im Alter von 15 bis 16 Jahren besuchen konnte (vgl. ebd., 74). Der Lehrplan der vorher bestehenden Realschule wurde in Richtung der Mathematik und Naturwissenschaften, die als „unentbehrlichste Grundlage jeder Gewerbs-Lehre“ galten, angepasst: „Vor allem die Unterrichtsstunden in Latein, Französisch und Deutsch wurden verringert zugunsten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer:

¹⁷<https://cp.tu-berlin.de/history>

Rechnen, [...] Arithmetik, Algebra, Geometrie, Naturgeschichte und Naturlehre“, wobei sich der Lehrplan allerdings an der Fassungskraft und am Alter der Schüler orientierte (vgl. ebd., 74). Folglich war beispielsweise der Mathematikunterricht recht elementar. Weiterhin wurde dieser nicht von „ausgewiesenen Mathematikern“ erteilt (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 12). Durch die Ausrichtung auf die „mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen der Gewerbe“ distanzierte man sich vom bestehenden Berechtigungssystem verkörpert durch das Gymnasium als Vorbereitung für die Universität; „[...] die Real- und Gewerbeschule diente der wissenschaftlichen Vorbildung des sogenannten Mittelstandes [...]“ (vgl. Zweckbronner, 1987, 74). Die Vereinigte Real- und Gewerbeschule bestand in dieser Form allerdings nur drei Jahre bis sie 1832 bereits reorganisiert wurde:

Die 7. Klasse der Realschule wurde abgetrennt und zwei Jahreskurse wurden angehängt. Es entstand eine selbständige „Gewerbeschule“. In dieser nun dreijährigen Schule besuchten alle Schüler im ersten Jahr alle Fächer, in den beiden folgenden Jahren konnten sie sich für eine Fachrichtung entscheiden: mechanisch-technisch, chemisch-technisch, Kaufleute oder Lehramt¹⁸. (Böttcher & Maurer, 2008, 12–13)

Es zeigt sich also auch in Stuttgart schon relativ früh eine Art Fachschulstruktur innerhalb der höheren technischen Bildungsanstalt. Während des ersten Jahres „[...] wurden mathematische Kenntnisse aufgefrischt und erweitert, erste Zeichen- und Modellierkurse abgehalten und im übrigen sprachliche und allgemeinbildende Lerninhalte dargeboten“; die Integration von sprachlichen und allgemeinbildenden Fächern sollte das niedrige Eintrittsalter (von 14 Jahren) und die folglich geringen Grundkenntnisse kompensieren, die außerdem recht verschieden waren, weil die Schülerschaft sowohl aus Schülern von Real- als auch Lateinschulen bestand (vgl. Zweckbronner, 1987, 84). Dementsprechend wurde noch immer ausschließlich elementare Mathematik unterrichtet (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 13). Durch die Abtrennung von

¹⁸Hierbei handelt es sich um das Lehramt an Real- oder Gewerbeschulen. Für die Ausbildung von Gymnasiallehrern war noch lange Zeit die Universität zuständig.

der Realschule wurde gleichzeitig der Versuch unternommen, die an der Höheren Gewerbeschule vermittelte Bildung der Gymnasialbildung gleichzustellen (vgl. Zweckbronner, 1987, 77).

Bei der Umbenennung in Polytechnische Schule 1840 könnte es sich um einen programmatischen Schritt gehandelt haben, da diese keine maßgebenden strukturellen Änderungen mit sich brachte, außer dass der Lehrgang auf vier Schuljahre erweitert wurde und dass in der dritten Klasse nun regulär „Höhere Analysis“ unterrichtet wurde (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 13). Es scheint eine Erweiterung des Fächerkanons in Richtung der höheren Mathematik gegeben zu haben, allerdings sollten in Stuttgart die entscheidenden Veränderungen in Richtung einer Technischen Hochschule erst ab der Mitte der 1840er Jahre, und zwar durch die Anhebung des Eintrittsalters auf immerhin 15 Jahre, die Unverbindlichkeit der Studienpläne und die Abgabe des einjährigen Vorbereitungsunterrichts an die Realschulen (vgl. Zweckbronner, 1987, 135), einsetzen und in einer Neuorganisation im Jahre 1862 gipfeln, nach der dann fünf Jahreskurse, davon zwei untere mathematische und drei obere technische in vier verschiedenen Fachschulen, bestanden und das Mindestalter für erstere 16 und letztere 18 Jahre betrug (vgl. ebd., 137). Für die untere mathematische Abteilung mussten die Schüler jetzt eine Aufnahmeprüfung in Mathematik und diversen allgemeinbildenden Fächern bestehen; die Wahl der Vorlesungen in den oberen technischen Fachschulen blieb weiterhin frei (vgl. ebd., 137–138).¹⁹

Die Höhere Gewerbeschule in **Hannover** erhielt 1847 den Namen „Polytechnische Schule“. Im Kontext dieser Umbenennung beruft sich Scharlau auf die Vorbildfunktion der *École Polytechnique* (vgl. Scharlau, 1990, 149), wohingegen Treue sich von dieser distanziert:

Das inzwischen mächtig aufgeblühte Institut der *École Polytechnique* konnte für das kleine, vorwiegend agrarische und im ganzen nicht eben wohlhabende Hannover von vornherein nicht als Vorbild dienen. Auch gab es anders als in Baden zu Tullas Zeit keinerlei natürliche Verbindung zu Frankreich, die eine Übernah-

¹⁹Im nachfolgenden Kapitel 4.4 wird auf die Lernfreiheit an deutschen höheren technischen Bildungsanstalten noch genauer eingegangen.

me von Ideen aus Paris nahegelegt hätte. Eine solche bestand viel eher zu England; aber dort gab es zu jener Zeit kein technisches Hochschulwesen. (Treue, 1956, 51)

Tatsächlich scheint man sich in Hannover anfänglich weder an der *École Polytechnique* noch an zu diesem Zeitpunkt bereits bestehenden deutschen Institutionen orientiert zu haben. Dass die technische Bildungsinstitution in Hannover eine Sonderrolle innerhalb der deutschen technischen Bildungsanstalten innehatte, zeigt sich auch in der Tatsache, dass sie neben Berlin nicht in Schödlers Werk (Schödler, 1847) über höhere technische Bildungsanstalten aufgenommen wurde, obwohl die nachfolgend beschriebenen Strukturen prinzipiell auf eine Institution „höherer technischer Bildung“ schließen lassen. Sie unterschieden sich anfänglich nur stark vom Aufbau der anderen Institutionen. Man hatte bei der ursprünglichen Gründung der Höheren Gewerbeschule (1831) sogar bewusst nicht die Bezeichnung „Polytechnische Schule“ gewählt, weil man sich von dem französischen Vorbild zunächst distanzieren wollte (vgl. Karl, 1993, 149). Laut Karl Karmarsch, langjährigem Direktor der Höheren Gewerbe- bzw. Polytechnischen Schule in Hannover, haben bei deren Gründung andere erfolgreiche technische Lehranstalten als Muster gedient (vgl. Karmarsch, 1831, 13) – laut Scharlau Karlsruhe und Wien (vgl. Scharlau, 1990, 149). Allerdings unterschied sich der Aufbau in Hannover von demjenigen aller bisher betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen: Es gab einen festen Stundenplan, aber der Unterricht wurde von Beginn an nicht klassenweise abgehalten, sondern nach einzelnen Fächern, deren Wahl den Schülern aufgrund unterschiedlicher Vorkenntnisse und Zwecke mehr oder weniger freigestellt wurde. Indes gab es Studienempfehlungen bezüglich der Wahl der Fächer, deren Reihenfolge und der Gesamtdauer des Studiums (vgl. Karmarsch, 1831, 28–31). Diese Empfehlungen waren aber eher verpflichtender als freiwilliger Natur (vgl. Hensel et al., 1989, 23). „Für eine allgemeine niedere Ausbildung, die für den Handwerker als ausreichend erachtet wurde, war ein zweijähriger, für die höhere Ausbildung im mechanisch- und chemisch-technischen Fache ein dreijähriger, für eine völlige Ausbildung im Baufache ein vierjähriger Lehrgang angenommen“ (Schäfer, 1904, 192). Bei Eintritt mussten die Schüler 15 (bzw. in Ausnahmen 14) Jah-

re alt sein und elementare Vorkenntnisse (Grundrechenarten, Schreiben etc.) nachweisen (vgl. Karmarsch, 1831, 34). In seinem Vorwort nennt Karmarsch Realschulen als potentielle Vorbereitungsanstalten (vgl. ebd., 12), allerdings musste deren Besuch nicht nachgewiesen und konnte durch eine Aufnahmeprüfung ersetzt werden. Die Höhere Gewerbeschule in Hannover umfasste den Unterricht in den Wissenschaften für die Gewerbetreibenden der verschiedenen Klassen und bot eine vollständige Ausbildung für Handwerker, mechanische Künstler und Fabrikanten, berücksichtigte dabei die Landwirtschaft und alle Personen, „[...] welche für ihren Beruf des Studiums der reinen und angewandten Mathematik, der Naturwissenschaften und des Zeichnens bedürfen [...]“ (vgl. ebd., 13), wobei sich der Unterricht an der beruflichen Praxis orientieren sollte: „Die wesentliche Eigenthümlichkeit des Unterrichts an dieser Anstalt ist die stete Anwendung und Beziehung desselben auf alles, was für das gemeine Leben, für die Gewerbe, und die anderen eben genannten Geschäftszweige wichtig oder interessant ist“ (ebd., 13).

Auch an der Höheren Gewerbeschule in Hannover richtete sich die Ausbildung anfangs noch nicht am Staatsdienst aus (vgl. Karl, 1993, 149). Allerdings übernahm die Höhere Gewerbeschule relativ schnell, ab 1834, inoffiziell – in der am Gewerbe ausgerichteten Programmatik wurde das „verschwiegen“ – diese Aufgabe mit, die bis dahin Militärschulen und der Universität Göttingen vorbehalten war (vgl. ebd., 150). Parallel zur Umbenennung der Höheren Gewerbeschule in Polytechnische Schule 1847 kam es dann auch zur Etablierung von Prüfungs- und Zulassungsverordnungen im Staatsbauwesen (vgl. Scholl, 1978, 97).²⁰ Die Polytechnische Schule griff diese Entwicklungen auf und schuf 1845 zum Beispiel diesen entsprechend neue Lehrvorträge (vgl. ebd., 136). Die Generaldirektion hatte maßgeblichen Einfluss auf die Lehrplangestaltung, die sich an den praktischen Bedürfnissen des Staates orientierte (vgl. ebd., 137–138). Es scheint in der Mitte des 19. Jahrhunderts einen ausgeprägten funktionalen Zusammenhang zwischen der Polytechnischen Schule und dem Staatsdienst gegeben zu haben. Somit wurden

²⁰In dieser Hinsicht war man in Hannover hinter anderen deutschen Staaten zurück: „Damit wurde in Hannover nachvollzogen, was in anderen deutschen Staaten schon länger üblich war. Preußen hatte schon im 18. Jahrhundert Prüfungen für Baubeamte und Feldmesser erlassen“ (Scholl, 1978, 97).

in Hannover in der Mitte der 1840er Jahre durch die Zuordnung zu bestimmten Ausbildungs- und Prüfungsqualifikationen die Voraussetzungen für eine „Professionalisierung“ der Berufsgruppe der höher gebildeten Techniker geschaffen. Das zum Staatsdienst bildende Profil wird 1851 dann auch von Karmarsch konkret benannt: Karmarsch proklamierte in seiner Schrift von 1851, dass die Polytechnische Schule zu „den höheren Berufszweigen der Staatsgesellschaft“ ausbildete, für Stellungen in der staatlichen Verwaltung (vgl. Karl, 1993, 150).

Erst mit der Umbenennung in Polytechnische Schule im Jahre 1847 integrierte man in Hannover eine eigene Vorschule, zu der man nun ab 16 Jahren zugelassen wurde; das Aufnahmealter für die Hauptschule betrug fortan 17 Jahre (vgl. Binder, 1984, 57, 71). In der Vorschule wurden niedere Mathematik, Naturgeschichte, Mineralogie und Handzeichnen unterrichtet (vgl. Karmarsch, 1856, 47). Für die Hauptschule galten die gleichen Bedingungen wie zuvor und die Leitlinien bzw. Studienempfehlungen wurden um das Architektenfach mit fünf und das Ingenieurfach mit sechs Jahren Studiendauer ergänzt (vgl. Treue, 1956, 56). Inzwischen gab es aber Einschränkungen – zumindest erwähnt Karmarsch solche in seinem Werk von 1831 nicht – bezüglich der Reihenfolge der Belegung der angebotenen Fächer: Beispielsweise musste man die „niedere Mathematik“ absolviert haben, bevor die „Darstellende Geometrie“ gehört werden durfte (vgl. Karmarsch, 1856, 50). Auch die Anforderungen in der reinen und angewandten Mathematik waren gestiegen (vgl. Karl, 1993, 149).

Im Gegensatz zu den anderen beiden Schulen in Stuttgart und Hannover (in den 1840ern), wurde die Höhere Gewerbeschule in **Darmstadt** recht spät, und zwar 1868, in Polytechnische Schule umbenannt; zuvor trug die Anstalt ab 1864 vier Jahre lange den Namen „Technische Schule“ (vgl. Trommsdorff, 1914, 61). Mit der Umbenennung erhielt die Darmstädter Institution das Recht zur Ausbildung von Beamten, was zuvor der Landesuniversität Gießen vorbehalten war (vgl. Jeismann & Lundgreen, 1987, 297). Insgesamt war die Entwicklung der Darmstädter Institution im Laufe des 19. Jahrhunderts „krisenhaft“: „Mehrere Male stand sie vor der Schließung, da sie bis zur Mitte der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts unter der Nachbarschaft zur Gießener

Ludwigs-Universität zu leiden hatte“ (Kändler, 2009, 31). Ab 1869 folgte das Recht zur Ausbildung von Gymnasiallehrern für Mathematik und Naturwissenschaften (vgl. Scharlau, 1990, 78).²¹ Bereits 1844 wurden Bemühungen um eine Ausweitung zu einer Polytechnischen Schule unternommen und am Ende der 1850er Jahre²² wurde die Darmstädter Institution dann entsprechend der anderen Polytechnischen Schulen (zu diesem Zeitpunkt traf dies auf Karlsruhe, München, Stuttgart, Hannover und Dresden zu) ausgebaut, was bedeutete, dass es ab diesem Zeitpunkt sieben Abteilungen (zwei allgemeine und fünf technische) gab (vgl. Scharlau, 1990, 78).²³ Vorher – seit 1849 (vgl. Darmstadt, 1995) – hatte die Schule schon aus zwei allgemeinen und drei Fachklassen (mechanisch-chemische, Bau- und Ingenieurklasse) bestanden (vgl. Binder, 1984, 73–74). Diese Struktur könnte den erwähnten „Bemühungen um eine Erweiterung zu einer Polytechnischen Schule“ ab 1844 entsprungen sein, da der Unterricht bei Eröffnung 1836 zweiklassig organisiert war (vgl. Scharlau, 1990, 78). Die Zielgruppe der Höheren Gewerbeschule in Darmstadt waren Gewerbetreibende verschiedener Klassen und zukünftige Realschullehrer: Die ersten beiden Klassen verfolgten das Ziel eines „allgemein vorbereitenden Unterrichts“; die drei Fachklassen sollten den individuellen Berufsbestimmungen entsprechend diejenigen Wissenschaften lehren, „welche den verschiedenen technischen Berufsarten mehr oder weniger als Grundlage dienen“ (vgl. Schödler, 1847, 59). Zu dieser Zeit musste man für die Aufnahme Realschulbildung vorweisen oder mindestens 15 Jahre alt sein und eine Aufnahmeprüfung ablegen (vgl. Binder, 1984, 73). Im Großherzogtum Hessen waren schon in den 1820er Jahren sechs Realschulen gegründet worden, an die die 1836 gegründete Polytechnische Schule unmittelbar anschloss (vgl. Karl, 1993, 147).

Die Umbenennung in Polytechnische Schule ging in Stuttgart und Hanno-

²¹Die Möglichkeit der Ausbildung von Gymnasiallehrern an höheren technischen Bildungsinstitutionen wird im nachfolgenden Kapitel 4.4 ausführlich thematisiert. Wie bereits erwähnt war diese lange den Universitäten vorbehalten.

²²Laut Scharlau geschah dies im Jahr 1859 (vgl. Scharlau, 1990, 78), allerdings findet sich bei Trommsdorff eine „Lehrverfassung der vier technischen Fach-Classen an der höheren Gewerbeschule zu Darmstadt“ aus dem Jahr 1858 (vgl. Trommsdorff, 1914, 61).

²³Auch an dieser Stelle sei auf die eben genannte Verordnung verwiesen, die von vier Fachklassen spricht.

ver jeweils mit einer „Erweiterung“ der Institution einher (in Stuttgart kam eine Klasse und in Hannover die Vorschule hinzu), wohingegen in Darmstadt kurz nach der Umbenennung die Ausbildung von Beamten möglich wurde. In Stuttgart und Darmstadt wurden vor der Umbenennung in Polytechnische Schule Fachabteilungen o. Ä. integriert. Die den meisten deutschen höheren technischen Lehranstalten gemeinsamen Entwicklungstendenzen, die Angleichung aneinander durch die Organisation in Fachschulen und die Übernahme der Ausbildung von Beamten, also die Erschließung der Ausbildungsfunktion für „höhere Berufe“, im Laufe des 19. Jahrhunderts können als Charakteristika des „deutschen Prinzips“ der Organisation höherer technischer Bildung verstanden werden. Bei der späteren Umbenennung in Darmstadt könnte eine Assoziation mit diesem Prinzip Einfluss gehabt haben, wohingegen die sehr frühen Umbenennungen in Stuttgart und Hannover Legitimierungsversuche oder programmatische Schritte gewesen sein könnten, da sich dort zeitgleich keine maßgeblichen Entwicklungen vollzogen. Gemeinsam war den drei erwähnten gewerblichen Bildungsinstitutionen neben der Orientierung an der gewerblichen Praxis, dass sie zu verschiedenen Zeitpunkten eigene vorbereitende Studien integrierten, auf die dann Fachklassen, bzw. in Hannover Fachstudien, die nicht in festen „Klassen“ organisiert waren, aufbauten. In Berlin war die Vorbildung von Beginn an zwar extern organisiert, in ihrer späteren Konzeption war aber auch berufsgruppenübergreifender, gemeinschaftlicher Unterricht vorgesehen. Es zeigt sich in dieser Gestaltung der anfänglich eher klassenweise strukturierten, gewerblichen Bildungsinstitutionen für Schüler im Alter von 14 bis 16 Jahren, dass es im betrachteten Zeitraum für nötig befunden wurde, grundlegende Kenntnisse zur Vorbereitung eines technischen „Studiums“ selbst zu organisieren und dass es an einem geschlossenen, technischen Bildungssystem fehlte. Alle Schulen boten einen „allgemeinen“ Unterricht in den Fächern, die relevant für viele Berufsgruppen unter den Gewerbetreibenden waren.²⁴

²⁴Auf die Anteile verschiedener Fächergruppen am Lehrprogramm der hier betrachteten Bildungsinstitutionen wird in Kapitel 5 noch eingegangen.

4.3.1.3 Technische Lehranstalten

Die 1828 gegründete Technische Schule in **Dresden** orientierte sich anfänglich noch stark an der beruflichen Praxis von Mechanikern und war „schulmäßig“ organisiert (vgl. Scharlau, 1990, 84). Der Fokus lag auf der praktischen Ausbildung der Schüler: „Der größte Teil der Ausbildung [während der ersten Jahre des Bestehens der Schule; NB] vollzog sich nicht in den Räumen der eigentlichen Anstalt, sondern in der mechanischen Werkstatt [...]“ (Ley, 1953, 30).²⁵ Laut Koritskas machte die Werkstattarbeit einen Anteil von 48% aus, das Zeichnen circa 38% und theoretische Vorträge (ohne den Sprachunterricht) nur 12% (vgl. Binder, 1984, 98). Dementsprechend wurde der Unterricht im Organisationsplan von 1828 als „zweckmäßig“ beschrieben; im Plan von 1835 lautete das Ziel dagegen „wissenschaftlicher Unterricht“ (vgl. Pomerin, 2003, 34). Der Werkstattunterricht wurde in geringerem Umfang bis 1852 kurz nach der Umbenennung in Polytechnische Schule beibehalten (vgl. Ley, 1953, 39) und zwar mit einem Anteil von 3% (vgl. Binder, 1984, 98).²⁶ Dessen Ausmaß, insbesondere anfänglich, konstituierte einen entscheidenden Unterschied zu allen anderen hier betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen. Gemeinsam ist der Dresdener Institution mit den meisten anderen hier betrachteten Anstalten die Integration allgemeinbildender, in diesem Fall sprachlicher, Fächer: Deutsch, Englisch und Französisch wurden unterrichtet und zwar fast immer durchgängig in allen Klassen (vgl. Schödler, 1847, 69; Binder, 1984, 75), was in Konsequenz aber wenig Zeit für die theoretische Ausbildung in den technischen Fächern ließ. Ab 1840 beschäftig-

²⁵Das Werk *125 Jahre Technische Hochschule Dresden*, aus welchem der Beitrag von Ley und auch der später zitierte Beitrag von Willers stammen, ist wegen seiner ideologischen Prägung und der damit verbundenen teilweise fehlenden wissenschaftlichen Fundierung kritisiert worden (vgl. König, 1981, 56). Die beiden zitierten Beiträge werden an dieser Stelle dennoch für institutionelle und strukturelle Eckdaten benutzt, da sich diese mit anderen Autoren decken.

²⁶In den ersten Jahren des Bestehens der Dresdener Institution erfuhr der Organisationsplan zehn Reorganisationen, „bei jeder folgenden wurde die Prozentzahl für die praktisch-mechanischen Arbeiten herabgesetzt; die für die beiden anderen Zweige erhöht, so entfielen nach dem Plan von 1837 auf theoretische Vorträge 25%, auf Zeichnen 39%, auf Modellieren 26%. Nach dem letzten Plan von 1852 aber entfallen auf theoretische Vorträge 41%, auf Zeichnen 48%, auf Modellieren 3% (das Modellieren in Holz und Metall ist ganz aufgegeben)“ (vgl. Binder, 1984, 98).

te man sich damit, „die Anstalt in Niveau und Namen den Polytechnischen Schulen in Wien, Karlsruhe, Hannover usw. anzugleichen. Die schulmäßige Einteilung in Klassen wurde aufgehoben, die Schüler gingen vom Unterricht zur Vorlesung über [...]“ (Treue, 1956, 51).

Zu Beginn fand der Unterricht in drei verschiedenen Abteilungen statt: In der ersten wurden Mechaniker und Handwerker, in der zweiten zukünftige Fabrikanten, Künstler usw. und in der dritten Abteilung Gesellen, Meister, Fabrikaufseher usw. unterrichtet (vgl. Ley, 1953, 31). 1833 war die Schule dem Ministerium des Innern unterstellt worden und erhielt eine untere und eine obere Abteilung – in Schödlers Bericht von 1847 sind vier untere und zwei obere jeweils einjährige Klassen aufgeführt (vgl. Schödler, 1847, 68–69) – wobei die untere einer niederen Gewerbeschule entsprach und die obere „wissenschaftliche Vertiefung“ anstrebte (vgl. Ley, 1953, 32). Laut Pommerin geschah dies erst 1835 (vgl. Pommerin, 2003, 35). Auch später entsprach die untere Abteilung im Prinzip noch einer eigenständigen Bildungsinstitution, weil sie „[...] nicht nur zur Vorbereitung für den Eintritt in die obere Abtheilung, sondern auch zur selbstständigen allgemeinen Ausbildung für den rationellen praktischen Gewerbebetrieb bestimmt“ war, wohingegen die obere Abteilung die Ausbildung höherer Techniker bezweckte (vgl. Schödler, 1847, 66).

Schon in den 1830er Jahren wurde die technische Ausbildung an der Technischen Schule in Dresden „an die Vorbildung der vorhandenen Bürger- und Realschulen und die niederen Gewerbeschulen“, wovon es insgesamt drei gab, angeschlossen (vgl. Ley, 1953, 32). Man konnte sich in Dresden also zwischenzeitlich in ein bereits bestehendes Netz aus Institutionen eingliedern, wobei der inhaltliche Einstieg in der Institution selbst dennoch recht niedrigschwellig war, da das Mindesteintrittsalter noch in den 1840er Jahren 14 Jahre betrug (vgl. Schödler, 1847, 67). Ebenfalls in den 1830er Jahren wurde kurzzeitig die Bindung an feste Stundenpläne aufgehoben (vgl. Ley, 1953, 32). Aus einer Bekanntmachung von 1846 geht hervor, dass die Schule sich dann die „vollständige Ausbildung wissenschaftlicher Techniker, sowohl für das Gewerbeleben, als für einen sonstigen bezüglichen privaten oder öffentlichen Beruf, durch einen, alle hierzu erforderlichen Haupt- und Nebenwissenschaften in

zwei Abtheilungen umfassenden Kursus“ zum Ziel setzte und außerdem „die beschränktere technische Ausbildung Derjenigen, welche sich der rationellen Ausübung eines mehr praktischen als wissenschaftlichen Berufs im Bereich der Gewerbe zu widmen gedenken“ (vgl. Schödler, 1847, 65). Die Formulierung der beruflichen Zielgruppen wurde also allgemeiner und die Ausbildung für den Staatsdienst wurde zwar schon erwähnt, die Ablegung der „Staatsprüfung der Techniker auf Grund der an der Anstalt erlangten Bildung“ wurde aber erst mit der Umbenennung in Polytechnische Schule 1851 möglich (vgl. Treue, 1956, 51).

Mit der Umbenennung 1851 wurde die obere Abteilung zusätzlich in drei Sektionen bzw. Fachrichtungen eingeteilt (vgl. Dresden, 2017). Auch hieraus könnte eine Assoziation zwischen der Benennung als Polytechnische Schule und der Organisation in Fachabteilungen erschlossen werden. Der Unterricht in den drei Klassen der unteren Abteilung fand gemeinschaftlich statt, in den drei Sektionen der oberen Abteilung (Mechaniker, Bauingenieure und Chemiker) geschah dies nur teilweise (vgl. Binder, 1984, 75). Die Abschlussprüfung wurde nun mit dem Abschluss eines Gymnasiums gleichgestellt, das Niveau in den technischen und naturwissenschaftlichen Fächern sei aber höher gewesen (vgl. Scharlau, 1990, 84). Die Aufnahme war zu dieser Zeit mit 15 Jahren und nach der Absolvierung einer Realschule oder Aufnahmeprüfung möglich (vgl. Binder, 1984, 75). Ab 1855 betrug die Studiendauer in den Fachabteilungen drei Jahre (vgl. Ley, 1953, 39).

Bezüglich ihres ursprünglichen Bildungszieles entsprach das Collegium Carolinum in **Braunschweig** am ehesten dem Ideal der *École Polytechnique* (vgl. Ludewig, 1995a, 119–120), weil diese Institution ursprünglich gegründet worden war, um auf weitere Studien vorzubereiten, allerdings, und in dieser Tatsache findet sich ein eindeutiger Unterschied zu den anderen sieben höheren technischen Lehranstalten, im allgemeinbildenden Schulsystem als Brücke zwischen Gymnasium und Universität. Schon bei der ursprünglichen Gründung 1745 sprach Gründer Jerusalem die Intention aus, auch diejenigen, die nicht Gelehrte werden, sondern sich den Gewerben und der Technik widmen wollten, auszubilden (vgl. Uhde, 1836, 1–2). Die Anstalt sollte „der Vermehrung des Gewerbes“ und „den mechanischen Künsten“ die-

nen, was sich aber in ihrer Ausgestaltung nicht manifestierte; im Lehrplan fanden sich nur Übungen im Zeichnen, Drechseln und Glasschleifen und die sprachlich-literarischen und Fächer wie beispielsweise Theologie und „Weltweisheit“ überwogen (vgl. Fricke, 1905, 176). Ihre ursprüngliche Rolle verlor die Institution aber 1814, da es ab dann keine Regelungen mehr über die Funktion des Collegium Carolinum im Verhältnis zum Gymnasium gab (vgl. Ludewig, 1995a, 114). 1835 wurde dann eine Technische Abteilung geschaffen und in das Collegium Carolinum integriert; in diesem Zusammenhang spricht Uhde, damaliger Vorstand der Technischen Abteilung, von einer „neuen“ Anstalt, obwohl das Collegium Carolinum bereits 90 Jahre bestanden hatte (vgl. Uhde, 1836, III). Das Collegium Carolinum umfasste von nun an die genannte technische, eine humanistische und eine merkantilistische Abteilung (vgl. ebd., 5–7). Es war vorgesehen, dass die Schüler der jeweiligen Abteilungen auch am Unterricht der anderen teilnehmen konnten, um der „Klasse der Staatsbürger“ die Gelegenheit zur „höheren wissenschaftlichen“ und „freieren“ Bildung zu geben (vgl. Ludewig, 1995a, 120).

Voraussetzung für den Eintritt war ein Mindestalter von 15 Jahren und der Abschluss eines Gymnasiums oder einer Höheren Bürgerschule, wobei letztere Schulen noch selten waren (vgl. ebd., 120–121). Aufgrund der unterschiedlichen Vorbildung und Ziele der Schüler war die Wahl der Fächer freigestellt, musste aber, wie in Hannover, mit den Lehrern abgesprochen werden (vgl. ebd., 24). „Die Fachwissenschaften am Carolinum unterteilten sich in die Gewerbswissenschaften (Maschinenlehre, Maschinenzeichnen, Technologie, technische Chemie), in die Pharmazie, die Landwirtschaft und die Bauwissenschaft“ (ebd., 123). Der Unterricht war halbjährlich und aufeinander aufbauend organisiert (vgl. Uhde, 1836, 23). Die Schülerschaft setzte sich aufgrund von Bemühungen der Ständeversammlung zu einem großen Teil auch aus nicht immatrikulierten Hörern zusammen, von denen wiederum ein hoher Prozentsatz dem Handwerkerstand entstammte (vgl. Ludewig, 1995a, 124). Trotz der durchmischten Schülerschaft stand die wissenschaftliche bzw. theoretische Ausbildung der Schüler am Collegium Carolinum im Vordergrund mit dem Ziel der „geistigen Beherrschung“ der für den späteren Beruf relevanten Teilgebiete (vgl. Uhde, 1836, 21). Dem lag die Überzeugung zu-

grunde, dass sich theoretisches Wissen in der Praxis bewähren werde; so war das Bildungsziel die „Befähigung“ der Schüler und nicht die „Abrichtung für einen bestimmten Beruf“ (vgl. ebd., 21–22). Hinsichtlich struktureller Aspekte ist das Collegium Carolinum „[...] von vornherein eine Hochschule gewesen mit ordentlichen und außerordentlichen Professoren, Dozenten, Lektoren, mit Vorlesungen und Übungen, mit akademischer Lehr- und Lernfreiheit und mit den Charakteristiken einer Technischen Hochschule [...]“ (vgl. Treue, 1956, 45).²⁷ Die hochschulähnlichen Strukturen von Beginn an erweisen sich als weiterer Unterschied zu den restlichen höheren technischen Lehranstalten in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Die Technische Abteilung des Collegium Carolinum blieb in der 1835 gegründeten Form bis 1855 erhalten, als verbindliche Lehrpläne „für Gewerbetreibende der chemischen und technischen Fachrichtungen, für Pharmazeuten, Landwirte und Architekten“ nach dem Karlsruher Vorbild eingeführt wurden, womit man auch erstmals Mindeststudiendauern festlegte (vgl. Albrecht, 1987, 71). Die Weiterentwicklung der Technischen Abteilung des Collegium Carolinum entsprechend den anderen deutschen Institutionen wurde im Übrigen lange durch die humanistische und merkantilistische Abteilung erschwert (vgl. ebd., 71–72).

Diese beiden Abteilungen wurden 1862 dann aufgelöst und die Anstalt wurde in Polytechnische Schule umbenannt (vgl. Ludewig, 1995a, 128). Ab diesem Zeitpunkt gliederte sich die Institution in acht technische Fachabteilungen (vgl. Scharlau, 1990, 58): Neben diesen Fachabteilungen für Maschinenbau, Ingenieurwissenschaft und Baukunst, das Hütten- und Salinenfach, chemische Technologie, Pharmazie, Forst- und Landwirtschaft sowie Eisenbahn- und Postdienst gab es eine „Schule für allgemeinbildende Wissenschaften und Künste“ (vgl. Albrecht, 1987, 101). In letzterer blieben einige allgemeinbildende Fächer wie „Geographie, Geschichte, Statistik, die neueren Sprachen und ihre Literatur erhalten“ (vgl. Ludewig, 1995a, 128). Die allgemeinbildenden Studien waren freiwillig, wurden aber „dringend“ empfohlen; ansonsten wurden nun „vorbereitende Grundwissenschaften und Künste nach Möglichkeit für alle“ – diese beinhalteten Mathematik, Naturwissenschaften,

²⁷ Auch an dieser Stelle sei bezüglich der proklamierten Lernfreiheit auf das nächste Kapitel verwiesen.

Zeichnen und Bossieren – und „praktische Fachstudien“ angeboten, wobei der Unterricht in den Fachwissenschaften nach Berufszweigen getrennt und durch Studienpläne, die die zu belegenden Fächer der Grund- und Fachwissenschaften, deren Reihenfolge und die Dauer des Studiums festlegten, verbindlich geregelt wurde (vgl. Albrecht, 1987, 101–102). In dieser Hinsicht entwickelte man sich in Braunschweig weg von einer Hochschulstruktur, weil die Lernfreiheit aufgehoben worden war. Mit ihrer Umbenennung und -strukturierung war der Polytechnischen Schule in Braunschweig „[...] in wesentlichen Zügen der Anschluß an die allgemeine Entwicklung des polytechnischen Schulwesens geglückt“, allerdings hatte sie in zahlreichen Punkten das Hochschulniveau wie z. B. Karlsruhe oder Zürich noch nicht erreicht (vgl. ebd., 106). Man könnte die Braunschweiger Polytechnische Schule „allenfalls eine gehobene technische Lehranstalt mit weitgehend schulischem Charakter [nennen; NB], deren Ausbildungsprogramm praktisch ausschließlich auf die Bedürfnisse des Landes zugeschnitten war“ (vgl. ebd., 186). Nach 1862 galt weiterhin das Mindesteintrittsalter von 16 Jahren und die Möglichkeiten für die Aufnahme wurden erweitert – nachgewiesen werden musste die Reife für die Prima des Gymnasiums, der Besuch des Realgymnasium (diese beiden galten außerdem als Aufnahmebedingung für den Staatsdienst) oder einer anderen höheren technischen Schule, eine Lehre inklusive vorangegangener Schulbildung oder eine Aufnahmeprüfung – die „durch die Zahl ihrer Alternativen und ihre relativ geringe Anforderungshöhe aber keineswegs in erwünschtem Maße niveausteigernd wirken konnten“; insbesondere hat nicht das Vorbild der Universitäten den Maßstab bestimmt, sondern die Ausrichtung am Staatsdienst, also an den Bedürfnissen des Landes, was sich zusätzlich unmittelbar auf den Unterricht in einigen Fächern auswirkte, weil dieser direkt auf die staatlichen Prüfungen bzw. Beamtenlaufbahnen vorbereitete (vgl. ebd., 102–104).

Die beiden „technischen“ Bildungsinstitutionen, aus denen sich im Laufe des 19. Jahrhunderts die Technischen Hochschulen in Dresden und Braunschweig entwickeln sollten, verkörperten vor ihren jeweiligen Umbenennungen in Polytechnische Schule geradezu gegensätzliche Bildungskonzepte: In Dresden war der Unterricht primär praktisch, in Braunschweig sollte er wissenschaftlich sein. Einzelnen betrachtet finden sich jeweils auch wenige Gemein-

samkeiten mit den anderen sechs Institutionen. Die ursprüngliche Benennung als „technische“ Schulen könnte dem Versuch einer Abgrenzung von „gewerblichen“ Schulen geschuldet gewesen sein, die zu diesem Zeitpunkt für „berufliche Allgemeinbildung“, also für einen Bezug zur beruflichen Praxis, als Alternative zum allgemeinbildenden Schulsystem standen. In Dresden schien hingegen die konkrete Orientierung an bestimmten Berufsgruppen anfänglich ein Desiderat gewesen zu sein – anstatt eine „berufliche Allgemeinbildung“ zu vermitteln. In Braunschweig wollte man wissenschaftliche Bildung also theoretisches Wissen, im Prinzip die wissenschaftlichen Grundlagen der Gewerbe vermitteln. Ab dem jeweiligen Zeitpunkt der Umbenennung adaptierten die beiden Anstalten aber den „Karlsruher Weg“ durch die Integration von technischen Fachabteilungen. Im Fall der Dresdener Institution hat man sich auch ausdrücklich auf „deutsche“ Vorbilder berufen, was dafür spricht, dass sich bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts ein „deutsches“ Prinzip der Organisation höherer technischer Bildung etabliert hatte. Mit der Umbenennung in Dresden war man dem „wissenschaftlichen“ Unterricht durch die Reduzierung des Werkstattunterrichts und den entsprechend erhöhten Anteilen an theoretischen Vorträgen, näher gekommen, den man dort schon seit 1835 beworben hatte. Im Fall von Braunschweig scheint es so, als hätte die Bildungsinstitution durch die Übernahme des „etablierten und erfolgreichen deutschen Systems“ höherer technischer Bildung das erste Mal, nachdem sie 1814 ihre ursprüngliche Rolle als Bindeglied zwischen Gymnasium und Universität verloren hatte, wieder eine konkrete Funktion im Bildungssystem erhalten.

4.3.2 Merkmale des „deutschen“ höheren technischen Unterrichtswesens um die Jahrhundertmitte

Wie sich gezeigt hat, gibt eine Zuordnung über die Bezeichnungen der verschiedenen höheren technischen Institutionen keinen Aufschluss über deren Organisationsform. Vielmehr bestätigt sich der Eindruck, dass es sich bei jeder einzelnen der Ursprungsinstitutionen der acht deutschen Technischen Hochschulen um einen Einzelfall gehandelt hat. Eine Angleichung der Institutionen im Laufe des 19. Jahrhunderts im Zuge der Entwicklung zu Techni-

schen Hochschulen geschah bei einigen Institutionen durch die Orientierung an der Karlsruher Polytechnischen Schule, die sich zu einem eigenen „deutschen Urbild“ für die Organisation höherer technischer Bildung entwickelt hatte. Das entscheidende Charakteristikum dieses Prinzips war die Integration von Fachschulen – ein eindeutiger Unterschied zur *École Polytechnique*.

In Deutschland wurde nicht eine einzige Institution gegründet, die sich ausschließlich auf die Vermittlung von mathematischen und naturwissenschaftlichen Grundkenntnissen beschränkte. Die Betrachtung der Ausgestaltung der deutschen Polytechnischen Schulen zeigt, dass sich der Einfluss der *École Polytechnique* relativiert, denn nirgends war sie „bedenkenlos kopiert worden“: „Überall hatte man ihre Grundidee – mathematisch-naturwissenschaftliche Fundierung technischen Wissens und Könnens – in Einklang gebracht mit den jeweiligen regionalen Gegebenheiten und Bedürfnissen politischer, wirtschaftlicher, gesellschaftlicher und pädagogischer Art“ (Zweckbronner, 1987, 203). Die Voraussetzungen in Deutschland waren anders als in Frankreich: „Die Gründung des polytechnischen Institutes nach dem Pariser Vorbild hätte schließlich auch eine entsprechende Höhe der anschließenden Spezialschulen vorausgesetzt, die [zumindest; NB] in Preußen, soweit sie überhaupt vorhanden waren, keineswegs mit den französischen technischen Spezialanstalten verglichen werden konnten“ (Manegold, 1966, 195). Anstatt dessen wurden in Deutschland u. a. Institutionen gegründet bzw. später in solche umgewandelt, die, neben relevanten Vorkenntnissen für technische Studien, ebendiese bereits integrierten. Durch die Organisation der Fächer in Fachschulen bzw. die Aufteilung der Fächer in verschiedene Teilbereiche und die damit verbundene Systematisierung des Unterrichtsstoffes wurden die Voraussetzungen für die Professionalisierung von Berufsgruppen geschaffen (vgl. Scholl, 1978, 198). Insbesondere spiegelten sich in der Fachschulstruktur, die bis zur Mitte des Jahrhunderts, wenn auch noch nicht an allen höheren technischen Bildungsinstitutionen etabliert, charakteristisch für das (poly)technische Unterrichtswesen war, „alte Zuordnungen zum Staatsdienst oder zur Privatwirtschaft“ wider (vgl. Lundgreen, 1987, 297). Mit dieser Organisationsform kamen die höheren technischen Bildungsanstalten außerdem der Universitätsstruktur näher, deren Fakultäten laut Stäckel ebenso als eine

Art von Fachschulen bezeichnet werden konnten (vgl. Stäckel, 1910, VII).

Die Polytechnische Schule in Karlsruhe war die erste Institution ihrer Art in den deutschen Ländern, die im Unterschied zum französischen Original neben vorbereitenden mathematischen Studien sehr früh verschiedene Fachschulen einband. In dieser Konzeption sollten ihr die anderen sieben höheren technischen Institutionen ab der Mitte des 19. Jahrhunderts folgen. Bei den späteren Umbenennungen in Polytechnische Schule in Braunschweig (1862) und Darmstadt (1868) bzw. in Polytechnikum in Dresden (1851) wurde gleichzeitig diese Struktur übernommen, sodass der Rückschluss nahe liegt, dass ab der Mitte des 19. Jahrhunderts eine enge Beziehung zwischen der Organisation in Fachschulen und dem „polytechnischen Konzept“ etabliert worden war. Bei den früheren Umbenennungen in Stuttgart (1840) und Hannover (1847) könnte es sich um programmatische Schritte bzw. Legitimierungsversuche gehandelt haben. Als Letztes realisierte die bis dahin Technische Hochschule in Hannover 1880 diese Konzeption. Durch die Einbindung – früher oder später – von Fachschulen vereinten die acht deutschen höheren technischen Lehranstalten den gesamten preußischen oder französischen technischen Bildungssektor unter einem Dach (vgl. Jeismann & Lundgreen, 1987, 295). Hierbei sei gleichzeitig der „Gefahr der Verkümmern“ einzelner Fachschulen vorgebeugt worden, besonders derjenigen, deren Hauptzweck „die Versorgung des Staates mit Beamten“ war (vgl. Stäckel, 1914, 151), weil zahlreiche Schulen, „[...] die in der ersten Hälfte des Jahrhunderts mit der Absicht gegründet worden waren, junge Leute von Anfang an zu einem bestimmten Berufe, besonders des Handels, der Industrie und des Gewerbes zu erziehen, fast alle wieder eingegangen [sind; NB]“ (vgl. Stäckel, 1910, III–IX). Außerdem erklärt sich hierdurch die längere Studiendauer als an der *École Polytechnique*, wo die Schüler in der Regel zwei Jahre studierten.

Ein weiteres den meisten der hier betrachteten höheren technischen Bildungsanstalten gemeinsames Merkmal war zur Mitte des 19. Jahrhunderts die Möglichkeit zur Ausbildung für den technischen Staatsdienst, somit die Ausbildung für eine Art „höherer“ Berufe – Ausnahmen sind die Höhere Gewerbeschule in Darmstadt, wo dies erst 1868 möglich wurde, und das Gewerbeinstitut in Berlin, weil dort die Bauakademie für die Bildung künftiger

Beamter seit 1799 zuständig war. An der *École Polytechnique* stand die Ausbildung für den öffentlichen Dienst von Anfang an im Vordergrund (siehe Kapitel 4.1). In den betrachteten deutschen Ländern mussten im 19. Jahrhundert die Zugangsbedingungen für Staatsstellen im technischen Bereich in vielen Ländern erst definiert werden, wie zum Beispiel im Königreich Hannover, wo es im 18. Jahrhundert keine höheren technischen Beamten gegeben hatte und teilweise im 19. Jahrhundert bestimmte Behörden (z. B. für Straßen- oder Wasserbau) erst geschaffen wurden (vgl. Scholl, 1978, 228): „Damit wurde in Hannover nachvollzogen, was in anderen deutschen Staaten schon länger üblich war. Preußen hatte schon im 18. Jahrhundert Prüfungen für Baubeamte und Feldmesser erlassen“ (ebd., 97). Entgegen der Überzeugung, dass die Technischen Hochschulen aus den Bedürfnissen der Industrialisierung entstanden seien (vgl. z. B. Stäckel, 1914, 153), – eine Annahme, die u. a. von Befürwortern der Akademisierung der technischen Bildungsinstitutionen zu dieser Zeit als Argument benutzt wurde – war es am Ende die Anpassung der Ausbildung von Technikern an die Ausbildung technischer Beamter, die die Akademisierung der Ingenieurwissenschaften förderte (vgl. Jeismann & Lundgreen, 1987, 297–298). „Aus dem Staatsdienst und nicht aus der Industrie stammten die Normen, an denen sich die technischen Schulen ausrichteten“ (König, 1990, 31). Die Orientierung am Staatsdienst bzw. die Ausrichtung des Lehrangebots an ebendiesem habe bei vielen der hier betrachteten höheren technischen Lehranstalten die Weiterentwicklung der Institutionen begünstigt: „Hannover und Darmstadt zählten zu den Schulen, die nicht von ihrer Gründung an für den technischen Staatsdienst ausbildeten; sie blieben anfangs unbedeutend und begannen erst zu expandieren, als sie dieses Privileg erlangten“ (Kändler, 2009, 34). Noch am Ende des 19. Jahrhunderts, als sich die nun Technischen Hochschulen eigentlich „nach ihrem Selbstverständnis zunehmend zu Ausbildungsstätten für die Industrie entwickelt hatten“, wurden diese noch von den normierten Ausbildungsanforderungen für den Staatsdienst beeinflusst, da sich viele Studierende den Abschlussprüfungen für den Staatsdienst unterzogen, auch wenn sie diesen gar nicht antreten wollten, weil mit diesen Prüfungen ein größeres Sozialprestige verbunden war; dieser Einfluss ging erst mit der Etablierung des

Abschlusses des Diplom-Ingenieurs um die Jahrhundertwende zum 20. Jahrhundert zurück (vgl. König, 1999, 85).

Die Orientierung am Staatsdienst diente weiterhin der Legitimierung technischer Bildung aufgrund der funktionalen Beziehung zwischen dem Ausbildungs- und dem Erwerbssystem: Die Karrieren, die durch eine bestimmte Ausbildung an akademische Institutionen gebunden sind, führen zu einer Institutionalisierung der entsprechenden Disziplinen; die Autonomie einer akademischen Disziplin hängt von der Existenz spezialisierter beruflicher Karrieren für die Disziplin des Absolventen ab (vgl. Schubring, 1989, 174). So habe die Organisation der Ausbildung und Prüfungen für technische Beamte beispielsweise in Hannover zu einer Professionalisierung dieser Berufsgruppe geführt (vgl. Scholl, 1978, 221). König hebt hervor, dass es Scholl gelungen sei, „die bislang unterschätzte Bedeutung der aus dem Staatsdienst kommenden Impulse für die Identifikation des Berufsstandes der Ingenieure und die Akademisierung der Technik“ aufzuzeigen, was sich auch darin manifestiere, dass die Höhere Gewerbe- bzw. Polytechnische Schule in Hannover ihr Lehrangebot an die Anforderungen der Staatsprüfung anpasste und so „nahezu eine Monopolstellung für die Ausbildung der technischen Beamten“ erlangte (vgl. König, 1981, 53). In Braunschweig hatte die Ausrichtung am Staatsdienst zum Beispiel unmittelbare Auswirkungen auf die Gestaltung des Unterrichts, weil dieser direkt auf die staatlichen Prüfungen bzw. Beamtenlaufbahnen vorbereitete (vgl. Albrecht, 1987, 102–104).

Ein entscheidender struktureller Unterschied erweist sich auch in der Tatsache, dass die *École Polytechnique* dem Kriegsministerium unterstellt war, wohingegen die meisten polytechnischen oder ähnlichen Anstalten in den deutschen Staaten zu Beginn, und zwar zumeist bis zum letzten Drittel des 19. Jahrhunderts, meistens den jeweiligen Handelsministerien bzw. Ministerien des Innern unterstanden – eine Ausnahme bildet die Polytechnische Schule in Stuttgart, die von Beginn an in den Zuständigkeitsbereich des Ministeriums des Kirchen- und Schulwesens fiel (vgl. Zweckbronner, 1987, 50), was wahrscheinlich darauf zurückzuführen ist, dass sich diese aus einer Realschule, also aus einer Schule aus dem Sekundarschulwesen, entwickelt hatte. Dementsprechend wurden an den deutschen Institutionen die militärische

Organisation und die auf den militärischen Bereich ausgerichtete Ausbildung nicht von der *École Polytechnique* übernommen (vgl. Hensel et al., 1989, 7). Die Schulen des Berufsbildungssystems fielen in Preußen beispielsweise bis 1879 in den Zuständigkeitsbereich des Handelsministeriums; ab 1879 wurde die Verantwortung dem Bildungsministerium übertragen (vgl. Lexis, 1904b, 43). Diese administrative Umwandlung von Berufsbildungsanstalten in Institutionen der Sekundär- beziehungsweise Tertiärbildung wurde im Laufe des 19. Jahrhunderts auch in anderen Staaten vorgenommen (vgl. Lundgreen, 1987, 303).

Einen weiteren entscheidenden Unterschied zur französischen „Ursprungsinstitution“ bildet das Niveau des Unterrichts bzw. die Höhe der angebotenen Bildung während des ersten Entwicklungsstadiums der höheren technischen Bildungsanstalten, die zwischen 1825 und 1836 gegründet wurden. Über das wissenschaftliche Niveau des mathematischen Unterrichts kann an dieser Stelle noch keine Aussage getroffen werden, weil hier zunächst die strukturellen Gegebenheiten untersucht wurden. In dieser Hinsicht konnte „[...] naturgemäß noch keineswegs von einem hochschulmäßigen Betrieb und akademischen Niveau die Rede sein“ (vgl. Manegold, 1970, 44). Blankertz nennt die deutschen Gründungen „kleinbürgerlich und begrenzt“ im Vergleich zur *École Polytechnique* (vgl. Blankertz, 1969, 78). Bezogen auf ihre Ressourcen und das Niveau des Lehrbetriebs glichen die Polytechnika eher Sekundarschulen (vgl. Schubring, 1989, 174–179). Dieser Umstand resultiert u. a. aus dem niedrigen Eintrittsalter von 12 bis 15 Jahren (vgl. ebd., 179) und der dementsprechend geringen Vorbildung der Schüler (vgl. König, 1981, 51). Insbesondere fehlte es zu diesem Zeitpunkt an adäquaten Vorbildungsinstitutionen und vor allen Dingen geschlossenen Vorbildungsanforderungen; es bestand noch kein „Bildungssystem“ für höhere technische Bildung. Mit dem Fehlen passender Vorbildungsinstitutionen und dem geringen Alter der Schüler erklärt sich auch die Einbindung allgemeinbildender Fächer in die Stundenpläne der Vorklassen bzw. teilweise in den gesamten Bildungsgang. Dies sei auch der Überzeugung geschuldet gewesen, dass auch die „humane Bildung“ der Schüler an technisch geprägten Schulen gewährleistet werden müsse, um den „Fehler des französischen Systems“ zu vermeiden, nur den materiellen

Nutzen, aber nicht die „Veredlung des Menschen“ zu pflegen (vgl. Goldbeck, 1968, 46).

Des Weiteren konnten die Schüler an den höheren technischen Bildungsanstalten lange keine offiziellen Berechtigungen bzw. Abschlüsse erwerben. Die Ausbildung beispielsweise für den (technischen) Staatsdienst wurde nicht in allen Institutionen von Beginn an fokussiert bzw. war aufgrund der dem Staatsdienst eigenen Zugangsbedingungen nicht möglich. Das ausgeprägte Klassensystem, ein streng vorgeschriebener Lehrplan und die fehlende Lehr- und Lernfreiheit, die charakteristisch für das deutsche Hochschul- bzw. Universitätswesen war, führten weiterhin zu einer Verortung auf Sekundarschulebene (vgl. Schubring, 1989, 179; Schubring, 1990, 273). In Anbetracht der Ursprungsinstitutionen (berufsbildende Schulen) ist diese Ausrichtung – weit entfernt von einem hochschulmäßigen Betrieb – nachvollziehbar. Insbesondere war der spätere Ausbau zu wissenschaftlichen Hochschulen bei der Gründung der Institutionen noch nicht angelegt (vgl. König, 1981, 48). Es ging den deutschen Institutionen nicht, wie in Frankreich, darum, „die Technik in Form wissenschaftlicher Disziplinen zu entwickeln“, sondern Gewerbetreibende „nach dem Maß des industriellen Bedürfnisses auszubilden“; bei den Gründungen in Karlsruhe und München distanzierte man sich z. B. ausdrücklich vom Prinzip der mathematischen bzw. theoretischen Grundlegung der Ausbildung, weil praktische Kenntnisse vermittelt werden sollten (vgl. Blankertz, 1969, 80–81).

Direkten Einfluss auf die Ausgestaltung der hier betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen hat die *École Polytechnique* zwar nicht genommen, allerdings hat sie die Etablierung unabhängiger technischer Schulen von höherem Niveau im Allgemeinen begünstigt (vgl. Stäckel, 1915, 151). Die Gründung der *École Polytechnique* am Ende des 18. Jahrhunderts hat auf eine Lücke im deutschen Bildungssystem aufmerksam gemacht und ein Modell zur Organisation höherer technischer Bildung vorgeschlagen, das in Deutschland dann aber anders umgesetzt wurde. Wie sich gezeigt hat, waren die ersten Gründungen teilweise sozusagen provisorisch, im Grunde genommen freie Interpretationen einer polytechnischen Bildung, die sich stark an bereits vorhandenen Institutionen orientierten. Prinzipiell wurde der Versuch

unternommen, höhere technische Bildung durch die Einbindung von Vorschulen als Kompensation für das humanistisch geprägte Sekundarschulwesen auf mathematische und naturwissenschaftliche Kenntnisse zu fundieren, aber der Fokus lag auf den Fachstudien selbst.²⁸

Den Polytechnischen Schulen in den deutschen Staaten lag anfangs ein Konzept zugrunde, das sich nicht nur vom französischen Modell, sondern im Übrigen auch vom britischen Berufsbildungskonzept des 18. und 19. Jahrhunderts unterschied. Das britische Ausbildungsprinzip war praxisorientiert und verzichtete vollständig auf eine theoretische Ausbildung; in England war die Auffassung von und der Zugang zur Technik „pragmatischer“ als in Deutschland (vgl. König, 1981, 52). Im Grunde genommen herrschte in Deutschland in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts eine Mischung aus beiden Konzepten vor. Bei den deutschen technischen Lehranstalten zeigten sich sowohl britisch empirische als auch französisch theoretische Einflüsse: Am stärksten praxisbezogen und empirisch ausgerichtet war die Berliner Gewerbeakademie, am meisten theorieorientiert französisch die Polytechnische Schule in Karlsruhe (vgl. König, 1999, 16). Noch stärker praxisorientiert als das Berliner Gewerbeinstitut war insbesondere anfänglich die Technische Schule in Dresden. Schnabel begründet den deutschen Zugang zu technischer Bildung über bestehende Traditionen: „Der an der klassischen Literatur geübte Geist der Deutschen nahm den französischen Wissenschaftsbegriff auf und verband ihn mit dem alten deutschen handwerklichen und praktischen Können“ (Schnabel, 1934, 327). Dieser praxisorientierte Zugang bedeutete in den deutschen Staaten zumeist eine Abgrenzung vom bestehenden Gelehrtensystem: Ein „Realismus“ entwickelte sich, „der die gemeinsame humanistische Grundlage für alle wissenschaftliche Arbeit in Zweifel zog“, wohingegen die „naturwissenschaftliche Tradition“ in Frankreich so „alt und stark“ gewesen ist, „daß sich die Ecole Polytechnique in die Gesamtheit des gelehrten Unterrichtes leicht einfügte“ (vgl. ebd., 322). In Frankreich fügte sich die *École Polytechnique* in das bestehende allgemeinbildende Schulsystem ein; in den

²⁸Die Rolle des zur dieser Zeit bestehenden allgemeinbildenden Schulsystems sowie diejenige der Mathematik in diesem und für die Ausbildung an den höheren technischen Schulen werden im nachfolgenden Kapitel unter anderem thematisiert.

deutschen Staaten entwickelte sich das technische Bildungswesen parallel zu bzw. abgegrenzt von jenem.

4.4 Orientierungspunkt Universität: Der Ausbau zu Technischen Hochschulen

Die im vorangegangenen Kapitel vorgestellten höheren technischen bzw. polytechnischen Institutionen unterschieden sich nicht nur von der *École Polytechnique*, sondern wiesen auch untereinander Unterschiede hinsichtlich ihres Niveaus und ihres Aufbaus auf (vgl. Hensel et al., 1989, 7). Im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts entwickelten sich diese, anfänglich sehr unterschiedlich konzipierten Bildungsinstitutionen aber alle zu „Technischen Hochschulen“ (TH). So genannt wurden ab 1877 die Polytechnischen Schulen in München, Braunschweig und Darmstadt, 1879 folgten Berlin und Hannover, etwas später Karlsruhe (1885) und zuletzt 1890 Dresden und Stuttgart. Die parallel einsetzenden strukturellen, den acht Institutionen größtenteils gemeinsamen, Entwicklungen, die diese Anerkennungen als Hochschule begründeten, betrafen die Organisation der Vorbildung bzw. die Anhebung der Aufnahmebedingungen einerseits und die interne Organisation, die sich den Universitäten anzugleichen suchte, andererseits. Insgesamt wurde eine Erhöhung des Ausbildungsniveaus angestrebt. Der Entwicklungsprozess endete zunächst an der Jahrhundertwende zum 20. Jahrhundert, als den Technischen Hochschulen das Promotionsrecht verliehen wurde und sie somit mit den Universitäten formal gleichgestellt waren. „Das Erreichen dieses Zieles gilt als formaler Abschluß der Emanzipationsbewegung der Ingenieure und ihrer hohen Schulen“ (Hänseroth, 2001, 19–20). Die Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte der deutschen Technischen Hochschulen ist vielfach literarisch aufgearbeitet worden.²⁹ An dieser Stelle soll eine Zusammenfassung der wichtigsten Einflüsse auf diese Entwicklung in der zweiten Hälfte des

²⁹Das wohl ausführlichste Werk unter Einbezug der Wechselwirkungen mit der Industrie und den Universitäten bildet noch immer Karl-Heinz Manegolds *Universität, Technische Hochschule und Industrie: Ein Beitrag zur Emanzipation der Technik im 19. Jahrhundert unter besonderer Berücksichtigung der Bestrebungen Felix Kleins* (1970).

19. Jahrhunderts genügen, um im nachfolgenden Kapitel 5 die Beurteilung der Rolle der darstellenden Geometrie in der Lehre an den ausgewählten deutschen technischen Bildungsinstitutionen in bestimmten Stadien im 19. Jahrhundert zu ermöglichen.

4.4.1 Die Forderungen des Vereins Deutscher Ingenieure

Entscheidend für den Prozess der Akademisierung der höheren technischen Bildungsinstitutionen waren die durch Franz Grashof³⁰ vorgetragene und veröffentlichten „Prinzipien der Organisation der Polytechnischen Schulen“ von 1865, die vom 1856 gegründeten Verein Deutscher Ingenieure (VDI) unterstützt wurden (vgl. Albrecht, 1987, 150–151). Diese enthielten Forderungen bzw. Kriterien, die auf eine vollständige Hochschulverfassung der höheren technischen Bildungsinstitutionen abzielten (vgl. Manegold, 1969, 393). Zweck und Charakter der Polytechnischen Schulen ließen sich mit Grashofs Worten folgendermaßen zusammenfassen:

Sie sei eine technische Hochschule und bezwecke die den höchst berechtigten Anforderungen entsprechende wissenschaftliche Ausbildung derjenigen technischen Berufsfächer des Staatsdienstes und der Privatpraxis, welche die Mathematik, die Naturwissenschaften und die zeichnenden Künste zur Grundlage haben, sowie durch die Ausbildung von Lehrern der an der Schule vertretenen technischen und Hilfswissenschaften. (zitiert nach Dyck, 1904a, 12–13)

Die Charakterisierung höherer technischer Bildungsinstitutionen entspricht noch weitgehend den Prinzipien aus der Gründungszeit – neu hinzugekommen war, dass die Lehrerbildung als Ziel formuliert wurde. Wie sich in der nachfolgenden Auffüstung der Forderungen des VDI, um Gleichwertigkeit mit

³⁰Franz Grashof (1826–1893) war seit 1863 Professor für Maschinenlehre am Karlsruher Polytechnikum und maßgeblich an dessen Umgestaltung von 1865 beteiligt, die zur Anerkennung der Karlsruher Institution als „Hochschule“ führte (vgl. Riese, 1977, 298–299).

den Universitäten zu erzielen, zeigt, ging es darum, die Notwendigkeit zu akzeptieren, sich am bestehenden höheren Bildungssystem, den Universitäten, zu orientieren:³¹

1. Vollständige Verbindung aller traditionell nach Berufsklassen und Fachrichtungen getrennten technischen Akademien zu umfassenden Polytechnischen/Technischen Hochschulen in allen deutschen Staaten
2. Anhebung der Aufnahmebedingungen: Reifeprüfung eines (humanistischen) Gymnasiums, eines Realgymnasiums oder einer Realschule I. Ordnung
3. Akademische Organisation mit kollegialer Leitung
4. Lehr- und Lernfreiheit
5. Anerkennung als wissenschaftliche Ausbildungsstätte, insbesondere durch die Staatsbehörden

Das Programm des VDI „[...] stand unter dem Motto Anpassung und Abgrenzung: Anpassung an normsetzende Elemente der Universitäten, wie beispielsweise universitäre Verfassungs- und Lehrformen, Zulassungsvoraussetzungen und Wissenschaftsauffassungen; Abgrenzung von vermeintlicher Lebensfremdheit und Rückwärtsgewandtheit universitärer Lehre und Forschung“ (vgl. Hänseroth, 2001, 24). Mit diesen Forderungen existierten zum ersten Mal einheitliche Zielvorgaben für eine mögliche weitere Entwicklung aller höheren technischen Bildungsanstalten – eine Voraussetzung für die Systematisierung eines höheren technischen Bildungswesens. Laut Riese haben um 1880 alle Technischen Hochschulen weitgehend den formulierten Kriterien entsprochen (vgl. Riese, 1977, 301). Die Verbindung der Fachrichtungen und Berufsklassen (Punkt 1) war zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der Prinzipien des VDI, wie im vorangegangenen Abschnitt 4.3.2 erläutert wurde, von den meisten Institutionen realisiert worden. In Berlin gipfelte dies 1879

³¹Die nachfolgenden Kriterien bilden eine Zusammenfassung der Auflistungen von Manegold (1970, 68–69) und Albrecht (1987, 150–151).

in der Fusionierung der beiden bestehenden „Fachschulen“ (Bau- und Gewerbeakademie) zu einer vereinten Technischen Hochschule. Innerhalb des Gewerbeinstituts waren die angebotenen Fächer schon seit 1845 in Fachabteilungen organisiert. Die akademische Organisation (Punkt 3) umfasste zum Beispiel die Schaffung von Assistenzstellen und Privatdozenturen, das Habilitationsrecht für Letztere, das Vorschlags- und Berufungsrecht sowie einen akademischen Senat und eine Rektoratsverfassung; die Anerkennung als wissenschaftliche Ausbildungsstätte (Punkt 5) sollte durch den Ausbau der Mathematik und Naturwissenschaften „in einer den Universitäten nicht nachstehenden Ausdehnung und Intensität“ erreicht werden (vgl. Manegold, 1970, 63). Die Forderungen des VDI wurden in der Folgezeit noch mehrfach konkretisiert: Nach einer zunächst „forcierte[n] Mathematisierung und Theorieorientierung von Lehre und Forschung“, sollte die Forschungsaufgabe stärker betont und insbesondere in den 1890er Jahren zu einer „entschiedene[n] Praxisorientierung von Forschung und Lehre“ zurückgekehrt werden; eine „fundierte mathematisch-naturwissenschaftliche und breite humanistische Bildung“ sollte durch den Auf- und Ausbau Allgemeiner Abteilungen gewährleistet werden und, in Verbindung mit der Übernahme universitärer Zulassungsbedingungen und der anvisierten Abgrenzung vom technischen Mittelschulwesen, die „Realschulbewegung“ unterstützt werden (vgl. Hänse- roth, 2001, 24).

Zu den jeweiligen Zeitpunkten der Umbenennung in Technische Hochschule waren die vom VDI aufgestellten Forderungen an den meisten Institutionen bereits erfüllt: Karlsruhe erhielt beispielsweise schon 1865 eine Hochschulverfassung und wurde formell als Hochschule neben den Universitäten anerkannt (vgl. Riese, 1977, 299). Die Umbenennung genau 20 Jahre später brachte dann nur noch die offizielle, öffentliche Anerkennung dieses Status' zum Ausdruck. Gleiches galt für die Umbenennungen in München, Dresden, Stuttgart, Braunschweig und Darmstadt, wo die in den nachfolgenden Abschnitten dargestellten Entwicklungen größtenteils schon vorher abgeschlossen waren. In Dresden und Stuttgart wurde jeweils mit der Abtrennung der Vorbildungskurse und dem Inkrafttreten einer Hochschulverfassung die Benennung als „Polytechnikum“ angenommen, eine Art Zwischenstufe

zwischen Polytechnischer Schule und Technischer Hochschule. In Berlin und Hannover fanden die Umbenennungen in Technische Hochschule 1879 parallel zur akademischen Umgestaltung statt, in Berlin war aber eine entscheidende strukturelle Änderung, die Errichtung einer „Allgemeinen Abteilung“, vorgegangen. In Tabelle 5.6 finden sich die wichtigsten Eckdaten, die in den nachfolgenden Abschnitten thematisiert werden, für die einzelnen Institutionen zusammengestellt. „Die in den Jahren um 1880 erfolgte Umbenennung der Polytechniken in Technische Hochschulen war nur ein äußeres Zeichen für einen weder verfassungs- noch wissenschaftsgeschichtlich ausreichend untersuchten Prozeß der Angleichung an die Universitäten [...]“ (König, 1981, 52). Auch den Bezeichnungsänderungen der höheren technischen Bildungsinstitutionen in „Technische Hochschule“ liegen keine einheitlichen, zeitgleich etablierten Merkmale zugrunde. Vielmehr ist es notwendig, „einzelne Abschnitte der Entwicklung von den polytechnischen Schulen zu den Technischen Universitäten typisierend herauszuarbeiten“ (vgl. ebd., 48): Mit dieser Herangehensweise kommt beispielsweise Manegold für Hannover zu dem Ergebnis „[...] daß sich kurz nach der Jahrhundertmitte der Übergang von einer Gewerbeschule zu einer höheren technischen Fachschule und zwischen 1875 und 1880 der Übergang zur wissenschaftlichen Hochschule vollzog“; mit einem eher rechtsgeschichtlichen Ansatz hat Riese „diese Zeitpunkte für Karlsruhe um 1832 und zwischen 1860 und 1870“ verortet (vgl. ebd., 48). „Für die Stuttgarter polytechnische Schule waren die Jahre zwischen 1860 und 1880 in jeder Hinsicht eine Blütezeit. Organisatorisch wurde die Entwicklung zur Hochschule abgeschlossen [...]“ (Böttcher & Maurer, 2008, 14). In den folgenden Abschnitten sollen für die acht betrachteten Bildungsinstitutionen exemplarisch die Übergänge zu „wissenschaftlichen Hochschulen“ u. a. anhand der Kriterien des VDIs untersucht werden.

Dazu werden im Nachfolgenden zunächst die strukturelle Angleichung an die Universitäten, insbesondere die Etablierung der Lernfreiheit (VDI Punkt 4), die Vorbildungssituation (VDI Punkt 2) und die Rolle der Mathematik im Prozess der Anerkennung der Technischen Hochschulen genauer betrachtet. Akademische Organisationsformen in Gestalt einer Hochschulverfassung werden nur peripher betrachtet, da eine „Überbetonung der rechtsgeschicht-

Tabelle 4.2: Übersicht über strukturelle Veränderungen der höheren technischen Bildungsinstitutionen während der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts

Technische Hochschule	Hochschulverfassung	Auflösung interner Vorschulen	„Allgemeine Abteilung“
Berlin (1879)	1879	–	1860
Karlsruhe (1885)	1865	1863	1865
München (1877)	1868	–	1868
Dresden (1890)	1871	1871	1871
Stuttgart (1890)	1876	1876	1870
Hannover (1879)	1879	1879	1879
Braunschweig (1877)	1872	(–)	1862
Darmstadt (1877)	1868	1874	1869

lichen Entwicklung“ nicht unbedingt repräsentativ für die tatsächliche Ausgestaltung der höheren technischen Bildungsinstitutionen war: „Es läßt sich zeigen, daß Verfassungsreorganisationen einerseits manchmal programmatischen Charakter hatten, andererseits manchmal schon erfolgte faktische Entwicklungen nachträglich rechtlich absicherten“ (vgl. König, 1981, 48). Neben den genannten Kriterien hebt König noch die Rolle der Forschung für die Entwicklung der höheren technischen Bildungsanstalten hervor, die an dieser Stelle nur oberflächlich am Ende des Kapitels, aber an späterer Stelle, in Kapitel 6 im Bezug auf die darstellende Geometrie behandelt wird. Anstatt rechtsgeschichtlicher Aspekte und der Rolle der Forschung werden an dieser Stelle zusätzlich die Schaffungen der sogenannten „Allgemeinen Abteilungen“ als neue strukturelle Einheiten, in der u.a. die Mathematik ihren Platz fand, und die Etablierung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehrerbildung, die schon vom VDI anvisiert wurde, als Charakteristika der Entwicklung zu Technischen Hochschulen betrachtet.

4.4.2 Das „Ideal“ der Universitäten

Inhaltlich hatte man sich an einigen der hier betrachteten höheren Bildungsinstitutionen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts am Staatsdienst orientiert, strukturell wurde in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts versucht, sich an den Aufbau der Universitäten anzupassen. Im Grunde vollzog sich die Entwicklung der „praxisorientierten Polytechniken zu wissenschaftlichen Hochschulen“ durch Angleichung an die Universitäten (vgl. König, 1981, 48). In den vom VDI aufgestellten Kriterien spiegelt sich diese Orientierung wieder. Sie verkörperten den Wunsch nach Gleichberechtigung mit diesen und damit nach Anerkennung des technischen Unterrichtswesens. Der Kampf um die Gleichstellung mit den Universitäten war „ein Spiegelbild des Kampfes der Techniker und Ingenieure um gesellschaftliche Anerkennung“ (vgl. Troitzsch, 1975, 39–40). Die Aufwertung zu einem „erleuchteten Stand“ musste durch die Anpassung an die universitäre Ausbildung geschehen (vgl. Manegold, 1970, 44), weil das etablierte Gelehrtenwesen seine Vormachtstellung nicht aufgeben würde. Die technischen Bildungsinstitutionen mussten sich anpassen; es wurde (nicht weiter) versucht, die Form der bestehenden Polytechnischen Schulen zu legitimieren.

Der ursprüngliche Zweck der technischen Lehranstalten, die zu Beginn des 19. Jahrhunderts gegründet worden waren, war die Gewährleistung höherer (im Sinne theoretischer) technischer bzw. gewerblicher Bildung für Praktiker in Handel und Industrie. An diesen Institutionen stand zunächst die „Nützlichkeit“ oder „Anwendbarkeit“ der Kenntnisse für das praktische und insbesondere gewerbliche Leben im Vordergrund. Diese Orientierung an der beruflichen Praxis widersprach der Konzeption von Universitäten in Deutschland, die auf die Vermittlung von theoretischem und wissenschaftlichem Wissen abzielten (vgl. Ott, 1913, 6). Dieser Unterschied lieferte den ersten Grund für die verhältnismäßig niedrige Position höherer technischer Lehranstalten und deren Verortung im Berufsbildungssektor. Ein zweiter Grund war die Rolle, die die technischen Wissenschaften beispielsweise innerhalb des in Preußen dominierenden Neuhumanismus’ spielten, nämlich keine relevante Wissenschaft für die Geistesbildung zu sein; nach Humboldt zählten sie zu den „schreckli-

chen Wissenschaften“, weil sie zweckgebunden waren (vgl. Manegold, 1970, 30–31). Im preußischen Neuhumanismus erhielten die technischen bzw. gewerblichen Studien ihren Platz nach einer abgeschlossenen Allgemeinbildung (vgl. Lundgreen, 1987, 294). Hinsichtlich der strukturellen Unterschiede (das junge Eintrittsalter, die Unterteilung in Klassen etc.), weitere Abweichungen von den Universitäten, sollten die Polytechnischen Schulen sich im Laufe des 19. Jahrhunderts anpassen (vgl. Jeismann & Lundgreen, 1987, 286). Letztere Unterschiede waren die einzigen, auf die die Polytechnischen Schulen Einfluss hatten, um eine Wahrnehmung als den Universitäten nicht nachstehenden höhere Lehranstalten zu erzielen.

Von Seiten der technischen Bildungsanstalten war insbesondere anfänglich gar nicht vorgesehen, den Universitäten gleichzukommen. Im Gegenteil waren sämtliche Bildungsanstalten im realistischen bzw. gewerblichen Bereich mit der Intention gegründet worden, einen alternativen Bildungsweg zu Gymnasium und Universität anzubieten. Es erhoben sich zunehmend „[...] Bedürfnisse und Forderungen nach höheren technisch-naturwissenschaftlichen Studien- und Ausbildungsmöglichkeiten auf akademischer Ebene, gerade weil die Universität sich hier verschloß“ (Manegold, 1970, 32). Auch wenn die Ausbildung an den Universitäten als ungeeignet für den technischen Bereich angesehen wurde, weil sie „praktisch wichtige Erkenntnisse“ nicht förderte (vgl. Scholl, 1978, 135), hatte es vereinzelt im 19. Jahrhundert schon Vorlesungen über Technologie o. Ä. an deutschen Universitäten gegeben (vgl. Manegold, 1970, 31). Als sich die Polytechnischen Schulen in den deutschen Staaten der Ausbildung technischer Beamter angenommen hatten, verschwanden z. B. in Preußen die technischen Lehrstühle an den Universitäten (vgl. Goldbeck, 1968, 57) bzw. wurden an den Universitäten, beispielsweise im Königreich Hannover, keine Ingenieure mehr ausgebildet (vgl. Scholl, 1978, 142). Bei denjenigen deutschen Universitäten, die zu Beginn des 19. Jahrhunderts gegründet worden waren, waren in deren Grundsätzen bzw. Konzeptionen eine Trennung der reinen Wissenschaft von den Anwendungen „zum konstitutiven Grundsatz“ erklärt worden (vgl. Manegold, 1969, 383), was im Gegensatz zum proklamierten Bildungsziel der technischen Schulen stand. Die Notwendigkeit, eine andere Art der theoretischen Ausbildung anzubieten als die

Universitäten, wurde beispielsweise von Schödler noch zur Jahrhundertmitte hervorgehoben bzw. aufgrund der unterschiedlichen Bildungsziele legitimiert (vgl. Schödler, 1847). Techniker setzten sich „häufig genug polemisch mit der Praxisferne der Universitäten“ auseinander (vgl. König, 1990, 31). „Bei den ‚eigentlichen Technikern‘ waren alle Maßnahmen zur Angleichung der Polytechnika an die Universitäten eher verpönt. Man pflegte das Bewusstsein von der Andersartigkeit der technischen Bildung“ (Böttcher & Maurer, 2008, 13–14). Die technischen Bildungsanstalten sprachen sich offensiv gegen den „von den Universitäten zur Abwehr der ‚Technikerbewegung‘ eingesetzten ideologisierten neuhumanistischen Bildungsbegriff“ aus (vgl. König, 1981, 51). Dennoch hatten sich die Polytechnischen Schulen an die an den Universitäten herrschenden strukturellen Gegebenheiten anpassen müssen, um Gleichrangigkeit und die Etablierung der Technikwissenschaften zu erzielen.

4.4.3 Der Versuch der Etablierung der Lernfreiheit

Wie im vorangegangenen Abschnitt geschildert wurde, waren kurz nach der Jahrhundertmitte Hochschulverfassungen und die Einteilung der Fächer in Fachschulen bzw. -abteilungen an den Polytechnischen Schulen weitgehend etabliert. Organisatorisch hatte also eine Angleichung an die Universitäten stattgefunden, trotz der Bedenken gegenüber der universitären Ausbildung von Seiten der deutschen Polytechnischen Schulen. Auch bei der Gründung der *École Polytechnique* wurde im Übrigen nicht in Erwägung gezogen, die angestrebten Lehrziele der Universität zu erreichen: „Das lag weniger am praktischen Zweck und der als notwendig angesehenen strengen Bindung des Studiums“ (Manegold, 1970, 22). Das zuletzt genannte Problem ergab sich auch für die deutschen Institutionen. Eine weitere Angleichung an die Universitäten verkörperte nämlich die Einführung der Lehr- und Lernfreiheit in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts: „Man führte Lehr- und Lernfreiheit ein, obwohl die Notwendigkeit einer konsekutiven Aneignung des Stoffes Probleme aufwarf“ (König, 1990, 32). Insbesondere betraf dies die Notwendigkeit, zuerst mathematisch-naturwissenschaftliche Kenntnisse zu vermitteln, die in den existierenden Sekundarschulen zumeist nicht erarbeitet wurden, um die

späteren Fachstudien vorzubereiten. In Karlsruhe existierte eine Art Lernfreiheit schon relativ früh; nur für diejenigen Schüler, die sich für den technischen Staatsdienst bilden wollten, waren sämtliche Kurse und die Bestimmung über deren Reihenfolge „unbedingt verbindlich“ (vgl. Nebenius, 1833, 132). An der Gewerbeakademie wurde 1860 die Lernfreiheit für die Fachabteilungen eingeführt; für die allgemeine (technische) Abteilung galt diese erst ab 1879 (vgl. Dobbert, 1899, 89, 103). In Darmstadt wurde ebenfalls in den 1860er Jahren die Lernfreiheit in den technischen Klassen eingeführt, im Programm von 1869 heißt es aber wieder, dass Abweichungen vom Lehrplan nur in Einzelfällen und unter bestimmten Umständen möglich seien (vgl. Darmstadt, 1995, 71–72). Auch in Braunschweig – wo Lernfreiheit ursprünglich bestanden hatte (vgl. Treue, 1956, 45) – wurden 1855 aus den unverbindlichen verbindliche Lehrpläne (vgl. Albrecht, 1987, 71), bevor 1878 wieder die Lernfreiheit eingeführt wurde (vgl. ebd., 158–161). In München gab es bei der Wiedereröffnung 1868 immerhin „Wahlmöglichkeiten“ (vgl. Hashagen, 2003, 40). An der Polytechnischen Schule in Stuttgart stand den Studierenden die Wahl ihrer Fächer in den Fachabteilungen schon in den 1840er Jahren frei (vgl. Zweckbronner, 1987, 135).

Lernfreiheit hat letztendlich an allen betrachteten bis dahin Technischen Hochschulen formal um 1890 bestanden (vgl. Helm, 1914, 1064). Allerdings wurde diese nicht unbedingt praktiziert:

Trotz des Prinzips der Lehr- und Lernfreiheit gab es an den Technischen Hochschulen für jede Abteilung, gegliedert nach den darin zusammengefaßten Fachrichtungen, Studienpläne. Sie enthielten die obligatorischen Fächer unter Angabe der Wochenstundenzahl; oftmals wurden auch die Stundenpläne über die zeitliche Anordnung der Vorlesungen, Übungen und Praktika mit angegeben. [...] Nun waren die Studienpläne zwar nicht offiziell bindend, doch wurde den Studierenden in den Jahresprogrammen dringend die Einhaltung des darin festgelegten Studienablaufes empfohlen, um das Studium in der Zeit von i.a. 4 Jahren erfolgreich abschließen zu können. Zum Teil war das Studium einiger technikwissenschaftlicher Fächer nur auf der Grundlage des Nachweises über

den Besuch der Vorlesungen in Mathematik sowie bestimmten naturwissenschaftlichen Grundlagenfächern möglich. Ferner nahmen die Studienpläne für die Studenten obligatorischen Charakter an, die nach dem Studium in den Staatsdienst eintreten oder die Diplomprüfung ablegen wollten. (Hensel et al., 1989, 23)

Formal wurde also ein Konzept, das mit der höheren Ausbildung an den Universitäten assoziiert wurde, übernommen, praktisch wurde es nicht umgesetzt. Der verpflichtende Besuch der genannten Grundlagenvorlesungen war lange insbesondere den mangelnden Möglichkeiten an zum technischen Fachstudium passender Vorbildung geschuldet.

4.4.4 Gestiegene Anforderungen an Vorbildung und Vorwissen

Der Versuch der Annäherung an die Organisationsformen der Universitäten und der damit erstrebte Prestigezugewinn forderte weitere Maßnahmen seitens der Polytechnischen Schulen. „[...] [U]m sich in den Auseinandersetzungen mit den klassischen Universitäten eine bessere Position zu verschaffen“, wurden die Qualifikationsanforderungen für die Aufnahme an den Polytechnischen Schulen angehoben (vgl. Scholl, 1978, 32). Im Gegensatz zur *École Polytechnique* betrug das Eintrittsalter für die hier betrachteten höheren technischen Lehranstalten in den jeweiligen Anfangsstadien bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts zwischen 12 und 16 Jahre. In die *École Polytechnique* traten die Schüler in einem Alter von 16 bis 20 Jahren ein, nachdem sie ihre allgemeine Schulbildung und eine anspruchsvolle Aufnahmeprüfung absolviert hatten. In dieser Hinsicht war man in Frankreich auf einer Ebene mit den Universitäten. In den deutschen Staaten entwickelte sich das technische Bildungswesen zunächst getrennt vom etablierten allgemeinbildenden Schulsystem; die technische bzw. gewerbliche schulische Ausbildung bot einen alternativen Bildungsgang an, sodass die Schüler der Polytechnischen Schulen ursprünglich nicht unbedingt das allgemeinbildende Schulsystem absolvieren mussten, bevor sie in eine höhere technische Schulen eintraten. „Somit mußte ein erheblicher Teil des Unterrichts zur Vermittlung der notwendigen Grund-

lagenkenntnisse für die Aufnahme eines technischen Studiums aufgewendet werden, die später beim Eintritt in die Technischen Hochschulen vorausgesetzt wurden [...]“ (Hensel et al., 1989, 13).

Die schulische Ausbildung, die deutschen Schülern höherer technischer Lehranstalten fehlte, wurde anfangs entweder durch eigens integrierte Vorschulen bzw. -klassen oder durch vorgeschaltete Institutionen (Real-, niedere Gewerbeschule etc.) kompensiert. Die in diesen Institutionen bzw. Klassen vermittelte Bildung entsprach einem niedrigeren Niveau als beispielsweise an der *École Polytechnique*. Zum Beispiel wurde an den deutschen Institutionen zunächst, anstatt höherer, Elementarmathematik unterrichtet und allgemeinbildende Fächer wurden häufig in die Stundenpläne eingebunden.³² „Viele der in die Polytechnika Eintretenden besaßen eine so geringe schulische Vorbildung, daß die zunächst ihre elementaren Defizite vor allem im Bereich der Mathematik, der Naturwissenschaften und der sprachlichen Fächer beseitigen mußten“ (König, 1999, 80). Erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden die Vorklassen dort, wo sie bestanden, aufgelöst – zuerst 1863 in Karlsruhe und zuletzt 1879 in Hannover – und die Vorbildung teilweise in die inzwischen entstandenen externen Schulen ausgelagert. In einigen Städten hatten solche Institutionen schon früher bestanden. Hierbei handelte es sich u.a. um die bereits erwähnten niederen bzw. Provinzialgewerbeschulen z. B. in Berlin, Realschulen, wie sie in Dresden schon seit 1820 bestanden hatten, oder sogar ein Realgymnasium, das 1825 in Braunschweig zunächst als Realinstitut eröffnet wurde.³³ „Mit der Abtrennung der vorbereitenden niederen Klassen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Vorschulen, den entsprechend steigenden wissens- und altersmäßigen Voraussetzungen für den Eintritt, [...] wurde erst eine wissenschaftliche Ausbildung im strengeren Sinne möglich, und damit eine fest und selbständige Gestaltung der höheren technischen Studiengänge“ (Manegold, 1969, 390).

³²In Kapitel 5 wird genauer darauf eingegangen, an welchen der acht Institutionen allgemeinbildende Fächer gelehrt wurden und in welchem Umfang dies geschah.

³³Das Realgymnasium, ab 1828 so genannt, war 1825 als Realinstitut interessanterweise mit ausdrücklichem Bezug einerseits zur *École Polytechnique* und andererseits zu den Polytechnischen Instituten in Prag und Wien gegründet worden, um die Lücke der realistischen Bildung zu füllen (vgl. Ludewig, 1995a, 114).

Im Zuge dieser Entwicklungen wurden die Aufnahmebedingungen der Institutionen angehoben. In Berlin genügte es bei der Gründung des Gewerbeinstitutes beispielsweise noch, den Besuch einer Volks- oder Provinzialgewerbeschule nachzuweisen (vgl. Knobloch, 1971, 43; Schnabel, 1925, 18), ab 1849 musste der Besuch einer Provinzialgewerbe-, einer Realschule oder eines Gymnasiums nachgewiesen werden (vgl. Binder, 1984, 78). Ab 1870 wollte das Gewerbeinstitut keine Absolventen der Provinzialgewerbeschulen mehr zulassen, ab 1878 verschwand diese Schulform (vgl. Blankertz, 1969, 105–106). Auch in Dresden, wo 1838/39 noch der Besuch einer Realschule genügte, kamen 1860 die Höhere Gewerbeschule in Chemnitz und das Gymnasium als mögliche Vorbereitungsanstalten dazu (vgl. Pommerin, 2003, 49). Für alle betrachteten höheren technischen Bildungsanstalten wurde das Gymnasium im Laufe des 19. Jahrhunderts als mögliche Vorbereitungsanstalt zu den ursprünglichen „Vorschlägen“ für eine passende Vorbildung aufgenommen – in Braunschweig entsprechend der ursprünglichen Konzeption schon 1835, also recht früh (vgl. Ludewig, 1995a, 120), in Darmstadt beispielsweise etwas später, erst in den 1870er Jahren (vgl. Darmstadt, 2000, 13–14). Nach Hänseroth seien es primär die 1860er und 1870er Jahre gewesen, in denen die meisten Polytechnischen Schulen dazu übergegangen waren, „das Reifezeugnis eines Gymnasiums, Realgymnasiums oder auch einer Realschule 1. Ordnung als Zugangsbedingung zu fordern“ (vgl. Hänseroth, 2001, 30). Lange waren die „Aufnahmebedingungen“ eher Empfehlungen als verbindlich und Aufnahmeprüfungen konnten schulische Laufbahnen ersetzen. Allerdings entfiel diese Möglichkeit in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts: „Aufnahmeprüfungen gab es in Deutschland – etwa im Vergleich zur *École Polytechnique* in Frankreich und zu den polytechnischen Instituten in Rußland – nicht mehr, seitdem die polytechnischen Schulen die akademische Verfassung [...] erhalten hatten“ (Hensel et al., 1989, 22). Als mehrheitlich externe vorbereitende Institutionen geschaffen worden waren, konnten die eigens integrierten Vorschulen vollständig ausgelagert und das Eintrittsalter erhöht werden. Innerhalb der ersten zwei Jahrzehnte der zweiten Jahrhunderthälfte wurden Schüler im Alter von 17 bis 18 Jahren zu den Fachstudien zugelassen; dort, wo noch gemeinschaftlich organisierte „untere“ Klassen oder Abteilungen bestanden

(z. B. 1862 noch in Stuttgart) betrug das Eintrittsalter 16 Jahre.

Die Notwendigkeit dennoch gewisse Grundkenntnisse, insbesondere die Mathematik, die Naturwissenschaften und das Zeichnen betreffend, in den höheren technischen Bildungsanstalten zu vermitteln (sei es in verpflichtenden gemeinschaftlichen Unterrichtskursen, in sogenannten unteren Abteilungen oder weiterhin bestehenden mathematischen Grundkursen), resultierte aus dem Umstand, dass einerseits die designierten externen Vorbereitungsanstalten (noch) nicht unbedingt Bildung auf einem adäquaten Niveau vermittelten und dass andererseits die Schülerschaft auch aus Absolventen von Gymnasien bestand. Anfänglich war dies der Tatsache geschuldet, dass für den Staatsdienst in vielen Ländern der Besuch und teilweise sogar der Abschluss eines Gymnasiums nachgewiesen werden musste, später, in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, stiegen die Anforderungen für die Aufnahme in ein Polytechnikum, wie es im Vorangegangenen erläutert wurde, teilweise im Zuge der Angleichung an die Universitäten. „[...] Die an den Gymnasien und Universitäten zu erwerbende humanistische Bildung wurde nicht nur als Zugangsvoraussetzung zu höheren Verwaltungsämtern im Staatsdienst angesehen, sondern auch als die wahre höhere menschliche Bildung hochgehalten“ (Hashagen, 2003, 38–39). Um Anerkennung „im Sinne der herrschenden Allgemeinbildungsideologie“ zu erzielen (vgl. Blankertz, 1969, 86), plädierte selbst der VDI dafür, dass „Ingenieure die gleiche Vorbildung wie alle anderen akademischen Berufsgruppen beanspruchen“ müssten (vgl. Hensel et al., 1989, 22), also das Abitur. In Preußen erwies sich „der mühsame Weg des Lateinlernens“ als Mittel der Selektion, da die Kenntnis der alten Sprachen „zum einzigen Bildungsmittel für Akademiker und höhere Beamte ernannt wurde“ (vgl. Karl, 1993, 141). So war man sich zwar lange Zeit der Tatsache bewusst, dass eine gymnasiale Vorbildung für künftige Techniker im Staatsdienst nicht passend war, trotzdem wurde das Abitur am Ende der 1860er Jahre fast überall verlangt (vgl. Scholl, 1978, 231).

Seitens der Ingenieure ist die Durchführung des Maturitätsprinzips vielfach als ein Opfer bezeichnet worden, daß man bringen mußte, um die Gleichstellung der Technischen Hochschulen mit den Universitäten durchzusetzen, ein Opfer, zu dem man sich nur

unter schweren Bedenken im Interesse der Hebung des Standes entschlossen habe. (Stäckel, 1915, 81)

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren es dann aber nur Dresden, München und Stuttgart, die diese Regelung „streng“ einhielten (vgl. Dyck, 1904a, 38).

Das Problem einer verschieden vorgebildeten Schülerschaft manifestierte sich hauptsächlich in den fehlenden mathematischen und naturwissenschaftlichen Kenntnissen. Die Technischen Hochschulen versuchten dem durch eine Differenzierung der Studiengänge entgegenzuwirken: In Stuttgart mussten Absolventen von Gymnasien noch am Ende des 19. Jahrhunderts ein bis zwei Semester länger studieren als ihre Kommilitonen, die andere bestehende, realistisch geprägte Schulen besucht hatten; in München gab es für Absolventen des humanistischen Gymnasiums einen eigenen Lehrplan, „der in einem zusätzlichen ersten Jahr hauptsächlich die Vermittlung der elementar-mathematischen Grundlagen vorsah“ (vgl. Hensel et al., 1989, 22). Inzwischen hatten sich besagte realistisch geprägte Schulformen entwickelt, Realgymnasien und Oberrealschulen, die aber bis 1900 nicht zur Verleihung des Abiturs berechtigt waren. Das realistische Sekundarschulwesen entwickelte sich zeitlich versetzt zum Ausbau der deutschen Polytechnischen Schulen zu Technischen Hochschulen.

4.4.5 EXKURS: Die Entstehung eines realistischen Sekundarschulwesens

Die Entwicklung des höheren technischen Bildungswesens im 19. Jahrhundert führte dazu, dass eine „Untermauerung durch ein niederes und mittleres technisches Schulwesen“ notwendig wurde (vgl. Albrecht, 1989, 151), das die adäquate Vorbildung für das Studium an den Polytechnika lieferte, die die Gymnasien nicht gewährleisteten. Wie im vorangegangenen Abschnitt erläutert wurde, existierten in einigen Staaten vereinzelt schon früh verschiedene Arten von Realschulen, aber eine eindeutig definierte Form hatten diese verschiedenen Realanstalten erst im Laufe des letzten Viertels des 19. Jahrhunderts erhalten. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts existierten das Sekundarschul- und das technische bzw. Berufsbildungswesen weitgehend

parallel zu einander: Einerseits sollten Gymnasien und Universitäten höhere Bildung vermitteln, andererseits waren berufliche und technische Schulen für die Bildung im Handels- und Gewerbesektor zuständig. Teile der beiden Systeme würden bald, im Zuge des Versuchs, „realistische“ (im Sinne des Gegenteilens humanistischer) Bildung im Schulsystem zu integrieren, verschmelzen, später auch um die Vorbildung für den weiteren technischen Bildungsgang zu gewährleisten. Im Prinzip war das berufliche Schulwesen, das sich im 19. Jahrhundert zu entwickeln begann, anfangs mit dem allgemeinbildenden Schulsystem „verwoben“ (vgl. Lipsmeier, 1971, 19).³⁴

Die klassischen Schularten zu Beginn des 19. Jahrhunderts waren die Volksschule, die von der großen Mehrheit der Bevölkerung (zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren es zum Beispiels fast 97% der Schüler) besucht wurde (vgl. Klein & Schimmack, 1907, 10), für niedere und das Gymnasium, das sich aus Gelehrten- oder Lateinschulen im 16. Jahrhundert entwickelt hatte (vgl. Lehmann, 1904, 68), für höhere Bildung. Zu dieser Zeit war das Gymnasium die einzige existierende höhere Sekundarschulform und sollte auch während des 19. Jahrhunderts dominierend bleiben (vgl. ebd., 217), hauptsächlich weil das Abitur, das nur an Gymnasien erworben werden konnte, Zugangsvoraussetzung für jegliche Art höherer Studien und für Tätigkeiten im öffentlichen Dienst war.

Zumeist in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts wurden in einigen deutschen Staaten (in manchen Staaten früher, wie bereits geschildert wurde) neue Schulen, die sich mit dem Begriff „Realanstalten“ zusammenfassen lassen (Realschulen, Realinstitute, Gewerbeschulen, Bürgerschulen etc.), gegründet. Obwohl diese Schulen zunächst verschiedene Funktionen entweder

³⁴Die Entwicklung des deutschen Schulsystems unterschied sich nicht nur stark in den verschiedenen Staaten, sondern war auch innerhalb einzelner Staaten sehr komplex, da im 19. Jahrhundert zahlreiche Schulformen mit zahlreichen Zwecken existierten und sich weitere Schulformen neu bildeten, die sich im Laufe der Zeit umstrukturieren, zusammenschließen oder wieder auflösen würden. Insbesondere waren diese Entwicklungen noch stark lokal geprägt. Die Initiative einzelner Städte führte zu solchen Gründungen und die Verwaltung des Bildungswesens war noch nicht staatlich zentralisiert. Einschränkungen und Verallgemeinerungen sind im Folgenden im Sinne der Verständlichkeit nötig: Die folgenden Ausführungen bilden eine Auswahl, die relevant für den hier betrachteten Kontext ist, nämlich die Funktion verschiedener Schularten als Vorbereitungsanstalten für höhere technische Studien und deren Emanzipationsbemühungen.

im Sekundar- oder im Berufsbildungssystem in den verschiedenen Staaten übernahmen, versuchten sie im Allgemeinen, eine Lücke im klassischen Sekundarschulwesen zu füllen. Gymnasien legten ihren Fokus auf humanistische Studien, also auf Latein und Griechisch, und waren für die Vorbereitung auf ein Universitätsstudium zuständig. Gleichzeitig wuchs die Überzeugung, dass auch der beruflichen Praxis eine Art der allgemeinen Schulbildung vorzuziehen sollte, die aber angemessen für die Zwecke des praktischen Lebens sein sollte (vgl. Stäckel, 1910, III). Aus den Bedürfnissen der Städte und der Aufklärung entstanden (vgl. Jeismann & Lundgreen, 1987, 153), wurde von den verschiedenen Realanstalten erwartet, dass sie auf diejenigen Berufe vorbereiteten, für die die klassischen Sprachen keine Rolle spielten (vgl. Klein & Schimmack, 1907, 75) und die eng mit dem praktischen Leben (hauptsächlich von Gewerbetreibenden und Technikern) verbunden waren (vgl. Lehmann, 1904, 71). Diese Realanstalten integrierten und legten das Augenmerk auf realistische Fächer (inklusive Mathematik, Naturwissenschaften und moderner Sprachen). Allerdings hatten diese neuen Schulen, insbesondere die Realschulen, weder eine rechtliche Grundlage (vgl. Klein & Schimmack, 1907, 75), noch eine klar definierte Form; sie konnten zwischen beruflichen und allgemeinbildenden Schulen verortet werden, die zudem überladen mit technischen Fächern waren (vgl. Lehmann, 1904, 72). Sie waren größtenteils aus „privater Initiative“ gewachsen und erst nachdem sie sich bewährt hatten, machte der Staat sie „zu seiner Sache“ (vgl. Fischer, 1962, 162). Insbesondere standen Realschulen „während der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in keiner Konkurrenz zum Gymnasium [...]“ (Blankertz, 1969, 96).

Im Grunde war zu Beginn jede einzelne Realanstalt ein Spezialfall entstanden aus jeweils regional bedingten institutionellen Bedürfnissen. Dennoch sollten sich auch diese anfänglich sehr verschiedenen Institutionen im Laufe des 19. Jahrhunderts aneinander angleichen. Im Folgenden werden die Veränderungen des Realschulwesens im 19. Jahrhundert in Preußen exemplarisch vorgestellt. Die Repräsentativität der preußischen Entwicklungen des Realschulwesens oder des Bildungssystems im Allgemeinen kann hinterfragt werden, da sich der in Preußen dominierende Neuhumanismus beispielsweise in vielerlei Hinsicht vom traditionellen Gelehrtenschulwesen in süddeutschen

Staaten unterschied (vgl. Schubring, 1990, 266–267). Aufgrund der territorialen und politischen Vorherrschaft Preußens wird den Entwicklungen in Preußen aber eine gewisse Repräsentativität zugesprochen.³⁵

1832 wurden in Preußen erstmals Bestimmungen für Realschulen veröffentlicht. 1859 wurde für diese Schulform aufgrund der steigenden Anzahl eine neue Klassifizierung eingeführt (vgl. Jeismann & Lundgreen, 1987, 162): Die Realschule wurde weiter ausdifferenziert in Realschulen I. und II. Ordnung, was gleichzeitig einer Abstufung der Schulformen entsprach. In der zeitgleich veröffentlichten „Lehr- und Prüfungsordnung“ wurde für die Realschulen I. Ordnung ein neunjähriger und für Realschulen II. Ordnung ein siebenjähriger Lehrgang festgelegt (vgl. Stäckel, 1915, 78), wobei die Realschule I. Ordnung alle Berechtigungen erhielt, die auch das Gymnasium besaß außer der Zulassung zur Universität (vgl. Jeismann & Lundgreen, 1987, 162). Im Zuge dieser Umstrukturierungen wurde den Realschulen I. Ordnung Latein als Pflichtfach „aufgezwungen“ (vgl. Blankertz, 1969, 98). „[...] [W]enn die Realschulen auf ‚Berechtigungen‘ Anspruch machen wollten, forderte er [der Staat; NB] die Pflege der lateinischen Sprache; wer in den Staatsdienst eintreten [...] wollte, der müsse einen ‚gewissen Grad‘ von Kenntnissen im Lateinischen haben“, dennoch war den Absolventen der Realschulen I. Ordnung 1859 noch nicht der Zutritt zu höheren technischen Beamtenlaufbahnen zugänglich (vgl. Stäckel, 1915, 77). 1870 erhielten die Absolventen der Realschulen I. Ordnung dann auch „[...] einen beschränkten Zutritt zur Universität, nämlich die Berechtigung zum Studium der Mathematik, der Naturwissenschaften und der neueren Sprachen“ (vgl. ebd., 78).

³⁵Preußen machte in den 1860er Jahren circa zwei Drittel der Fläche des Deutschen Bundes ohne Österreich aus und zumindest für nördliche Staaten waren die Entwicklungen im Bildungsbereich häufig ähnlich (vgl. Klein & Schimmack, 1907, 78–79). In Hessen verspürte man zum Beispiel eine Art Zwang, sich der preußischen Bildungspolitik im Kontext der Realschulen aufgrund politischer und wirtschaftlicher Abhängigkeit anzupassen (vgl. Schnell, 1910, 7). Des Weiteren hatten die Entwicklungen der preußischen Oberrealschulen einen Einfluss auf die Entwicklung dieser Schulform in Baden, also auch in Süddeutschland (vgl. Cramer, 1910, 17). Insgesamt lagen beispielsweise 1902 60-65% der Gymnasien, Realgymnasien und Oberrealschulen und 45% der Realschulen in Preußen (vgl. Lexis, 1904a, 217). Somit kann an dieser Stelle von einer gewissen Repräsentativität (mit Einschränkungen) ausgegangen werden. Weitere Autoren haben sich dieser Annahme angeschlossen (vgl. z. B. Jeismann & Lundgreen, 1987, 162; Stäckel, 1915, 83).

1882 erfuhren die Realschulen I. und II. Ordnung eine weitere Umstrukturierung: Erstere Schulform wurde zum Realgymnasium, letztere zur Oberrealschule. Diese beiden Schulformen boten dann einen neunjährigen Bildungsgang und konnten eindeutig im Sekundarschulbereich verortet werden. Die Oberrealschule musste somit ihren ursprünglichen Zweck, auf gewerbliche Berufe vorzubereiten, aufgeben und u. a. wegen des „Aufstiegs der Polytechnika“ zu einer allgemeinbildenden Schule werden (vgl. Blankertz, 1969, 99). Ursprünglich wurde sie speziell für die Vorbereitung auf die Polytechnische Schule konzipiert (vgl. Lietzmann, 1949, 10). Die Oberrealschule offerierte weiterhin einen Bildungsgang ohne Latein und Griechisch und legte den Fokus auf Naturwissenschaften, Mathematik und moderne Sprachen; Realgymnasien integrierten Naturwissenschaften etc. neben Latein in ihre Lehrpläne. Ab 1891 wurden in Preußen dann sogar Absolventen der Oberrealschulen zum Universitätsstudium der Mathematik und Naturwissenschaften zugelassen und konnten im Bereich Baukonstruktion eine Beamtenlaufbahn eingehen (vgl. Lehmann, 1904, 82). Bezüglich der Berechtigungen, die in Preußen die Realgymnasien 1882 und die Oberrealschulen 1891 erhielten, folgte die anderen deutschen Staaten und die Entwicklung war im Allgemeinen eine ähnliche (vgl. Stäckel, 1915, 80). Letztendlich erreichten sowohl Realgymnasium als auch Oberrealschule im Jahre 1900 im gesamten Deutschen Reich durch das Recht das Abitur zu verleihen, also den Zugang zur Universität zu ermöglichen, einen mit dem der Gymnasien gleichwertigen Status (vgl. Lehmann, 1904, 88–89). Diese Anerkennung der höheren realistischen Schulen zählte zu den wichtigsten Erfolgen der „Technikerbewegung“ (vgl. König, 1981, 51), auf die in Kapitel 4.5 noch eingegangen wird.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts verliehen die drei höheren Schulformen mit verschiedenen humanistischen bzw. realistischen Ausprägungen letztendlich also die gleichen Berechtigungen. Kurz vorher konnten die realistisch orientierten Schulformen ihre Vorbildungsfunktion noch nicht überall erfüllen. Sie sollten ihre Schüler zum einen für die berufliche Praxis, zum anderen aber auch für ein Studium an einer Polytechnischen Schule bzw. Technischen Hochschule vorbereiten, konnten im zweiten Fall ihre Vorbildungsfunktion für höhere technische Studien aber so lange nicht erfüllen, wie ihnen die

Berechtigung zur Verleihung des Abiturs fehlte, weil an dieses Beamtenkarrieren einerseits und Prestige andererseits geknüpft waren. An der Technischen Hochschule in Berlin hatten beispielsweise im Wintersemester 1897/98 87% der Studierenden das Reifezeugnis einer höheren Lehranstalt, wobei von diesen 54% vom Gymnasium, 39% vom Realgymnasium und 7% von einer Oberrealschule kamen (vgl. Riedler, 1899, 11), was den Anteilen an der gesamten Schülerschaft von 47%, 34% bzw. 6% in etwa entsprach. In Preußen hatten die realistischen Schulformen inzwischen mehr als 60 Jahre offiziell bestanden, dennoch hatten die meisten Schüler an der Technischen Hochschule in Berlin zuvor ein Gymnasium besucht. Noch 1876 kamen in Berlin 70% der Schüler von Provinzialgewerbeschulen, d. h. von den designierten und speziell für diesen Zweck konzipierten Vorbildungsinstitutionen, 15% von der Realschule I., 1% von der Realschule II. Ordnung und 5% vom Gymnasium (vgl. Karl, 1993, 155). Nach 1878 wurden die Provinzialgewerbeschulen in sechsjährige Real- oder neunjährige Oberrealschulen umgewandelt (vgl. Blankertz, 1969, 106). Der Anteil der Gymnasiasten an der Schülerschaft der Technischen Hochschulen Berlin hatte sich im Zuge der Erhöhung der Anforderungen an die Schulbildung der Schüler innerhalb von knapp über 20 Jahren fast verzehnfacht. In Hannover bestand die Schülerschaft 1876 noch zu 18%³⁶ aus Absolventen des Gymnasiums, zu 22% der Realschule I. und zu 3% der Realschule II. Ordnung; 48% der Schüler sind mit anderer Vorbildung in die Polytechnische Schule eingetreten, d. h. zum Beispiel nach dem Vorbereitungskurs, durch eine Aufnahmeprüfung oder nach dem Besuch eines Gymnasiums ohne das Abitur erworben zu haben (vgl. Karl, 1993, 155). Die Zugangsbedingungen waren dort zu diesem Zeitpunkt noch nicht eindeutig festgelegt worden, sodass verschiedene, individuelle Bildungswege möglich waren. Für alle höheren technischen Bildungsinstitutionen gilt, dass die Aufnahmebedingungen „[...] erst in der zweiten Hälfte des 19. Jh. mit der Entwicklung der polytechnischen Schulen zu Technischen Hochschulen einheitlich geregelt“ wurden (vgl. Hensel et al., 1989, 13). Insbesondere wurde staatenübergreifend erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts ein einheitli-

³⁶In der Tabelle bei Karl 1993, aus der die Daten an dieser Stelle entnommen sind, muss anstatt 28% der Anteil von 18% stehen.

ches Vorbildungssystem geschaffen. Mit der Weiterentwicklung der höheren technischen Schulen, also der Polytechnischen und Höheren Gewerbeschulen, zu Technischen Hochschulen musste sich auch der Unterbau anpassen. Diese Anpassung orientierte sich am etablierten Gelehrtenwesen, also in diesem Fall am Gymnasium, genau, wie sich die höheren technischen Bildungsanstalten an den Universitäten orientiert hatten. Der Unterbau entwickelte sich nach dem höheren technischen Bildungswesen; das beruflich-technische Bildungswesen wurde von „oben nach unten“ ausgebildet (vgl. Albrecht, 1989, 151).

Abschließend soll in diesem Exkurs kurz auf die darstellende Geometrie als Schulfach in den vorgestellten Bereichen des Sekundarschulwesens eingegangen werden.³⁷ Im neu entstandenen preußischen Realschulwesen hatte die darstellende Geometrie einen Platz im Fächerkanon erhalten, zumindest findet sie sich in den ersten Lehrplänen für die Realschulen I. Ordnung von 1859 als Teilgebiet der Mathematik vertreten. Der Unterricht in der darstellenden Geometrie scheint in dieser Zeit aber selten umgesetzt worden zu sein (vgl. Brennecke, 1869, III), was auch auf den Mangel an ausgebildeten Lehrern in diesem Bereich zurückzuführen war. Im Fall Preußens lässt sich dieser Umstand vor allem damit begründen, dass erst 1898 eine Prüfungsordnung erschien, in der die darstellende Geometrie als mögliches Prüfungsfach für das Lehramt an Realschulen und Gymnasien festgelegt wurde (siehe Abschnitt 4.4.7).³⁸ Vor 1898 wurde die darstellende Geometrie im Sekundarbereich in Preußen meistens von Zeichenlehrern unterrichtet (vgl. Zühlke, 1910, 54).

Mit der offiziellen Umwandlung der Realschulen in Realgymnasien und Oberrealschulen im Jahr 1882 wurden auch Lehrpläne für diese Schulformen veröffentlicht. Die Lehrgegenstände waren für die beiden Schulformen gleich, es wurden an den Oberrealschulen aber mehr Unterrichtsstunden für

³⁷Diese Thematik wurde in *Darstellende Geometrie und Raumanschauung* (Benstein, 2015) und in „A German Interpreting of Descriptive Geometry and Polytechnic“ (Benstein, 2018) ausführlicher aufgearbeitet. In diesen beiden Arbeiten werden vornehmlich Lehrpläne und Schulbücher aus dem 19. und teilweise aus dem 20. Jahrhundert vorgestellt. Aber auch diese Arbeiten konzentrieren sich vorwiegend auf das preußische Unterrichtswesen. Eine Betrachtung der Lehrpläne anderer Staaten, für ein differenziertes Bild der darstellenden Geometrie an Schulen im Sekundarbereich, ist noch ausstehend.

³⁸In anderen Staaten wurde immerhin zwischen der Lehramtsausbildung für humanistische und realistische Schulen unterschieden, wie z. B. in Baden und Bayern (vgl. Zühlke, 1911, 30).

einige Fächer, darunter Mathematik und Zeichnen, angesetzt. Im Mathematikunterricht wurde das Perspektivzeichnen verankert und die Schüler konnten im Rahmen des Zeichenunterrichts „Elemente der darstellenden Geometrie“ wählen. Mit den Lehrplänen von 1901 wurde das Perspektivzeichnen körperlicher Gebilde in der 10. und die darstellende Geometrie in der 12. und 13. Klasse angesetzt. Linearzeichnen konnte als Wahlfach von der 9. bis zur 13. Klasse belegt werden (vgl. Preußen, 1901). Für die süddeutschen Teile des Deutschen Bundes wurde behauptet, dass die darstellende Geometrie dort als Schulfach seit den 1840er Jahren, also früher als in Preußen, „wertgeschätzt“ wurde (vgl. Zühlke, 1911, 10)³⁹. Dieses Süd-Nord-Gefälle schlug sich, genau wie der Umstand, dass einige Schüler von einem Gymnasium kamen, auch in der Ausgestaltung der Lehre der darstellenden Geometrie an den höheren technischen Bildungsinstitutionen nieder – in Kapitel 5 wird darauf noch eingegangen.

Obwohl (humanistische) Gymnasien ursprünglich nicht als adäquate Vorbildungsinstitutionen für technische Studien gesehen wurden, gab es aus bereits genannten Gründen aber Zeiten im 19. Jahrhundert, in denen höhere technische Bildungsinstitutionen gymnasiale Vorbildung von ihren Bewerbern verlangten (siehe Kapitel 4.4.4). Während des gesamten 19. Jahrhunderts bestand die Schülerschaft höherer technischer Lehranstalten dementsprechend immer auch aus Schülern, die vorher ein Gymnasium besucht hatten – deren Anteil an der Schülerschaft an der Berliner und der Hannoveraner Institution wurde im Vorangegangenen kurz aufgezeigt. Es ist allerdings nicht überraschend, dass keine die darstellende Geometrie betreffenden Inhalte in den preußischen Lehrplänen von 1837, 1856 und 1882 für Gymnasien aufzufinden sind, weder im Mathematik-, noch im Zeichenunterricht.⁴⁰ Erst mit

³⁹Paul Zühlke veröffentlichte 1911 eine ausführliche Studie zur Situation der darstellenden Geometrie an den Realanstalten im Deutschen Reich zum Zeitpunkt seiner Publikation, in der die Lehrpläne verschiedener Staaten hinsichtlich des Stundenumfangs, der Inhalte etc. der darstellenden Geometrie... (vgl. Zühlke, 1911).

⁴⁰Die darstellende Geometrie als Lehrfach an Gymnasien in verschiedenen Staaten bildet für sich eine eigenen interessanten Untersuchungsgegenstand. Für eine Übersicht über die Rolle der Mathematik im Allgemeinen als Unterrichtsfach in verschiedenen deutschen Staaten sei z. B. Schubrings „Antagonisms between German states regarding the status of mathematics teaching during the 19th century: processes of reconciling them“ (2012) empfohlen.

den preußischen Lehrplänen von 1901 wurde ein kleiner Teil der darstellenden Geometrie an preußischen Gymnasien etabliert: In den letzten beiden Schuljahren wurde die „Anleitung zum perspektivischen Zeichnen körperlicher Objekte“ im Mathematikunterricht angesetzt (vgl. Preußen, 1901).

4.4.6 Humanisierung durch Allgemeine Abteilungen

Die Angleichung der Polytechnika an die Universitäten manifestierte sich neben der Einführung der Studienfreiheit und der Verschärfung der Aufnahmebedingungen durch die Einrichtung von Abteilungen für allgemeinbildende Fächer (vgl. König, 1981, 51). Sie verkörperten das Pendant zu den Philosophischen Fakultäten an den Universitäten. Diese „Allgemeinen Abteilungen“ – ihre Benennung war nicht einheitlich (vgl. Fricke, 1904, 49) – traten teilweise an die Stelle vorbereitender Kurse bzw. Klassen als diese aufgelöst wurden, wie zum Beispiel in Dresden. Dort wurde 1865 zunächst die Untere Abteilung durch den „Allgemeinen Kurs“ ersetzt, den alle Schüler absolvieren mussten (vgl. Ley, 1953, 39). In diesem wurden „[...] die für jeden Techniker erforderlichen Hilfswissenschaften und Übungen gelehrt [...]“ (vgl. Pommerin, 2003, 50). 1871 wurde der Allgemeine Kurs zur „Allgemeinen Abteilung für die allgemeinen Wissenschaften“ (vgl. ebd., 70). Ungewöhnlich am Dresdener Modell war die parallele Existenz einer mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung seit 1855 („Sektion zur Ausbildung von Lehrern für mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer“), die 1862 zunächst in „Abteilung D für Lehrer für Mathematik, Naturwissenschaften und Technik“ und 1871 dann in „Mathematisch-naturwissenschaftliche (Lehrer) Abteilung“ umbenannt wurde (vgl. Hänseroth, 2001, 34–35). In Stuttgart wurden 1870 ebenso eine „Fachschule für Mathematik und Naturwissenschaft“ und eine „Fachschule für allgemein bildende Fächer“ eingerichtet, die Vorbereitungskurse aber erst 1876 an die Realschule abgegeben; diese Vorbereitungskurse, die bisherige mathematische Abteilung, waren reine Vorschule, „[...] die höheren mathematischen Fächer wurden in der neuen mathematisch-naturwissenschaftlichen Fachschule angesiedelt“ (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 14–15). Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts waren an den anderen sieben

Technischen Hochschulen „[...] die mathematisch-naturwissenschaftlichen und die allgemein bildenden Fächer in einer ‚Allgemeinen Abteilung‘ vereinigt [...]“ (vgl. Dyck, 1904a, 27). In Dresden wurden die beiden existierenden Abteilungen 1890 zusammengefasst (vgl. Pommerin, 2003, 118), in den anderen sechs Polytechnika gab es immer nur eine solche Abteilung, die die mathematisch-naturwissenschaftlichen und die allgemeinbildenden Fächer vereinigte. In Karlsruhe integrierte man 1865 eine „Mathematische Schule“, die auch die allgemeinbildenden Fächer enthielt (vgl. Rürup, 1966, 15). 1888 wurde sie zunächst in „Abteilung für Mathematik und Naturwissenschaften“ und 1895 dann in „Allgemeine Abteilung für Mathematik und Allgemeinbildende Fächer“ umbenannt (vgl. Hotz, 1975, 40). In Darmstadt wurde 1869, ein Jahr nach der Umbenennung in Polytechnische Schule, eine „Allgemeine Schule“ (vgl. Darmstadt, 2000, 107) eingerichtet, die 1874, im dem Jahr, in dem die Realschule von der Polytechnischen Schule getrennt wurde, in „Mathematisch-Naturwissenschaftliche Schule“ umbenannt wurde (vgl. ebd., 14). 1895 erhält sie die Bezeichnung „Allgemeine Abteilung“, die sowohl allgemeinbildende als auch mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer enthielt (vgl. Darmstadt, 2000, 108). Als letztes wurde an der Polytechnischen Schule in Hannover 1879 eine Abteilung für „Allgemeine Wissenschaften“ eingerichtet (vgl. Scharlau, 1990, 149), und zwar zeitgleich mit dem endgültigen Auflösen der Vorschule (vgl. Müller, 1931, 23). Wo es nie Vorschulen gegeben hatte, also in Berlin, München und Braunschweig – wobei am Collegium Carolinum immerhin zwischen 1872 und 1878 ein halbjähriger mathematischer Vorkurs für manche Fachschulen bestand (vgl. Albrecht, 1987, 157) –, wurden relativ früh in den 1860er Jahren Allgemeine Abteilungen geschaffen (siehe Tabelle 5.6).

In den Allgemeinen Abteilungen der Technischen Hochschulen wurden sowohl diejenigen Unterrichtsfächer unterrichtet, die als „Grundlage“ mehrerer Fächer und als „für das Verständnis der betreffenden Fachvorlesungen unentbehrlich“ galten, als auch Vorlesungen, die „zwar nicht zur eigentlichen Fachausbildung unerlässlich“ waren, aber „einen allgemein bildenden Wert“ besaßen (vgl. Fricke, 1905, 178). Somit wurden dort neben Naturwissenschaften und Mathematik beispielsweise auch moderne Sprachen, Wirtschaft, Literatur

und Philosophie angesiedelt (vgl. Fricke, 1904, 51). Die Belegung allgemeinbildender Fächer war nicht (mehr) verpflichtend (vgl. König, 1999, 81), den Studierenden sollte aber die Möglichkeit gegeben werden, auch diese Fächer „um ihrer selbst willen“ zu belegen (vgl. Manegold, 1969, 394). Die Etablierung Allgemeiner Abteilungen an den Polytechnika, also die Öffnung und Ausweitung der Lerninhalte in Richtung nicht-technischer Fächer, sollte nicht nur „die formalen Aspekte einer strukturell-organisatorischen Angleichung an die beispielgebende Universität“ erfüllen, sondern die Polytechnika auch dem neuhumanistischen Bildungsideal näher bringen, das die allgemeine Bildung für die Ausbildung zum „ganzen Menschen“ vorsah (vgl. Hänseroth, 2001, 29). Es sollte, wie in den Philosophischen Fakultäten an der Universität, die Möglichkeit zur „wissenschaftlichen Entfaltung“ bestehen, „welche nicht auf Schritt und Tritt durch die Frage der praktischen Nutzung gehemmt ist“ (Fricke, 1904, 61–62). Prinzipiell wurde also ein Raum für eine unabhängige Entfaltung auf höherem Niveau für all diejenigen Fächer geschaffen, die dort angesiedelt waren.

Hinsichtlich der mathematischen und naturwissenschaftlichen „Grundlagenfächer“ hatten die Allgemeinen Abteilungen aber eher eine „Dienstleistungsfunktion“: „Die Mathematiker und Physiker, die den Kern dieser Abteilung bildeten, hatten in der Regel nur die grundlegenden Vorlesungen für Ingenieure abzuhalten und konnten in ihren Fachgebieten keinen eigenen Studenten ausbilden“ (Hashagen, 2000, 287). Dass die Dozenten, deren Fächer den Allgemeinen Abteilungen zugeordnet waren, keine eigenen Studierenden ausbilden konnten, war dem Umstand geschuldet, dass diese Abteilungen keine Berechtigungen bzw. keine eigenen Lehrziele hatten (vgl. Fricke, 1905, 176). Als die Fachabteilungen der Technischen Hochschulen um 1900 das Promotionsrecht erhielten, galt dies beispielsweise nicht für die Allgemeinen Abteilungen (vgl. Kändler, 2009, 81). Eine Ausnahme war die Allgemeine Abteilung in München, die schon 1901 dieses Recht zusammen mit den Fachabteilungen erhielt (vgl. Hashagen, 2000, 292). Die Allgemeinen Abteilungen an den anderen sieben Institutionen erhielten dieses Recht „[...] staatlicherseits erst Anfang der 20er Jahre nach einem längeren Prozeß des wissenschaftlichen Ausbaus der Technischen Hochschulen [...]“ (vgl. Hensel, 1989, 393). Insgesamt

samt hatten die Allgemeinen Abteilungen im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts ihre ursprünglich „herrschende“ Stellung – mit der Fricke wahrscheinlich die anfänglich integrale Vermittlungsfunktion der Grundlagenfächer als Fundierung des technischen Studiums meinte – verloren, weil sie hinter den „starken“ Entwicklungen der Fachabteilungen zurückgeblieben waren (vgl. Fricke, 1905, 179). Die Allgemeinen Abteilungen hatten eher „[...] formal, strukturell-organisatorisch, ihre Heimstätte an den Technischen Hochschulen gefunden und keinen substantiellen Anteil an der ‚wissenschaftlichen Durchbildung‘ der Ingenieure erlangt“; sie erfüllten die Funktion des Nachweises der geforderten „Humanisierung“, was aber „nicht das Zusammenwirken von humanistischer und realistischer Bildung, sondern nur die formale Gleichstellung“ bedeutete (vgl. Hänseroth, 2001, 40–41). Die Funktion der Allgemeinen Abteilungen in Preußen beschränkte sich z. B. auf das „Zuarbeiten für die Fachabteilungen“, da hier die Lehrerausbildung ausgeschlossen war (vgl. Kändler, 2009, 81). Fricke nennt die Allgemeinen Abteilungen zu Beginn des 20. Jahrhunderts das „Stiefkind der nordischen Hochschulen“ (vgl. Fricke, 1905, 176). Das Nord-Süd-Gefälle resultierte aus der Tatsache, dass an manchen süddeutschen Technischen Hochschulen die Ausbildung von Lehramtsanwärtern schon sehr früh vollständig und in einigen Staaten dort zumindest teilweise möglich war.

4.4.7 Eine neue Ausbildungsfunktion: Lehrerbildung

Die vom VDI definierte Aufgabe für höhere technische Lehranstalten, die Ausbildung der Lehrer für Mathematik und Naturwissenschaften zu übernehmen, wurde den Allgemeinen Abteilungen zuteil. Neben dem Promotionsrecht war die Lehrerbildung zwischen den Technischen Hochschulen und den Universitäten besonders strittig gewesen (vgl. Riese, 1977, 302). Die wissenschaftliche Lehrerbildung war im 19. Jahrhundert größtenteils „das Monopol“ der Universitäten (vgl. Hensel, 1989, 391). Über die „Ausbildungsfunktion“ für die wissenschaftliche Lehrerbildung hatte die Mathematik in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts ihre Autonomie als akademische Disziplin an den Universitäten erreicht, allerdings wurden dort die an-

gewandten Bereiche der Mathematik kaum kultiviert (vgl. Schubring, 1990, 264–266). Dazu zählten insbesondere die Geodäsie, die technische Mechanik und die darstellende Geometrie (vgl. Hensel, 1989, 391). An dieser Stelle eröffnet sich ein Grund für die bereits thematisierte unzureichende Vorbildung der Schüler an den Polytechnischen Schulen: Lehrer der Mathematik an Sekundarschulen hatten vermutlich während ihrer Ausbildung keinen Kontakt zu angewandten Bereichen der Mathematik gehabt, sodass sie ihren Schülern diese Bereiche dementsprechend nicht vermitteln konnten.⁴¹ Am Ende war es aber für die Allgemeinen Abteilungen und die (angewandte) Mathematik an den Technischen Hochschulen, genau wie es fast ein Jahrhundert früher für die Philosophischen Fakultäten und die Mathematik an den Universitäten gewesen war, die Lehrerbildung, der sie „ihren Aufstieg und ihre Ausgestaltung“ größtenteils zu verdanken hatten (vgl. Manegold, 1969, 394). Die Technischen Hochschulen ergänzten letztendlich die Lehrerbildung an den Universitäten um die Behandlung der angewandten Mathematik; durch die Mathematik ist eine „Brücke zwischen Universität und Technischer Hochschule entstanden“ (vgl. Lorey, 1916, 142).

Als erste Institutionen realisierten die Technischen Hochschulen in Dresden und München die Aufgabe der Lehrerbildung. An diesen Orten hätten künftige Lehrer für Gymnasien und Realanstalten seit den 1860er Jahren ihre vollständige Ausbildung absolvieren können (vgl. ebd., 153). In Dresden sei dies ab 1862 und in München ab 1868 möglich gewesen (vgl. Hensel et al., 1989, 21). Warum dies im Fall von Dresden nur eingeschränkt gilt, wird im Folgenden erläutert. Dennoch hatten dort die beiden Allgemeinen Abteilungen also recht früh ein eigenes Unterrichtsziel: Primär übernahmen sie die Ausbildung der Lehrer für Mathematik, Mechanik und Physik an „technischen Hoch- und Mittelschulen“, beteiligten sich aber auch „an der Ausbildung der Oberlehrer realistischer Fächer für [...] Gymnasien und Realanstalten“ (Fricke, 1905, 184). In Dresden wurde die Lehrerbildung „[...] als erste an einer polytechnischen Einrichtung in den deutschen Ländern institutio-

⁴¹Sowohl zur Rolle der angewandten Mathematik und insbesondere der darstellenden Geometrie als Schulfach als auch zur Lehrersituation in diesen Bereichen wird in Kapitel 4.4.5 ausführlich berichtet.

nalisiert“: Schon 1848 wurde das mathematische und naturwissenschaftliche Studium am Polytechnikum sogar für die gymnasiale Lehramtsausbildung anerkannt, da die Universität Leipzig den Studierenden eine Verkürzung ihrer Studienzeit zugestand, die bereits „wissenschaftliche Kenntnisse in diesen Fächern auf einer polytechnischen oder einer höheren Gewerbeschule erworben“ hatten; das entsprechende Regulativ war bis 1871 gültig (vgl. Pommerin, 2003, 40–41). Im Organisationsplan von 1855 wurde die Lehrerbildung als Ausbildungsziel verankert und die „Sektion zur Ausbildung von Lehrern für mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer“ geschaffen (vgl. ebd., 49). Hier wurden Lehrer für technische Lehranstalten, Handels- und Fachschulen ausgebildet (vgl. ebd., 65). 1862 wurde diese Abteilung zur „Abteilung D für Lehrer für Mathematik, Naturwissenschaften und Technik“, der alle mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächer zugeordnet wurden (vgl. Hänseroth, 2001, 35). Zwar herrschte im technischen Mittelschulwesen Lehrermangel, dennoch blieb der Erfolg der Abteilung relativ gering, weil laut Prüfungsordnung des Staatsexamens weiterhin ein Teil des Studiums an der Universität in Leipzig absolviert werden musste, sodass zwischen 1863 und 1871 „lediglich 20 Studierende ihr Studium an der Lehrerabteilung in Dresden erfolgreich mit der Abschlußprüfung beendet“ haben; insbesondere existierte für die in dieser Abteilung angebotenen Fächer kein Lehrplan (vgl. Pommerin, 2003, 65–66). Somit war die vollständige wissenschaftliche Ausbildung für das Lehramt 1862 noch nicht an der Technischen Hochschule Dresden möglich. 1879 wurde eine Prüfungsordnung veröffentlicht, die derjenigen an der Universität in Leipzig entsprach, somit wurde die Lehramtsausbildung in Sachsen an den beiden Institutionen gleichberechtigt; allerdings wurde die Prüfungsordnung 1887 an die preußische angepasst, wo die Technischen Hochschulen nicht an der Lehramtsausbildung beteiligt waren, sodass das Studium an der Polytechnischen Schule in Dresden nicht mehr anerkannt wurde – in der Zwischenzeit hatten aber auch nur weitere elf Kandidaten das Lehramtsstudium in Dresden abgeschlossen (vgl. ebd., 69). Mit der Umbenennung in Technische Hochschule wurde 1890 die Lehrerabteilung in die Allgemeine Abteilung integriert (vgl. ebd., 118), die dann 15 Lehrstühle umfasste, wohingegen die vier technischen Fachabteilungen (die Mechanische,

Bauingenieur-, Chemische und Hochbauabteilung) zusammen 21 Lehrstühle zählten (vgl. Hänseroth, 2001, 37).

An der Polytechnischen Schule in München waren die Bedingungen insgesamt günstiger als in Dresden. Mit der Neueröffnung 1868 erhielt sie eine Allgemeine Abteilung, in der Lehrer für die mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächer, gleichberechtigt mit der Universität, ausgebildet wurden (vgl. Dyck, 1904b, 232). Dies galt sowohl für das Lehramt an technischen als auch humanistischen Lehranstalten (vgl. Fricke, 1904, 59). Nach Schubring resultierte in München die „ausgebaute Servicefunktion der Mathematik“, die sie durch die Funktion der Lehrerbildung in den Allgemeinen Abteilungen erhalten hatte, aus der marginalen Position, die die Mathematik in Bayern an den Gymnasien und Universitäten hatte (vgl. Schubring, 1990, 275). Gegen diese Argumentation spricht laut Töpell die „erhebliche Fluktuation“ zwischen der Polytechnischen Schule und der Universität in München, weil vor allem die Lehramtskandidaten das doppelte Studienangebot nutzten, um an der Polytechnischen Schule von der Fokussierung auf Übungen und Praktika und an den Universitäten von der Lehre der „höher bewerteten reinen Mathematik“ zu profitieren (vgl. Toepell, 1996, 157). Zu einer Beachtung dieser Ausbildungsfunktion im Vorlesungsangebot der Polytechnischen Schule sei es aber erst ab 1875 gekommen, als Alexander Brill und Felix Klein „[...] die Vorlesungen für Ingenieure untereinander aufteilen konnten“, um auch „spezielle Vorlesungen für Mathematikstudenten anzubieten“ (vgl. Hashagen, 2003, 54). In dieser Hinsicht, ein Vorlesungsangebot für Lehramtsanwärter machen zu können, war man in München den anderen höheren technischen Lehranstalten weit voraus. Diese Vorlesungen waren im Vergleich insbesondere zur Universität in Erlangen nicht nur sehr gut besucht – in Erlangen hatte Klein „nie mehr als sieben Zuhörer“ gehabt, an der Polytechnischen Schule in München waren beispielsweise „1875 für die analytische Geometrie 230 Studenten eingeschrieben“ –, sondern erfüllten auch die „Voraussetzung zum Staatsexamen für das höhere Lehramt in Mathematik“ (vgl. Toepell, 1996, 159). Die Studierenden der Allgemeinen Abteilung in München hatten, wie bereits erwähnt wurde, zudem auch seit 1901, als die Technische Hochschule das Promotionsrecht erhielt, die Möglichkeit, zu

promovieren (vgl. Hashagen, 2000, 292). Die frühzeitige Aufnahme der Lehrerbildung scheint positiv auf die Entwicklung bzw. die Berechtigungen der Allgemeinen Abteilung an der Technischen Hochschule in München gewirkt zu haben.

An den Polytechnischen Schulen in Karlsruhe, Stuttgart und Darmstadt war schon im 19. Jahrhundert eine partielle Absolvierung der wissenschaftlichen Ausbildung für das Lehramt möglich. Für Stuttgart nennt Schödler schon 1847 zukünftige Real- und Oberreallehrer als Zielgruppe der theoretischen Ausbildung an der Polytechnischen Schule (vgl. Schödler, 1847, 83). Es ist nur fraglich, inwiefern und für welche Schulformen die Ausbildung für das Lehramt, die an der Polytechnischen Schule in Stuttgart erworben werden konnte, anerkannt wurde. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts konnten maximal sechs Semester der vorgeschriebenen Studienzeit für das realistische Lehramt für die mathematisch-naturwissenschaftliche und die sprachlich-geschichtliche Richtung an der Technischen Hochschule absolviert werden (vgl. Fricke, 1904, 59), zwei Semester mussten an der Universität Tübingen verbracht werden (vgl. Lorey, 1916, 153). In Karlsruhe wurden der Technischen Hochschule vor 1900 nur zwei Semester der Lehramtsausbildung überlassen, vier mussten an einer Universität studiert werden: „Erst im Zuge der Studienzeitverlängerung auf acht Semester konzedierte die Unterrichtsverwaltung drei (1903) und dann vier Semester (1909) für die TH“ (vgl. Riese, 1977, 303). Zwei der vier vorgeschriebenen Jahre mussten weiterhin an der Universität absolviert werden (vgl. Lorey, 1916, 153). Um die gesamte Ausbildung für das Lehramt übernehmen zu können, hätten die Allgemeinen Abteilungen an den Technischen Hochschulen ausgebaut werden müssen, bei finanziellen Mitteln hatten dort aber die technischen Fachabteilungen Vorrang: „Der TH fehlten die pädagogisch-philosophischen Fächer, die Ausbildung sei zu sehr auf die Technik ausgerichtet und entbehre der ‚humanistischen Bildungsgrundlage‘“ (vgl. Riese, 1977, 303). Auch in Darmstadt war die Ausbildung für das Gymnasial- und Realschullehramt ab 1868 (bis 1924, ab dann vollständig) nur teilweise, d. h. vier Semester, an der dann Polytechnischen Schule möglich, allerdings gab es keine besonderen Lehrveranstaltungen für diese Zielgruppe (vgl. Darmstadt, 1995, 114). Auch wenn

sich die süddeutschen höheren technischen Bildungsinstitutionen relativ früh an der wissenschaftlichen Ausbildung für das Lehramt in der Mathematik und den Naturwissenschaften beteiligten, lag die Verantwortung doch zum großen Teil auch noch am Ende des 19. Jahrhunderts bei den Universitäten. Lehrstühle und -veranstaltungen waren an den Technischen Hochschulen anscheinend für die volle Übernahme dieser Ausbildungsfunktion noch nicht ausreichend vorhanden. Außerdem gehörte die Lehrerbildung zu einer der großen Streitfragen zwischen Technischer Hochschule und Universität, die letztere im Zuge des Versuchs, ihre Vormachtstellung zu behalten, sicherlich nicht bereitwillig abgegeben hatten.

Damit waren die süddeutschen Technischen Hochschulen dennoch besser aufgestellt als diejenigen in Preußen. Als in Sachsen (zwischenzeitlich) und in Bayern die Lehrerausbildung schon vollständig den Technischen Hochschulen angegliedert war, wurde in Preußen 1898 erst eine Prüfungsordnung erlassen, die es ermöglichte, das Lehramtsstudium an Technischen Hochschulen teilweise zu absolvieren (vgl. Hensel, 1989, 399). Dies betraf das höhere Lehramt in Mathematik und Naturwissenschaften (vgl. Fricke, 1905, 184). Die Möglichkeit der vollständigen Übernahme der mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehrerbildung, wie sie in Bayern und Sachsen praktiziert wurde, wäre zu diesem Zeitpunkt für die preußischen Technischen Hochschulen nicht möglich gewesen, weil hierfür „eine Erweiterung des Lehrkörpers der allgemeinen Abteilungen notwendig“ gewesen wäre; die Lehrer der betreffenden Fächer waren „mit anderweitigen Aufgaben so überhäuft, dass sie unmöglich noch weitere Lehrverpflichtungen übernehmen“ konnten (vgl. Klein, 1896, 227). Von den verpflichtenden sechs Semestern des Studiums durften drei an einer Technischen Hochschule studiert werden (vgl. Klein & Schimmack, 1907, 187).

Die neue preußische Prüfungsordnung für Lehramtsanwärter von 1898 legte außerdem die angewandte Mathematik inklusive der darstellenden Geometrie als mögliches Prüfungsfach fest (vgl. Scharlau, 1990, 33). Das Zugeständnis, einen Teil der Lehrerbildung an die Technischen Hochschulen abzugeben, resultierte daraus, dass letztere die Ausbildung in der angewandten Mathematik unmittelbar übernehmen konnten, wohingegen an der großen

Mehrheit der Universitäten erst „kostspielige Neuerungen“ hätten geschaffen werden müssen (vgl. Fricke, 1905, 184). Diese kostspieligen Neuerungen hätten wahrscheinlich insbesondere die Einrichtung von Zeichensälen betroffen, aber auch die Schaffung neuer Lehrstellen. Überhaupt war die Anerkennung der angewandten Mathematik als schulisches Lehrfach ein großer Fortschritt.⁴² Schon fast 30 Jahre vorher war man auf das Problem der fehlenden Ausbildungsmöglichkeiten in diesem Bereich aufmerksam geworden: Die verschiedenen Realschulen hatten sich kurz nach der Reichsgründung so vermehrt, dass sie unter Lehrermangel litten; „[...] darum wurde den Abiturienten der Realschulen I. Ordnung auch ein schmaler Zugang zur Universität geöffnet, freilich nur zur Philosophischen Fakultät und auch hier nur zu Studien, die mit der Lehramtsprüfung für Realschulen abgeschlossen wurden“ (Blankertz, 1969, 98–99). Durch die Ausbildung von Lehrern für das realistische Schulwesen an der Universität konnten aber keine „geeigneten Fachlehrer“ herangezogen werden; das technische Schulwesen „krankt[e] an dem Mangel geeigneter Lehrer“ (vgl. Holzmüller, 1896, 299). Geeignete Lehrer für technische Mittel- und Hochschulen hätten „auch auf dem Reißbrett zu Hause sein“ müssen, um „den Unterricht im gebundenen Zeichnen von der kläglichen Rolle befreien“ zu können, die er am Ende des 19. Jahrhunderts in Preußen noch innehatte (vgl. ebd., 295). Es bestand für Lehramtsanwärter in Preußen bis 1898 nicht die Möglichkeit, sich während ihres Studiums den Themen der angewandten Mathematik zu widmen. Des Weiteren hatte es in Preußen immer nur eine Prüfungsordnung für das Lehramt an Gymnasien und Realschulen gegeben (vgl. Rethwisch, 1904, 28). In Baden und Bayern wurde immerhin zwischen der realistischen und humanistischen Lehrerbildung unterschieden (vgl. ebd., 30). In Preußen wurde also erst am Ende des 19. Jahrhunderts der Forderung nachgekommen, dass Lehramtskandidaten die Gelegenheit geboten werden sollte, „[...] die Elemente der darstellenden Geometrie, der Geodäsie, der technischen Mechanik und ihrer graphischen Methoden kennen zu lernen“ (vgl. Klein, 1896, 226). 1902 berichtete Stäckel aber, dass bis dahin „nur wenige Kandidaten für die facultas docendi in der angewandten Mathematik zur Prüfung gelangt [waren; NB], in Berlin-

⁴²Auch an dieser Stelle sei auf das nachfolgende Kapitel 4.5 verwiesen.

Charlottenburg zwei, in Göttingen einer“ und dass ihre Anzahl in den folgenden Jahren voraussichtlich gering bleiben würde (vgl. Stäckel, 1902, 35). So waren am Ende des 19. Jahrhunderts in Preußen zwar die Voraussetzungen für eine Etablierung der angewandten Bereiche der Mathematik als Lehrfächer geschaffen, die Auswirkungen blieben aber zunächst gering. Die Technische Hochschule in Braunschweig beteiligte sich zum Beispiel erst ab 1905 an der Lehrerbildung und auch hier konnte sie, wie in Darmstadt, erst 1924 vollständig übernommen werden (vgl. Scharlau, 1990, 59). Insgesamt hatte die Lehrerausbildung an den Technischen Hochschulen bis zur Jahrhundertwende nur eine „marginale Bedeutung“ (vgl. Hänseroth, 2001, 34).

4.5 Die verschiedenen Rollen der Mathematik innerhalb der Entwicklungen des höheren technischen Bildungswesens

Auch wenn die unmittelbaren Auswirkungen der Etablierung der Lehrerbildung an Technischen Hochschulen am Ende des 19. Jahrhunderts insbesondere in Preußen noch nicht spürbar waren, ist die Etablierung eines (partiellen) Lehramtsstudiums an den Technischen Hochschulen als Erfolg zu sehen. Insbesondere die sogenannte „Techniker-“ oder „Ingenieurbewegung“ hatte noch in den 1890ern u. a. die „volle Berechtigung bei der mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehrerbildung“ an den Technischen Hochschulen gefordert (vgl. Riese, 1977, 302). Dieses Ziel war in den meisten deutschen Staaten an der Jahrhundertwende zum 20. Jahrhundert zwar noch nicht erreicht, die Mathematik hatte an den höheren technischen Bildungsinstitutionen durch die Lehrerbildung aber, zumindest offiziell, eine eigene Ausbildungsfunktion bekommen. Die Rolle bzw. Funktion der Mathematik innerhalb der höheren technischen Ausbildung hatte sich im Laufe des 19. Jahrhunderts und im Zuge der Emanzipation der Technikwissenschaften stark gewandelt.

4.5.1 Ihre ursprüngliche Funktion

Bei den Gründungen der deutschen Äquivalente der *École Polytechnique* sollte das auf Monge zurückgehende Prinzip übernommen werden, technische Studien auf mathematische und naturwissenschaftliche Kenntnisse zu gründen, was sich in einem hohen Anteil dieser Fächer in den Studienplänen ausdrückte (vgl. Hensel et al., 1989, 7). Anfangs wurde die Mathematik innerhalb höherer technischer Bildungsinstitutionen als fundamentales Grundwissen für weitere Spezialstudien gesehen (vgl. Fricke, 1904, 49). Gelehrt wurde die Mathematik hauptsächlich in den vorbereitenden Klassen der Institutionen bzw. in den ersten Jahren der Ausbildung (siehe auch Kapitel 5.2).⁴³ Die Mathematik nahm somit eine „hervorragende Stellung“ in ihrer „propädeutischen Funktion“ als notwendige Grundlage für weitere technische Studien ein (vgl. Schubring, 1990, 273). Wie in Kapitel 4.3 bereits geschildert wurde, war es u. a. die „traditionelle polytechnische Funktion der Mathematik“ gewesen, die vom französischen Modell übernommen wurde (vgl. Schubring, 1989, 180). Das wissenschaftliche Niveau der Mathematik in Paris blieb an den deutschen Institutionen aber unerreicht, was einerseits auf die bereits thematisierten Eintrittsbedingungen betreffend Alter und Vorbildung der Schüler in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts zurückzuführen war, andererseits bildete die „Gewerbeförderung“ anfänglich noch das Ziel der Ausbildung an den deutschen Polytechnischen Schulen, sodass die „Brauchbarkeit und Verwendbarkeit“ der Mathematik für die Lehre zum Maßstab genommen wurde (vgl. Hensel et al., 1989, 7–8). Insbesondere die Voraussetzungen, die die Schüler der Polytechnischen, Höheren Gewerbe- und Technischen Schulen vorwiesen, könnten eine Erklärung dafür liefern, dass es sich bei der Lehre der Mathematik in den vorbereitenden Klassen bzw. in den ersten Jahren der Ausbildung mehrheitlich um Elementarmathematik gehandelt haben muss. Es mussten zunächst die Grundlagen für weitere Studien geschaffen werden. In den meisten Programmen der hier betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen aus dem jeweiligen Gründungsjahr findet sich aber auch die höhere

⁴³In Kapitel 5.2 wird u. a. der Anteil mathematischer Fächer am Unterrichtspensum der acht betrachteten höheren technischen Bildungsanstalten zu verschiedenen Zeitpunkten im 19. Jahrhundert betrachtet.

Mathematik als Lehrfach vertreten, meistens ab dem zweiten Ausbildungsjahr. Dennoch wurde mehrheitlich die Orientierung an der beruflichen Praxis der Schüler hervorgehoben.

In Karlsruhe hatte Johann Friedrich Ladamus, Mitbegründer der dortigen Polytechnischen Schule, das „technische Prinzip“ dem „gelehrten Prinzip“ an den Universitäten gegenübergestellt, weil an letzterer die Wissenschaft „an sich“ und ihre Begründung und Erweiterung den Hauptzweck bildete, wohingegen die „Verwirklichung“ und die „Anwendung ins Leben“ für die technischen Lehranstalten maßgeblich gewesen seien (vgl. Manegold, 1970, 40). Bei der Hannoveraner Gründung hob Karmarsch zwar den allgemeinen Bildungswert der Mathematik für „folgerechtes Denken“ und „gemeinnützliche Wahrheiten“ als „einzigen wahren Weg zur Kenntniß vieler praktischer Fächer“ hervor, betonte aber mehrfach die Orientierung – „die stete Anwendung und Beziehung“ – des gesamten Unterrichts, aber insbesondere der Mathematik, an gewerblichen Zwecken und forderte eine Ausrichtung des Mathematikunterrichts an den Schülern mit den „allgemeinsten Kenntnisse[n] der gewöhnlichen Rechenkunst“ (vgl. Karmarsch, 1831, 13–15). Auch in Stuttgart war der Mathematikunterricht von der Gründung 1828 bis zur Umbenennung in Polytechnische Schule 1840 sehr elementar; ab 1840 wurde im dritten der vier Lehrjahre dann höhere Analysis (Differential- und Integralrechnung) gelehrt (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 12–13). In Dresden schlug sich die „polytechnische Funktion der Mathematik“ aufgrund der Akzentuierung des Werkstattunterrichts nicht nieder: Mathematik war anfänglich mit 5 von insgesamt 69 Wochenstunden gelehrt worden (vgl. Ley, 1953, 30). In Braunschweig, wo von Uhde (beteiligt an der Ausgestaltung der technischen Abteilung des Collegium Carolinum) im Gegensatz zum Dresdener Konzept der „wissenschaftliche Bildungszweck“ für den höheren Techniker mehrfach hervorgehoben wurde, weil dieser seine Disziplin „geistig beherrschen“ und „in der Wissenschaft die Norm seines Verfahrens haben“ sollte, wurde der Anspruch eines höheren, wissenschaftlichen Unterrichts auch an die Lehre der vorbereitenden Wissenschaften wie die Mathematik gestellt, die derjenigen des „Gelehrten“ nicht nachstehen sollte (vgl. Uhde, 1836, 20–23). Uhde formulierte explizit, dass es „unstatthaft“ und „unzweckmäßig“ sei, diesem

Unterricht „[...] eine stete Beziehung auf Anwendungen, die sogenannte praktische Richtung zu geben“ (vgl. ebd., 22). Seine Auffassung entsprach im Übrigen der Haltung der Universitäten zu dieser Zeit.

Auch wenn in Braunschweig anfangs schon eine „wissenschaftliche“ Ausbildung angestrebt wurde (vgl. ebd., 34–37) und beispielsweise Karlsruhe recht früh ein höheres Niveau in der mathematischen Lehre aufzuweisen hatte, „[...] muß bis zur Mitte des 19. Jh. von einem relativ niedrigen Niveau der mathematischen Ausbildung der Ingenieure ausgegangen werden“, was u. a. auch den „noch geringen Anforderungen der Ingenieur Tätigkeit an die Verwendung von Mitteln der höheren Mathematik“ geschuldet war (vgl. Hensel et al., 1989, 12–13). Des Weiteren waren die Vertreter der Mathematik an den höheren technischen Lehranstalten meistens Lehrer; führende Mathematiker wirkten zu dieser Zeit fast ausschließlich an den Universitäten (vgl. Hensel, 1989, 389). So wurde der Mathematikunterricht in Stuttgart zum Beispiel anfänglich nicht von „ausgewiesenen Mathematikern“ erteilt (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 12). Die personelle Situation wurde so aber dem Wesen der höheren technischen Bildungsinstitutionen und deren ursprünglichen Lehrzielen gerecht, nämlich für die berufliche Praxis vorzubereiten.

4.5.2 Aufschwung durch Mathematisierung

Noch vor der Gründung der meisten höheren technischen Lehranstalten, im ersten Viertel des 19. Jahrhunderts, etablierte sich an den deutschen Universitäten das Verständnis, das die Wissenschaftlichkeit der Mathematik an ihre „reine“ Behandlung knüpfte: Es kam zur Herausbildung einer „eigenständigen, professionellen Reinen Mathematik, ohne unmittelbaren Anwendungsbezug“; die Anwendungen wurden dem technischen Bildungswesen zugewiesen (vgl. Schappacher, 1990, 5). Diejenigen Bereiche der (angewandten) Mathematik, die an den höheren technischen Bildungsinstitutionen gelehrt wurden, nämlich hauptsächlich mit Bezug zur technischen bzw. gewerblichen Praxis, widersprachen dem im 19. Jahrhundert neu etablierten Wissenschaftsverständnis der Mathematik. Noch im 18. Jahrhundert hatte eine „utilitaristische Ansicht“ vorgeherrscht, die den Wert der Mathematik vor allen Dingen

in ihrem Nutzen sah und starkes Interesse an den Anwendungen hatte; diese verlor zu Beginn des 19. Jahrhunderts an Bedeutung und, u. a. aufgrund des „neuhumanistische[n] Universitätsideal[s] von der zweckfrei zu betreibenden Wissenschaft“, die Pflege der reinen Mathematik, die Konzentration auf innermathematische Probleme und das bewusste Negieren der Beziehungen zu den Anwendungen wurden charakteristisch für die Universitätsmathematik (vgl. Hensel, 1989, 390–391). Dementsprechend fanden „pragmatische Fächer“ keinen Ort an der Universität:

Hier stand die Überzeugung dahinter, daß die „rein“ betriebene Wissenschaft indirekt auch dem praktischen Leben in höherem Maße nütze als jede geradewegs auf den Zweck zielende Ausbildung. Nicht auf den unmittelbaren Nutzen sollte es ankommen, den man von der Wissenschaft erwarte, sondern auf den Geist der Wissenschaft selbst. [...] Es war die Überzeugung, nur eine umfassende, zweckfreie „Bildung durch Wissenschaft“ verleihe auch die beste Befähigung für die „praktischen Geschäfte des Lebens“.
(Manegold, 1970, 30–31)

Diese Formulierungen erinnern zwar stark an diejenigen von Uhde über die angestrebte Art der Ausbildung am Braunschweiger Collegium Carolinum, es handelte sich bei Uhde aber um eine Ausnahme unter den höheren technischen Bildungsanstalten in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, weil an jenen der Nutzen für die berufliche Praxis in der Lehre im Vordergrund stand.

Die Ablehnung des „Nützlichkeitsdenkens“ führte dazu, dass „[...] die Vertreter dieser Richtung auch lange Zeit nicht bereit [waren; NB], die noch jungen Technikwissenschaften den ‚Universitätswissenschaften‘ und die polytechnischen Schulen bzw. Technischen Hochschulen den Universitäten als gleichwertig anzuerkennen“ (vgl. Hensel et al., 1989, 16). Eine Ausnahme bildete in dieser Hinsicht die Polytechnische Schule in München, an der seit der Wiedereröffnung 1868 Mathematik wie an der Universität studiert werden konnte, was auch darauf zurückzuführen war, dass „schon die Vorstufe der Technischen Universität in München, die Polytechnische Centralschule, Mitte des 19. Jahrhunderts im Vergleich zu anderen polytechnischen Schulen

‚den höchsten Anteil an theoretischen Vorträgen‘ angeboten [hatte; NB]“ (vgl. Toepell, 1996, 155–156). Des Weiteren führte die beschriebene Haltung der Universitäten gegenüber den Anwendungen ursprünglich auch erst zur Etablierung eines alternativen Bildungsganges, der die Bedürfnisse der gewerblichen und technischen Praxis berücksichtigte. Dass die Institutionen, in denen Mathematik gelehrt wird, den Stil und die Substanz der Mathematik bestimmen, scheint unbestreitbar (vgl. Schubring, 1989, 173). Dementsprechend ist nachvollziehbar, dass die angewandten Zweige der Mathematik in den Zuständigkeitsbereich der Technischen Hochschulen (bzw. vorher der höheren technischen Lehranstalten) fielen. Bei der Lehre der Mathematik wurde dort der Fokus in der Regel auf die Anwendungsmöglichkeiten des Wissens gelegt: Die Mathematik wurde nicht um ihretwillen gelehrt, sondern in den Kontext der Zwecke und Aufgaben zukünftiger Gewerbetreibender und Ingenieure eingebettet.

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts versuchten die höheren technischen Bildungsanstalten sich dann aber auch hinsichtlich der Auffassung zur Mathematik bzw. Wissenschaft im Allgemeinen den Universitäten anzugleichen. Seit den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts bemühten sich die Polytechnischen Schulen, den Anspruch auf Wissenschaftlichkeit und auf die Anerkennung ihres Hochschulcharakters zu rechtfertigen, indem sie „mathematisch-naturwissenschaftliche Methodenideale“ aufnahmen (vgl. Zweckbronner, 1991, 424). Dies bedeutete einerseits die Fundierung der Technik- und Naturwissenschaften auf die reine Mathematik bzw. die Übertragung der „Standards etablierter Wissenschaften, besonders der Mathematik und der Naturwissenschaften, auf die Technik“ (vgl. König, 1990, 32). Andererseits, aber auch infolgedessen, führte dies zu einer stärkeren Betonung der reinen Mathematik selbst in der Lehre. Im Zuge der Bemühungen der Techniker um die Anerkennung der „Wissenschaftlichkeit“ ihrer Disziplinen und der Gleichrangigkeit mit den Universitäten, strebten sie den Ausbau von Mathematik und Naturwissenschaften an den höheren technischen Bildungsinstitutionen an (vgl. Hensel, 1989, 390). „Tatsächlich hatte der Unterricht in der Mathematik als traditionell wichtigste Grundwissenschaft im technischen Studium im Verhältnis zur eigentlichen Fachausbildung nach Umfang und Höhe einen

sich ständig erweiternden Raum eingenommen“ (Manegold, 1969, 394). Laut Hensel *et al.* entfielen auf die Lehre der mathematischen Fächer für Darmstadt, Karlsruhe und München Anteile am gesamten Studium von 36,7% bis 51,9% im Winterhalbjahr 1879/80 und zwischen 38,4% und 49,7% um 1890 (vgl. Hensel *et al.*, 1989, Anlage 4, 251). In diese Anteile wurde sowohl die Lehre der Mathematik als auch diejenige der darstellenden Geometrie und der Mechanik mit einbezogen. Betrachtet man nur die Mathematik, liegen die Anteile an den drei Hochschulen im Winterhalbjahr 1879/80 bei 15,6% bis 19,4% und um 1890 bei 11,2% bis 20,8% (vgl. *ebd.*, 251).⁴⁴ Der Ausbau der Mathematik bedeutete aber nicht nur eine quantitative Ausweitung, sondern auch eine qualitative Erhöhung. Der „akademische Aufstieg der technischen Anstalten“ wurde unterstützt und gefördert von der „notwendigen Orientierung“ an den „normsetzenden Auffassungen“ der Universitäten, also an einer stärkeren Ausrichtung „auf eine mehr theoretische abstrakte Betrachtung und die Hervorhebung der Grundlagenfächer“ (vgl. Manegold, 1969, 394).

Der „qualitative Aufschwung der mathematischen Lehre“ war aber auch durch die „erhöhten Anforderungen an die technischen Wissenschaften infolge der vollen Entfaltung der Industriellen Revolution“ um die Jahrhundertmitte notwendig geworden; ein Beispiel hierfür waren „die um die Mitte des 19. Jh. einsetzenden Bemühungen um ein wissenschaftliches Maschinenwesen auf theoretischer Grundlage“ gewesen, die dazu führten, dass „bei der Vermittlung des mathematischen Stoffes die Beschränkung auf das unmittelbar Notwendige und Verwertbare ebenso wenig wie die bloße Befähigung zum rezeptartigen Anwenden von mathematischen Hilfsmitteln“ genügte (vgl. Hensel *et al.*, 1989, 15). Im Zuge der Emanzipation der technischen Wissenschaften und Institutionen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nahm die Mathematik also die neue Rolle der wissenschaftlichen Fundierung auch der Technik- und Naturwissenschaften an, ihre Funktion als grundlegende Wissenschaft wurde sozusagen erweitert bzw. ausgebaut. Es scheint, als hätte man sich im deutschen technischen Bildungssystem recht spät, nach der Jahrhundert-

⁴⁴In Kapitel 5.2 werden die Anteile verschiedener Fächergruppen an den acht betrachteten Institutionen im Hinblick auf die Rolle der darstellenden Geometrie für die technische Ausbildung betrachtet.

mitte, doch für den Weg entschieden, der an der *École Polytechnique* von Beginn an eingeschlagen wurde, nämlich „die Technik in Form wissenschaftlicher Disziplinen zu entwickeln“ und sich dementsprechend vom anfänglich praxisorientierten Prinzip, Techniker „nach dem Maß des industriellen Bedürfnisses auszubilden“, abzuwenden (vgl. Blankertz, 1969, 80). Auch in den Bildungszielen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zeigte sich die neue Funktion der mathematischen Lehre. In Darmstadt wurde für die 1869 integrierte Allgemeine Schule die „Gelegenheit zu allgemeiner wissenschaftlicher Bildung“ für die Mathematik, Naturwissenschaften und den graphischen Unterricht angestrebt (vgl. Darmstadt, 2000, 12). Das Studium der Mathematik sollte also nicht mehr (nur noch) an Zwecke für die berufliche Praxis gebunden sein. In Karlsruhe hieß es im Organisationsplan von 1885 beispielsweise, dass die Grundlagen u. a. mathematischer und naturwissenschaftlicher Bildung die Studierenden auch befähigen sollten, „fachliche Probleme zu lösen und dem Entwicklungsgange der mathematischen und naturwissenschaftlichen Disziplinen überhaupt ohne Schwierigkeiten zu folgen“ (vgl. Hensel et al., 1989, 21–22). Im Prinzip sollten die Studierenden zu einem Teil also auch zu Mathematikern ausgebildet werden. An der Hannoveraner Institution wurde hingegen noch 1879 bei der Umbenennung in Technische Hochschule proklamiert, dass dort „das erforderliche mathematische Rüstzeug [...] zur Ausbildung eines besonderen Lehrstils geführt“ habe, weil die Studierenden einer technischen Wissenschaft die Mathematik „nicht um ihrer selbst willen“ treiben, sondern diese als „Hilfswissenschaft“ lernen (vgl. Scharlau, 1990, 151). Mit dieser Auffassung entsprach man an der Hannoveraner Technischen Hochschule nicht den verbreiteten Überzeugungen, griff aber durchaus schon ein wichtiges Argument auf, dass sich gegen Ende des 19. Jahrhunderts der sogenannten „Antimathematikerbewegung“ zuordnen lässt.

Der Gedanke, die Anerkennung der höheren technischen Lehranstalten über den Ausbau u. a. der Mathematik zu erzielen, fand sich zu dieser Zeit auch in den bereits zitierten Forderungen des VDI. Ein weiterer von Grashof formulierter Anspruch an die Ausgestaltung der Vorgängerinstitutionen der Technischen Hochschulen lautete, dass an ihnen

die Mathematik und die Naturwissenschaften in einer den Univer-

sitäten nicht nachstehenden Ausdehnung und Intensität gelehrt werden sollen, so daß, ohne natürlich solch' eingehendes Studium obligatorisch zu machen, doch wenigstens die Möglichkeit geboten sei, diese Wissenschaften an der polytechnischen Schule um ihrer selbst willen, nicht nur als Vorbereitung für die Fachcourse studieren zu können. (zitiert nach Hensel et al., 1989, 15)

Hinsichtlich des Studiums der Mathematik sollte für die höheren technischen Anstalten der gleiche Anspruch gelten wie an den Universitäten. Wie aus den vorangegangenen Schilderungen aber hervorgeht, ging es durchaus nicht mehr nur darum, die Mathematik „um ihrer selbst willen“ zu studieren, sondern ihr Studium wurde notwendig, um den Zugang zu den technischen Wissenschaften zu ermöglichen, weil sich diese vermehrt auf die Mittel der höheren Mathematik stützten.

4.5.3 Konsequenzen für Dozenten und Lehre

Um diese Grundsätze im Lehrbetrieb der Mathematik überhaupt umsetzen zu können, mussten zunächst die entsprechenden Lehrpersonen an die höheren technischen Schulen geholt werden. Die Entwicklung der Rolle der Mathematik hatte somit einen entscheidenden Einfluss auf die Berufungspolitik. In dieser Hinsicht orientierte man sich am Vorbild in Zürich, an der Eidgenössischen Polytechnischen Schule bzw. Eidgenössisch Technischen Hochschule (ETH), wo seit ihrer Gründung 1855 „vorzügliche Lehrkräfte“ wirkten (vgl. Dyck, 1904a, 11): Von der ETH wurde nicht nur die generelle Fokussierung auf die höhere, reine Mathematik übernommen (vgl. Lorey, 1916, 147), sondern auch die damit zusammenhängende Berufungspraxis. So wurden auch an die betrachteten Lehranstalten Mathematiker berufen, deren Interessen der „abstrakten Reinen Mathematik“ galten (vgl. ebd., 244). Man erhoffte sich in den 1850er Jahren, „[...] durch die Berufung einzelner bedeutender Mathematiker an die polytechnischen Schulen wenigstens eine punktuelle Verbesserung der Lehrsituation in der Mathematik einzuleiten“ (vgl. Hensel, 1989, 389). Viele Technikwissenschaftler legten inzwischen „großen Wert auf eine wirklich wissenschaftliche Mathematikausbildung“ (vgl. Hensel et al., 1989,

15). Die Forderungen des VDI bestärkten diese Berufungspolitik noch weiter, sodass in den 1870er und 80er Jahren „[...] eine Reihe hervorragender Mathematiker auch an Technische Hochschulen berufen“ wurde (vgl. Toepell, 1996, 156).⁴⁵ Die in dieser Zeit berufenen Mathematiker waren häufig Absolventen der Universitäten; insbesondere bildeten die Technischen Hochschulen (noch) keinen eigenen wissenschaftlichen Nachwuchs in den Bereichen der Mathematik heran (vgl. Schubring, 1990, 273). Die Ingenieure bzw. die Fachabteilungen hatten „bei der Berufung von Mathematikprofessoren an Technische Hochschulen [...] im allgemeinen wenig Einfluß, so daß zumeist die an den Universitäten üblichen Bewertungskriterien angesetzt wurden“ (Hashagen, 2000, 278). Kommissionen für die Berufung neuer Mathematikprofessoren wurden von den Allgemeinen Abteilungen selbst gebildet, die dem Senat der Hochschule ihre Vorschläge vorlegten, die wiederum an das Kultusministerium weitergeleitet wurden, wo die Entscheidung für eine Besetzung fiel (vgl. Hensel, 1989, 395). Die angesetzten Kriterien betrafen zum Beispiel die mathematische Ausrichtung, die ein Bewerber in seinem Vortrag fokussierte: Man legte Wert auf „[...] einen klar gegliederten, fesselnden Vortrag [...], der geeignet war, Anfänger in den ‚Geist der modernen Mathematik‘ eindringen zu lassen“, anstatt auf einen solchen, in dem die allgemeinen Sätze an Beispielen erläutert wurden (vgl. Hensel et al., 1989, 33).

Die berufenen Universitätsmathematiker hatten darüber hinaus weder Erfahrungen in der Berufspraxis, noch waren sie in der Lage, die Mathematik in den relevanten technischen Disziplinen aufgrund der vorherrschenden Stellung der reinen oder treffender „abstrakten“ Mathematik an den Universitäten anzuwenden. An der Universität hatten sie sich mit den Gebieten der reinen Mathematik, „[...] aber in einzelnen Fällen noch nicht hinreichend mit der darstellenden Geometrie beschäftigt [...]. Was aber ist der Mathematiker der technischen Hochschule ohne die darstellende Geometrie? Ein Nonsens!“ (vgl.

⁴⁵In Kapitel 6.2 werden die Besetzungen der Lehrstühle für Mathematik und für darstellende Geometrie an den Technischen Hochschulen in den 1870er und 1880er Jahren im Rahmen einer an Hensel *et al.* (1989) und Hensel (1989) angelehnten Studie noch untersucht. In den Tabellen 6.2 und 6.3 in diesem Kapitel sind alle Professoren der Mathematik (und der darstellenden Geometrie) aufgeführt, die in den 1870er und 1880er Jahren einen Ruf auf einen Lehrstuhl an einer Technischen Hochschulen erhalten haben.

Holzmüller, 1896, 293). Die den Technischen Hochschulen eigentümlichen Fächer bzw. Anwendungsgebiete der Mathematik fanden an der Universität im 19. Jahrhundert in der Regel keine Beachtung. In früheren Phasen des Bestehens der höheren technischen Schulen hatten deren Dozenten meistens entweder durch ihre praktische Berufserfahrung oder Ausbildung oder durch den eigenen Besuch einer der technischen Bildungsinstitutionen oder deren Vorgänger eine Verbindung zu den technischen Disziplinen gehabt.⁴⁶ Hinzu kam, dass die Professuren an den Technischen Hochschulen „ein sehr wichtiger Arbeitsmarkt“ für Mathematiker waren (vgl. Hashagen, 2000, 279). An den acht betrachteten höheren technischen Schulen gab es im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts jeweils zwischen zwei und fünf (z. B. in Berlin, München und Darmstadt) Stellen, seien es Lehrstühle oder Extraordinarien, für Mathematiker (vgl. Scharlau, 1990). Viele Mathematiker nutzten diese Lehrstellen bzw. die Technischen Hochschulen als „Wartesaal für die Berufung zur Universität“ (vgl. Holzmüller, 1896, 293).⁴⁷ Für die Berufung an die Universität mussten Nachweise über die Eignung für wissenschaftliche Tätigkeiten im Bereich der reinen Mathematik erbracht werden, sodass diejenigen Mathematiker, die die Technischen Hochschulen als „Wartesaal“ nutzten, ihre Tätigkeiten in Lehre und Forschung dort wahrscheinlich dementsprechend ausgerichtet haben.

Im mathematischen Unterricht an den höheren technischen Bildungsanstalten schlug sich die Besetzung der mathematischen Lehrstühle mit Universitätsabsolventen bzw. Mathematikern in einer Umgestaltung der Inhalte in der Lehre nieder. Charakterisiert wurde der mathematische Unterricht nach der Jahrhundertmitte durch eine „bewusste Abkehr“ von der angewandten Mathematik (vgl. Lorey, 1916, 147) und einer Überbetonung der modernen Analysis und ihrer exakten Begründung (vgl. Hensel, 1989, 398). Im Grunde hatte sich der mathematische Unterricht an den technischen Schulen demjenigen der Universitäten in Inhalt und Methode angepasst. „Der mathematische Unterricht für die Ingenieure war seit Mitte des 19. Jahrhunderts dem

⁴⁶Auf die Biographien, und insbesondere die Bildungswege, der Professoren für darstellende Geometrie an den acht betrachteten Technischen Hochschulen bzw. deren Vorgängern im 19. Jahrhundert wird in Kapitel 6.1 eingegangen.

⁴⁷Auch dieser Behauptung wird in Kapitel 6.2 nachgegangen.

für Mathematiker immer ähnlicher geworden, wo eine ‚abstrakte arithmetisierende Richtung die Vorherrschaft‘ gewonnen hatte [...]“ (Hashagen, 2000, 279). Beispielsweise haben im Dresdener Studienplan von 1879 nur noch die Vorlesungen über Darstellende Geometrie und Technische Mechanik daran erinnert, dass man sich an einer Technischen Hochschule befand (vgl. Lorey, 1916, 148). Nicht nur der Fächerkanon, sondern auch die Lehrart der Mathematik hatte sich verändert: „So wurde in den mathematischen Vorlesungen an den meisten Technischen Hochschulen das exakte Begründungsprogramm der Arithmetisierung der Analysis wichtiger als die anschauliche Darstellung mathematischer Begriffe und Zusammenhänge“ (Hashagen, 2000, 279). Die (vollständige) Vernachlässigung der Anschauung in der Vermittlung der Mathematik sei „eine Folge der großen inneren Wichtigkeit, welche den arithmetisierenden Tendenzen der modernen Mathematik innewohnt[en]“, gewesen (vgl. Klein, 1895, 90). Diese „streng arithmetische Behandlung der Mathematik“ war aber für Techniker ungeeignet gewesen, weil für ihre Zwecke zum Beispiel „eine Schulung des räumlichen Vorstellungsvermögens zu bevorzugen“ war (vgl. Hashagen, 2000, 283).

Neben dem Bedeutungsverlust der Anschauung in der mathematischen Lehre wurde „auch die Anwendung des Wissens auf praxisbezogene Beispiele“ stark vernachlässigt, sodass diese verfehlte, „[...] die Studenten auf spezifische Probleme bei der – für den künftigen Beruf wichtigen – mathematischen Modellierung technischer Sachverhalte vorzubereiten“ (vgl. Hensel, 1989, 398). Kompetenzen der reinen Mathematik, die künftige Techniker und Ingenieure für ihre Tätigkeiten hätten verwenden können, wurden nicht vermittelt. „Neben ausgedehnten Übungen in der darstellenden Geometrie, im Vermessungswesen usw. wurden jetzt, ähnlich wie an den Universitäten, als Einleitung abstrakt-mathematische Vorlesungen gehalten, die auf die Technik kaum Rücksicht nahmen“ (Klein & Schimmack, 1907, 181). Der Fächerkanon und die Lehrart entsprachen nicht mehr den Bedürfnissen der beruflichen Praxis (vgl. Manegold, 1970, 144–146). Beispielsweise galt dies für die Betonung der Differential- und Integralrechnung: „Als dies [die Lehre dieser Fächer; NB] 1850 für das reorganisierte Gewerbeinstitut in Berlin vorgeschrieben wurde, bezeichnete es in der Sicht eines Kritikers genau die Akade-

misierung zu einer polytechnischen Hochschule, die er bedenklich fand, weil den Bedürfnissen der Gewerbe nicht entsprechend“ (Jeismann & Lundgreen, 1987, 298). Ein Beispiel liefert erneut die Entwicklung des Maschinenbaus, dessen Komplexität mit Hilfe eines geschlossenen Systems „von mathematisch formulierten Regeln und Gesetzen“ erfasst werden sollte: „Die Berechnungen und Formeln, mit denen in der Lehre gearbeitet wurde, bezogen sich deswegen meist nicht auf tatsächliche Maschinen, sondern auf modellhafte Vorstellungen davon [...], die aber letzten Endes für die industrielle Praxis nur bedingt brauchbar waren, da die Modelle die technische Wirklichkeit nur äußerst unvollkommen abbildeten“ (vgl. König, 1990, 32). Klein nennt außerdem die Anwendung der reinen Mathematik auf naturwissenschaftliche Probleme unpassend, weil so häufig der eigentliche Zweck beispielsweise der Physik verfehlt wurde, indem Erfahrungstatsachen durch die Mathematik idealisiert wurden und die weiteren Betrachtungen ausschließlich innermathematisch waren (vgl. Klein, 1895, 86–87). Den Abbildern bzw. Modellen, die die reine Mathematik von den Technik- und Naturwissenschaften lieferte, mangelte es an Repräsentativität. Überspitzt gesagt, scheint es, als wäre inzwischen die Technik um der Mathematik willen betrieben worden.

4.5.4 Die Antimathematik(er)bewegung

Im Zuge dieser Entwicklungen betreffend die Mathematik entstand nicht nur bei den Ingenieuren eine „zunehmend stärker empfundene Kluft zwischen den, wie es bald kritisch hieß, nach der ‚universitären‘ Betrachtungsweise orientierten Lehrinhalten der Grundlagenfächer, in erster Linie der Mathematik“, und den Bedürfnissen der technischen Disziplinen (vgl. Manegold, 1969, 394), sondern auch seitens der Industrie. Die Akademisierung des technischen Bildungssektors durch die Einbindung der abstrakten Mathematik wurde zunehmend für die fehlende Passung zu den Bedürfnissen des Handels und der Industrie kritisiert (vgl. Jeismann & Lundgreen, 1987, 298). Die Industrie bemängelte beispielsweise hinsichtlich des „übertheoretisierten“ Maschinenbaus, „[...] daß die Hochschulabsolventen erst nach langer Einarbeitungszeit überhaupt zu verwenden seien“ (vgl. König, 1990, 32). Öffentliche Kritik „an der

ungenügenden Wirksamkeit der Mathematikausbildung“ häufte sich gegen Ende des 19. Jahrhunderts zunehmend (vgl. Hensel, 1989, 398). Insbesondere im Vergleich zur amerikanischen Industrie kritisierte Riedler die deutsche Ingenieurausbildung nach seinem Besuch der Weltausstellung in Chicago 1893 als zu theoretisch: „An den deutschen Technischen Hochschulen würden Fächer wie Mechanik und Physik als Teilgebiete der Mathematik behandelt werden, der Fachunterricht sei zu theoretisch aufgebaut, und insbesondere würde es an ausreichendem Laboratoriumsunterricht mangeln, der die amerikanische Ingenieurausbildung so erfolgreich mache“ (Hashagen, 2000, 276). Schon 1876 hatte Reuleaux die rückständige Entwicklung der deutschen Industrie im Vergleich zu derjenigen in Amerika bemängelt, nachdem er in diesem Jahr die Weltausstellung in Philadelphia besucht hatte (vgl. Scriba & Maurer, 1991, 66).

Die Unzufriedenheit über die theoretische Ausgestaltung der mathematischen Lehre bzw. über die Dominanz der reinen Mathematik innerhalb der Ausbildung der Ingenieure resultierte in einer der „Mathematik [gegenüber; NB] feindlichen Stimmung in den Kreisen der Ingenieure“ (vgl. Lorey, 1916, 244). Fricke bezeichnete die Mathematik an den Technischen Hochschulen in dieser Zeit als die „bestgehaßte Wissenschaft“ (vgl. Fricke, 1905, 179). Die Bemühungen um eine Änderung dieses Zustandes, d. h. eine Zurückführung des mathematischen Unterrichts auf die Bedürfnisse der Technikwissenschaften in der Zeit zwischen 1880 und der Jahrhundertwende, sind als die „Antimathematische“ bzw. „Antimathematikerbewegung“ und „Technikerbewegung“ bekannt. „[E]rbitterte Auseinandersetzungen um die Rolle der Mathematik für die Technikwissenschaften und für die Ingenieurertätigkeit“ innerhalb „einer intensiven, auf Forschung und Lehre bezogenen Methodendiskussion“ hatte es zwar schon im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts gegeben, bei denen es hinsichtlich der mathematischen Ausbildung der Ingenieure um deren Umfang, Inhalt und Methoden ging, in die breite Öffentlichkeit sind die Auseinandersetzungen zwischen 1894 und 1900 – in der Form von Diskussionsreden, programmatischen Erklärungen, Streitschriften, Vorworten von Fachbüchern, Zeitschriften und von selbständigen Schriften – gedrungen (vgl. Hensel, 1989, 388).

Die Kritik der zeitgenössischen Situation des Mathematikunterrichts an den Technischen Hochschulen zielte aber nicht darauf ab, die Mathematik vollständig von diesen zu verbannen, sondern auf ihre Reduzierung und Anpassung an die Bedürfnisse der technischen Fächer. Zunächst plädierten die „Antimathematiker“ für eine geringere „Dosierung“ der mathematischen Lehre, indem sie die Rolle einer „Hilfswissenschaft“ annehmen sollte, anstatt, wie bis dahin, die einer Grundwissenschaft (vgl. Scriba & Maurer, 1991, 66). Neben einer Veränderung ihrer Funktion im Allgemeinen, sollten aber auch die Bereiche der Mathematik geändert werden, die in der Lehre an den Technischen Hochschulen thematisiert wurden. „Die Reformer wandten sich gegen die Überbetonung analytischer Methoden in der Ingenieurausbildung und plädierten stattdessen für geometrisch-synthetische Methoden [...]“ (König, 1990, 32). Eine Einschränkung auf letztere Inhalte der Mathematik sollte in einer „besseren Anpassung der mathematischen Methoden an die praktischen Probleme, also in der Intensivierung der ‚Führung‘ zwischen ‚Theorie und Praxis‘ [resultieren; NB]“ (vgl. Scriba & Maurer, 1991, 66–67). Eine mit diesen Zielen zusammenhängende Forderung betraf zum Beispiel die personelle Situation: „[...] [D]ie mathematischen Vorlesungen für Ingenieure sollten in Zukunft von Professoren erteilt werden, die eine wesentlich technische Ausbildung durchlaufen hatten“ (König, 1990, 32–33). So äußerte man direkte Kritik an den Lehrstuhlinhabern und deren Lehrtätigkeit. Im Prinzip wollte man, was die Lehrpersonen betraf, zur Ausgangssituation während der Anfangsstadien der höheren technischen Unterrichtsanstalten zurückkehren.

4.5.5 Die Etablierung technischer Forschungsmethoden am Ende des 19. Jahrhunderts

Begleitet wurden die Auseinandersetzungen um die Funktion der Mathematik für die Technikwissenschaften von der Ausbildung eigenständig technischer Forschungsmethoden. Unter der Devise „Die Technische Hochschule den Technikern“ wehrten sich die Ingenieure dagegen, „[...] daß nur in dem Grad der Anwendung jener Fächer [der Mathematik; NB], gewissermaßen allein in dem exakten Kern ihrer Arbeit deren Wissenschaftlichkeit begründet

sei“ (vgl. Manegold, 1969, 395). Ingenieurwissenschaftler wandten sich von den im Laufe des 19. Jahrhunderts etablierten Methodenidealen, von der Fundierung ihrer Wissenschaften auf rein mathematische Betrachtungsweisen, ab. Die Reformer sprachen sich für „Anschauung, Beobachtung und Versuch als Methoden der Ingenieurwissenschaften“ (vgl. König, 1990, 33) und somit für eine eigenständig technikwissenschaftliche Vorgehensweise aus.

Auf der Hauptversammlung des VDI im Jahr 1894 wurde „[...] nicht nur die Ergänzung des weitgehend theoretisch ausgerichteten Unterrichts für Maschineningenieure durch Laboratoriumsunterricht, sondern auch eine starke Beschränkung des mathematischen Unterrichts gefordert“ (vgl. Hashagen, 2000, 277). Bis dahin hatte die Lehre an den Technischen Hochschulen „vor allem aus theoretischen Vorlesungen, Zeichen- und Konstruktionsübungen und Demonstrationsvorträgen mit Modellen“ bestanden, sodass zunächst entsprechende Maschinenbaulaboratorien eingerichtet werden mussten, was bis zum Ende des 19. Jahrhunderts durch die deutschen Regierungen für alle Technischen Hochschulen realisiert worden war (vgl. König, 1990, 33). Zwar wurden die Laboratorien an den Technischen Hochschulen zunächst für Lehrzwecke, für die „obligatorischen Übungen“, eingerichtet, sie boten aber auch die Möglichkeit für eigene Forschung und für Studierende eine Gelegenheit, „experimentelle Abschlussarbeiten“ anzufertigen; die Laboratorien wurden schnell für mögliche Forschung ausgebaut (vgl. ebd., 33). So kamen die Technischen Hochschulen am Ende des 19. Jahrhunderts dem universitären Ideal der Einheit von Forschung und Lehre näher und etablierten gleichzeitig eine von der Mathematik unabhängige Forschungsmethode. Durch die Distanzierung von den Methodenidealen der Mathematik und die Herausbildung eigenständig technischer bzw. ingenieurwissenschaftlicher Forschungsmethoden basierend auf dem Experimentieren konnten die Technischen Hochschulen eigenständige Forschungsaufgaben übernehmen. „Mit der Betonung des systematischen Experimentierens durch die Antimathematikerbewegung erfolgte eine Emanzipation der technischen Wissenschaften von der Methodologie der Naturwissenschaften und eine Ergänzung der an dem universitären Vorbild orientierten Theoretisierung“ (König, 1981, 55). Im Grunde gab man den Technikwissenschaften durch ihre neue Forschungsaufgabe eine „Identität“ als wis-

senschaftliche Disziplinen. Durch die neuen Forschungsmöglichkeiten an den Technischen Hochschulen waren diese außerdem „ein interessanter Kooperationspartner“ für die Industrie geworden, die sich finanziell zu beteiligen begann, indem sie beispielsweise Assistenzstellen finanzierte oder Forschung in Auftrag gab (vgl. König, 1990, 33–34). Nach der Jahrhundertwende wuchs dann sogar auch die Bereitschaft der Industrie, „Geld für Zwecke der Grundlagenforschung zu stiften“ (vgl. Schappacher, 1990, 15). Insgesamt war die erreichte Unabhängigkeit von der Mathematik also am Ende auch wieder fruchtbar für die Mathematik selbst.

Für die (reine) Mathematik bedeuteten diese Entwicklungen eigenständiger Forschungsmethoden in den Technikwissenschaften zunächst, dass sie ihre Rolle als wissenschaftliche Fundierung bzw. Legitimierung verlor. So konnte sie sich um die Jahrhundertwende an den Technischen Hochschulen wieder der Praxis zuwenden (vgl. Scriba & Maurer, 1991, 66). Die Überzeugung, „dass zwischen einzelnen Wissenszweigen und Studien, namentlich zwischen reinen und angewandten Wissenschaften, gewisse Rangunterschiede bestehen“, sei zum Ende des 19. Jahrhunderts überwunden gewesen (vgl. Papperitz, 1899, 3). Im Zuge der eben erwähnten Forderungen auf der Hauptversammlung des VDI wurde angestrebt, den mathematischen Unterricht zu reduzieren, weil die Gesamtstudienzeit der Ingenieure durch die Einführung des Laboratoriumsunterrichts nicht verlängert werden sollte (vgl. Hashagen, 2000, 277). Diese Forderung eröffnete um die Jahrhundertwende neue Diskussionen über die Ausgestaltung und den Umfang der Lehre der Mathematik an den Technischen Hochschulen. Bei Papperitz findet sich eine Auflistung verschiedener Aspekte und Spannungsfelder, die es für eine Reorganisation des mathematischen Unterrichts an den Technischen Hochschulen zu bedenken galt; einige davon lauteten wie folgt: Welche Inhalte sollten in welchem Umfang abgedeckt werden, ohne die Studienpläne zu überlasten und die Studienzeit maßgeblich zu verlängern? In welchem Maß sollten die vorbereitenden Wissenschaften, die Mathematik und die Naturwissenschaften, schärfer für die einzelnen Ingenieurwissenschaften eingegrenzt werden? Welche Anforderungen sollen an die Ausbildung der Lehrkräfte an den Polytechnischen Schulen gestellt werden? (vgl. Papperitz, 1899, 16–17). Laut

Holzmüller war hinsichtlich der Gestaltung der mathematischen Lehre das Hauptziel der Technischen Hochschulen am Ende des 19. Jahrhunderts die Lösung des „Maximalproblems“ gewesen, d. h. die Lehre der Mathematik so zu gestalten, dass in möglichst kurzer Zeit möglichst leistungsfähige Ingenieure ausgebildet würden (vgl. Holzmüller, 1896, 301). In diesem Kontext setzte er sich für die Einführung von Vorlesungen über „Ingenieur-Mathematik in elementarer Behandlung“ ein, weil so die höheren Studien schneller zu bewältigen wären und die Studierenden gleichzeitig motivierter wären, sich der höheren Mathematik zu widmen, da Ingenieure in der Praxis mit elementaren Hilfsmitteln arbeiteten; zugleich könnte eine passende Lehrerbildung für niedrigere und mittlere Fachschulen gewährleistet werden (vgl. ebd., 300-301). Klein sprach sich dafür aus, dass die Elementarvorlesungen, „welche den Anfänger überhaupt in die höhere Mathematik einleiten“, und die Vorlesungen für Naturforscher und Ingenieure „nothwendig von der Anschauung ihren Ausgangspunkt nehmen sollten“ – im letzteren Fall, weil diese Berufsgruppen darauf angewiesen waren, „wesentlich mit der Anschauung zu arbeiten“ (vgl. Klein, 1895, 90). Durch die „einseitige Überspannung der logischen Form“ in der Lehre der Mathematik, wie sie sich in der zweiten Jahrhunderthälfte entwickelt hatte, hatte die Mathematik ihre naturgemäße Geltung verloren, die es durch „zweckmäßigeres Verhalten“ zurückzugewinnen galt (vgl. ebd., 90). Wie sich die Funktion der Mathematik in der Lehre der Technischen Hochschulen bzw. deren Vorgängerinstitutionen zu verschiedenen Zeitpunkten des 19. Jahrhunderts ausgestaltet hat, soll anhand ausgewählter Lehrpläne im nachfolgenden Kapitel 5 im Vergleich zur darstellenden Geometrie quantitativ erfasst werden.

Kapitel 5

Die darstellende Geometrie als Lehrfach an höheren technischen Bildungsinstitutionen

Der ursprüngliche Zweck der Gründungen bzw. die ursprünglichen Bildungsziele der hier betrachteten höheren technischen Lehranstalten war die Belegung der Industrie durch Bildung und zwar durch eine der gewerblichen bzw. technischen Praxis angemessenen Wissensvermittlung. „Diese Institutionen dienten der Fachausbildung des Ingenieurs, sie vermittelten mathematische und naturwissenschaftliche Grundkenntnisse, waren aber nicht Sitz der neuen Wissenschaft“ (Böhme et al., 1978b, 353). Letztendlich erfüllten sich die Erwartungen für das Wirtschaftswachstum zwar nicht, die technischen Bildungsinstitutionen entwickelten aber bis zum Ersten Weltkrieg „Organisationsformen der Wissenschaft“ (vgl. König, 1999, 15–16). Insbesondere in ihren Anfängen, aber durchaus durch das 19. Jahrhundert hindurch, waren die höheren technischen Bildungsinstitutionen primär Lehranstalten gewesen (vgl. König, 1990, 32). Für die Polytechnische Schule in Karlsruhe schloss beispielsweise Nebenius Forschungstätigkeit ursprünglich aus und verwies diesbezüglich an die Universität (vgl. Blankertz, 1969, 80). Eigenständige technik- oder ingenieurwissenschaftliche Forschungsmethoden im größeren Maßstab entwickelten sich erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts (siehe Ka-

pitel 4.5). Im Gegensatz dazu formulierte Monge zum Beispiel schon bei der Gründung der *École Polytechnique* den Grundsatz, sich an dieser Institution auf eigens technikwissenschaftliche Forschungsmethoden, auf die Verbindung der Theorie mit der Empirie, zu stützen (vgl. ebd., 68).

Die Etablierung der Forschung an den betrachteten deutschen Technischen Hochschulen am Ende des 19. Jahrhunderts betraf aber zunächst nur die technischen Disziplinen; die „Grundlagenfächer“, u.a. die Mathematik, hatten ihre Forschungsheimstätten noch an der Universität. So behauptet Scharlau beispielsweise, dass im Bereich der Mathematik an den technischen Bildungsinstitutionen in Berlin „von Forschung circa 100 Jahre lang keine Rede“ sein konnte (vgl. Scharlau, 1990, 18), laut Knobloch waren es 35 Jahre (vgl. Knobloch, 1981, 44). Tatsächlich wirkten in Deutschland, führende Wissenschaftler weiterhin an den Universitäten, „[...] die Polytechnika waren zunächst keine ‚Heimstätten‘ für hervorragende Mathematiker und Naturwissenschaftler [...]“ (vgl. Hensel et al., 1989, 7–8) – im Gegensatz zu Frankreich, wo „führende Gelehrte“ seit der Französischen Revolution primär an der *École Polytechnique* tätig waren. „Die polytechnischen Schulen [...] nahmen eine Zwischenstellung zwischen gewerblicher Mittelschule und Universität ein. Der Unterricht sollte zwar durchaus wissenschaftlich sein, aber die Lehrer sollten keine Forscher in der reinen Wissenschaft sein“ (Goldbeck, 1968, 18). Im Prinzip scheint an die Lehrenden an den Technischen Hochschulen im Allgemeinen nicht der Anspruch gestellt worden zu sein, dass sie forschend tätig sein sollten, was wahrscheinlich nur eingeschränkt gilt, weil – wie in Kapitel 4.5 bereits thematisiert wurde – insbesondere im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts eine nachgewiesene Forschungstätigkeit von den Bewerbern für eine Lehrstelle beispielsweise der Mathematik verlangt wurde.¹ Dennoch wird im Allgemeinen davon ausgegangen, dass die höheren technischen Bildungsinstitutionen im 19. Jahrhundert vornehmlich Lehranstalten waren. Eine weitere Möglichkeit, die Forschungsintensität einer Hochschule zu messen, bietet beispielsweise die Zahl an Promotionen (vgl. Grupp et al., 2002, 16). Diese

¹Ob und inwiefern die Lehrverantwortlichen für die darstellende Geometrie an den hier betrachteten Institutionen Forschungsbeiträge in diesem Bereich leisteten, wird in Kapitel 6 untersucht werden.

Herangehensweise erweist sich im betrachteten Zeitraum für die Technischen Hochschulen bzw. ihre Vorgänger als hinfällig, weil diese noch nicht über das Promotionsrecht verfügten.² Da Promotionen neben Forschungsergebnissen auch Forschungsmitarbeiter lieferten, fehlte ihnen im betrachteten Zeitraum somit ein wichtiges Mittel der „Absolventenproduktion“ (vgl. Dienel, 1993b, 118).

Mit diesen höheren technischen Bildungsinstitutionen, die im 19. Jahrhundert mehr Lehr- als Forschungsstätten waren, wurde die darstellende Geometrie, genau wie die *Géométrie descriptive* mit der *École Polytechnique*³, aufs Engste verknüpft:

In richtiger Würdigung der hierin beruhenden Bedeutung der darstellenden Geometrie für die Ausbildung des jungen Technikers nimmt diese Disziplin daher im Studienplane der Technischen Hochschulen von Alters her eine hervorragende Stellung ein. Die Einführung der darstellenden Geometrie in den Universitätsunterricht findet indes, so vielfach dieselbe bereits bewerkstelligt wurde, in völliger Verkennung ihrer segensreichen Bedeutung immer noch stellenweise Widerspruch. (Schilling, 1900, 42–43)

²Zwar hatte nur die Allgemeine Abteilung, der die darstellende Geometrie in der Regel angehörte, in München bereits 1901 zusammen mit den technischen Abteilungen das Promotionsrecht erhalten, dennoch soll an dieser Stelle ein kurzer Blick über die zeitlichen Grenzen dieser Arbeit hinaus gegeben werden. Bei Trommsdorff findet sich eine Übersicht über die im Zeitraum bis 1912 an den Technischen Hochschulen verfassten Dissertationen (vgl. Trommsdorff, 1914, 9). Von den 1770 Arbeiten, die Trommsdorff in seinem Werk auflistet und für die einzelnen Institutionen aufführt, können sechs aufgrund ihres Titels unter Vorbehalt dem Themenbereich der darstellenden Geometrie zugeordnet werden. Vier dieser Dissertation entstanden in München und beschäftigen sich mit der Photogrammetrie. Drei von ihnen wurden der Allgemeinen, eine der Bauingenieur-Abteilung zugeordnet. Diese „Dichte“ an Dissertationen zu einem Teilgebiet der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne war auf den in München wirkenden Lehrstuhlinhaber, Sebastian Finsterwalder (1862–1951), zurückzuführen. Von 1891 bis 1911 hatte er den Lehrstuhl für Analytische Geometrie und Differential- und Integralrechnung inne, ab 1911 erhielt er das Ordinariat für darstellende Geometrie. Die anderen beiden Dissertation beschäftigten sich vermutlich – ihre Titel und eine oberflächliche Betrachtung der Arbeiten lassen dies vermuten – mit der Anwendung darstellend-geometrischer Methoden auf Bereiche der Technik (Schiffs- und Fachwerkbau).

³Im Nachfolgenden, in Abschnitt 5.2.1, wird auf die Verbindung der *Géométrie descriptive* mit der *École Polytechnique* noch kurz eingegangen.

Die darstellende Geometrie war den höheren technischen Bildungsinstitutionen im 19. Jahrhundert „eigentümlich“, da sie fast ausschließlich an ihnen unterrichtet wurde (vgl. Wiener, 1884, 60). Sie war zu dieser Zeit an den Universitäten in der Regel nicht durch Lehrstühle oder im Vorlesungsverzeichnis vertreten.⁴ Aufgrund der Verbindung zum höheren technischen Bildungswesen wird an dieser Stelle zunächst davon ausgegangen, dass die darstellende Geometrie im betrachteten Zeitraum an den höheren technischen Bildungsinstitutionen primär Lehrgegenstand war.

Das vorliegende Kapitel dient dem Nachweis bzw. der Überprüfung der Annahme, dass die darstellende Geometrie an deutschen höheren technischen Bildungsinstitutionen als Lehrfach ein „Eckpfeiler der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung“ gewesen sei (vgl. Hashagen, 1993, 41–42), dass sie dort „unbestritten zu den Kernfächern“ gehörte (vgl. Zweckbronner, 1987, 87). Dazu wird im nachfolgenden Abschnitt 5.1 auf Grundlage der in Kapitel 4 geschilderten Entwicklungsmerkmale des höheren technischen Unterrichtswesens im 19. Jahrhundert eine Phaseneinteilung der institutionellen Entwicklung vorgestellt, die in Abschnitt 5.2 den Rahmen für eine stichprobenartige Untersuchung der Anteile der darstellenden Geometrie an den betrachteten Bildungsinstitutionen stellt. Zu drei Zeitpunkten im 19. Jahrhundert, die jeweils in einer der Entwicklungsphasen liegen, wurden auf Grundlage von Studien- oder Lehrplänen diese Anteile berechnet. Weitere interessante Untersuchungsaspekte die Lehre der darstellenden Geometrie an höheren technischen Bildungsinstitutionen im 19. Jahrhundert betreffend werden im letzten Teil dieses Kapitels (siehe Abschnitt 5.3) benannt, aber an dieser Stelle nicht weiter untersucht.

⁴Die Untersuchung der darstellenden Geometrie als Lehrfach an Universitäten bildet für sich ein spannendes Forschungsfeld. Während des 19. Jahrhunderts wurden nämlich Vorlesungen über die darstellende Geometrie vereinzelt auch an Universitäten abgehalten: Zum Beispiel unter L. Heffter, erster Professor der angewandten Mathematik in Gießen (1891–1897) (vgl. Scharlau, 1990, 113) oder in Leipzig von Felix Klein (1881–1882) und Walther Dyck (1883) (vgl. Hashagen, 2003, 123, 129). Es wird aber angenommen, dass es sich dabei eher um Ausnahmen als um die Regel handelte. Diese Aussage gilt es aber durch die Betrachtung von Vorlesungsverzeichnissen etc. noch zu verifizieren.

5.1 Phasen der institutionellen Entwicklung

In den Kapiteln 4.3 und 4.4 wurde die Entwicklung der höheren technischen Bildungsinstitutionen von anfänglich recht bescheidenen „Berufsschulen“ bzw. teilweise schon so genannten Polytechnischen Schulen zu Technischen Hochschulen, die zu Beginn des 20. Jahrhundert zumindest formal den Universitäten gleichgestellt wurden, ausführlich dargestellt. Anhand der charakterisierenden Merkmale der acht höheren technischen Bildungsinstitutionen, die im vorangegangenen Kapitel vorgestellt wurden, soll nun der Versuch einer Phasierung der institutionellen Entwicklung folgen. Die Entwicklung des höheren technischen Unterrichtswesens, im Prinzip der Vorgänger der Technischen Hochschulen im 19. Jahrhundert, wenn man den erreichten „Hochschulstatus“ mit dem Erhalt des Promotionsrechtes zu Beginn des 20. Jahrhunderts identifiziert, lässt sich grob in drei Phasen unterteilen: **(1)** die **Gründungsphase**, **(2)** die **Ausdifferenzierung** des (deutschen) polytechnischen Konzeptes und **(3)** der **Übergang** zu Hochschulen. Was diese Phasen jeweils charakterisiert und welche Zeiträume für diese anzusetzen sind, wird im Folgenden erläutert. Die ersten beiden Phasen („Gründung“ und „Ausdifferenzierung“) wurden in Kapitel 4.3 und die dritte Phase („Übergang“) in Kapitel 4.4 thematisiert.

Gründungsphase: 1821–1840 Die acht betrachteten „technischen Schulen“ wurden zwischen 1821 und 1836 mit dem Ziel gegründet, höhere technische Bildung zu gewährleisten. Wie unterschiedlich dieses Bildungsziel konzeptionell realisiert wurde, wurde in Kapitel 4.3 bereits dargelegt. Diese Phase wird über die letzte Gründung (1836) in Darmstadt hinaus angesetzt, um erste Umstrukturierungen, die häufig in den ersten Jahren des Bestehens der Institutionen realisiert wurden, mit einbeziehen zu können.⁵ Die ursprüng-

⁵Beispielsweise lagen diese entscheidenden Umgestaltungen für Karlsruhe (sieben Jahre nach der Gründung, 1832), Stuttgart (drei Jahre, 1832), Berlin (fünf Jahre, 1828) und Dresden (sieben Jahre, 1835) weiterhin im Zeitraum zwischen 1821 und 1836, also in der Zeit, in der alle acht Institutionen gegründet wurden. Für die späteren Gründungen wäre dieses Vorgehen, Lehrpläne für die Untersuchung der Anteile der darstellenden Geometrie am Unterrichtpensum zu benutzen, die nach ersten Umstrukturierungen für einen längeren Zeitraum galten als die ursprünglichen Gründungspläne, die also repräsentativer

lichen Gründungen waren meistens geradezu provisorisch. Häufig wurde die angebotene technische Ausbildung in einem klassenweise organisierten, konsekutiven Bildungsgang realisiert. Charakteristisch für diese Phase in der Entwicklung der höheren technischen Bildungsinstitutionen war das geringe Alter (und die dementsprechend geringe Vorbildung) der Schüler und das Fehlen geeigneter Vorbildungsinstitutionen bzw. eines „technischen Bildungssystems“, in welches sich die betrachteten Institutionen hätten einfügen können. In Konsequenz dieser Umstände wurden häufig auch allgemeinbildende Fächer an den höheren technischen Schulen gelehrt und die nötige Vorbildung so, und durch die Lehre der grundlegenden Fächer für eine technische Ausbildung (Mathematik, Naturwissenschaften und Zeichnen), selbst organisiert.

Ausdifferenzierung des polytechnischen Konzeptes: 1840–1870 Die Ausdifferenzierung des „deutschen“ polytechnischen Konzeptes manifestierte sich in einer strukturellen Angleichung der Institutionen an einander. Diese Angleichung resultierte daraus, dass die anderen sieben Institutionen Strukturen übernahmen, die in Karlsruhe im Grunde seit Beginn der dortigen Polytechnischen Schule angedeutet und ab 1832 vollständig realisiert wurden: Vor- und Allgemeinbildung wurden gemeinschaftlich in vorbereitenden bzw. mathematischen Klassen vermittelt, danach wurden die Schüler in Fachschulen aufgeteilt. Die Bildungsgänge an den höheren technischen Schulen wurden somit nach Berufsgruppen differenziert. Nur für Hannover liegt die Übernahme dieser Strukturen außerhalb des hier betrachteten Zeitraumes, der der Ausdifferenzierungsphase zugeordnet wurde – dort wurde die Fachschulstruktur erst 1880 etabliert. Außerdem wurden zwischen 1840 und 1868 alle Institutionen (bis auf Berlin) in „Polytechnische Schule“ umbenannt.

Übergang zu Hochschulen: 1870–1899 Die Übergangsphase zu Technischen Hochschulen wurde maßgeblich durch die vom VDI 1865 formulierten Kriterien beeinflusst. Im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts übernahmen al-

waren, nicht möglich, wenn der „Gründungszeitraum“ nicht ein paar Jahre über die letzte Gründung hinaus angesetzt würde.

le höheren technischen Hochschulen die Strukturen und Merkmale, die vom VDI vorgeschlagen wurden. Strukturell passten sich die höheren technischen Bildungsinstitutionen den Universitäten an, indem sie beispielsweise von Vorbereitungsklassen o. Ä. zu Allgemeinen Abteilungen übergingen, in denen sowohl die mathematisch-naturwissenschaftlichen als auch die allgemeinbildenden Fächer untergebracht wurden. Weiterhin machte sich die Angleichung an die Universitäten durch die Erhöhung des Niveaus in der Lehre bemerkbar. Insbesondere galt dies für den Unterricht in der Mathematik, die gleichzeitig den Nachweis der „Wissenschaftlichkeit“ der Technikwissenschaften lieferte, indem sich Letztere auf mathematische Grundlagen stützten. Dementsprechend wurden auch die Bedingungen für eine Aufnahme erhöht: An vielen Institutionen wurde nun gymnasiale Vorbildung offiziell gefordert, was sich auch in einem höheren Eintrittsalter der Schüler niederschlug. Weiterhin bestand, in Angleichung an die Universitäten, an den meisten Institutionen zwar offiziell Lernfreiheit, es gab aber auch zu dieser Zeit verpflichtende Lehrpläne, an die die Schüler bzw. Studierenden sich halten mussten (vgl. Hensel et al., 1989, 23). Auch in dieser Phase wurden die Entwicklungen durch die zwischen 1877 und 1890 erfolgten Umbenennungen der Institutionen in „Technische Hochschule“ unterstrichen.

5.2 Anteile der darstellenden Geometrie am Lehrpensum der höheren technischen Schulen

Der Beitrag der darstellenden Geometrie zur Ausbildung der Ingenieure und Techniker an deutschen Technischen Hochschulen bzw. deren Vorgängereinstitutionen im 19. Jahrhundert soll im Folgenden zunächst quantitativ erfasst werden. Im Sinne eines diachronen Längsschnittes werden hierfür drei Zeitpunkte betrachtet, die jeweils einer der drei vorgestellten Phasen zugeordnet werden können. Hierzu werden zu den betreffenden Zeitpunkten Stunden- bzw. Studienpläne, die die wöchentlichen Lehrstunden aller Fächer umfassen, stichprobenartig ausgewertet. Durch die vorangegangene Phasie-

rung der institutionellen Entwicklung soll ein annähernd synchroner Vergleich der acht Institutionen ermöglicht werden. Die Studienpläne werden hinsichtlich des Anteils der Lehrstunden in darstellender Geometrie am Stundenpensum analysiert, wobei sowohl der Anteil an der gesamten vorgesehenen Ausbildungsdauer, als auch der Anteil zum jeweiligen Zeitpunkt innerhalb einer Organisationseinheit (Klasse, Studienjahr etc.), untersucht wird.⁶ So werden gleichzeitig die Zeitpunkte innerhalb der Ausbildung, zu denen die darstellende Geometrie unterrichtet wurde, ermittelt. Falls eine nach Berufsgruppen differenzierende Einteilung des Lehrgangs in einer Institution stattfand, beschränken sich die nachfolgenden Analysen jeweils auf die Stundenpläne oder Stundenplanempfehlungen einer Auswahl an Berufsgruppen bzw. Fachschulen. Es werden diejenigen Fachschulen eingebunden, aus denen sich die klassischen Ingenieurwissenschaften, die später auch den den Technischen Hochschulen vertreten blieben, entwickelten, das heißt zum Beispiel mechanische, Baufach-, Ingenieur-, technische oder Maschinenbauabteilungen; Post- und Forstfachschulen werden deswegen beispielsweise nicht betrachtet. Ebenso werden chemische Abteilungen nicht eingebunden, weil die darstellende Geometrie für diese Fachbereiche wahrscheinlich nicht die gleiche Bedeutung hatte wie für zuvor genannte. An einigen Stellen werden im Sinne der Übersichtlichkeit die jeweils nachfolgend betrachteten Fachschulen im Text kursiv hervorgehoben.

Das beschriebene Vorgehen, um die Anteile und Zeitpunkte der Lehre der darstellenden Geometrie an höheren technischen Bildungsinstitutionen im 19. Jahrhundert zu ermitteln, ist nur eingeschränkt durchführbar, weil nicht für alle Institutionen Stundenpläne o. Ä. existierten, wie es anfänglich zum Beispiel für die Technische Abteilung des Collegium Carolinum in Braunschweig der Fall war. Für spätere Zeitpunkte im 19. Jahrhundert, als die Institutionen schon in Fakultäten organisiert waren und der Unterricht nicht mehr nach Klassen und/oder Jahrgängen organisiert war, gab es trotz formaler Lernfreiheit noch „Empfehlungen“ für den Ablauf der Studien, die – lange Zeit insbesondere für Anwärter des Staatsdienstes – mehr verpflichtender als freiwilliger Natur waren (vgl. Hensel et al., 1989, 23). Wie in Kapitel 4.4

⁶Bei allen folgenden Prozentwerten handelt es sich um Rundungen.

bereits geschildert wurde, war die Einhaltung einer bestimmten Reihenfolge der Lehrveranstaltungen u.a. aufgrund der propädeutischen Funktion der Mathematik wichtig. Zusätzlich können aufgrund organisatorischer Unterschiede zwischen den Institutionen – insbesondere die Gliederung in Klassen oder Kurse und die Integration eigener Vorbildungsanstalten und von Fachschulen betreffend – die ermittelten Daten nicht immer direkt miteinander verglichen werden. Es soll vielmehr ein Überblick über das Ausbildungsangebot der acht Institutionen und den Beitrag der darstellenden Geometrie zu den verschiedenen Bildungsgängen im 19. Jahrhundert erzielt werden.

Zu Beginn der drei folgenden Abschnitte wird jeweils eine Übersichtstabelle, die die Anteile der darstellenden Geometrie pro Ausbildungsjahr für jede Institution enthält, eingefügt (Tabellen 5.1, 5.3 und 5.5). Die darin enthaltenen Daten und die verwendeten Quellen werden dann für jede Phase für die einzelnen Institutionen in der chronologischen Reihenfolge ihrer Gründungen erläutert. In diesen Tabellen werden für jede Institution (erste Spalte) jeweils das Jahr, aus welchem der zugrunde gelegte Lehrplan stammt (zweite Spalte), die Gesamtzahl an Ausbildungsjahren (dritte Spalte), die Fächerbezeichnung (vierte Spalte), die Ausbildungsjahre, in welchen die darstellende Geometrie integriert wurde (fünfte Spalte) und zuletzt der Anteil im jeweiligen Jahr (sechste Spalte) dargestellt. Für diese letzten Werte wurde jeweils ein volles Ausbildungsjahr zugrunde gelegt, d. h. falls der Unterricht in Halbjahren oder Semestern organisiert war, wurde der Durchschnittswert für ein volles Jahr ermittelt. Am Ende eines zeitlichen Abschnittes steht jeweils eine zweite Übersichtstabelle, die die (durchschnittlichen) Anteile der darstellenden Geometrie am gesamten Ausbildungsgang enthält (Tabellen 5.2, 5.4 und 5.6).

5.2.1 In der Gründungsphase

Die mehrfach angesprochene Vorbildfunktion der *École Polytechnique* bei den Gründungen deutscher Bildungsinstitutionen für höhere technische Bildung wurde in Kapitel 4.3 schon für organisatorische und strukturelle Komponenten relativiert. Schubring kommt zu dem Schluss, dass das „polytechni-

sche Charakteristikum“, das an deutschen Institutionen für höhere technische Bildung aufgegriffen und übernommen wurde, der entscheidende Anteil der darstellenden Geometrie am Lehrpensum war (vgl. Schubring, 2018).⁷ Die darstellende Geometrie war dort „wichtigstes didaktisches Instrument“ (vgl. Jeismann & Lundgreen, 1987, 294) und stellte die Grundlage für die gesamte Ausbildung. Dementsprechend machte der Unterricht in der darstellenden Geometrie zu Beginn des 19. Jahrhunderts einen Anteil von circa einem Fünftel am Lehrpensum aus, das Zeichnen ebenso; dieser Anteil war bis 1812 aber bereits auf 11,5% gesunken (vgl. Lipsmeier, 1971, 102). Der Einfluss der *École Polytechnique* hätte sich einerseits im quantitativen Verhältnis der Fächer, andererseits „in der Einrichtung eines geordneten Studienganges mit Vorlesungen und Übungen“ ausgedrückt; insbesondere habe dies für die „ausgiebige Berücksichtigung der darstellenden Geometrie und die Anordnung des Lehrstoffes“ gegolten (vgl. Hensel et al., 1989, 12).

Für einen Vergleich zwischen dem Pariser Ursprung und den deutschen Äquivalenten bezüglich des Anteils der darstellenden Geometrie an der Ausbildung der Techniker und Ingenieure müssten für die deutschen Institutionen entweder die der Institution eigenen Vorklassen oder vorgeschaltete Bildungsanstalten, die für die grundlegende Vorbildung zuständig waren, betrachtet werden, da die *École Polytechnique* genau diese Funktion im französischen technischen Bildungssystem übernahm. Dies ist teilweise aber nicht realisierbar, da nicht alle Institutionen eine interne Vorschule integrierten und nicht allen Institutionen, auf die das zutrifft, externe Vorschulen eindeutig zugeordnet werden konnten. Insbesondere anfänglich gab es keine adäquaten Vorbildungsinstitutionen und im Laufe des 19. Jahrhunderts waren die Zuständigkeiten nicht immer klar und teilweise nicht passend für den technischen Bildungskontext. Deswegen werden an dieser Stelle jeweils die gesamten Lehrgänge an den deutschen Äquivalenten zur *École Polytechnique* betrachtet.

Für das Gewerbeinstitut in **Berlin** liegt ein „Lections-Plan“ aus den 1830er

⁷Auf die enge Verbindung zwischen Monges *Géométrie descriptive* und der *École Polytechnique* wurde in Kapitel 2.2 eingegangen.

Tabelle 5.1: Anteile des Unterrichts in darstellender Geometrie an den Studienjahren der acht betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen zwischen 1821 und 1840 („Gründungsphase“)

Institution	Lehrplan (Jahr)	Anzahl der Ausbildungs-jahre	Lehrfach Darstellende Geometrie		
			Fachgruppen- bzw. Fächerbezeichnung	Ausbildungs-jahr(e)	Anteil im jeweiligen Ausbildungsjahr
Berlin	1830er	3	„Projektions-zeichnen“	3	15%
Karlsruhe	1832	2	Elementarkurs	1	<19%
		5	DG	2	11%
				3	21%
5	Anwendung auf...	2	12%		
		3	20%		
München	1833	3	DG	1	33%
		3	DG	1	33%
	Anwendung auf...		3	<12% o. <7%	
Dresden	1838	6	DG	1	9%
			DG	2	9%
			Projektionslehre u. Schattenkonstrukt.	3	12%
Stuttgart	1840	4	DG	2	13%
				3	10%
				4	10%
		4		2	10%
				3	11%
4	12%				
Hannover	1831	2-4	–	–	–
Braunschweig	1836	?	DG	?	?
Darmstadt	1839	2	DG	1	9%
			Anwendung auf...	2	11%

Jahren vor⁸ – es wird nicht deutlich, für welches und für wie viele Jahre dieser Plan gültig war. Dieser Plan ist aber dennoch repräsentativ, weil das Berliner Gewerbeinstitut in seiner Organisationsform zwischen 1828 und 1845 relativ stabil war. Inzwischen umfasste der Lehrgang drei Jahre – anfänglich waren es zwei gewesen. Die darstellende Geometrie ist im gesamten dreijährigen Lehrgang nicht als Fach vertreten – Gleiches gilt für den Unterrichtsplan aus dem Gründungsjahr 1821 (vgl. Nottebohm, 1871, 8–9).⁹ Im Winterhalbjahr des dritten Jahres wurden die Fächer „Architectonische Projektion“ und „Steinschnitt und Projection“ angeboten, deren Titel vermuten lassen, dass hier Methoden der darstellenden Geometrie vermittelt wurden. Sie wurden in Tabelle 5.1 als „Projektionszeichnen“ aufgenommen und machten gemeinsam einen Anteil von 15% des Lehrpensums im dritten Ausbildungsjahr aus.

Für die Polytechnische Schule in **Karlsruhe** wird der Organisationsplan von 1832 nach Nebenius als Grundlage gewählt.¹⁰ Die Ausbildung an der Polytechnischen Schule in Karlsruhe war folgendermaßen organisiert: Es existierten zwei Vorschul- und zwei mathematische Klassen sowie fünf Fachschulen, nämlich die Ingenieur-, Bau-, Forst-, höhere Gewerbe- und Handelsschule, die sich an die mathematischen Klassen anschlossen (siehe Kapitel 4.3). Der Aufbau des Lehrgangs bestand in dieser Form bis über die Jahrhundertmitte hinaus.¹¹ In Tabelle 5.1 wurden die Lehrgänge der Höheren Gewerbe-, der Ingenieur- und der Bauschule in dieser Reihenfolge aufgenommen. Bei der Anzahl an Ausbildungsjahren wurden die beiden Vorschulklassen nicht mit

⁸Dieser Lektionsplan („Organisation und Lehrplan des königlich-preußischen Gewerbeinstituts in Berlin“) wurde vom Generallandesarchiv Karlsruhe freundlicherweise zur Verfügung gestellt und ist unter folgender Signatur zu finden: Landesarchiv Baden-Württemberg, Generallandesarchiv Karlsruhe, N Nebenius Nr. 129.

⁹1821 gab es in der Unteren Klasse des zweijährigen Jahrgangs das Fach „Linearzeichnen“, in den beiden Semestern der Oberen Klasse das Fach „Maschinenzeichnen, Perspektive“. Die Verbindung dieser beiden Fächer spricht für eine Fokussierung auf die erste Aufgabe der darstellenden Geometrie, nämlich der Darstellung, und für eine Nutzbarmachung von Zeichenmethoden für die praktische Anwendung.

¹⁰Dieser Organisationsplan ist im Programm der Polytechnischen Schule von 1832 aufgeführt, welches Carl Friedrich Nebenius als Anhang in sein Werk *Ueber technische Lehranstalten in ihrem Zusammenhang mit dem gesammten Unterrichtswesen und mit besonderer Rücksicht auf die polytechnische Schule zu Karlsruhe* (1833) integriert hat.

¹¹1843 kam zwar eine dritte mathematische Klasse hinzu und 1853 wurde die Höhere Gewerbeschule in die mechanisch- und die chemisch-technische Schule aufgeteilt, aber die Grundstruktur blieb erhalten (vgl. Renteln, 2000, 5).

eingebunden¹², der Ausbildungsgang beginnt mit der ersten mathematischen Klasse. Verpflichtet zum Besuch der beiden mathematischen Klassen waren aber nur diejenigen, die die Ingenieur- oder Forstschule besuchen wollten. Für die *Höhere Gewerbeschule* konnten einzelne Kurse oder nur eine der beiden Klassen abhängig vom angestrebten Beruf besucht werden. Hier wurde aber mit vier Wochenstunden ein „Elementarcurs der darstellenden Geometrie“ im ersten Jahr des zweijährigen, eigenständigen Lehrgangs angeboten – wahrscheinlich handelte es sich dabei um den „Ersten Curs der darstellenden Geometrie“ der zweiten mathematischen Klasse (s. unten), der auch von den Ingenieuren besucht wurde, weil die angegebenen Unterrichtsstunden zu diesem passen und keine eigenständige Fächerbeschreibung für einen „Elementarcurs“ im Programm aufgeführt wurde. In Tabelle 5.1 ist ein Anteilsbereich zu sehen (<19%). Das liegt daran, dass für manche Fächer, die Nebenius auflistet, keine Stundenzahlen angegeben sind; dementsprechend wurde dieser Anteil anhand einer zu geringen Gesamtstundenzahl berechnet. Innerhalb des fünfjährigen Ausbildungsganges der *Ingenieurschule* wurde die darstellende Geometrie im zweiten (in der zweiten mathematischen Klasse) und dritten Jahr (also im ersten Jahr der Ingenieurfachschule) mit Anteilen zwischen 11% und 21% integriert. Für die *Baufachschule* gab es einen eigenen fünfjährigen Lehrgang unabhängig von den Vorbereitungs- und mathematischen Klassen, in welchem im zweiten Jahr „Darstellende Geometrie, mit Anwendung auf Schatten, erster Curs“ mit einem Anteil von 12% und im dritten Jahr der Ausbildung „Darstellende Geometrie, mit Anwendung auf Perspective, Steinschnitt und Zimmerwerk“ mit einem Anteil von 20% gelehrt wurde.¹³ Hier zeigt sich das in Kapitel 3 vorgestellte Verständnis, beispielsweise die Perspektive und die Schattenkonstruktionen als Anwendungsbereiche der darstellenden Geometrie im engeren Sinne zu sehen. Dementsprechend wurde in Tabelle 5.1 die kategoriale Bezeichnung – für diesen und ähnliche nachfolgende Fälle (München und Darmstadt) – „Anwendung auf...“ verwendet.

¹²Nebenius bezeichnete diese Vorschule als eine Art „Realschule“, die zwar unter der Leitung der Direktion der Polytechnischen Schule stand, dennoch eine „getrennte Anstalt“ war (vgl. Nebenius, 1833, 133).

¹³Zusätzlich gab es im fünften Ausbildungsjahr der Bauschule das Fach „Malerische Perspektive“ welches der Fächergruppe „Bürgerliche Baukunst“ zugeordnet war.

Im Programm der Polytechnischen Schule in **München** von 1833 wurden diejenigen Fächer für verschiedene Berufsgruppen aufgelistet, zu deren Besuch die Schüler verpflichtet waren (vgl. München, 1833, 16–17). Diese Daten wurden in Tabelle 5.1 für zwei der vier beschriebenen Berufsgruppen aufgenommen – es fehlen die Malerei und das chemische Fach. Die darstellende Geometrie nahm ein Drittel des verpflichtenden Unterrichts für Berufe im *mechanischen Gewerbe* (erste Zeile) und im *Bauwesen* (zweite Zeile) im ersten Jahr ein. Im dritten Jahreskurs war das Fach „Descriptive Geometrie, angewandt auf den Steinschnitt“ nur für Berufsanwärter des Bauwesens ein Pflichtfach mit Anteilen von <12% oder <7%, je nachdem, welche und wie viele andere Fächer aus dem Wahlpflichtbereich belegt wurden. Von den veranschlagten drei Unterrichtsstunden wurde an dieser Stelle aufgrund der Fächerbeschreibung die Hälfte der wöchentlichen Stunden der darstellenden Geometrie zugeordnet.¹⁴

An der Technischen Schule in **Dresden** gab es bei ihrer Gründung 1828 die darstellende Geometrie nicht als eigenes Unterrichtsfach.¹⁵ Seit 1835 bestand die Dresdener Schule aus einer vierjährigen Unteren und einer zweijährigen Oberen Abteilung. Die Daten in Tabelle 5.1 sind dem Organisationsplan aus dem Jahr 1838 entnommen. Inzwischen gab es in den ersten beiden Klassen der Unteren Abteilung das Fach „Beschreibende Geometrie“ mit einem Anteil am Unterrichtspensum von jeweils 9%. Im dritten Schuljahr wurden hier vier Unterrichtsstunden (12%) des Faches „Projectionslehre und Schattenconstruction, ingleichen Maschinenzeichnen“ einbezogen, für welches insgesamt acht Stunden veranschlagt waren.

Nach ihrer recht frühen Umbenennung in Polytechnische Schule (1840) er-

¹⁴Die Fächerbeschreibung für das Fach „Descriptive Geometrie, angewandt auf Steinschnitt“ lautet: „Die wichtigsten bei den Contructionen aus Bausteinen vorkommende [sic!] Fälle, werden graphisch gelöst, durch Modellieren in Gyps unter Anlage der Schablonen wird dann gezeigt, wie die verlangten Werkstücke aus dem rauhen Steine gearbeitet werden“ (München, 1833, 11).

¹⁵Bei der Gründung der Dresdener Technischen Schule wurde „Perspektive“ unterrichtet, allerdings wurden insgesamt 52 von 66 wöchentlichen Unterrichtsstunden von den Schülern mit praktischen Arbeiten in der Werkstatt verbracht, so dass jeglicher theoretischer Unterricht geringe Anteile aufwies – im dritten von vier Ausbildungsjahre betrug der Anteil der Perspektive am gesamten Unterrichtspensum 3%. Betrachtet man nur den theoretischen Unterricht waren es 14%.

hielt die Institution in **Stuttgart** einen vierten Jahreskurs. Der erste war in großen Teilen verpflichtend für alle Schüler, wohingegen im zweiten bis vierten Jahreskurs nach Berufsgruppen und innerhalb dieser auch verschiedene Pflichtfächer unterschieden wurden. In Tabelle 5.1 wurden auf Grundlage des Programmes der Polytechnischen Schule von 1840 (Stuttgart, 1840) nur die *mechanisch-technischen Berufsarten* und die *Lehrer für den technischen Unterricht* aufgenommen; es fehlen die chemisch-technischen Berufsarten, für die das Fach darstellende Geometrie nicht verpflichtend war, und die Gruppe der Kaufleute und Buchhändler. Die darstellende Geometrie ist vom zweiten bis zum vierten Jahr für beide Berufsgruppen mit 10–13% vertreten.

An der Höheren Gewerbeschule in **Hannover** wurden die Schüler von Beginn an nicht klassenweise, sondern nach Kursen unterrichtet. Wie bereits erläutert, gab es aber Stundenplanempfehlungen, die eher verpflichtenden als freiwilligen Charakter hatten. In der Tat konnte man zur Gründungszeit in Hannover nur aus zwölf verschiedenen Fächern wählen, so dass für manche Berufsgruppen die Fächerauswahl wahrscheinlich recht klar und naheliegend war. Karmarsch macht in seinem Werk von 1831 vier Vorschläge für die Stundenpläne verschiedener Berufsgruppen (für eine niedere technische Ausbildung, eine höhere Ausbildung im mechanisch-technischem Fach, für das chemisch-technische Fach und das Baufach). Unter den zwölf Fächern gab es die darstellende Geometrie nicht. Elemente der darstellenden Geometrie lassen sich aber im Unterricht der Elementarmathematik und des Zeichnens finden. Die Elementarmathematik, die mit 10 wöchentlichen Unterrichtsstunden veranschlagt wurde, enthält – neben Algebra, ebener Geometrie und Arithmetik – Stereometrie und Projektionslehre (vgl. Karmarsch, 1831, 15). Innerhalb des Zeichenfaches wurde zwischen dem „allgemeinen“ und dem „besonderen (speziellen oder angewandten)“ Zeichnen unterschieden. Das spezielle oder angewandte Zeichnen wurde direkt in den entsprechenden Fächern integriert (z. B. Maschinenlehre oder Baukunst). Das allgemeine bzw. vorbereitende Zeichnen wiederum bestand aus dem freien Handzeichnen und dem geometrischen Zeichnen; das geometrische Zeichnen griff Elemente der darstellenden Geometrie auf, fokussierte aber den Anwendungsbezug für Maschi-

nen und die Architektur (vgl. ebd., 28).¹⁶ Insgesamt lassen sich auf Grundlage der vorhandenen Daten aber keine Anteile für die darstellende Geometrie ermitteln.

Für die Technische Abteilung am Collegium Carolinum in **Braunschweig** gab es erst ab 1855 verbindliche Studienempfehlungen, so dass an dieser Stelle keine Aussage über den Anteil der darstellenden Geometrie an der Ausbildung verschiedener Berufsgruppen gemacht werden kann. In Uhdes *Die höhere technische Lehranstalt oder die technische Abtheilung des Herzöglichen Collegii Carolini zu Braunschweig nach Zweck, Plan und Einrichtung, ...* (1836) findet sich aber eine Auflistung der Fächer, die im Sommer- bzw. Wintersemester und in welchem Stundenumfang angeboten wurden. Nur im Sommersemester wurde die darstellende Geometrie mit drei Wochenstunden und dazu geometrisches Zeichnen mit unbestimmter Stundenzahl als eines von 29 Fächern angeboten.

An der Höheren Gewerbeschule in **Darmstadt** hatte es bei der Gründung 1836 eine untere und eine obere Klasse gegeben, 1839 wurde eine dritte Klasse errichtet (vgl. Darmstadt, 2000, 10). Der für die Werte in Tabelle 5.1 zugrunde gelegte Lehrplan von 1839 stammt aus der Zeit vor dieser Umstrukturierung. Die für Darmstadt ermittelten Werte sind im Grunde nicht aussagekräftig, weil den Schülern der Institution verschiedene Stundenpläne je nach Berufsgruppe zugeordnet wurden (vgl. Linde, 1839, 237), die aber in der vorliegenden Quelle nicht vorhanden sind. Die Daten repräsentieren also nur das Lehrangebot. In der Unteren Abteilung gab es das Fach darstellende Geometrie (9%). In der Oberen Abteilung wurde dann das Fach „Descriptiv-Geometrie und Maschinzeichnen“, von welchem aufgrund der Fächerbeschreibung ein Drittel der veranschlagten Stundenzahl der darstellenden Geometrie zugeordnet wird, unterrichtet (11%). Hier wurde zwar die „Anwendung der Descriptiv-Geometrie“ auf die Perspektive integriert, aber

¹⁶Die Beschreibung lautet folgendermaßen: „Das geometrische Zeichnen fängt mit dem Zeichnen einfacher geometrischer Figuren an, geht dann auf die Konstruktion mancherlei krummen Linien über, schreitet zu den verschiedenen geometrischen Projektionen fort, lehrt die Konstruktion der Perspektiv-Zeichnungen und der Schatten, und wendet alles dieses auf die Ausführung von Maschinentheilen, einfachen Maschinen und leichten architektonischen Zeichnungen an“ (Karmarsch, 1831, 27–28).

auch diejenige auf die Optik, Holz-, Steinkonstruktionen und Maschinenteile (vgl. ebd., 234).

Insgesamt liegen die Anteile der darstellenden Geometrie am Unterrichtsumfang der einzelnen Jahrgänge mehrheitlich zwischen 9% und 21%, nur in München gibt es mit 33% im ersten Jahr der Ausbildung einen Ausreißer nach oben. Bezüglich der Zeitpunkte innerhalb der Ausbildungsgänge der acht betrachteten Institutionen ergibt sich folgendes Bild: In Berlin wurde das „Projektionszeichnen“ in das letzte Jahr der Ausbildung integriert, in Stuttgart wurde die darstellende Geometrie in den letzten drei Jahren der vierjährigen Ausbildung unterrichtet. Auch in München wurde für das Baufach ein Kurs der darstellenden Geometrie im letzten der drei Ausbildungsjahre angeboten. Hier wurde aber für beide betrachteten Fachschulen auch im ersten Jahr der Ausbildung darstellende Geometrie gelehrt. Auch in Karlsruhe (in der Fachschule für höheren Gewerbe), Dresden und Darmstadt hat der Unterricht in darstellender Geometrie im ersten Ausbildungsjahr begonnen. In Darmstadt erstreckte er sich über die gesamte zweijährige Ausbildung, in Dresden über die ersten drei von sechs Ausbildungsjahren. In Karlsruhe setzte die darstellende Geometrie in den fünfjährigen Lehrgängen der Ingenieur- und der Bauschule im zweiten Jahr ein und wurde jeweils auch noch im dritten Ausbildungsjahr unterrichtet.

In Tabelle 5.2 sind die Anteile der darstellenden Geometrie an den gesamten Ausbildungsgängen der acht betrachteten höheren technischen Schulen zu sehen. Für Berlin stehen dort in der vierten Spalte die Anteile der Fächer, die weiter oben unter dem Begriff „Projektionszeichnen“ zusammengefasst wurden („Anteil ähnlicher Fächer“). Im entsprechenden Lektionsplan wurde das letzte der sechs Semester des dreijährigen Bildungsganges mit dem Begriff „Mechaniker“ bezeichnet, was auf eine nach Berufsgruppen differenzierende Aufteilung des Bildungsganges im letzten Semester hindeuten kann. Deswegen wurden für Berlin zwei Werte, einer inklusive und einer ohne „Mechanikersemester“, ermittelt. Für Karlsruhe wurden die Lehrgänge dreier Fachschulen, für München zweier Fachschulen mit verschiedenen Wahlpflichtfächerkombinationen und für Stuttgart ebenfalls zweier Fachschulen einbezogen. Für die insgesamt vier Institutionen, die berufsbezogene Ausbildungsan-

Tabelle 5.2: Anteile des Unterrichts in darstellender Geometrie an den gesamten Bildungsgängen der acht betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen zwischen 1821 und 1840 („Gründungsphase“) auf Grundlage der zuvor analysierten Lehrpläne

Technische Bildungsinstitution	Lehrplan (Jahr)	Anteil der darstellenden Geometrie	Anteil ähnlicher Fächer
Berlin	1830er	–	5,4%/6,7% Ø 6,1%
Karlsruhe	1832	5,8%–9% Ø 7,2%	–
München	1833	<12,5%–14,7% Ø 13,4%	–
Dresden	1838	4,6%	–
Stuttgart	1840	7,4%–7,6% Ø 7,5%	–
Hannover	1831	–	–
Braunschweig	1836	–	–
Darmstadt	1839	12,4%	–

gebote machten, wird zusätzlich jeweils der Durchschnittswert des Anteils der darstellenden Geometrie an den verschiedenen Bildungsgängen aufgeführt. In Hannover gab es die darstellende Geometrie noch nicht als eigenständiges Lehrfach, in Braunschweig gab es keine Studienpläne. In Dresden und Darmstadt war der Ausbildungsgang jeweils klassenweise und aufeinander aufbauend organisiert, dort steht nur ein Wert.

Für Karlsruhe, München und Stuttgart ergeben sich innerhalb der jeweiligen Institution marginale Unterschiede zwischen den Anteilen der darstellenden Geometrie an den gesamten Ausbildungsgängen verschiedener Fachgruppen (siehe Tabelle 5.2); zum jeweiligen Zeitpunkt ihrer Lehre innerhalb der nach Berufsgruppen differenzierten Lehrpläne sind die Anteile aber jeweils annähernd gleich (siehe Tabelle 5.1). In dieser Hinsicht scheint die darstellende Geometrie an diesen Institutionen unabhängig vom angestrebten Beruf als Grundwissenschaft gegolten zu haben.

Während der ersten zwei Jahrzehnte des Bestehens der *École Polytechni-*

que lag der Anteil der darstellenden Geometrie am Unterrichtpensum dort ungefähr zwischen 11% und 21%, an den betrachteten deutschen Institutionen zwischen 4,6% in Dresden und 13,4% in München. Im Unterschied zur Pariser Institution umfassten die Ausbildungsgänge aber meistens mehr Jahre, weil an den deutschen Institutionen neben den „polytechnischen Grundwissenschaften“ (Mathematik, Naturwissenschaften und Zeichnen) allgemeinbildende und technik- bzw. fachwissenschaftliche Fächer unterrichtet wurden, wobei letztere Fächergruppen in Frankreich an den bereits bestehenden (höheren) Fachschulen ihren Platz fanden. Weiterhin können die Werte der acht betrachteten Institutionen nicht direkt mit denjenigen der *École Polytechnique*, aber auch nicht unbedingt miteinander verglichen werden, weil nicht bekannt ist, ob und zu welchen Anteilen Übungen im Zeichnen im Lehrpensum der darstellenden Geometrie enthalten waren. Für die *École Polytechnique* hat Lipsmeier zwischen den Anteilen des Unterrichts in darstellender Geometrie und im Zeichnen unterschieden. An den meisten der acht deutschen Institutionen gab es in den Studienplänen zusätzliche Unterrichtsstunden für das Zeichnen, ob und inwiefern diese mit der Lehre der darstellenden Geometrie zusammenhingen, wurde an dieser Stelle nicht untersucht.

5.2.2 Während der Ausdifferenzierung des (deutschen) polytechnischen Konzeptes

Die darstellende Geometrie war angeblich an Polytechnischen Institutionen seit der Mitte des 19. Jahrhunderts etabliert, in einzelnen Fällen viel früher (vgl. Jeismann & Lundgreen, 1987, 298). Wie sich im vorangegangenen Abschnitt gezeigt hat, war sie, zumindest als eigenständiges Fach, zu Beginn in Berlin, Dresden und Hannover nicht vertreten. Für die Mitte des 19. Jahrhunderts, die Ausdifferenzierungsphase des deutschen polytechnischen Konzeptes von 1840 bis 1870, liegen Datensätze für die betrachteten höheren technischen Institutionen von Schödler (1847) und Koristkas (1853), übersetzt von Binder (1984), vor. Bei Schödler werden Berlin und Hannover und in Koristkas' Reisebericht Stuttgart und Braunschweig nicht betrachtet. Für Berlin, Karlsruhe, München, Dresden und Darmstadt werden im Folgenden die Daten

Tabelle 5.3: Anteile des Unterrichts in darstellender Geometrie an den Studienjahren der acht betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen zwischen 1840 und 1870 („Ausdifferenzierungsphase“)

Institution	Lehrplan (Jahr)	Anzahl der Ausbildungsjahre	Lehrfach Darstellende Geometrie		
			Fachgruppen- bzw. Fächerbezeichnung	Ausbildungsjahr(e)	Anteil im jeweiligen Ausbildungsjahr
Berlin	1853	3	DG u. Zeichnen	1	10%
Karlsruhe	1853	6/5	DG m. Zeichnen	1	21%
			DG	2	20%
			DG	3	9%
		6	DG m. Zeichnen	1	21%
				2	20%
München	1853	4	DG	1	10%
Dresden	1853	5	Projektionszeichnen	1	20%
			DG	3	6%
Stuttgart	1847	3–5	DG	1	18%
Hannover	1856	3	DG und geometrisches Zeichnen	2	56%
		4		2	44%
		5		2	36%
		6		2	36%
Braunschweig	1855	$3\frac{1}{2}$	DG	2	15%
		$3\frac{1}{2}$		2	12%
Darmstadt	1853	3–5	Elemente der DG	1	13%
			DG	2	13%

Koristkas' verwendet, für Hannover fehlen in diesem Bericht Stundenpläne – Koristkas hat nur das Vorlesungsverzeichnis angegeben. Für Hannover werden die Stundenplanempfehlungen Karmarschs aus seinem Werk von 1856 benutzt. Ebenso wird für die Institution in Braunschweig der eigens veröffentlichte Lehrplan von 1855 als Grundlage genommen, weil bei Schödler kein Stundenplan, sondern nur das Vorlesungsangebot abgebildet wurde. Für die Polytechnische Schule in Stuttgart werden die Daten aus Schödlers Werk verwendet. Es soll untersucht werden, mit welchen Anteilen sich die darstellende Geometrie in das eigens „deutsche“ Konzept (poly)technischer Bildung, welches sich zwischen 1840 und 1870 ausdifferenzierte, einfügte.

Der Unterricht am Gewerbeinstitut in **Berlin** wurde im ersten Jahr gemeinschaftlich und im zweiten und dritten Jahr nach Berufen (Mechaniker, Chemiker und Bauhandwerker) abgehalten. Da die darstellende Geometrie nur während des ersten, gemeinschaftlich unterrichteten Kurses als Lehrfach

vertreten war („Beschreibende Geometrie und Zeichnen“ mit einem Anteil von 10%), wurde in Tabelle 5.3 keine Aufteilung nach Fachschulen vorgenommen. Die darstellende Geometrie gab es als eigenständiges Fach seit 1850 (vgl. Lundgreen, 1987, 287).

Für die Polytechnische Schule in **Karlsruhe** werden in Tabelle 5.3 die Anteile der darstellenden Geometrie am sechsjährigen Lehrgang der *Ingenieur-* und am fünfjährigen Lehrgang der *mechanischen Schule* (beide sind in der ersten Zeile zusammengefasst) und am sechsjährigen Lehrgang der *Bauschule* (zweite Zeile) abgebildet. Die mechanische Schule entstand 1853 aus der Höheren Gewerbeschule (vgl. Renteln, 2000, 5). Zum betrachteten Zeitpunkt bestand die Karlsruher Institution aus drei „allgemeinen mathematischen Klassen“ und sieben Fachschulen (vgl. Binder, 1984, 70–71). Die darstellende Geometrie wurde innerhalb der mathematischen Klassen gelehrt. Die Schüler der mechanischen und der Ingenieurschule mussten alle drei mathematischen Klassen durchlaufen, diejenigen der Bauschule nur die ersten beiden. Das Fach „Darstellende Geometrie mit Zeichnen“ war in den ersten beiden mathematischen Klassen mit Anteilen von 21% bzw. 20% vertreten, im dritten Jahr wurde nur noch die Hälfte der Unterrichtsstunden für die darstellende Geometrie veranschlagt, was einem Anteil von 9% in diesem Jahrgang entspricht. Es gab aber einen weiteren Zeichenkurs, der aber nicht mehr eindeutig der darstellenden Geometrie zugeordnet war.

Der Lehrgang an der Polytechnischen Schule in **München** wurde 1853 noch in vier aufeinander aufbauenden Klassen realisiert. Die darstellende Geometrie findet nur im ersten Kurs mit einem Anteil von 10% Platz im Stundenplan.

Die Polytechnische Schule in **Dresden** bestand 1853 aus einer drei Jahre umfassenden, sogenannten „Unteren“ und einer zwei Jahre umfassenden „Oberen Abteilung“. Der Unterricht der Unteren Abteilung wurde gemeinschaftlich, derjenige der Oberen Abteilung nach Berufsgruppen abgehalten. Im ersten Jahr der Unteren Abteilung wurde „Projektionszeichnen“ mit einem Anteil von 20% unterrichtet wurde. Im dritten Jahr gab es das Fach „Analytische und darstellende Geometrie“, wobei die Hälfte der vier veranschlagten Stunden in Tabelle 5.3 der darstellenden Geometrie zugeordnet wurde (6%).

Die Polytechnische Schule in **Stuttgart** war um die Mitte des 19. Jahrhunderts in fünf teilweise aufeinander aufbauenden, teilweise nach Berufen getrennte Klassen unterteilt. Da diese Aufteilung nach Berufen von Schödler in seinem Bericht aber nicht konkretisiert wurde, wurden die Daten der fünf Klassen in Tabelle 5.3 ohne Zuordnungen zu Berufsgruppen bzw. Fachschulen aufgenommen. Dieses Vorgehen ist in der Hinsicht unproblematisch, insofern die erste Klasse für alle Schüler verpflichtend war und nur in dieser die darstellende Geometrie gelehrt wurde. Hier findet sich das Fach „Analytische und descriptive Geometrie“ mit 14 Lehrstunden; die Hälfte dieser Lehrstunden wurde der darstellenden Geometrie zugeordnet (19%).

An der Polytechnischen Schule in **Hannover** konnten die Schüler offiziell ihre Fächer selbst wählen; Karmarsch gibt aber acht Beispiele „fingierter“ Studienpläne (vgl. Karmarsch, 1856, 59), auf Grundlage welcher die Werte für Hannover in Tabelle 5.3 ermittelt wurden. Karmarsch berichtet in seinem „Programm“ der Polytechnischen Schule Hannover von 1856, dass es inzwischen – in seiner Schrift von 1831 erwähnte er solche noch nicht – Zulassungsbedingungen zu bestimmten Fächern gab, d. h. dass gewisse Kurse vorher belegt werden mussten, um andere belegen zu dürfen. Beispielsweise musste man „niedere Mathematik“ abgeschlossen haben, um die „darstellende Geometrie“ zu belegen und „geometrisches Zeichnen“ musste abgeschlossen sein, um zur „Maschinenlehre“ und zum „I. Kurs Baukunst“ zugelassen zu werden (vgl. ebd., 50). Somit scheinen auch in dieser Zeit die Studienpläne eher verpflichtender als freiwilliger Natur gewesen zu sein. In dieser Reihenfolge wurden in Tabelle 5.3 die Werte für das *Maschinen-*, das *mechanische-technische* und das *Baufach* sowie für *Ingenieure* aufgenommen. In allen vier Fällen sind die Anteile des Faches „Geometrisches Zeichnen“, welches aber in der Fächerbeschreibung als „Darstellende (descriptive) Geometrie und geometrisches Zeichnen“ aufgeführt wurde und in welchem die darstellende Geometrie im weiteren Sinne behandelt werden sollte (vgl. ebd., 43–44), jeweils im zweiten Ausbildungsjahr sehr hoch (36%–56%).

Am Collegium Carolinum in **Braunschweig** stand den Schülern die Wahl ihrer Fächer bis 1855 frei. Die Studienpläne mussten auch hier mit den Lehrern abgesprochen werden, aber erst ab 1855 gab es verbindliche Regelungen

(vgl. Braunschweig, 1855, 4). Die ersten verbindlichen Stundenpläne für das *Maschinenbau-* und das *Baufach* von 1855 wurden in Tabelle 5.3 in dieser Reihenfolge aufgenommen. Neben den beiden Fächern gab es noch weitere Studienpläne für die Landwirtschaft, das Forstfach, die Pharmazie, in welchen aber die darstellende Geometrie nicht aufgeführt wurde, und die chemischen Gewerbe. Für den Maschinenbau und das Baufach waren jeweils sieben Semester vorgeschrieben, im dritten und im vierten, also im zweiten Ausbildungsjahr, gab es das Fach „Beschreibende Geometrie“ mit einem Anteil von 15% bzw. 12%.

Auch an der Höheren Gewerbeschule in **Darmstadt** wurde der Lehrgang 1853 in zwei allgemeine und drei Fachklassen aufgeteilt; nach Abschluss der beiden Allgemeinen Klassen konnte ein Schüler eine oder mehrere einjährige Fachklassen (mechanisch-chemische, Bau- oder Ingenieurklasse) besuchen (vgl. Binder, 1984, 73). Die darstellende Geometrie findet sich in den beiden Allgemeinen Klassen („Untere“ und „Obere Klasse“) mit Anteilen von jeweils 13% vertreten. Für das erste Jahr lautete die Kursbezeichnung „Elemente der darstellenden Geometrie“.¹⁷

Im Vergleich zur ersten betrachteten Phase hat sich die Lehre der darstellenden Geometrie an den acht höheren technischen Schulen um die Jahrhundertmitte jeweils an die Anfänge der Ausbildungsgänge verschoben. Außer in Hannover und in Braunschweig wurde die darstellende Geometrie überall im ersten Jahr unterrichtet, teilweise während der ersten zwei bis drei Jahre (Karlsruhe, Dresden und Darmstadt). In Berlin, München und Stuttgart wurde die darstellende Geometrie jeweils ausschließlich im ersten Ausbildungsjahr gelehrt, in Hannover und Braunschweig jeweils nur im zweiten. Betrachtet man die höheren technischen Bildungsinstitutionen ohne Hannover, wo die Anteile der darstellenden Geometrie erstaunlich hoch waren, liegen die Anteile dieses Faches innerhalb der jeweiligen Ausbildungsjahre zwischen 6% und 21%. Die Fächerbezeichnung bei den höchsten Anteilen, welche u.a. in Karlsruhe vorzufinden waren, lautete „Darstellende Geometrie

¹⁷1847 gab es in dieser Klasse das Fach „Geometrisches Zeichnen“, welches mit der gleichen Stundenzahl veranschlagt wurde und diesem entsprechen könnte (vgl. Schödler, 1847, 63).

mit Zeichnen“, sodass Übungsstunden wahrscheinlich schon mit einbezogen wurden. Dies gilt auch für die hohen Werte zwischen 36% und 56% in Hannover. Insgesamt haben sich diese Anteile im Vergleich zur ersten Phase aber nur wenig verändert. Dort, wo verschiedene Lehrgänge für unterschiedliche Berufsgruppen angeboten wurden, und zwar in Karlsruhe und Braunschweig (Hannover wird erneut ausgeklammert), ergeben sich für die verschiedenen Berufsgruppen keine maßgeblichen Unterschiede hinsichtlich der Anteile der darstellenden Geometrie an den angebotenen Ausbildungsgängen, was im Falle Karlsruhes darauf zurückzuführen ist, dass dort die allgemeinen mathematischen Klassen, in denen die darstellende Geometrie unterrichtet wurde und deren Besuch für mehrere Berufsgruppen verpflichtend war, nicht nach Berufen differenziert wurden.

In Tabelle 5.4 sind die ermittelten Anteile der darstellenden Geometrie an den gesamten Ausbildungsgängen der acht betrachteten höheren technischen Schulen während der Ausdifferenzierungsphase zu sehen. Für Karlsruhe, Dresden und Darmstadt wurden sowohl die Daten auf Grundlage von Schödler (zweite Spalte) als auch von Koristkas (dritte Spalte) aufgenommen. Die für diese drei Institutionen ermittelten Werte auf der Grundlage von Schödlers Werk wurden in grauer Schriftfarbe dargestellt, weil sie nur als Zusatzinformation gedacht sind. Für Hannover und Braunschweig wurden, wie bereits erläutert, eigene Programmschriften verwendet (vierte Spalte). Am Ende seines Reiseberichtes hat Koristkas noch weitere Übersichtstabellen eingefügt (vgl. Binder, 1984, 95–98), die die Gesamtanteile verschiedener Fächer an der Ausbildung an den sechs verschiedenen Institutionen enthalten, die er in seinem Bericht berücksichtigt hat. Hierfür hat er unter der Annahme, dass während eines Jahres in 38 Wochen Unterricht stattfand, die gesamten Stundenzahlen und die prozentualen Anteile dieser Fächer ermittelt (vgl. ebd., 95). Die Werte aus letzteren Übersichtstabellen, die bei Koristkas zu finden sind, sind zum Vergleich mit in Tabelle 5.4 aufgenommen worden (fünfte Spalte).¹⁸ Koristkas hat für die darstellende Geometrie zwischen den

¹⁸Wie Koristkas die Daten für die Polytechnische Schule in Hannover ermittelt hat, erläutert er nicht. Wie weiter oben geschildert wurde, hat der Autor in seinem Reisebericht nur das Vorlesungsangebot, aber keine Stundenpläne abgebildet.

Anteilen der Vortragsstunden („V“), der Zeichenübungen („Z“) und dem gesamten Anteil („Gesamt“) unterschieden (vgl. ebd., 98). Dabei ergibt sich der Gesamtwert aus der Summe der Vortrags- und der Zeichenstunden; für München und Dresden wurden in Tabelle 5.4 falsche Werte korrigiert – für München steht bei Koristkas ein Gesamtwert von 5,2%, der zu 8,2% geändert wurde, und für Dresden wurde Koristkas Gesamtwert von 3,3% zu 5,3% angepasst, so dass dort tatsächlich die Summe der Vortrags- und Zeichenstunden steht. Es kann aber genau so gut sein, dass im Falle Dresdens der Prozentwert der Zeichenübungen nicht korrekt ist und dass dieser von 6,5% auf 3,5% angepasst werden müsste – für Stuttgart wird davon ausgegangen, dass der Gesamtwert fehlerhaft ist, weil bei den vorliegenden Werten das Austauschen nur einer anderen Ziffer kein stimmiges Ergebnis liefern würde. Dort, wo in Tabelle 5.3 ein zusätzlicher Durchschnittswert angegeben ist (Berlin, Karlsruhe, München, Dresden, Stuttgart und Darmstadt) war es möglich aufgrund der Datenlage die Anteile des Unterrichts in der darstellenden Geometrie für verschiedene Fachschulen bzw. Berufsgruppen zu ermitteln. Wo nur ein Wert steht gab es nur einen Ausbildungsgang.

Insgesamt liegt der Anteil der darstellenden Geometrie, der auf Grundlage der genannten Quellen berechnet wurde, an den gesamten Ausbildungsgängen der höheren technischen Schulen zwischen 1% in Dresden und 11% in Hannover bzw., wenn Hannover abermals aufgrund der großen Abweichung ausgeklammert wird, bei 10% in Darmstadt. Dresden wies also weiterhin die geringsten Anteile auf, die überdies noch um 3,6 Prozentpunkte gesunken waren. In München war der Anteil am stärksten um 10,9 Prozentpunkte gesunken. Auch in Stuttgart und Darmstadt hatten sich die Anteile um 3,5 bzw. 2,4 Prozentpunkte verringert. Für Berlin, Hannover und Braunschweig kann diesbezüglich keine Aussage gemacht werden, weil entweder die darstellende Geometrie zuvor noch nicht als eigenständiges Fach vertreten war (Berlin, Hannover) oder weil keine Stundenpläne vorlagen (Braunschweig). Der Rückgang der darstellenden Geometrie kann eine Folge der Ausdifferenzierung der Technikwissenschaften im Lehrangebot der höheren technischen Schulen gewesen sein oder damit erklärt werden, dass Zeichenübungen zum ersten hier betrachteten Zeitpunkt („Gründungsphase“) unwissentlich

Tabelle 5.4: Anteile des Unterrichts in darstellender Geometrie an den gesamten Bildungsgängen der acht betrachteten technischen Lehranstalten zwischen 1840 und 1870 („Ausdifferenzierungsphase“) auf Grundlage der Daten aus Koristkas Reisebericht (Binder, 1984), Schoedlers Übersichtswerk (Schödler, 1847) und vereinzelt Programmschriften

Technische Bildungsinstitution	Grundlage: Schoedler (1847)	Grundlage: Koristka (1853)	Grundlage: Programmschrift (Erscheinungsjahr in Klammern)	Koristkas (1853) eigene Berechnungen
Berlin	–	3% Ø 3%	–	V: 1,7% Z: 2,6% Gesamt: 4,3%
Karlsruhe	7%–11% Ø 9,3%	8%–11% Ø 9,7%	–	V: 2% Z: 8% Gesamt: 10%
München	–	2%–3% Ø 2,5%	–	V: 4% Z: 1,3% Gesamt: 5,3%
Dresden	<1%	1% Ø 1%	–	V: 1,7% Z: 6,5% Gesamt: 8,2%
Stuttgart	4% Ø 4%	–	–	–
Hannover	–	–	6%–18% Ø 11% (1856)	V: 2% Z: 6% Gesamt: 8%
Braunschweig	–	–	4% (1855)	–
Darmstadt	6%–8% Ø 7%	10% Ø 10%	–	V: 3% Z: 9% Gesamt: 12%

einbezogen wurden und an dieser Stelle nicht – weiter unten wird auf diesen Aspekt kurz eingegangen. Ausschließlich in Karlsruhe war der durchschnittliche Anteil der darstellenden Geometrie am gesamten Ausbildungsgang um 2,5 Prozentpunkte gestiegen. Nur für letztere Institution stimmen im Übrigen die ermittelten Werte annähernd mit denjenigen Koristkas überein. Die Abweichungen der Daten, die auf Grundlage der bei Koristkas abgebildeten Studienpläne ermittelt wurden, von denen, die Koristkas selbst berechnet hat, können zum einen auf sein Vorgehen, das Ausbildungsjahr auf 38 Unterrichtswochen zu normieren, zum anderen auf seine Einsicht in die Aufteilung zwischen Vortrags- und Zeichenstunden zurückzuführen sein. Wie bereits erwähnt, geht aus den meisten vorliegenden Quellen nicht hervor, ob zusätzliche Übungen für die darstellende Geometrie angedacht oder ob diese in den wöchentlichen Unterrichtsstunden integriert waren. In Dresden scheinen die Übungsstunden beispielsweise nicht mit einbezogen worden zu sein: Berechnet wurde für die Lehrgänge der Mechaniker und Bauingenieure ein Anteil von 1%, bei Koristkas sind es 1,7% für die Vorlesungen zu diesem Thema und weitere 6,5% – falls dieser Wert stimmt, sonst wären es 3,5%, was die Aussage nicht verändert – für Zeichenübungen. Diese Werte könnten bedeuten, dass die Zeichenübungen in Dresden separat aufgeführt wurden. Andererseits können die Werte für Karlsruhe (9,7% aus eigener Berechnung zu 10% als Gesamtanteil bei Koristkas) und Darmstadt (10% zu 12%), aber eventuell auch für Hannover (11% zu 8%) und Berlin (3% zu 4,3%) bedeuten, dass hier jeweils das Zeichnen in das Stundenpensum der darstellenden Geometrie berücksichtigt wurde – für Karlsruhe und Hannover spiegelt sich dies auch in der Fächerbezeichnung wider (siehe oben). Koristkas hat in seiner Studie die Annahme überprüft, dass eine Organisation in Fachschulen bedeutete, dass ein „verhältnismäßig größerer Zeitaufwand für das Zeichnen und die praktischen Übungen“ aufgewendet wurde; er kam zu dem Schluss, dass dies nicht immer galt und nennt hierfür das Gegenbeispiel Hannover, wo der Unterricht zu diesem Zeitpunkt noch nicht nach Fachklassen abgehalten wurde, aber dennoch die höchsten Anteile des Zeichnens und der Übungen vorlagen (vgl. Binder, 1984, 99). Weitere Ergebnisse Koristkas wurden von Hensel zusammengefasst (vgl. Hensel et al., 1989, 12–13).

5.2.3 In der Übergangsphase zu Technischen Hochschulen

Am Ende des 19. Jahrhunderts wurde die darstellende Geometrie an den nunmehr Technischen Hochschulen (weiterhin) „[...] als ein absolut unentbehrlicher Gegenstand anerkannt [...]“ (vgl. Papperitz, 1899, 44). Ihre grundlegende Funktion bzw. Stellung im höheren technischen Bildungswesen scheint sie bis zum Ende des 19. Jahrhunderts also behalten zu haben. Die „relativ unangefochtene Stellung dieses Faches“ habe sich auch darin gezeigt, dass sein Anteil am Unterrichtspensum in den 1870er und 1880er Jahren sogar noch gestiegen war und auch in den 1890er Jahren nahezu unberührt von den Auseinandersetzungen um die Rolle der Mathematik an den Technischen Hochschulen blieb (vgl. Hensel et al., 1989, 28–29). Dass die darstellende Geometrie im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts nicht von diesen Auseinandersetzungen zu Niveau, Inhalt und Umfang der mathematischen Lehre an den höheren technischen Bildungsinstitutionen betroffen gewesen ist, unterstreicht erneut ihren Sonderstatus unter den mathematischen Disziplinen. Jener hätte sich aber auch darin manifestieren können, dass sich ihr Anteil, als teilweise so wahrgenommenes Teilgebiet der angewandten Mathematik¹⁹, am Stundenpensum in den 1870er und 1880er Jahren zugunsten der reinen Mathematik verringert hätte. Hensel geht aber von einer relativen Konstanz des Anteils dieses Lehrfaches während des Übergangsphase zu Technischen Hochschulen aus. Ob die Entwicklungen der Mathematik während des letzten Drittels des 19. Jahrhundert Auswirkungen zumindest auf den Anteil der darstellenden Geometrie am Lehrpensum der Technischen Hochschulen hatten, soll in diesem Abschnitt nachvollzogen werden. Hierzu wurden die für jede Institution die nunmehr jährlich bzw. halbjährlich erschienenen Vorlesungsverzeichnisse, Programme etc. betrachtet und zwar um das Jahr 1890 herum, das als Wendepunkt von der „Theoretisierung“ der Mathematik zur Reorientierung an technisch relevanten mathematischen Inhalten gilt. In diesen gab es meistens Stundenplanempfehlungen – Berlin und Dresden bilden hier die Ausnahme, wo die in Kapitel 4.4 angesprochene Lernfreiheit anscheinend praktiziert

¹⁹Im Ausblick des vorliegenden Kapitels wird auf diesen Aspekt noch eingegangen

wurde –, denen inzwischen die für Vortrag und Übungen veranschlagten wöchentlichen Unterrichtsstunden entnommen werden konnten. In Tabelle 5.5 wurden diese Wochenstunden gemeinsam für die berechneten Anteile der darstellenden Geometrie einbezogen.

Eine Konsequenz der Entwicklungen der höheren technischen Bildungsinstitutionen während der Ausbauphase zu Hochschulen betraf die darstellende Geometrie definitiv: Durch die Entstehung eines höheren realistischen Sekundarschulwesens und die gleichzeitige Anhebung der Vorbildungsbedingungen, nämlich durch die Festsetzung des Abiturs eines (humanistischen) Gymnasiums als möglichen Vorbildungsnachweis, gab es an den Technischen Hochschulen hinsichtlich des Vorwissens eine durchmischte Schülerschaft insbesondere im Bereich der Mathematik. Die Diskrepanz bezüglich des Vorwissens der Gymnasiasten in der Mathematik war im Vergleich zu den Absolventen der Realgymnasien und Oberrealschulen insbesondere in der darstellenden Geometrie wahrnehmbar (vgl. Papperitz, 1899, 31), was durch die Einführung der Grundlagen an den Technischen Hochschulen selber kompensiert werden musste (vgl. Müller, 1910, 19). An realistisch geprägten Sekundarschulen wurde die darstellende Geometrie in der Regel gelehrt. Absolventen des Gymnasiums fehlten zusätzlich nötige Fähigkeiten im Zeichnen, die für eine wissenschaftliche Behandlung der darstellenden Geometrie nötig gewesen wären, insbesondere in den nördlichen Teilen des Deutschen Reichs (vgl. Stäckel, 1915, 114). Dass die darstellende Geometrie im 19. Jahrhundert an preußischen Gymnasien in der Regel nicht gelehrt wurde, wurde in Abschnitt 4.4.5 bereits durch die Betrachtung ausgewählter Lehrpläne bestätigt. Tatsächlich fehlten in Preußen selbst den Absolventen der realistischen Sekundarschulen Grundkenntnisse und Fähigkeiten im Bereich der darstellenden Geometrie (vgl. Müller, 1910, 19). Für Darmstadt, seit 1866 Teil von Preußen, bestätigte Rudolf Sturm, Lehrer der darstellenden Geometrie an der dortigen Technischen Hochschule, diese Tatsache: Er sprach von einer „Zweiteilung“ in Preußen und in den anderen Staaten des Deutschen Reiches, was die darstellende Geometrie als Schulfach betraf, weil preußische Gymnasiasten überhaupt keine Kenntnis in diesem Fach mitbrachten, dieses Fach aber an preußischen realistischen Sekundarschulformen gelehrt wurde

Tabelle 5.5: Anteile des Unterrichts in darstellender Geometrie an den Studienjahren der acht betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen zwischen 1870 und 1899 („Übergangsphase“)

Institution	Lehrplan (Jahr)	Anzahl der Ausbildungsjahre	Lehrfach Darstellende Geometrie		
			Fachgruppen- bzw. Fächerbezeichnung	Ausbildungsjahr(e)	Anteil im jeweiligen Ausbildungsjahr
Berlin	1889/90	4	Projektionslehre I u. II	1	?
			DG I u. II		?
					?
Karlsruhe	1890/91	4	DG I u. II inkl. Beleuchtung Perspektive	1 2	18%
		4	DG I u. II Perspektive		5%
		$3\frac{1}{2}$			23% 5% 28% 6%
München	1890/91	4	DG	1	23%/20% 25%/20%
Dresden	1890/91	4	DG I u. II	1	? ?
Stuttgart	1890/91	$3\frac{1}{2}/4\frac{1}{2}$	Schatten und Beleuchtung, Perspektive/ DG + Schatten und Beleuchtung, Perspektive Schatten, Perspektive/ DG + Schatten, Perspektive	1/1 + 2	7%/27% + 7%
		4/5			8%/31% + 8%
		$3\frac{1}{2}/4\frac{1}{2}$			9%/31% + 9%
Hannover	1890/91	4 ($4\frac{1}{2}$)	DG (Einleitung DG)	1 (1. Halbj.)	21% (41%) 23% (41%) 22% (41%)
Braunschweig	1890/91	4	DG	1	26% 29% 25%
Darmstadt	1889/90	4	DG I DG II	1 2	24%
					4%
					27%
					4%
					29% 4%

(vgl. Sturm, 1874, IV). Deswegen musste in den betroffenen Staaten mit der Einführung der „allerersten Grundbegriffe“ der darstellenden Geometrie begonnen werden, was dazu führte, dass dieses Fach nicht in dem (wissenschaftlichen) Ausmaß gelehrt werden konnte, wie es sonst möglich gewesen wäre (vgl. Müller, 1910, 19). In anderen Staaten, z. B. in Württemberg, wo die darstellende Geometrie intensiv an realistischen Sekundarschulen betrieben wurde, mussten nur die Absolventen der Gymnasien im 20. Jahrhundert noch die Veranstaltung „Darstellende Geometrie I“ an der Technischen Hochschule Stuttgart belegen (vgl. Stäckel, 1915, 137). Auch im betrachteten Zeitraum wurden die Studiengänge je nach Vorbildung in München und Stuttgart differenziert.

Für die Technische Hochschule in **Berlin** sind in den Tabellen 5.5 und 5.6 keine prozentualen Anteile für den Umfang der darstellenden Geometrie angegeben, weil in den Programmen dieser Institution keine Stundenplan- bzw. Studienempfehlungen integriert wurden, sondern lediglich das Vorlesungsangebot. Tabelle 5.5 lässt sich aber entnehmen, dass dort das Lehrangebot der darstellenden Geometrie nach Fachschulen bzw. Berufsgruppen differenziert wurde: Studierende der Architektur und des Bauingenieurwesens (erste und zweite Zeile) erhielten Unterricht in „Projektionslehre“ in jeweils fünf Vorlesungs- und fünf Übungsstunden pro Woche, diejenigen des Maschineningenieurwesens (dritte Zeile) in der darstellenden Geometrie und zwar in wöchentlich jeweils vier Stunden Vorlesungs- und Übungszeit.²⁰ Bei den Fächern mit der Bezeichnung „Projektionslehre“ handelte es sich um „Darstellende Geometrie mit synthetischer Geometrie“ (Projektionslehre I) und um „Praktische Perspektive u. Schattenlehre“ (Projektionslehre II) (vgl. Berlin, 1889, 21). In allen drei Studiengängen wurde die Belegung dieser Fächer jeweils in den ersten beiden Semestern, also im ersten Ausbildungsjahr, „empfohlen“.

Auch an der Technischen Hochschule in **Karlsruhe** gab es ein geringfügig nach Fachgruppen differenziertes Fächerangebot. Zwar wurden in den drei

²⁰Die Projektionslehre wurde von Guido Hauck, die darstellende Geometrie von Hugo O. Hertzler unterrichtet. In Berlin hatte es seit der Fusionierung der Bau- und der Gewerbeakademie zwei Lehrstühle für darstellenden Geometrie gegeben. Hierauf wird im nachfolgenden Kapitel 6 noch eingegangen.

Abteilungen für Architektur (erste Zeile), Ingenieurwesen (zweite Zeile) und Maschinenwesen (dritte Zeile) jeweils im ersten Studienjahr die Fächer „Darstellende Geometrie I und II“ und im zweiten Halbjahr des zweiten Jahres das Fach „Perspektive“ gelehrt, für die Architekten gab es aber den Zusatz „einschließlich Beleuchtungslehre“ in der Bezeichnung des Faches Darstellende Geometrie. Die Studierenden der Architektur hatten im ersten Semester eine Übungsstunde weniger zur Verfügung als die Studierenden der anderen Abteilung und als in ihrem eigenen zweiten Semester: Die darstellende Geometrie wurde sonst mit jeweils vier Wochenstunden Vorlesung und Übung unterrichtet, die Architekten hatten im ersten Semester nur drei Übungsstunden. Die Perspektive wurde für alle mit jeweils zwei Vortrags- und Übungsstunden gelehrt.

An der Technischen Hochschule in **München** gab es zusätzlich zum regulären Unterrichtpensum der Bauingenieure (erste Zeile) und der mechanisch-technischen Abteilung (zweite Zeile) im ersten Jahr weitere Kurse für Absolventen humanistischer Gymnasien („Algebraische Analysis und Trigonometrie“ und „Linearzeichnen“). In Tabelle 5.5 wurden dementsprechend zwei Werte angegeben: Links steht der Anteil des Faches „Darstellende Geometrie“ am regulären Stundenpensum, rechts derjenige des Lehrganges für Absolventen des Gymnasiums. Die darstellende Geometrie floss mit jeweils vier Vortrags- und Übungsstunden pro Woche in das Lehrpensum ein.

Für die Technische Hochschule in **Dresden** konnten aufgrund fehlender Studienpläne wie im Falle Berlins ebenfalls keine Anteile der darstellenden Geometrie am Lehrpensum ermittelt werden. Dem Vorlesungsverzeichnis kann aber entnommen werden, dass die beiden Kurse zur darstellenden Geometrie in den ersten beiden Semestern sowohl für die Ingenieur- als auch für die Mechanische Abteilung mit jeweils vier Wochenstunden Vorlesungs- und sechs Wochenstunden Übungszeit belegt werden sollten.

In Tabelle 5.5 wurden in dieser Reihenfolge die Anteile der darstellenden Geometrie am Lehrpensum der Stundenpläne der Fachschulen für Architektur, Bauingenieurwesen und Maschineningenieurwesen an der Technischen Hochschule in **Stuttgart** aufgenommen. Absolventen des Gymnasiums mussten dort ein Jahr länger studieren als ihre Kommilitonen, die eine höhere

Schule des realistisch geprägten Sekundarschulbereiches besucht hatten. Die ersten Werte entsprechen den Daten für eine reguläre Studiendauer, die rechten denjenigen, die dem Bildungsgang ehemaliger Gymnasiasten zugeordnet werden. Letztere belegten ab ihrem zweiten Jahr die Fächer regulären Studiengangs. Nur in den ersten beiden Semestern wurde für sie die darstellende Geometrie mit vier Vorlesungs- und sechs Übungsstunden pro Woche gelehrt. Im zweiten Jahr der Gymnasiasten, also im ersten Jahr des regulären Studiengangs, gab es für das Architekturfach und das Bauingenieurwesen (ersten beiden Zeilen) die Fächer „Schattenkonstruktion und Beleuchtungskunde“ (mit vier wöchentlichen Übungsstunden im ersten Semester) und „Theoretische Perspektive“ (mit zwei wöchentlichen Übungsstunden im zweiten Semester). Letzteres Fach war mit gleichem Umfang auch im Stundenplan für das Maschinenfach (dritte Zeile) zu finden, dort gab es dann zusätzlich das Fach „Schattenkonstruktion“, ebenfalls mit vier Stunden Übung pro Woche. Nur den Studierenden der Fachschule für Bauingenieurwesen (zweite Zeile) wurde empfohlen, dass sie über den Studienplan hinaus auch die darstellende Geometrie belegen sollten (vgl. Stuttgart, 1890, 64).

In den jeweils vierjährigen Lehrgängen der Technischen Hochschule in **Hannover** wurde die darstellende Geometrie in den Abteilungen für Architektur, Bauingenieurwesen und Maschineningenieurwesen, die in dieser Reihenfolge in Tabelle 5.5 aufgenommen wurden, im Regelfall im ersten Jahr belegt. In Tabelle 5.5 sind in Klammern zusätzlich die Daten für die Fälle angegeben, in denen das Studium an der TH Hannover im Sommersemester angetreten wurde, in welchem das Fach „Einleitung in die darstellende Geometrie“ unterrichtet wurde. Im Regelfall umfasste die darstellende Geometrie im ersten Studienjahr drei Vortrags- und sechs Übungsstunden.

An der Technischen Hochschule in **Braunschweig** war die darstellende Geometrie in den ersten beiden Semestern jeweils mit vier Vorlesungs- und sechs Übungsstunden pro Woche vertreten, und zwar für die Abteilungen für Architektur (erste Zeile), für Bauingenieurwesen (zweite Zeile) und für Maschinenbau (dritte Zeile).

In **Darmstadt** erstreckte sich die darstellende Geometrie gemäß der Studienpläne über die ersten drei Semester für die Bau- (erste Zeile), Ingenieur-

Tabelle 5.6: Anteile des Unterrichts in darstellender Geometrie an den gesamten Bildungsgängen der acht betrachteten technischen Lehranstalten zwischen 1870 und 1899 auf Grundlage der zuvor analysierten Lehrpläne

Technische Bildungsinstitution	Zeitpunkt	Anteil der darstellenden Geometrie
Berlin	1889/90	?
Karlsruhe	1890/91	6%–9% Ø 7,3%
München	1890/91	6%–7%/6% Ø 6,5%/Ø 6%
Dresden	1890/91	?
Stuttgart	1890/91	2%–3%/7%–9% Ø 2,3%/Ø 8%
Hannover	1890/91	5%–6,5%/8%–10,5% Ø 5,8%/Ø 9,4%
Braunschweig	1890/91	6%–8% Ø 7%
Darmstadt	1889/90	7%–8% Ø 7,7%

(zweite Zeile) und die Maschinenbauschule (dritte Zeile). Im ersten Jahr gab es im ersten Semester vier Stunden Vortrag und sechs Stunden Übung in diesem Fach, im zweiten eine Übungsstunde pro Woche mehr. Im ersten Semester des zweiten Jahrgangs wurde dann nur noch mit einer wöchentlichen Vortrags- und zwei wöchentlichen Übungsstunden „Darstellende Geometrie II“ unterrichtet.

Während des letzten Drittels des 19. Jahrhunderts ist die darstellende Geometrie noch eindeutiger an den Beginn der höheren technischen Bildungsgänge gerückt; überall hatte sie ihren Platz im ersten Studienjahr, teilweise zusätzlich im zweiten. Dort, wo es im ersten Jahr ein Lehrfach mit der Bezeichnung „Darstellende Geometrie“ o. Ä. gab, hatte dieses relativ hohe Anteile von 18% bis 31%; die Fächer, die einzelne Teilgebiete der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne behandelten (Stuttgart und Karlsruhe

bzw. in Darmstadt „Darstellende Geometrie II“) sind mit geringeren Anteilen zwischen 4% und 9% im zweiten Studienjahr zu finden – für Stuttgart gilt dies nur für ehemalige Gymnasiasten, da Absolventen der realistisch geprägten höheren Schulen aus dem Sekundarschulbereich nur die genannten Teilgebiete der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne in ihrem ersten Jahr belegen sollten. Nicht nur die Anteile der darstellenden Geometrie an verschiedenen Studiengängen innerhalb einzelner Institutionen unterscheiden sich kaum, sondern auch insgesamt scheinen sich die betrachteten höheren technischen Bildungsanstalten hinsichtlich der Organisation der Lehre dieses Faches aneinander angeglichen zu haben: Die wöchentlichen Unterrichtsstunden und deren Aufteilung zwischen theoretischem Vortrag und praktischen Übungen waren an den meisten Institutionen ähnlich.

Betrachtet man nun die Anteile, die die darstellende Geometrie an den gesamten Ausbildungsgängen der betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen hatte, zeigt sich eine ähnliche Tendenz: Die meisten Werte liegen zwischen 6% und 8% – wieder bildet nur Stuttgart einen deutlichen Ausreißer mit dem Studiengang für „Realisten“ (2,3%). Damit hatten sich die Anteile der darstellenden Geometrie im Vergleich zum zweiten betrachteten Zeitpunkt („Ausdifferenzierungsphase“) in München, Stuttgart und Braunschweig erhöht, in Karlsruhe und Darmstadt hingegen verringert.

Zusammenfassung

Die darstellende Geometrie hatte während des 19. Jahrhunderts – ab der Jahrhundertmitte an allen betrachteten Institutionen – einen festen Platz im Fächerkanon des höheren technischen Bildungswesens. Ihr Anteil ist zur Jahrhundertmitte, also während der „Ausdifferenzierungsphase des deutschen polytechnischen Konzeptes“, im Vergleich zur „Gründungsphase“ insgesamt zwar leicht gesunken – ihr Gesamtanteil lag zu Beginn für alle betrachteten Institutionen bei durchschnittlich 8,5%, in der Ausdifferenzierungsphase um die Jahrhundertmitte bei 5,7% –, im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts stieg dieser aber wieder an (und zwar auf durchschnittlich 6,8%). Das heißt, dass dieses Fach auch für die „Hochschulkonzeption“ weiterhin einen integralen

Bestandteil im Unterrichtspensum ausmachte. Die Streuungen der Prozentwerte der einzelnen höheren technischen Schulen waren zu den beiden ersten Erhebungszeitpunkten noch recht groß, wohingegen sich die Werte im letzten untersuchten Zeitraum, während der „Übergangsphase zu Technischen Hochschulen“ im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts, aneinander annäherten. Die höheren technischen Bildungsgänge scheinen sich im Laufe des 19. Jahrhunderts insgesamt aneinander angeglichen zu haben, weil sowohl die Anteile der darstellenden Geometrie am Unterrichtspensum pro Studieneinheit innerhalb der einzelnen Institutionen als auch ihre Anteile an den gesamten Bildungsgängen recht nah bei einander lagen. Diese Tatsachen konstituieren zugleich ein Zeichen dafür, dass sich das technische Bildungswesen etabliert hatte.

5.3 Anschlussfragen zur Funktion und zur konkreten Ausgestaltung der Lehre und zum Wesen der darstellenden Geometrie

Viele Fragen über die Rolle der darstellenden Geometrie im höheren technischen Bildungswesen im 19. Jahrhundert bleiben offen, wenn ausschließlich die quantitativen Anteile der darstellenden Geometrie am Lehrpensum betrachtet werden. Einige dieser Fragen, hauptsächlich hinsichtlich der Funktion und Ausgestaltung der Lehre der darstellenden Geometrie im relevanten Bildungskontext und allgemeine Überlegungen zu ihrem Wesen als wissenschaftliche, mathematische bzw. technische Disziplin, sollen im Folgenden vorgestellt werden.

Nach ihrer „Form und Methode“ ist die darstellende Geometrie eine rein mathematische Disziplin, sie wurde während des 19. Jahrhunderts aber meistens als Teilgebiet der angewandten Mathematik – nach damaligen Verständnis – aufgefasst (vgl. Hjelmlev, 1914, VI). Die Unterscheidung zwischen reiner und angewandter Mathematik, wie sie heute üblich ist, war während des 19. Jahrhunderts noch nicht oder nur wenig gebräuchlich. Das für den Kontext dieser Arbeit relevante Verständnis entspricht semantisch eher der Ge-

genüberstellung von „abstrakter“ und „angewandter“ Mathematik. Abstrakt denotiert in diesem Zusammenhang den Gegensatz zu angewandt im Sinne der Anwendung in anderen Disziplinen, Fächern oder in der beruflichen Praxis. Bei den Fächern der reinen Mathematik standen „[...] mehr die mathematischen Gesichtspunkte, in der angewandten Mathematik mehr die technischen im Vordergrund“, so dass Erstere von Mathematikern und Letztere von Ingenieuren betrieben wurde (vgl. Grünbaum, 1910, XV). Angewandte Disziplinen hatten u.a. „die Erfüllung materieller und wirtschaftlicher Kulturaufgaben“ zum Ziel (vgl. Papperitz, 1899, 3). Die Zuordnung der darstellenden Geometrie zur angewandten Mathematik resultierte einerseits aus ihrer Assoziation mit dem höheren technischen Unterrichtswesen im Allgemeinen und andererseits aus ihrer deklarierten Nützlichkeit für die berufliche Praxis. Obwohl Monges Lehrbuch den „hohen Abstraktionsgrad“ der darstellenden Geometrie belegte (vgl. Lipsmeier, 1971, 102), war sie dennoch „[a]us technischen Bedürfnissen hervorgegangen“ (vgl. Wiener, 1884, 60) und auch Monge selbst warb für diese Disziplin als „Grundlage der technischen Bildung“ aufgrund des Nutzens, den sie für die Entwicklung von Wirtschaft und Industrie habe (siehe Kapitel 2.2). Der Kontext, in dem die darstellende Geometrie entstanden war und in welchem sie gelehrt wurde, bestimmte die Wahrnehmung dieser Disziplin maßgeblich. Aber auch sie selbst war von Anfang an darauf angelegt, „den Bezug zur Praxis herzustellen“ und zielte auf Anwendbarkeit (vgl. Lipsmeier, 1971, 9). Teilgebiete der angewandten Mathematik galten im betrachteten Zeitraum im Allgemeinen als „minderwertig“ im Vergleich zur reinen Mathematik, die im 19. Jahrhundert Wissenschaftlichkeit verkörperte (siehe Kapitel 4.5): „Im Laufe des 19. Jahrhunderts [...] hatte sich eine Kluft zwischen reiner und angewandter Mathematik gebildet“ (Scriba & Maurer, 1991, 65), die am Ende des 19. Jahrhunderts als überwunden galt (vgl. Papperitz, 1899, 3). Dennoch beeinflusste die Denotierung eines Faches als „angewandte“ oder „reine“ Mathematik die Unterrichtsgestaltung wahrscheinlich sowohl hinsichtlich Inhalt als auch Methode.

Dass eine pauschale Zuordnung der darstellenden Geometrie zu einem Teilbereich der Mathematik aber nicht möglich ist bzw. war, zeigt sich auch darin, dass sie an den höheren technischen Bildungsinstitutionen im 19. Jahr-

hundert nicht einheitlich bestimmten Fächergruppen zugeordnet wurde. Den vorliegenden, in diesem Kapitel verwendeten Quellen (Programmschriften, Vorlesungsverzeichnisse etc.) lassen sich diese Informationen teilweise entnehmen. Beispielsweise wurde die darstellende Geometrie zum ersten hier betrachteten Zeitpunkt, also in der „Gründungsphase“, an den höheren technischen Bildungsinstitutionen – mit Ausnahme Berlins, Dresdens und Hannovers, wo die darstellende Geometrie noch nicht als eigenes Fach vertreten war – folgenden Fachgruppen zugeordnet: In München und Darmstadt wurde die darstellende Geometrie in den Fächerbeschreibungen separat, also als eigenständige Fachgruppe, aufgelistet, in Karlsruhe zusammen mit den „Graphischen Künsten“. In Braunschweig ordnete man die darstellende Geometrie der angewandten Mathematik zu, in Stuttgart wurde das Fach in die Mathematik aufgenommen und stand dort eigentlich neben der reinen und der angewandten Mathematik, wird im Lehrplan aber zwischendurch zur angewandten Mathematik gezählt. Schon wenige Jahre später, in den Lehrplänen aus der zweiten „Ausdifferenzierungsphase“, gestalteten sich die Fachgruppenzuordnungen anders und waren noch immer nicht einheitlich. In Berlin zählte dieses Fach nun zur reinen Mathematik, in Karlsruhe und Dresden galt sie dann sogar als „Technischer Fachgegenstand“ o. Ä. In der fehlenden Eindeutigkeit bei der Zuordnung der darstellenden Geometrie zu einer Fachgruppe bzw. Disziplin zeigt sich außerdem, dass ihre Entwicklung im Kontext verschiedener Disziplinen betrachtet werden muss, um ihr Wesen – insbesondere als Lehrfach im technischen Bildungskontext – vollständig zu erfassen: „Taton (1954) schreibt, daß [...] sie in weiten Teilen der Technik und der Kunstgeschichte zugerechnet werden muß“ (Paul, 1980, 163). Es stellt sich die Frage, ob sich unterschiedliche Fachgruppenzuordnungen (zur reinen oder angewandten Mathematik, zum „Zeichnen“ oder zu den technischen Wissenschaften) in verschiedenen Unterrichtskonzeptionen bzw. allgemein in der Lehre äußerten.

Die Multidisziplinarität der darstellenden Geometrie legt die Vermutung nahe, dass diese von den allgemeinen Entwicklungen der Mathematik an den höheren technischen Schulen, die in Kapitel 4.5 dargestellt wurden, nicht, oder zumindest nicht im gleichen Ausmaß, betroffen war wie die Fächer der

reinen Mathematik. Ob und inwiefern dies auch für die in diesem Zusammenhang geschilderten personellen Änderungen galt, wird u.a. im nachfolgenden Kapitel 6 für das Lehrpersonal der darstellenden Geometrie untersucht werden. Interessant wäre es weiterhin, zu überprüfen, ob sich die Niveauerhöhung im Unterricht und die „Überbetonung“ der theoretischen Seite Mathematik im Allgemeinen auch im Bereich der darstellenden Geometrie insbesondere in der zweiten Jahrhunderthälfte manifestierte. Konkret hätte dies zum Beispiel eine Vernachlässigung der Anwendungskontexte bedeuten können oder etwa eine Fokussierung auf die projektive Geometrie, als „rein mathematische Spezialdisziplin“ (vgl. Scriba & Maurer, 1991, 60–61), innerhalb des Unterrichtspensums der darstellenden Geometrie. In den 1860er und 1870er Jahren hätten sich zahlreiche Vertreter der darstellenden Geometrie zu dem „Fiedlerschen Konzept“ bekannt, „[...] wenn sie es auch nicht in seiner Absolutheit übernahmen, sondern hier offensichtlich die Rücksicht darauf, den Ingenieur eine für die konstruktive Tätigkeit anwendbare Sprache zu lehren, dominierte“ (vgl. Hensel et al., 1989, 29). Dennoch habe man in Deutschland „[...] die darstellende Geometrie mit der projektiven Geometrie in enge Verbindung gebracht [...]“ (vgl. Stäckel, 1914, 165). In München gab es beispielsweise ab der Neueröffnung der Polytechnischen Schule im Jahre 1868 einen eigenständigen Lehrgang der projektiven Geometrie neben demjenigen für darstellende Geometrie (vgl. München, 1868, 12). In München, wie in Berlin, wo Hertzner als Erster die projektive Geometrie an einer „deutschen“ höheren technischen Bildungsanstalt unterrichtet haben soll, verschwand die projektive Geometrie noch während des 19. Jahrhunderts aber wieder aus den Lehrplänen (vgl. Lampe, 1909, 419). In Karlsruhe hatte Wiener die projektive zunächst mit der darstellenden Geometrie verflochten, ab 1872 bot er eigenständige Vorlesungen zur projektiven Geometrie an (vgl. Karlsruhe, 1892, XXIV). Zu Beginn des 20. Jahrhunderts nannte Stäckel den Lehrplan der Technischen Hochschule Darmstadt als repräsentatives Beispiel für die Themenbereiche, die im deutschsprachigen Gebiet im Unterricht der darstellenden Geometrie des höheren technischen Bildungswesens unterrichtet wurden; in jenem werden die „Elemente der projektiven Geometrie“ neben der orthogonalen Parallelprojektion, der Axonometrie etc. aufgelistet (vgl. Stäckel, 1915, 137–138).

Einblick in die Inhalte, die im Rahmen der angebotenen Lehrveranstaltungen zur darstellenden Geometrie vermittelt werden sollten, erhält man, wenn man die mehr oder weniger ausführlichen Fächerbeschreibungen betrachtet, die in einigen der vorliegenden Quellen zu finden sind. In Kapitel 3 wurde bei der Analyse einiger Lehrwerke schon ein Eindruck davon vermittelt, welche Inhalte zu verschiedenen Zeitpunkten des 19. Jahrhunderts sowohl als relevant für die Lehre an den entsprechenden Institutionen empfunden wurden als auch wie sich die darstellende Geometrie im weiteren Sinne entwickelte, also durch welche Inhalte, Projektionsmethoden etc. diese Disziplin erweitert wurde. Es gilt noch zu überprüfen, ob und welche Inhalte letztendlich Einzug in die Lehrpläne der höheren technischen Schulen fanden. Zum Beispiel war die darstellende Geometrie im weiteren Sinne in den ersten Lehrwerken aus der ersten Jahrhunderthälfte noch nicht ausdifferenziert – die darstellende Geometrie im engeren Sinne wurde vornehmlich auf die Perspektive und Schattenkonstruktionen „angewendet“. Dieses Verständnis findet sich zum Beispiel auch im Programm der Polytechnischen Schule in München aus dem Jahr 1833 (vgl. München, 1833, 3–4). In Braunschweig hielt es sich beispielsweise noch über die Jahrhundertmitte hinaus (vgl. Braunschweig, 1855, 10–11). In Stuttgart herrschte dieses Verständnis 1835 noch vor (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 53–54), recht früh wurden diese Teilgebiete dort aber als parallel existierende Darstellungsmethoden angesehen, also die darstellende Geometrie im weiteren Sinne betrachtet (vgl. Stuttgart, 1840, 14–15). Ebenso war es in Karlsruhe, wo diese Methoden zusätzlich im Rahmen des Lehrfaches „Darstellende Geometrie“ direkt in praktische Kontexte (Zimmerwerk und Steinschnitt) eingebettet wurden (vgl. Nebenius, 1833, 175–180). In Darmstadt sollte die darstellende Geometrie im zweiten Jahr des Kurses sogar auf die Perspektive, Optik, Holz- und Steinkonstruktionen sowie auf die „geometrische Darstellung“ einzelner Maschinenteile und ganzer Maschinen angewendet werden (vgl. Linde, 1839, 234). Es deutet sich an, dass die Lehre der darstellenden Geometrie im betrachteten Gebiet bzw. an den betrachteten Institutionen auch bezüglich der Inhalte in den ersten Jahrzehnten ihres Bestehens – wie es sich auch in den starken Schwankungen der Anteile der darstellenden Geometrie am gesamten Unterrichtpensum während die-

ser beiden Phasen der institutionellen Entwicklung zeigte – nicht einheitlich realisiert wurde.

Die Schilderungen in den vorangegangenen Kapiteln den institutionellen Kontext betreffend erwecken darüber hinaus den Eindruck, dass die institutionellen Bedingungen zu einigen Zeitpunkten des 19. Jahrhunderts dazu geführt haben könnten, dass die darstellende Geometrie an den betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen nicht immer in ihrem vollständigen (wissenschaftlichen) Umfang gelehrt wurde bzw. werden konnte. Im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts musste der Lehrgang der darstellenden Geometrie aufgrund der Studenten mit gymnasialer Vorbildung mit den Grundlagen beginnen. Wo ein nach Vorbildung differenzierter Bildungsgang vorlag, kann die Betrachtung der den Studiengängen jeweils zugeordneten Lehrpläne dementsprechend zusätzlich aufzeigen, welche Inhalte als solche Grundlagen galten. Gleichzeitig kann ein Einblick in den Unterricht der realistisch geprägten höheren Schulen im Sekundarbereich gewonnen werden. Anfänglich war es das allgemein niedrige Niveau der (höheren) technischen Schulen, welches den genannten Eindruck vermittelt. Für Karlsruhe bestätigt Lipsmeier diese Vermutung für den Gründungszeitraum: Erst durch die Differenzierung der Lehrgänge, nämlich derjenigen der Handwerker von denen der Techniker, Ingenieure und Verwaltungsbeamten, durch Nebenius im Jahre 1832 hätte dort die darstellende Geometrie „mit ihren erheblichen Anforderungen an die Vorbildung und die Leistungsfähigkeit der Schüler“ in ihrem vollem Umfang gelehrt werden können (vgl. Lipsmeier, 1971, 105–106). Damit war Karlsruhe im Gegensatz zu den anderen sieben betrachteten Schulen, wie es im Vorangegangenen schon mehrmals geschildert wurde, recht früh diesen Schritt in Richtung „höherer technischer Bildung“ gegangen.

Neben dem Umstand, dass Teile der darstellenden Geometrie in einigen Staaten schon ausgiebig an realistisch geprägten Sekundarschulen unterrichtet wurden, die sich im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts überall mehr oder weniger etabliert hatten, gab es schon früher für manche der hier betrachteten höheren technischen Schulen designierte Vorbildungsinstitutionen, in denen teilweise schon darstellende Geometrie unterrichtet wurde. Zum Beispiel gab es um die Jahrhundertmitte des 19. Jahrhunderts an den Provin-

zialgewerbeschulen und an der Städtischen Gewerbeschule in Berlin, an der Kreislandwirtschafts- und Gewerbeschule in München oder an der Realschule in Darmstadt Unterricht in darstellender Geometrie (vgl. Binder, 1984, 53–57). Um einen umfassenden Einblick in die Lehre der darstellenden Geometrie an den höheren technischen Institutionen zu erhalten, müssen auch die Vorkenntnisse, die die Studierenden in anderen Institutionen erwerben konnten, einbezogen werden.

Die zuvor angesprochene Funktionalisierung der Lehre der darstellenden Geometrie für praktische Zwecke, wie sie aus dem Karlsruher und dem Darmstädter Programmen hervorgeht (siehe oben), entsprach im Grunde genommen exakt dem ursprünglichen Bildungsziel der höheren technischen Lehranstalten, die eine für die gewerbliche bzw. technische Praxis relevante Bildung vermitteln wollten. Die „praktisch-technische Ausbildung“ wurde an den deutschen Institutionen stärker betont als zum Beispiel an der *École Polytechnique*, die Brauchbarkeit und Verwendbarkeit des Gelernten stand im Vordergrund (vgl. Hensel et al., 1989, 8). Auch noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts forderte Emil Müller (1861–1927), zu jener Zeit Professor für darstellende Geometrie an der Technischen Hochschule in Wien, dass die darstellende Geometrie nicht „[...] um ihrer selbst willen, sondern im Hinblick auf ihre Verwendung in der Technik gelehrt werden“ sollte und dass in den Vorlesungen das Augenmerk nicht auf die Wissenschaft „in ihrem gegenwärtigen Entwicklungsstadium“ zu legen sei, sondern auf die Inhalte, „[...] die der Techniker nötig braucht oder die in hervorragendem Grade Fähigkeiten und Methoden ausbilden, deren Besitz dem Techniker von großem Werte ist“ (vgl. Müller, 1910, 19). Es stellt sich die Frage, warum Müller diese Forderungen stellte, ob und wie lange die Situation anders war und falls dies zutrifft, ob seine Aussage auch für das in dieser Arbeit betrachtete Gebiet galt oder ob sich in dieser Hinsicht ein Unterschied zum „österreichischen“ System zeigt.

Auch die bereits im Laufe des vorangegangenen Kapitels vorgestellte Ausgliederung einzelner Teilbereiche der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne (z. B. Schattenlehre oder Perspektive) in eigenständige Fächer kann einen Hinweis auf die Funktionalisierung der darstellenden Geometrie für praktische Anwendungskontexte liefern, weil diese Einzelfächer dann teilweise

sogar für verschiedene Fachschulen von unterschiedlichen Fachlehrern unterrichtet wurden bzw. weil es eine nach Fachschulen differenzierte Auswahl gab. Ein weiterer Aspekt, der Aufschluss darüber geben kann, ob die darstellende Geometrie an den höheren technischen Bildungsinstitutionen für die technische bzw. berufliche Praxis funktionalisiert wurde, stellt der Unterricht im „Fachzeichnen“ dar. Die Themen bzw. Anwendungskontexte, die teilweise – oben wurden die Beispiele Karlsruhes und Darmstadts genannt – schon im Unterricht der darstellenden Geometrie integriert wurden (Steinschnitt, Zimmerwerk etc.), aber mehrheitlich als eigenständige Fächer existierten (z. B. Bauzeichnen, Maschinenzeichnen etc.), können unter dem Begriff des „Fachzeichnens“ zusammengefasst werden. Die darstellende Geometrie bietet im Prinzip eine mögliche theoretische Grundlage für jegliche Arten technischer Zeichnungen bzw. des Fachzeichnens.²¹ So wurde sie beispielsweise auch in Stuttgart als „wissenschaftliche Grundlage für alle in die Anstalt aufgenommenen Zweige der geometrischen Darstellungskunst“ (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 13), in Karlsruhe als „Grundlage der gesammten graphischen Bildung“ (vgl. Nebenius, 1833, 175) und in Darmstadt als „sichere Grundlage für das gesammte technische Zeichnen“ (vgl. Külpe, 1850, 63) in den Lehrplänen fixiert. Die Bereiche des „Fachzeichnens“ sind es, die in der Praxis direkte Anwendung fanden. Im Grunde genommen können die verschiedenen Fachzeichnenfächer als „Anwendungsfächer“ der darstellenden Geometrie gesehen werden und die darstellende Geometrie selbst als „Theoretisierung graphischer Techniken“ (vgl. Paul, 1980, 282). Diese Anwendungsfächer der darstellenden Geometrie können aber – und hier zeigt sich die Wahrnehmung eines Mathematikers an einer Technischen Hochschule – auch als Bestandteil dieser selbst angesehen werden: In Kapitel 1 wurde bereits der Eintrag aus der *Allgemeinen Encyclopädie der Wissenschaften und Künste* von 1854 zur darstellenden Geometrie zitiert. In diesem Eintrag werden zwei Teile der darstellenden Geometrie unterschieden: „[...] [D]er zweite zeigt die mannichfaltigen Anwendungen derselben zur bildlichen Darstellung von Gegenständen

²¹Eine ausführliche Diskussion der Entwicklung der Konstruktionslehre im Zusammenhang mit dem Maschinenbau im 19. Jahrhundert findet sich in Königs *Künstler und Strichezieher: Konstruktions- und Technikkulturen im deutschen, britischen, amerikanischen und französischen Maschinenbau zwischen 1850 und 1930* (1999).

des praktischen Lebens (Bauwerken, Maschinen u.)“ (vgl. Schlömilch, 1854, 244).

Es scheint sich bei Schlömilchs Definition um einen Sonderfall gehandelt zu haben, da das Fachzeichnen in der Regel nicht als Teil der darstellenden Geometrie gesehen wurde. „Die eigentlichen Anwendungen der darstellenden Geometrie sind den technischen Fachwissenschaften überwiesen [...]“ (Timerding, 1910, 13). Was sich aber findet, sind Lernziele für den Unterricht in der darstellenden Geometrie, die die Vorbereitung auf das Fachzeichnen fokussieren. In Braunschweig sollte der Unterricht in der darstellenden Geometrie zu Beginn des Bestehens der Institutionen beispielsweise hauptsächlich auf das Maschinen- und Bauzeichnen vorbereiten (vgl. Lipsmeier, 1971, 107; Uhde, 1836, 38). Laut Lipsmeier hatte sich im 19. Jahrhundert insgesamt die Tendenz abgezeichnet, anstatt der darstellenden Geometrie die „Projektionslehre“ zu lehren, „[...] worunter man nach Wiener ‚die Anfangsgründe der darstellenden Geometrie ohne eingehende geometrische Untersuchungen und mit vorwiegender Rücksicht auf die Anwendungen‘ versteht [...]“ (vgl. Lipsmeier, 1971, 107).

Das Fachzeichnen findet sich an den betrachteten höheren technischen Schulen in der Form eigenständiger Fächer. Insbesondere zur Jahrhundertmitte sind diese Fächer zahlreich an den meisten der hier betrachteten Institutionen vertreten und zwar nahezu durchgängig und mit entscheidend höheren Anteilen als die darstellende Geometrie. Um das Verhältnis zwischen darstellender Geometrie und Fachzeichnen herauszuarbeiten, können weiterhin die Zeitpunkte, zu denen diese Fächer jeweils in den Studiengang eingebunden wurden, betrachtet werden. Sollte die darstellende Geometrie die Grundlage des im weitesten Sinne technischen Zeichnens bilden, müsste sie zeitlich vor dem Fachzeichnen angeboten worden sein. Genau so gut kann es sein, unabhängig davon, wie die Fächer im Studienplan zeitlich angeordnet waren, dass der Unterricht im Fachzeichnen auch ohne die Methoden der darstellenden Geometrie auskam, dass die darstellende Geometrie also eher eine Vorbereitung in dem Sinne darstellte, dass sie das räumliche Vorstellungsvermögen der Studierenden förderte und die Zeichenfähigkeit gewisser „typischer“ Objekte schulte. Für den Anfangsunterricht des Fachzeichnens selbst,

zumindest im Falle des Maschinenbaus, hat König herausgestellt, dass häufig Vorlageblätter abgezeichnet wurden (vgl. König, 1999, 84), so dass die Methoden der darstellenden Geometrie nicht direkt angewendet wurden.

Hinsichtlich der konkreten Ausgestaltung des Unterrichts in der darstellenden Geometrie und seiner didaktischen Leitgedanken gaben neben vielen weiteren Fragen – zum Beispiel die Rolle der Zeichenübungen oder die Ausbildung des räumlichen Vorstellungsvermögens betreffend – insbesondere zwei Themen während des 19. Jahrhunderts Anlass zu Diskussionen: In welchem Maß sollten Abbildungen einerseits und Modelle andererseits im Unterricht der darstellenden Geometrie zur Unterstützung des Lernprozesses genutzt werden? In Kapitel 3.3 wurden die Ansichten einiger vorgestellter Autoren zu diesen Themen schon geschildert. So behauptete Wolff, dass Abbildungen zur Illustration des theoretischen Vortrages vollständig vermieden werden sollten, weil sich das räumliche Vorstellungsvermögen der Lernenden so besser ausbilden könne (vgl. Wolff, 1835a, V–VI). Ähnlich argumentierte Wolff gegen die Nutzung von räumlichen Modellen im Unterricht (vgl. ebd., XIII–XIV). Im Bezug auf die Modelle stimmte auch Gugler Wolff zu, zumindest für den Anfangsunterricht in der darstellenden Geometrie (vgl. Gugler, 1841, VI–VII). Zu späteren Zeitpunkten im 19. Jahrhundert haben Modelle aber an einigen Institutionen einen integralen Bestandteil in der Lehre der darstellenden Geometrie ausgemacht. Zum Beispiel ließen Finsterwalder und Dyck an der Technischen Hochschule in München gegen Ende des 19. Jahrhunderts Modelle für den Unterricht als Veranschaulichungsmittel herstellen (vgl. Hashagen, 2000, 281), in Karlsruhe ließ schon Schreiber Modelle von seinen Studenten konstruieren und unter Wiener gab es dann sogar ein Seminar „für die Konstruktion und Ausführung solcher Modelle“ (vgl. Karlsruhe, 1892, XXV). In Dresden seien Modelle, die von Schülern im Unterricht hergestellt worden waren, zwischenzeitlich auch verkauft worden (vgl. Ley, 1953, 44).

Vieles deutet darauf hin, dass die darstellende Geometrie nicht in ihrem vollem Umfang und vor allem nicht auf wissenschaftlichem Niveau an den höheren technischen Bildungsinstitutionen des 19. Jahrhunderts vermittelt wurde. Grund dafür waren die institutionellen Bedingungen, das heißt der

Stand und die Funktion des höheren technischen Bildungswesens inklusive der geringen Vorkenntnisse der Schülerschaft. Einen weiteren Einflussfaktor auf die Ausgestaltung der Lehre der darstellenden Geometrie im technischen Bildungswesen, der im Vorangegangenen zunächst ausgeklammert wurde, bildet das für die Lehre dieses Faches zuständige Lehrpersonal, welches nachfolgend separat untersucht wird.

Kapitel 6

Lehrende der darstellenden Geometrie im 19. Jahrhundert

Neben der Annahme, dass die Entwicklung einer wissenschaftlichen Disziplin an einen institutionellen Kontext gebunden ist bzw. eher als direkte Konsequenz aus dieser Annahme, werden in diesem Abschnitt die „Lehrenden“, die Vertreter der darstellenden Geometrie an den höheren technischen Bildungsinstitutionen, in ihren Rollen sowohl als Wissensvermittler als auch als Forscher betrachtet. Die Gebundenheit an den institutionellen Kontext resultiert daraus, dass dieser die Bedingungen für Lehre und Forschung und damit für eine wissenschaftliche Disziplin stellt. Die Akteure, die im institutionellen Bedingungsgefüge handeln, sind die Lehrenden. In den „Grundfunktionen des Subsystems Wissenschaft“ spiegeln sich die „Grundfunktionen des Wissenschaftspersonals“ wider, die diese auch ausüben (vgl. Schröder, 1979, 51).

Bei einer Untersuchung des „Wissenschaftspersonals“ kann die zugrunde gelegte Stichprobe unterschiedlich eingegrenzt werden. Schröder betrachtet in seiner Untersuchung beispielsweise verschiedene „positionale Funktionsträger“, um Karrieremuster für den Lehrkörper der Technischen Hochschule in Berlin zu erstellen; er bezieht mit Ausnahme der Assistenten neben den etatmäßigen Professoren auch die verschiedenen Extraordinarien ein. Er betrachtet den gesamten Lehrkörper, also jeden Lehrenden „[...] der an einer Hochschule mit selbständiger wissenschaftlicher Tätigkeit beauftragt war,

wobei diese Tätigkeit beamtet oder nicht-beamtet, hauptamtlich oder nebenamtlich verrichtet werden konnte“ (vgl. ebd., 54). So arbeitet Schröder verschiedene „Karrieretypen“ heraus und konnte eine zunehmende „Verlaufbahnung“ der Lehrstuhlkarrieren feststellen (vgl. König, 1981, 55). Für ihre Studie „Zu einigen Aspekten der Berufung von Mathematikern an die Technischen Hochschulen Deutschlands im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts“ (1989) beschränkt sich Hensel hingegen auf die Lehrstuhlinhaber, die etatmäßigen Professoren, als Funktionsträger im Wissenschaftsbetrieb, weil diese als Mitglieder des Abteilungskollegiums sowohl Einfluss auf die Lehrplangestaltung als auch auf die Rekrutierung und Erweiterung des Lehrkörpers hatten (vgl. Hensel et al., 1989, 24). Sie übernahmen also mehr wissenschaftliche Grundfunktionen als ihre nichtetatmäßigen Kollegen, Privatdozenten oder Assistenten. Letztere Lehrpersonen verbreiterten zwar „das Spektrum an fakultativen Vorlesungen“ und bezogen neue Forschungsergebnisse in die Lehre ein, allerdings kamen ihre Lehrveranstaltungen für die Ingenieursausbildung „wegen der ohnehin schon hohen Studienbelastungen und der geltenden Prüfungsbestimmungen“ kaum in Betracht (vgl. ebd., 24).

Für die Untersuchung der Lehrstellen der darstellenden Geometrie an höheren technischen Bildungsinstitutionen im 19. Jahrhundert wurden in den beiden nachfolgenden Unterkapiteln für die verschiedenen hier betrachteten Teilaspekte unterschiedliche Stichproben ausgewählt. In Abschnitt 6.1 werden die Lehrenden der darstellenden Geometrie an den verschiedenen höheren technischen Bildungsinstitutionen während des gesamten 19. Jahrhunderts vorgestellt. Im Prinzip sollen auch hier „Karrieremuster“ herausgearbeitet werden, die Aufschluss darüber geben, welche Bedingungen an eine Hochschullehrerlaufbahn für das Fach darstellende Geometrie zu verschiedenen Zeitpunkten im 19. Jahrhundert geknüpft waren. In diesem Abschnitt werden sowohl Professoren als auch Extraordinarien, Lehrer usw. betrachtet, u.a. weil die darstellende Geometrie – wie in Kapitel 5 gezeigt wurde – ein „Pflichtfach“ war bzw. als Grundlagenfach galt, welches an fast allen der hier betrachteten Institutionen während des gesamten 19. Jahrhunderts in den ersten Jahren der Ausbildung belegt werden musste oder dessen Belegung „empfohlen“ wurde, und zwar meistens lange bevor Lehrstühle für dieses Fach

etabliert wurden (s. unten). Dementsprechend wird im Gegensatz zu Hensel (1989) und Schröder (1979), die sich in ihren Studien jeweils auf das letzte Drittel des 19. Jahrhunderts beschränken, der Betrachtungszeitraum ausgeweitet. Weiterhin werden in diesem Abschnitt die Publikationstätigkeiten der Lehrenden der darstellenden Geometrie betrachtet, um einen Einblick in die Forschungstätigkeiten im Bereich der darstellenden Geometrie zu bekommen. Im zweiten Unterkapitel 6.2 werden in Anlehnung an Hensel *et al.* (1989) und Hensel (1989) ausschließlich die Lehrstuhlbesetzungen der darstellenden Geometrie, insbesondere im Vergleich zu ihren Mathematikerkollegen, in den 1870er und 1880er Jahren untersucht. Auf diese Weise soll überprüft werden, ob die in Kapitel 4.5 skizzierten Entwicklungen der Mathematik an den höheren technischen Bildungsinstitutionen im Allgemeinen auch die darstellende Geometrie betrafen.

Lehrstühle für darstellende Geometrie wurden an den acht betrachteten höheren technischen Bildungsanstalten in den folgenden Jahren eingerichtet: in Berlin 1877, Karlsruhe 1852, München 1868, Dresden 1872, Hannover 1858, Braunschweig 1885 und Darmstadt 1872 (vgl. Anlage 5, Hensel et al., 1989, 252–275)¹ In Stuttgart gab es ab 1852 zunächst nur einen Lehrstuhl für Mathematik und einen für Mechanik. Ab 1894, also 42 Jahre nach der Einrichtung der Lehrstühle, wurde dann ein eigener Lehrstuhl für die darstellende Geometrie geschaffen. In Berlin war der Lehrstuhl für darstellende Geometrie ab 1879, also seit der Fusion der Bau- und der Gewerbeakademie zur TH Berlin, doppelt besetzt. In München wurde dieser Lehrstuhl zwischen 1868 und 1887 zunächst in der Abteilung für Maschineningenieurwesen angesiedelt, ab dann, wie alle anderen Lehrstühle für darstellende Geometrie direkt, in der Allgemeinen Abteilung. Dabei hatten die Lehrstühle, teilweise auch innerhalb einer Institution zu verschiedenen Zeitpunkten, verschiedene Bezeichnungen bzw. Fachgebietszuordnungen. Im Folgenden wird von „Lehrstühlen der darstellenden Geometrie“ die Rede sein, auch wenn die offizielle Lehrstuhlbezeichnung differenzierter (z. B. Lehrstuhl für darstellende Geometrie und graphische Statik) oder weniger differenziert war (z. B.

¹Die Daten und die der Auflistung folgenden Erläuterungen sind ebenfalls dieser Quelle entnommen.

Lehrstuhl für angewandte Mathematik). Die jeweils ersten Lehrstühle für Mathematik – meistens gab es mindestens einen – waren an den höheren technischen Bildungsinstitutionen, teilweise viel, früher etabliert worden: in Berlin 1860, Karlsruhe 1858, Dresden 1849, Hannover 1858, Braunschweig 1862 und Darmstadt 1869. In München wurde der erste Lehrstuhl für Mathematik zeitgleich mit denjenigen für darstellende Geometrie etabliert.

6.1 Die Ausbildung und Forschungsbeiträge der Lehrer und Lehrstuhlinhaber der darstellenden Geometrie

In diesem Kapitel werden die individuellen schulischen, universitären und/oder beruflichen Ausbildungswege und (beruflichen) Erfahrungen insbesondere im Bereich der Lehre für eine Auswahl der Lehrenden der darstellenden Geometrie an den höheren technischen Bildungsinstitutionen im 19. Jahrhundert nachvollzogen, um herauszustellen, welche Qualifikationen an eine solche Lehrstelle zu verschiedenen Zeitpunkten im 19. Jahrhundert gebunden waren. Die Betrachtungen beziehen sich also auf eine Zeit, in der es in der Regel keinen institutionell organisierten Ausbildungsgang für das Lehramt an höheren technischen Schulen überhaupt und speziell für das Lehrfach darstellende Geometrie gab. Im Prinzip wird in diesem Kapitel durch die Betrachtung von Karrieremustern ein Teil des „Professionalisierungsprozesses“ der Berufsgruppe der Lehrenden der darstellenden Geometrie an den höheren technischen Bildungsinstitutionen des 19. Jahrhunderts untersucht, der zu diesem Zeitpunkt aber noch nicht abgeschlossen war.² In Kapitel 4.4.7 wurde bereits erläutert, dass sich die höheren technischen Bildungsinstitutionen während des 19. Jahrhunderts teilweise zwar schon partiell an der Lehrerbildung für

²Schubring definiert im Rahmen seiner Studie zur Professionalisierung des Mathematiklehrerberufes an höheren Schulen des Sekundarschulbereiches im 19. Jahrhundert den Professionsbegriff über verschiedene Merkmalsgruppen (vgl. Schubring, 1983, 14–16). Auf eine dieser Merkmalsgruppen wird im Verlauf dieses Kapitels noch eingegangen. Unter Professionalisierung versteht Schubring den Prozess des Herausbildens einer solchen Profession (vgl. ebd., 13).

das Realschulwesen und in Einzelfällen sogar für das Gymnasium beteiligten, aber für die Ausbildung des eigenen (wissenschaftlichen) Nachwuchses gab es keine mit den Universitäten vergleichbaren Möglichkeiten, wie z. B. die Promotion oder die Habilitation – letztere immerhin im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts. Für die erste Hälfte des 19. Jahrhundert scheint dieses Problem weniger relevant, weil die Polytechnischen Schulen o. Ä. in dieser Zeit hinsichtlich ihres Niveaus noch eher Schulen der Sekundarstufe entsprachen. Im Zuge des Emanzipationsprozesses der höheren technischen Bildungsinstitutionen zu Hochschulen im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts fehlte aber ein Pendant zum Promotionsrecht der Universitäten sowohl im Sinne der allgemeinen Anerkennung der höheren technischen Schulen als wissenschaftliche Ausbildungsstätten als auch hinsichtlich der Möglichkeit eigenen wissenschaftlichen Nachwuchs auszubilden.

Weiterhin soll durch die Betrachtung der individuellen (schulischen) Ausbildungen und Karrieren der Lehrverantwortlichen für die darstellende Geometrie aufzeigen, inwiefern das (höhere) technische Bildungswesen sich selbst mit Lehrkräften versorgen konnte bzw. wie das Verhältnis zum etablierten Gelehrtenwesen, bestehend aus Gymnasium und Universität, sich im Laufe des 19. Jahrhunderts veränderte. Ursprünglich in Abgrenzung zu jenem etabliert, war das höhere technische Bildungswesen dennoch sowohl bezüglich der Schülerschaft als auch des Lehrpersonals von den Gymnasien und den Universitäten abhängig, was besonders im Falle der darstellenden Geometrie in der Hinsicht als problematisch bewertet werden kann, dass sie an diesen Institutionen in der Regel während des 19. Jahrhunderts nicht als Lehrfach vertreten war.

Im Unterschied zu den Studien von Hensel (1989) und Schröder (1979) werden die individuellen Laufbahnen in diesem Abschnitt zunächst nur bis zur Übernahme der Lehrtätigkeit, in welcher Form auch immer, im Bereich der darstellenden Geometrie an einer höheren technischen Bildungsanstalt betrachtet. Insbesondere soll der Frage nachgegangen werden, ob und wo die Lehrverantwortlichen der darstellenden Geometrie diese selbst (institutionell) gelernt haben könnten. Die erfassten Daten werden in Tabelle 6.1 gesammelt, die im Ergebnisteil dieses Abschnittes abgebildet, vorgestellt und ausgewertet

wird (siehe Abschnitt 6.1.2).

Des Weiteren soll in diesem Kapitel der Beitrag zur Forschung, also zur Verbreitung und (Weiter-)Entwicklung, der darstellenden Geometrie, den die Lehrenden dieses Faches geleistet haben, ergründet werden. Das von Schröder für seine Studie verwendete Modell der Wissenschaftssoziologie, welches die Grundfunktionen der Wissenschaft bzw. des wissenschaftlichen Personals verdeutlicht, unterscheidet zwischen dem inneren und dem äußeren Funktionskreis. Zum inneren Funktionskreis zählen z. B. die Durchführung von Grundlagenforschung, die Publikation und Kritik von wissenschaftlichen Ergebnissen und die Kodifizierung des Wissens, wohingegen zum äußeren Funktionskreis u.a. die angewandte Forschung³ oder Beratungstätigkeiten zählen (vgl. Schröder, 1979, 51–52). Einige der genannten Faktoren sollen in diesem Abschnitt für die Lehrstuhlinhaber bzw. Lehrer der darstellenden Geometrie betrachtet werden, um ein Bild von der wissenschaftlichen Tätigkeit, der Forschung, der Funktionsträger der darstellenden Geometrie zu erhalten. Hierfür werden, wenn möglich, für die Lehrenden der darstellenden Geometrie Publikationslisten erstellt, die ihren (wissenschaftlichen) Beitrag zur darstellenden Geometrie, also gegebenenfalls sowohl im Bereich der Grundlagen- als auch der angewandten Forschung, und die Kodifizierungsleistungen veranschaulichen sollen. Im Bezug auf die darstellende Geometrie behauptet Wiener, dass sie durch ihre Professoren an den Technischen Hochschulen „entwickelt“ worden ist (vgl. Wiener, 1884, 60). Wie bereits in Kapitel 3 an einigen Beispielen gezeigt wurde, gab es von Seiten deutscher Professoren Innovationen im Bereich der Axonometrie, projektiven Geometrie, Schattenkonstruktionen usw. Dennoch wird angenommen, dass die darstellende Geometrie durch ihre ausschließliche Etablierung an höheren technischen Bildungsinstitutionen primär ein Lehrfach war (siehe Kapitel 5). Diese Annahme gilt es durch die Untersuchung der Publikationstätigkeit der Lehrenden dieses Faches zu beurteilen. Neben der Betrachtung der Publikationen zu Themen der darstellenden Geometrie werden für die im Nachfolgenden betrachteten

³Unter „angewandter Forschung“ wird nach Schröder Forschung verstanden, deren Problemstellungen, Zielsetzungen und Ressourcen „[...] von außen kommen und mithin von außerwissenschaftlichen Interessen geleitet werden können“ (vgl. Schröder, 1979, 53), d. h. hauptsächlich Industrieforschung.

Lehrenden jeweils die Dissertations- und Habilitationsschriften, falls solche verfasst wurden, in die Publikationslisten aufgenommen, da diese, auch wenn sie nicht von der darstellenden Geometrie handeln, gleichzeitig zu den Qualifikationsmaßnahmen für eine Hochschullehrerstelle gezählt werden. Weitere Forschungsbereiche der betrachteten Personen werden, wenn Informationen darüber vorliegen, im Text zusammengefasst.

Untersuchung: Vorgehen und Stichprobe

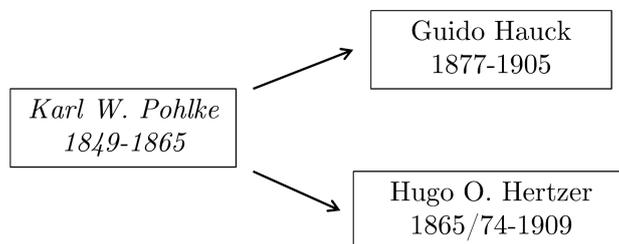
Übersichten über die Besetzungen der Lehrstühle an den deutschen Technischen Hochschulen finden sich beispielsweise bei Hensel, Ihmig & Otte in *Mathematik und Technik im 19. Jahrhundert in Deutschland* (1989) und bei Scharlau in *Mathematische Institute in Deutschland 1800–1945* (1990). Diesen Werken sind in den folgenden Fällen jeweils die Wirkungszeiträume einzelner Lehrstuhlinhaber entnommen, ohne dass dies kenntlich gemacht wurde. Die Wirkungszeiträume der Lehrer der darstellenden Geometrie wurden den jeweiligen Programmen bzw. Vorlesungsverzeichnissen o. Ä. der einzelnen Institutionen entnommen, wenn keine Daten über die Zuständigkeit für die Lehre der darstellenden Geometrie vorliegen. Das jeweilige Vorgehen zur Datengenerierung wird zu Beginn jedes nachfolgenden Abschnitts für jede Institution erläutert. In chronologischer Reihenfolge nach den Gründungen ihrer Ursprungsinstitutionen werden für die acht höheren technischen Bildungsinstitutionen die Lehrenden jeweils vorgestellt. Zusätzlich ist am Anfang jedes Abschnittes zu einer Institution eine graphische Übersicht über die nachfolgend vorgestellten Lehrpersonen eingefügt, der die Reihenfolge der Tätigkeit und der jeweilige Zeitraum der Zuständigkeit für die Lehre der darstellenden Geometrie entnommen werden kann. Lehrer der darstellenden Geometrie werden durch einen kursiven Schriftsatz gekennzeichnet, Lehrstuhlinhaber durch einen normalen. Die Zeit, in der eine Lehrperson die darstellende Geometrie gelehrt hat, entspricht nicht immer dem gesamten Wirkungszeitraum der Person als Lehrer anderer Fächer an einer Institution und dieser ist unabhängig von den Positionen der Lehrperson angegeben – teilweise änderte sich der Status einer Lehrperson beispielsweise von einem

Hilfs- zu einem Hauptlehrer oder von einem außerordentlichen zu einem ordentlichen Professor. Die unterschiedlichen Tätigkeitsbereiche werden aber im Rahmen der Kurzbiographien erläutert. Außerdem wird in diesem Abschnitt zusätzlich die jeweilige Stichprobe pro Institution erläutert. Es werden nur Lehrende vorgestellt, deren Lehrstelle entweder direkt an die darstellende Geometrie gebunden oder zumindest im Fachbereich Mathematik angesiedelt war. Lehrer, die die darstellende Geometrie im Prinzip „fachfremd“ unterrichtet haben, werden nur erwähnt. Es geht in diesem Abschnitt darum, Informationen über die Ausbildung und die Tätigkeit ausgewiesener darstellender Geometer, als Teilgruppe der Mathematiker, zu erhalten. Zusätzlich werden Lehrpersonen nicht weiter betrachtet, die weniger als fünf Jahre für die Lehre der darstellenden Geometrie zuständig waren.

Die biographischen Daten und Publikationstätigkeiten sind diversen Werken entnommen. Teilweise existieren für die einzelnen Institutionen gut dokumentierte Biographiesammelwerke. Insbesondere die Publikationslisten wurden mit Hilfe von Poggendorffs *Biographisch-literarischem Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften*, der Deutschen Nationalbibliothek und in Einzelfällen durch die sehr ausführlichen Nachrufe aus den *Jahresberichten* der DMV vervollständigt, biographische Daten wurden häufig durch die Online-Versionen der *Neuen Deutschen Biographie* ergänzt.

6.1.1 Kurzbiographien und Publikationslisten

Berlin



Für die Technische Hochschule in Berlin bzw. das Gewerbeinstitut gestaltet es sich schwierig, ein klares Bild von den Besetzungen der Lehrstellen für

die darstellende Geometrie zu zeichnen. Dies resultiert vornehmlich daraus, dass die darstellende Geometrie in den ersten 30 Jahren des Bestehens des Gewerbeinstituts nicht als eigenständiges Fach vertreten war. Zwar hatte es verschiedene Fächer zu Teildisziplinen der darstellenden Geometrie in einem weiteren Sinne gegeben, diese waren teilweise aber mehreren Lehrpersonen gleichzeitig zugeordnet. Insbesondere wurde die Mathematik lange von Dozenten unterrichtet, die nebenamtlich tätig waren (vgl. Scharlau, 1990, 18); am Gewerbeinstitut wurde erst 1856 die erste planmäßige mathematische Lehrstelle eingerichtet (vgl. Knobloch, 1998, 16). Zu den ersten vier Lehrern am Gewerbeinstitut zählte beispielsweise der Architekt Georg Anton Frank, der von 1821 bis 1848 Lehrer für Linearzeichnen, Geometrie, Perspektive und Maschinenzeichnen war.⁴ 1826 wurde dann Carl Ferdinand Leberecht Wolff Lehrer für Mathematik und darstellende Geometrie, 1829 wurde der Unterricht in der darstellenden Geometrie aber dem Lehrer für angewandte Mathematik, Adolf Brix, übertragen (vgl. Nottebohm, 1871, 13–14). In der Datenbank der Universitätsbibliothek in Berlin („Catalogus Professorum“) ist für Wolff die Beschreibende Geometrie als Lehrfach für den Zeitraum von 1826 bis 1856 eingetragen. Einem „Lections-Plan“ aus den 1830er Jahren für das Gewerbeinstitut ist zu entnehmen, dass in dieser Zeit Brix die Fächer, die im weitesten Sinne der darstellenden Geometrie zugeordnet werden konnten („Architectonische Projection“ und „Steinschnitt und Projection“), unterrichtete.⁵ Frank war laut diesem Plan für die Lehre des Maschinenzeichnens zuständig. Auch 1842 war das Maschinenzeichnen Franks einziges Lehrfach, Wolff unterrichtete die Fächer Geometrie und Mathematik, Brix Analytische Dynamik, Angewandte Mathematik, Zeichnen eigener Entwürfe, Veranschlagen von Gebäuden, Entwerfen von Gebäuden und Perspective (vgl. Nottebohm, 1871, 15–20). Bis dahin war die darstellende Geometrie als eigenständiges Lehrfach am Gewerbeinstitut nicht aufzufinden. In einem Reorganisationsplan aus dem Jahr 1850 taucht das Fach „Beschreibende Geometrie“ dann auf, dieser Plan wurde aber erst 1852 vollständig realisiert (vgl.

⁴Diese Daten sind dem „Catalogus Professorum“ der Universitätsbibliothek Berlin entnommen, der unter folgendem Link zugänglich ist: <https://cp.tu-berlin.de/>.

⁵Siehe Landesarchiv Baden-Württemberg, Generallandesarchiv Karlsruhe, N Nebenius Nr. 129.

ebd., 28–33).⁶ An dieser Stelle wird aufgrund der vorhandenen Informationen davon ausgegangen, dass Wolff trotz seines Titels als Lehrer der Mathematik und darstellenden Geometrie während seiner Tätigkeit an der Gewerbeakademie die darstellende Geometrie bzw. Teilgebiete des Faches in der Regel nicht unterrichtet hat. Da es außerdem, neben unklaren Zuständigkeiten für die Teilgebiete der darstellenden Geometrie, diese bis zur Jahrhundertmitte nicht als eigenständiges Fach an der Gewerbeakademie gab, beginnt die chronologische Betrachtung der Lehrverantwortlichen hier erst mit Karl Pohlke, der seine Tätigkeit 1849 aufnahm. Unter den fünf etatmäßigen Professuren der Mathematik, die es dann bei der Entstehung der Technischen Hochschule 1879 in Berlin gab, waren zwei Lehrstühle für Geometrie, die von Guido Hauck (von der Bauakademie) und Hugo Ottmar Hertzner (von der Gewerbeakademie) besetzt wurden (vgl. Knobloch, 1998, 19).

Karl Pohlke (1849–1865) Karl Wilhelm Pohlke (1810–1876) war ab 1849 Lehrer der darstellenden Geometrie sowohl an der Gewerbe- als auch an der Bauakademie in Berlin. An der Gewerbeakademie übte er diese Tätigkeit bis 1865, an der Bauakademie bis 1876 aus (vgl. Oettingen, 1904, 1177). Zuvor war Pohlke als Künstler tätig gewesen und hatte an der Kunstakademie in Berlin studiert (Knobloch, 1998, 13). Seine schulische Ausbildung absolvierte er auf einem französischen Gymnasium (vgl. Dobbert, 1899, 67). Seine einzige bekannte Publikation ist das in Kapitel 3 vorgestellte Lehrwerk *Darstellende Geometrie* (1860), welches den Satz von Pohlke enthält (siehe Kapitel 3.3).⁷

⁶An der Bauakademie in Berlin hatte es die darstellende Geometrie schon früher als eigenes Fach gegeben: In Plänen von 1824 und 1831 ist sie Teil des Stundenplans und wurde zusammen mit anderen mathematischen Fächern von Lehrern der Mathematik unterrichtet (vgl. Dobbert, 1899, 43, 48). 1849 gab es dann auch an der Bauakademie zunächst nur noch das Fach „Perspective und Schattenconstructions“.

⁷Dessen Beweis inspirierte noch bis ins 20. Jahrhundert Publikationen. Beweise für den Satz von Pohlke hatte es zwar schon im 19. Jahrhundert gegeben, z. B. von H. Schwarz („Elementarer Beweis des Pohlkeschen Fundamentalsatzes der Axonometrie“ im *Journal für reine und angewandte Mathematik*, 1864), die Schwierigkeit bestand aber darin, ihn „relativ elementar zu beweisen“ (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 389). Fritz Hohenberg veröffentlichte noch 1955 einen „neuen hübschen Beweis“ (vgl. Wunderlich, 1955, 87) des Satzes von Pohlke („Ein einfacher Beweis des Satzes von Pohlke“ in *Elemente der Mathematik*, 1955).

Hugo Hertzner (1865/74–1908) Hugo Ottomar Hertzner (1831–1908) war schon als Assistent und Hilfslehrer, teilweise von Pohlke, an der Bau-, Gewerbe- und Bergakademie in Berlin tätig, bevor er 1865 zunächst dessen Nachfolge, ab 1874 als etatmäßiger Lehrer, an der Gewerbeakademie in Berlin antrat (vgl. Knobloch, 1998, 13–14, 17). An der Bauakademie unterrichtete Hertzner in seiner Hilfslehrerzeit zum Beispiel Trigonometrie, Kurvenlehre, Differential- und Integralrechnung sowie Mechanik (vgl. ebd., 14), an der Gewerbeakademie vornehmlich darstellende Geometrie (vgl. Lampe, 1909, 418). „Als die Bauakademie und die Gewerbeakademie [1879; NB] zur Technischen Hochschule vereinigt wurden, fiel ihm naturgemäß vorzugsweise der Vortrag über die darstellende Geometrie in der Abteilung für Maschinen-Ingenieurwesen zu“ (vgl. ebd., 419). Hertzner hatte 1851 in seiner Heimatstadt Aschersleben die Realschule (später Realgymnasium) abgeschlossen, bevor er im gleichen Jahr „[...] zunächst einige Vorlesungen über Mathematik, Chemie und mechanische Wissenschaften an der Berliner Universität hörte“,⁸ dann aber in der Zeit von 1852 bis 1855 am Gewerbeinstitut studierte (vgl. ebd., 418). Vermutlich hatte er also darstellende Geometrie bei Pohlke gelernt. 1865 promovierte er an der Universität in Göttingen zum Thema *Projectivische Beziehungen einer besonderen Art*. In seiner Zeit als Professor an der Technischen Hochschule Berlin lehrte er darstellende Geometrie, Parallelprojektion und projektive Geometrie, Schattenlehre und Perspektive (vgl. Hensel et al., 1989, 258). Die Vorlesungen über projektive Geometrie gab er 1891 zu seinem eigenen Bedauern aber auf, „weil kein Bedürfnis mehr dafür vorhanden war“; Hertzner sei stolz darauf gewesen, „[...] daß er als erster die moderne synthetische Geometrie als selbständige Vorlesung bei einer technischen Bildungsanstalt in Deutschland eingeführt hätte“ (vgl. Lampe, 1909, 419). Hertzners Rolle an der Technischen Hochschule Berlin war eher die eines Lehrenden: „Angesichts seiner umfangreichen Lehrtätigkeit [...] kam er nicht zu tiefergehenden Forschungen, sondern verfaßte einige Lehr- und Tafelwerke“ (Knobloch, 1998, 17). So hatte er sich in seiner Dissertation noch

⁸Zu dieser Zeit war der Zugang zur Universität nur nach abgeschlossenem Abitur möglich, welches nur am Gymnasium erworben werden konnte. Somit war Hertzner wahrscheinlich Hospitant an der Universität.

mit Themen der synthetischen Geometrie („projektivische Beziehungen“) beschäftigt, in seiner Zeit als Lehrender an der Technischen Hochschule in Berlin aber keine weiteren Forschungsergebnisse in diesem oder im Bereich der darstellenden Geometrie veröffentlicht. Seine Veröffentlichungen beschäftigen sich dennoch größtenteils mit Themen der darstellenden Geometrie, zusätzlich verfasste er zwei Aufsätze zur Zahlentheorie im *Archiv für Mathematik und Physik*. Seine „pädagogischen Bestrebungen“ (vgl. Lampe, 1909, 420) zeigen sich zum Beispiel in den drei Werken, die durch ihre Titel („*Die geometrischen Grundzüge...*“) darauf hindeuten, dass Hertzner die jeweils thematisierte Projektionsart (Perspektive, Relief-Projektion und Parallelprojektion) grundlegend und propädeutisch aufgearbeitet hat.

Veröffentlichungen (Auswahl):⁹

- *Projectivische Beziehungen einer besonderen Art* (Dissertation, 1865)
- *Die geometrischen Grundprinzipien der Perspektive* (1868)
- *Die geometrischen Grundprinzipien der Zentral-Raumprojektion (Relief-Projektion)* (1875)
- *Die geometrischen Grundprinzipien der Parallelprojektion* (1882; 2. Aufl. 1892; 3. erweiterte Aufl. 1900)
- *Zehn Aufgaben für Parallelperspektive und parallelperspektivische Schattenkonstruktion* (1902)

Guido Hauck (1877–1905) Guido Hauck (1845–1905) war seit 1877 Professor für darstellende Geometrie und graphische Statik an der Bauakademie in Berlin (vgl. Knobloch, 1998, 14), ab 1879 dann an der neu entstandenen Technischen Hochschule. Hauck besuchte sowohl das Gymnasium bis zur achten Klasse als auch ab 1863 die Polytechnische Schule in Stuttgart und studierte anschließend bis 1870 an der Universität Tübingen Mathematik und

⁹Bei den Auflistungen der Veröffentlichungen wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Es handelt sich jeweils um eine Auswahl, die sich auf die Publikationen beschränkt, die (im weitesten Sinne) die darstellende Geometrie behandeln. Es werden diejenigen Veröffentlichungen aus diesem Themenbereich aufgelistet, die in den jeweils herangezogenen biographischen Quellen genannt werden und ergänzt, falls weitere Werke in anderen Teilen dieser Arbeit genannt wurden.

Naturwissenschaften (vgl. Lampe, 1905, 290).¹⁰ In Stuttgart hatte er vermutlich bei Bernhard Gugler darstellende Geometrie gehört. Bevor er seine Stelle in Berlin antrat, arbeitete Hauck als Lehrer an einer Oberrealschule und promovierte 1873 an der Universität in Tübingen (vgl. Hensel et al., 1989, 257), an der er ab 1872 auch einen Lehrauftrag in darstellender Geometrie und Elementarmathematik hatte (vgl. Lampe, 1905, 291–292). Das Thema seiner Dissertation lautete *Grundzüge einer axonometrischen Theorie der darstellenden Perspektive*, womit er „in der Zentralperspektive das Analogon [...] für die rationalen Verhältnisse der Maßstäbe und den berühmten Pohlkeschen Satz“ lieferte; somit hatte Hauck die „Parallelperspektive“ (womit die schräge Parallelprojektion gemeint war) als einen Spezialfall der Zentralperspektive für den Bereich der Axonometrie herausgestellt (vgl. ebd., 294). Kurz nach seiner Promotion habilitierte sich Hauck (vgl. Knobloch, 1998, 14–15), vermutlich auch in Tübingen. Während seiner Lehrtätigkeit an der Bauakademie bzw. Technischen Hochschule ab 1877 waren seine Hauptlehrgebiete die Projektionslehre und die graphische Statik (vgl. Hensel et al., 1989, 257).

In drei seiner Veröffentlichungen manifestierte sich Haucks Interesse für didaktische Fragen des Schul- und Universitätsunterrichts, aber zum Beispiel auch in einem Aufsatz „Über die konstruktiven Postulate der Raumgeometrie in ihrer Beziehung zu den Methoden der darstellenden Geometrie“ (1892), in welchem Hauck die Methoden der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne didaktisch aufbereitet, indem er versucht, „[...] die räumlichen Postulate auf ein möglichst geringes Maß zu reduzieren, oder die praktische Ausführung der Konstruktionen soweit als angängig zu vereinfachen, [und diese; NB] direkt zu den Methoden der Zentralprojektion, der kotierten und der Doppelprojektion nebst ihren Spezialfällen hinführt“ (Lampe, 1905, 299–300). Haucks Publikationsliste ist lang und vielfältig: Lampe listet in seinem Nachruf 48 Schriften von Hauck auf und kommentiert diese ausführlich in seinem Nachruf (vgl. ebd., 309–311). Haucks mathematische Forschungen betreffen Themen

¹⁰Zu diesem Zeitpunkt scheint der Zugang zur Universität durch den teilweisen Besuch eines Gymnasiums und den Abschluss einer Polytechnischen Schule möglich gewesen zu sein.

der darstellenden Geometrie und der Perspektive, einige Veröffentlichungen beschäftigen sich mit der Behandlung von Problemen der Schulgeometrie und er veröffentlichte diverse Lehrbücher zur Geometrie (vgl. Hensel et al., 1989, 257). „Die schriftstellerischen Erzeugnisse [...] hängen alle mit dem von ihm vertretenen Fache aufs engste zusammen [...]“ (Lampe, 1905, 293). Von den 48 bei Lampe aufgelisteten Veröffentlichungen behandeln 24 Themen der darstellenden Geometrie, die meisten von diesen die Perspektive, von denen weiter unten exemplarisch einige aufgeführt sind. Weitere Themen in seinen Publikationen waren zum Beispiel die graphische Statik, die neuere Geometrie oder die Photogrammetrie, unter seinen Publikationen finden sich aber auch diverse, die seine spezielle Ansicht über die Aufgabe der darstellenden Geometrie, sein „deskriptives Glaubensbekenntnis“, illustrieren:

Die Darstellende Geometrie soll ihre Aufgabe nicht bloß vom rein mathematischen Standpunkte aus auffassen, sie soll sich vielmehr stets bewußt sein, daß sie die Geometrie mit der Kunst verknüpfen und eine Brücke schlagen soll von der Mathematik zur ästhetischen Formenkritik — eine Aufgabe, der sie nur dadurch Genüge leisten kann, daß sie sich mit der physiologischen Optik verbindet. (Stark, 1969, 77)

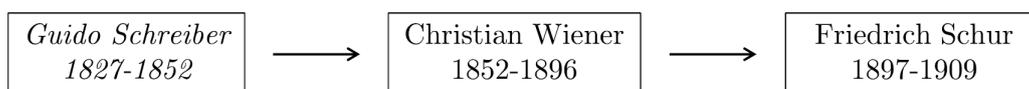
Hauck stellte die darstellende Geometrie im Grunde genommen in den Dienst der Kunst. Um eine „objektive Wiedergabe des subjektiven Anschauungsbildes“ zu erhalten, „[...] prüfte die Kunsterzeugnisse seit den ältesten Zeiten bis auf die Gegenwart, um zu erkennen, auf welche Weise die größten Künstler aller Zeiten ihre subjektiven Anschauungsbilder dargestellt haben“ (Lampe, 1905, 293).

Veröffentlichungen (Auswahl):

- „Methodik der deskriptiven Geometrie“ (*Korrespondenzblatt für die Gelehrten- und Realschulen Württembergs*, 1874)
- *Grundzüge einer axonometrischen Theorie der darstellenden Perspektive* (Dissertation, 1876)

- „Über die Grundprinzipien der Linearperspektive“ (*Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 1882)
- *Die malerische Perspektive, ihre Praxis, Begründung und ästhetische Wirkung* (1882)
- „Theorie der parallelprojektiv-trilinearen Verwandtschaft ebener Systeme“ (Aufsatzreihe von fünf Artikeln im *Journal für reine und angewandte Mathematik*, 1883-1893)
- *Übungsstoff für den praktischen Unterricht in der Projektionslehre* (1888)
- „Über die parallelperspektivische Auffassung der Zeichenebene bei der Grund- und Aufrißprojektion“ (*Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 1889)
- „Über die konstruktiven Postulate der Raumgeometrie in ihrer Beziehung zu den Methoden der darstellenden Geometrie“ (*Katalog mathematischer Modelle*, 1892)
- „Über die Beziehungen zwischen drei Parallelprojektionen eines räumlichen Systems“ (*Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte*, 1901)
- *Lehrbuch der malerischen Perspektive mit Einschluß der Schattenkonstruktionen* (1910)
- *Vorlesungen über darstellende Geometrie unter besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse der Technik* (1912)

Karlsruhe



An der Polytechnischen Schule in Karlsruhe war ab 1827 Guido Schreiber Lehrer (ab 1829 trug er den Titel Professor) für darstellende und praktische Geometrie. Erst nach seinem Ausscheiden wurde 1852 ein Lehrstuhl für (darstellende) Geometrie geschaffen, den Christian Wiener und Friedrich Schur nacheinander im 19. Jahrhundert innehatten. Vor Schreiber unterrichtete für zwei Jahre Wilhelm Ludwig Volz, Lehrer für reine Mathematik und

Maschinenwesen, darstellende Geometrie, der in seiner Funktion als Lehrer des Maschinenwesens bis 1842 an der Polytechnischen Schule in Karlsruhe wirkte.¹¹

Guido Schreiber (1827–1852) Wie bereits erwähnt, war Guido Schreiber (1799–1871) der „erste“ deutsche Lehrbuchautor der darstellenden Geometrie, der diese Disziplin zuerst wissenschaftlich aufgearbeitet und im Sinne Monges nach Deutschland gebracht hat (siehe Kapitel 3.2). Während seines Militärdienstes und der damit verbundenen Lehrtätigkeit an der Artillerieschule erwies er sich als „zum Unterrichten talentierter Mensch“ und erhielt daraufhin im Jahre 1827 die freigewordene Lehrstelle im „gebundenen Zeichnen“ an der Polytechnischen Schule in Karlsruhe (vgl. Renteln, 2000, 296). 1829 wurde er dann zum Professor ernannt; „[s]ein Unterricht umfaßte die Darstellende Geometrie im engeren Sinne, die Schattenlehre, die Perspektive und den Steinschnitt, weiterhin die praktische Geometrie in Verbindung mit dem Planzeichnen und Feldaufnahmen“ (vgl. ebd., 296). Neben vielen weiteren Werken über die darstellende Geometrie erschien von Schreiber das bereits erwähnte *Geometrische Portfolio* (1839/43), womit er der erste gewesen sei, der die neuen Gedanken der projektiven Geometrie durch Poncelet und Steiner in die darstellende Geometrie übertrug (vgl. ebd., 300). Schreibers Publikationsliste umfasst fünf Lehrwerke zu Themenbereichen der darstellenden Geometrie – eigene Forschung scheint er nicht betrieben oder zumindest nicht veröffentlicht zu haben –, zwei weitere zur Geodäsie und eine Schrift aus seinem ursprünglichen, dem militärischen, Fach (vgl. Wiener, 1875, 281).

Veröffentlichungen (Auswahl):

- *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie nach Monge's Géométrie descriptive* in zwei Teilen (1828 und 1829)
- *Geometrische Zeichnungslehre* inklusive der Schattenlehre und Linear- und Luftperspektive (1833)
- *Geometrisches Port-Folio, Cours der darstellenden Geometrie und ihrer Anwendungen* (1839-1843)

¹¹Siehe <https://www.mach.kit.edu/seite10203.php>.

- *Malerische Perspektive* (1854), 2. Auflage *Lehrbuch der Perspektive* (1874)
- *Spezielle Darstellende Geometrie für Architekten, Techniker, Mechaniker und Bauhandwerker* (1865)

Christian Wiener (1852–1896) Schreibers Nachfolger, Ludwig Christian Wiener (1826–1896), war auch für sein bereits behandeltes umfassendes Lehrwerk der darstellenden Geometrie bekannt (siehe Kapitel 3.3). Sein Werdegang war durchaus klassischer als derjenige seines Vorgängers. Nach dem Besuch des Gymnasiums in Darmstadt, studierte Wiener von 1843 bis 1847 Architektur und Technik an der Universität in Gießen, welches er mit der Staatsprüfung für das Baufach abschloss (vgl. Renteln, 2000, 367). In der Zeit von 1848 bis 1850 war Wiener Lehrer an der Höheren Gewerbeschule in Darmstadt (vgl. Oettingen, 1904, 1322). 1850 habilitierte er sich an der Universität Gießen in Mathematik und ab 1851 widmete er sich einem Aufbaustudium am Polytechnikum in Karlsruhe, wo er dann von 1852 bis 1896 Professor für „descriptive Geometrie und Geodäsie“ war (vgl. Brill & Sohncke, 1897, 46). Sein wissenschaftliches Interesse „[...] galt anfangs weniger der Mathematik als vielmehr der Philosophie und, damit verbunden, Fragestellungen aus dem Gebiet der Physik und Chemie“ (Renteln, 2000, 369), was sich in zahlreichen Publikationen niederschlug. In einigen Veröffentlichungen beschäftigte sich Wiener mit „Licht- und Beleuchtungsverhältnissen“, wobei seine Betrachtungen eher physikalischer Natur waren, die allerdings bis ins 21. Jahrhundert von Bedeutung gewesen seien.¹² Wiener bezog weitere Gebiete der Mathematik in seine Lehre und Publikationen ein: Er lehrte ab 1872 projektive Geometrie und graphische Statik im Rahmen des ihm zu Verfügung stehenden Lehrpensums, „[...] gab aber dafür den ‚Steinschnitt‘ ab, der dann von den Technikern unterrichtet wurde“ (Karlsruhe, 1892, XXIV–XXV). Mit Wiener war ein Professor in Karlsruhe tätig, der den Wert der darstellenden Geometrie für die Praxis zwar anerkannte, wie er es beispielsweise in seinem Lehrwerk verdeutlichte, die darstellende Geometrie aber auch vom theoretischen Standpunkt lehrte. Die projektive Geometrie und die gra-

¹²Wiener sammelte Werte zur Gesamtlichtmenge für verschiedene Stellungen der Erdachse gegen die Sonne (vgl. Renteln, 2000, 373).

phische Statik waren auch Themen einiger Veröffentlichungen, viele weitere beschäftigen sich mit der reinen Geometrie. Unter letzteren sind in der nachfolgenden Auflistung zwei Aufsätze aufgenommen (1881 und 1882), die direkt „[...] den Bedürfnissen des Unterrichts in der darstellenden Geometrie entsprungen sind“ (vgl. Brill & Sohncke, 1897, 48). Die thematisierten geometrischen Grundgebilde, in diesem Fall die „cyclischen Curven“, sind insbesondere im Kontext der Darstellungen mit Grund- und Aufriss relevant. Ein weiteres Themengebiet, das Wiener insbesondere im Rahmen seiner Lehrtätigkeit begleitete, waren Modelle. In ihrem Nachruf (1905) nennen Brill und Sohncke folgende Modelle, die Wiener hergestellt und nicht nur in der Lehre verwendet hat, sondern auch der Öffentlichkeit (u.a. auf Ausstellungen) zugänglich machte: Modelle der vier regulären Sternpolyeder, der Fläche dritter Ordnung und der 27 Geraden einer Fläche (vgl. ebd., 48). An der Polytechnischen Schule in Karlsruhe richtete Wiener „[...] ein Seminar für die Konstruktion und Ausführung solcher Modelle ein und fand dafür Interesse unter den Studirenden“ (vgl. Karlsruhe, 1892, XXV). Im KIT-Archiv (Karlsruhe Institut für Technologie) befindet sich bis heute eine große Sammlung dieser Modelle.¹³

Veröffentlichungen (Auswahl):

- *Bestimmte Lösung der Aufgabe über die Vertheilung des Drucks auf mehr als drei Stützpunkte* (Dissertation, 1850)
- *Untersuchungen über die wahre oder scheinbare Unbestimmtheit der Grössen, welche unter der Darstellungsform $\frac{0}{0}$ erscheinen* (Inauguralschrift, 1851)
- *Stereoskopische Photographie des Modells einer Fläche dritter Ordnung mit 27 reellen Geraden* (1869)

¹³Bei einem Besuch im KIT-Archiv haben mir dessen Leiter Herr Dr. Klaus Nippert und seine MitarbeiterInnen freundlicherweise eine Übersicht mit allen im Archiv vorhandenen mathematischen Modellen zur Verfügung gestellt. Von den 62 aufgelisteten Modellen können 25 direkt (durch die Datierung) und drei weitere aufgrund der thematischen Zugehörigkeit zu einer Serie (ähnliche bis identische Titel) Wieners Zeit zugeordnet werden. Nur sieben der übrigen Modelle können aufgrund ihrer Datierung eindeutig nicht aus Wieners Wirkungszeit stammen. Zu Wieners Wirkungszeit umfasste die Modellsammlung noch 146 Objekte (vgl. Karlsruhe, 1892, XXV).

- „Abhängigkeiten von den Rückkehrelementen der Projectionen einer unebenen Curve von denen der Curve selbst“ (*Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 1880)
- „Doppelte Entstehungsweise der geschweiften und verschlungenen cyclischen Curven“ (*Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 1881)
- „Evoluten der geschweiften und verschlungenen cyclischen Curven“ (*Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 1882)
- *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie* (in zwei Bänden, 1884 und 1887)

Friedrich Schur (1897–1909) Friedrich Heinrich Schur (1856–1932) hat nach dem Besuch des Gymnasiums von 1875 bis 1876 an der Universität in Breslau, von 1876 bis 1879 an der Universität in Berlin und 1879 noch kurze Zeit an der Universität in Göttingen studiert (vgl. Renteln, 2000, 320). 1879 promovierte er in Berlin bei Kummer mit der Arbeit *Geometrische Untersuchungen über Strahlenkomplexe ersten und zweiten Grades*; 1880 legte er die Lehramtsprüfung für Mathematik und Physik in Breslau ab und habilitierte sich 1881 an der Universität Leipzig (sein 1. Gutachter war Klein) zum Thema *Über die durch kollineare Grundgebilde erzeugten Kurven und Flächen* (vgl. ebd., 321–322). Von 1881 bis 1885 war Schur dann als Privatdozent an der Universität Leipzig und von 1884 bis 1886 als Assistent von Klein und von 1886 bis 1888 von Sophus Lie tätig (vgl. ebd., 319). 1885 trat Schur dann eine außerordentliche Professur an der Universität Leipzig an, wo er bis 1888 blieb; seine Antrittsvorlesung hielt er über „Die Bedeutung der projektiven Geometrie“ (vgl. ebd., 323). „Die von ihm in den folgenden Jahren regelmäßig abgehaltenen Vorlesungen und Übungen über Darstellende Geometrie [in Leipzig; NB] können als gute Vorbereitung für seine spätere Wirksamkeit an den Technischen Hochschulen von Aachen und Karlsruhe betrachtet werden“ (vgl. ebd., 323). Bevor Schur 1897 an die Technische Hochschule in Karlsruhe kam, war er von 1888 bis 1892 Professor an der Universität Dorpat und von 1892 bis 1897 an der Technischen Hochschule in Aachen. Während seiner Zeit als Professor in Karlsruhe lehrte Schur darstellende Geometrie, graphische Statik, Elemente der höheren Mathematik für Chemiker, wissenschaftliche Grundlagen der Geometrie, technisch wichtige Kurven und

neuere synthetische Geometrie (vgl. Hensel et al., 1989, 271). In Karlsruhe blieb Schur bis 1909, als er die Nachfolge Reyes an der Universität Straßburg antrat. Später wurde ihm die Nachfolge von Guido Hauck in Berlin angeboten, die er ablehnte, „[...] entsprach doch der mathematische Unterricht an einer Universität ganz entschieden mehr seinen Neigungen und auch seiner Begabung als der an einer Technischen Hochschule“ (Renteln, 2000, 324). Nach dem Krieg wurde Schur beispielsweise auch seine alte Stelle in Karlsruhe wieder angeboten, „[...] doch gab er einer Berufung an die Universität Breslau [...] den Vorzug, weil ihn der Gedanke an die Wiederübernahme des Übungsbetriebes mit den vielen Zeichnungen abschreckte“ (vgl. ebd., 324). Schur war in dieser Hinsicht „reiner“ Mathematiker, dem die Lehrart an den Technischen Hochschulen offensichtlich nicht zugesagt hatte.

Auch seine Orientierung hin zur projektiven Geometrie, also der wissenschaftlicheren, rein synthetischen Behandlungsweise der darstellenden Geometrie, verdeutlicht seine Affinität für die reine Mathematik. Seine Veröffentlichungen zeigen ebenfalls sein reges Interesse an und sein Talent in abstrakteren Bereichen der Mathematik, die den – eher an der angewandten Mathematik bzw. an den Anwendungen für die Technik orientierten – Ansätzen der Technischen Hochschulen wenig entsprachen. Unter seinen Veröffentlichungen sind solche über die analytische und projektive Geometrie, die graphische Statik, zur Theorie der Transformationsgruppen und Beiträge zur Riemannschen Geometrie zu finden (vgl. Hensel et al., 1989, 254), aber nur eine aus dem Bereich der darstellenden Geometrie und zwar über den Satz von Pohlke. Weiterhin veröffentlichte Schur zwei Lehrbücher zur analytischen Geometrie und zur graphischen Statik. Insgesamt handelt es sich bei Schur um einen Mathematiker, dessen „[...] Lehr- und Forschungsgebiete auch an eine Universität gepaßt hätten“ (Renteln, 2000, 10), wo er seine Hochschulkarriere letztendlich auch beendete.

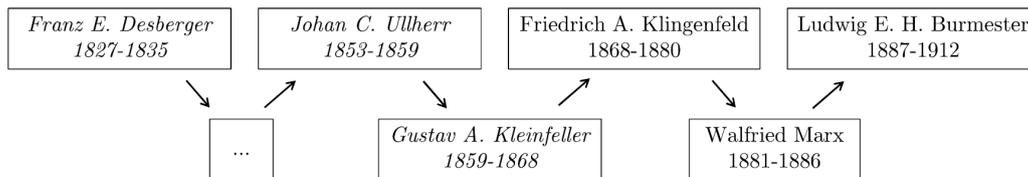
Veröffentlichungen (Auswahl):

- *Geometrische Untersuchungen über Strahlenkomplexe ersten und zweiten Grades* (Dissertation, 1879)
- *Über die durch kollineare Grundgebilde erzeugten Kurven und Flächen* (Ha-

bilitationsschrift, 1881)

- „Über den Pohlkeschen Satz“ (*Journal für reine und angewandte Mathematik*, 1897)

München



An der Polytechnischen Schule in München wurde 1868 ein Lehrstuhl für darstellende Geometrie eingerichtet. Für die Zeit vor der Einrichtung dieses Lehrstuhls liegen das *Programm der königlichen polytechnischen Schule zu München* von 1833 und ab dem Winterhalbjahr 1839/40 die *Jahresberichte der Königlichen Polytechnischen und der Bau- und Ingenieurschule zu München* vor¹⁴, die Aufschluss über die Besetzungen der Lehrstelle für darstellende Geometrie geben. Einzig für die ersten acht Jahre ist aufgrund der zugänglichen Quellen nicht eindeutig feststellbar, wen dies betraf. Seit 1827 war Franz Eduard Desberger Lehrer für Mathematik an der Polytechnischen Schule in München, der an dieser auch die darstellende Geometrie gelehrt hat und bis zu seinem Tod 1843 dort als Lehrer wirkte (vgl. Cantor, 1877, 68–69). Das Programm von 1833 enthält keine Information über die Lehrpersonen, so dass nicht festgestellt werden kann, ob Desberger in diesem Schuljahr darstellende Geometrie gelehrt hat. Davon wird aber für die nachfolgenden Untersuchungen ausgegangen, weil erst 1835 Joseph Bauer „provisorisch“ als zweiter Lehrer der Mathematik angestellt wurde, der auch in den Jahresberichten für die Schuljahre 1839/40 und 1842/43 als Lehrer für reine Mathematik und descriptive Geometrie aufgelistet wird. An dieser Stelle wird davon ausgegangen, dass ab 1835 Bauer und bis dahin Desberger darstellende Geometrie an der Polytechnischen Schule in München unterrichtet haben. 1843 folgte dann Karl J. Reindl, 1853 Johann C. Ullherr und 1859

¹⁴Diese Dokumente sind frei zugänglich unter <http://bavarica.digital-sammlungen.de/de/fs1/start/static.html>.

Gustav A. Kleinfeller, bevor der neu geschaffene Lehrstuhl besetzt wurde. Insgesamt ist über diese Lehrer wenig bekannt, zu Bauer und Reindl ließen sich leider keine genaueren Angaben finden.

Nachdem die darstellende Geometrie in den ersten 40 Jahren Lehrstellen der reinen Mathematik zugeordnet wurde, wurde der erste Lehrstuhl für darstellende Geometrie zwischen 1868 und 1886 in die Abteilung für Maschineningenieurwesen integriert und in dieser Zeit von Friedrich A. Klingensfeld (1868–1880) als ordentlicher und Walfried Marx (1881–1886) als außerordentlicher Professor besetzt. Mit dem Antritt Ludwig E. H. Burmesters (1887–1912) wurde der Lehrstuhl dann wieder der Mathematik und somit der Allgemeinen Abteilung zugeordnet.

Franz Desberger (1827–1835) Franz Eduard Desberger (1786–1843) gehörte zu den ersten Lehrern der Polytechnischen Schule (zuerst Honorarprofessor, ab 1830 als Extraordinarius) in München und war „der Erste in Bayern“, der in dieser Funktion die darstellende Geometrie lehrte (vgl. Toepell, 1996, 137). Desberger hatte eine Lateinschule besucht und war anschließend zunächst als Geodät und u.a. als Lehrer an einem Lyzeum und an einer landwirtschaftlichen Schule tätig, bevor er 1826 für ein Jahr an der Universität München als außerordentlicher Professor der Mathematik tätig war (vgl. Bayerische Akademie der Wissenschaften, 1843, Sp. 349–350).

Desberger ist für die Veröffentlichung dreier Lehrbücher zur reinen und angewandten Mathematik und sein Werk *Über öffentlichen Unterricht und über Polytechnische Schule insbesondere* (1827) bekannt (vgl. ebd., Sp. 350–351). In jenem stellt Desberger u.a. sowohl die grundlegende Rolle der Mathematik im Allgemeinen, die diese für den Unterricht an den Polytechnischen Schulen einnehmen musste, heraus als auch diejenige der darstellenden Geometrie, die aufgrund ihres anschaulichen und anwendungsbezogenen Zugangs besser für diesen Unterricht und dessen Zwecke geeignet sei als beispielsweise die analytischen Methoden der Mathematik (vgl. Toepell, 1996, 138). Zusätzlich habe Desberger viele Aufsätze im *Kunst- und Gewerbeblatt* veröffentlicht, bei welchem er seit 1828 als Redakteur mitwirkte (vgl. Cantor, 1877, 68–69).

Johann Ullherr (1853–1859) Johann Conrad Ullherr (1820–1887) besuchte zwischen 1834 und 1837 die Polytechnische Schule in Nürnberg, war ab 1842 kurzzeitig Lehrer der Mathematik und theoretischen Mechanik in Augsburg, wechselte im gleichen Jahr noch nach Nürnberg, wo er bis 1853 als Lehrer für theoretische Mechanik und praktische Geometrie blieb, bevor er 1853 an die Polytechnische Schule nach München wechselte (vgl. Bosl, 1983, 793–794). Ullherrs Werdegang ist in der Hinsicht interessant, dass er weder ein Gymnasium besucht noch an einer Universität studiert hatte, über den „technischen Bildungsgang“ in Bayern aber dennoch die Lehramtsprüfung ablegen konnte (vgl. Bauernfeind, 1895, 189–196). Ullherr veröffentlichte (wenige) Abhandlungen zu Themen aus der Analysis, aber auch eine praxisbezogene Arbeit („Einiges über die Theorie der Gewölbe“ im *Journal für reine und angewandte Mathematik*, 1847).

Gustav Kleinfeller (1859–1868) Gustav Adolf Kleinfeller (1824–1899) hatte in Nürnberg die Gewerbe- und die Polytechnische Schule besucht und anschließend in München und von 1846 bis 1849 in Berlin studiert (vgl. Bosl, 1983, 421). Bevor er 1859 seine Lehrtätigkeit als Lehrer für höhere Mathematik und darstellende Geometrie an der Polytechnischen Schule in München aufnahm, war er Lehrer an einer Gewerbeschule in Bayreuth (1850–1854) und an der Polytechnischen Schule in Augsburg (1854–1859) gewesen.¹⁵ Kleinfeller war ein Verfechter der Etablierung eines Realschulwesens in Bayern und veröffentlichte hierzu einige Abhandlungen (vgl. ebd., 421). Er nahm starken Einfluss auf die Gestaltung der Realschulen, die 1877 an Stelle der Gewerbeschulen geschaffen wurden.¹⁶

Friedrich Klingensfeld (1868–1880) Friedrich August Klingensfeld (1817–1880) hatte als Schüler selbst die Polytechnische Schule in München bis 1838 besucht und war im Anschluss zunächst Lehrer an verschiedenen Gewerbeschulen und ab 1843 Professor für darstellende Geometrie und Maschinenzeichnen an der Polytechnischen Schule in Nürnberg (vgl. Hashagen, 1993,

¹⁵<https://www.hdbg.eu/biografien/web/index.php/detail?uid=3048>

¹⁶<https://www.hdbg.eu/biografien/web/index.php/detail?uid=3048>

49). Ab 1868 hatte er den neugeschaffenen Lehrstuhl für darstellende Geometrie und mechanische Technologie innerhalb der Abteilung für Maschinenbau in München inne (vgl. Hashagen, 2003, 53). Er war bekannt für seine diversen Lehrbücher über darstellende Geometrie, die nachfolgend aufgelistet werden. Seine Lehrbücher behandeln, mit verschiedenen Schwerpunkten abhängig vom intendierten Bildungskontext, ausschließlich das Grund- und Aufrissverfahren. Nur im dritten Band seines *Lehrbuches der Darstellenden Geometrie* (1876) werden Schattenkonstruktionen, die schräge Parallelprojektion und die Zentralprojektion behandelt.

Veröffentlichungen (Auswahl):

- *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie für Gewerbsschulen* (1851)
- *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie für polytechnische Schulen* (1854)
- *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie für polytechnische Schulen* (1868)
- *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie* (Band I-III, 1871-1876)

Walfried Marx (1881–1886) Walfried Marx (1854–1886) hatte selbst an der Polytechnischen Schule in München, aber auch an der Universität Leipzig studiert, wo er 1880 auch mit einer Arbeit zur synthetischen Geometrie promovierte (vgl. Hashagen, 1993, 63–64). Darstellende Geometrie hat er ab 1875 am Kadettenkorps unterrichtet (vgl. ebd. 63). Während seiner Tätigkeit als außerordentlicher Professor in München hat Marx das Lehrwerk seines Vorgängers Klingensfeld nach dessen Tod in der dritten Auflage bearbeitet und herausgegeben.

Veröffentlichungen (Auswahl):

- *Über eine Fläche vierter Ordnung mit reellem Doppelkegelschnitt und ihre Anwendung zur Lösung der Aufgabe: 3 gegebene Gerade im Raume nach einem Dreieck mit vorgeschriebenen Winkeln zu schneiden* (Dissertation, 1880)
- *Lehrbuch der darstellenden Geometrie: Erster Abschnitt. Die Methode der rechtwinkligen Projektionen und ihre Anwendung zur graphischen Bestimmung von Punkten, Geraden, Ebenen und der von ihnen begrenzten Körper,*

sowie zur Lösung von Aufgaben über die gegenseitige Lage dieser Objekte (Dritte Auflage von F. A. Klingenfolds Lehrbuch, bearbeitet, vermehrt und herausgegeben von Walfried Marx, 1885)

Ludwig Burmester (1887–1912) Ludwig Ernst Hans Burmester (1846–1927) absolvierte zunächst eine praktische Ausbildung in einer Werkstatt für Präzisionsmechanik, besuchte eine Polytechnische Schule in Hamburg und arbeitete anschließend in Berlin als Maschinenbauer (vgl. Koetsier, 2010, 43). Von 1862 bis 1864 studierte Burmester dann am Polytechnikum in Dresden, von 1864 bis 1865 in Göttingen, wo er 1865 mit einer Arbeit über die Beleuchtungslehre promovierte (vgl. ebd., 44). Zwischen 1865 und 1870 war Burmester an einem Gymnasium in Polen tätig, bevor er sich 1871 habilitierte (vgl. ebd., 44). 1871 wirkte Burmester dann als Privatdozent und von 1872 bis 1887 als Professor für darstellende Geometrie am Polytechnikum in Dresden (vgl. Hensel, 1989, 392). In dieser Zeit lehrte Burmester darstellende Geometrie, schiefe Parallelperspektive und Anwendung auf wichtige, in der Technik vorkommende Körper und ab 1875 auch die Geometrie der Lage (vgl. Hensel et al., 1989, 266). „Bald nimmt er die Geometrie [...] der Bewegung in sein Lehrangebot auf und betrachtet die Geometrie der höheren Kurven in ihrer Bedeutung für die Getriebelehre“ (Pommerin, 2003, 67). Mit seinem Wechsel an die Technische Hochschule in München lehrte Burmester dann neben der darstellenden Geometrie Kinematik und Kinematographie (vgl. Hensel et al., 1989, 274) und „reformierte den Unterricht in darstellender Geometrie“, indem er zum ersten Mal die Teilnahme an den vierstündigen Übungen, zusätzlich zur vierstündigen Vorlesung, verbindlich machte (vgl. Hashagen, 1993, 71).

Für die Kinematik hatte Burmester sich schon in seiner Zeit in Dresden zu interessieren begonnen und einiges zu diesem Thema in diversen Fachzeitschriften veröffentlicht.¹⁷ Diese Veröffentlichungen erschienen sowohl in mathematischen Zeitschriften (wie z. B. in der *Zeitschrift für Mathematik und Physik* und in den *Mathematischen Annalen*) als auch im *Civilinge-*

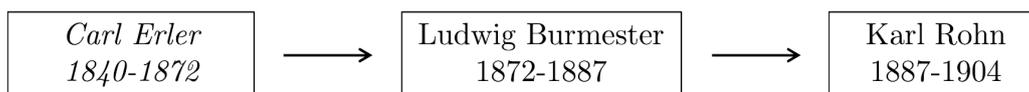
¹⁷Bei Koetsier 2010 findet sich eine Auflistung Burmesters Veröffentlichungen (vgl. Koetsier, 2010, 62–63).

nieur, einem technikwissenschaftlichen Publikationsorgan. Sein wichtigstes Werk zur Kinematik war aber sein 1886 erschienenes *Lehrbuch der Kinematik*. Zur darstellenden Geometrie veröffentlichte er zwar nur zwei, dafür aber einflussreiche Werke über die Beleuchtungslehre und die Reliefperspektive. Burmester galt als Wissenschaftler, „[...] der wirklich auf dem Gebiet der darstellenden Geometrie forschte und außerdem durch seine Arbeiten zur Kinematik eine enge Verbindung zu den technischen Disziplinen hatte“ (vgl. Hashagen, 1993, 69).

Veröffentlichungen (Auswahl):

- *Elemente einer Theorie der Isophoten (Linien gleicher Lichtintensität)* (Dissertation, 1865)
- *Theorie und Darstellung der Beleuchtung gesetzmäßig gestalteter Flächen* (1871, 2. Aufl. 1875)
- „Kinematisch-geometrische Constructionen der Parallelprojection der Schraubenflächen und insbesondere des Schattens derselben“ (*Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 1873)
- *Grundzüge der Reliefperspektive* (1883)
- „Grundlehre der Theaterperspektive“ (*Allgemeine Bauzeitung*, 1884)

Dresden



An der Technischen bzw. Polytechnischen Schule in Dresden gab es zwischen der Gründung 1828 und der ersten Besetzung des dann geschaffenen Lehrstuhls für darstellende Geometrie durch Ludwig Ernst Hans Burmester 1872 (dessen Werdegang schon im Abschnitt über die Lehrenden in München geschildert wurde) die darstellende Geometrie nicht immer als eigenständiges Fach. Zwischenzeitlich existierten Einzelfächer zu Teilbereichen der darstellenden Geometrie (wie z. B. Perspektive oder architektonisches Zeichnen) bzw. das Fach Projektionslehre. Bei der Gründung der Technischen Schule

in Dresden 1828 gab es das Fach darstellende Geometrie nicht und somit auch keine dafür ausgewiesene Lehrstelle. Anfangs wurden zehn Lehrer eingestellt, darunter zum Beispiel Gustav Heine als Lehrer für das technische Zeichnen und Otto Gustav Eduard Beger für das Maschinenzeichnen (vgl. Pommerin, 2003, 25–26). Im Organisationsplan von 1835 ist das Fach zu finden (vgl. Preusker, 1835, 23). 1835 erfuhr die Technische Schule in Dresden eine maßgebliche Umstrukturierung, indem ab diesem Zeitpunkt eine Untere und einer Obere Abteilung existierten, so dass angenommen werden kann, dass im Zuge dieser Umstrukturierung auch der Lehrplan neu konzipiert und somit die darstellende Geometrie ab diesem Zeitpunkt (zunächst) als Lehrfach aufgenommen wurde. Leider ist den vorliegenden Quellen nicht zu entnehmen, welcher Lehrer in diesem Jahr die darstellende Geometrie unterrichtete. Dem *Organisationsplan für die technische Bildungsanstalt zu Dresden* aus dem Jahr 1838 ist folgende Einteilung der Lehrpersonen zu entnehmen: In der Kategorie der „Lehrer für mathematisches Zeichnen und Bauwissenschaften“ stehen weiterhin Heine, als Lehrer für architektonisches Zeichnen und für allgemeine Bauwissenschaft, und Beger als Lehrer des mathematischen und Maschinenzeichnens (vgl. Dresden, 1838, 24).¹⁸ Aufgrund der Bezeichnung als Lehrer für „mathematisches Zeichnen“ wird davon ausgegangen, dass Beger die darstellende Geometrie wahrscheinlich zwischen 1835 und 1839 unterrichtet hat. Zu Begers Ausbildung und Publikationstätigkeit ließen sich leider keine Informationen finden, aufgrund der Annahme, dass er nur vier Jahre als Lehrer für darstellende Geometrie tätig war, wäre er aber sowieso nicht weiter betrachtet worden.

Ab 1840 wird Carl Erler als Assistent und Lehrer für Projektionslehre, darstellende Geometrie und Maschinenzeichnen eingestellt, ab 1862 ist er Lehrer nur noch für Perspektive, Projektionslehre und Feldmessen, von 1865 bis 1887 ordentlicher Professor – laut Petschel – für darstellende Geometrie (vgl. Petschel, 2003, 194). Ein Lehrstuhl für darstellende Geometrie entstand 1872 durch die Abtrennung der Projektionslehre von Erlers Lehrgebiet (vgl.

¹⁸Die Prüfungen im Fach darstellende Geometrie hat in diesem Jahr übrigens Traugott Franke, Lehrer der Mathematik, abgenommen, dessen Lehrbuch am Ende von Kapitel 3 erwähnt wurde.

Hensel et al., 1989, 266), den Burmester übernahm. Den Programmen der Polytechnischen Schule ist entnehmbar, dass jener ab diesem Zeitpunkt für die Lehre der darstellenden Geometrie zuständig war. Erler hingegen lehrte ab 1872 Planzeichnen und Feldmessen. 1887 übernahm Rohn den Lehrstuhl für darstellende Geometrie.

Carl Erler (1840–1872) Carl August Erler (1820–1889) hatte ab 1836 selbst die Technische Schule in Dresden besucht, bevor er 1840 dort Assistent und Lehrer für Projektionslehre, darstellende Geometrie und Maschinenzeichnen wurde (vgl. Petschel, 2003, 194). Ab 1864 war Erler Lehrer für Perspektive, Projektionslehre und Feldmessen, von 1865 bis 1887 ordentlicher Professor (vgl. ebd., 194). Darstellende Geometrie bzw. diejenigen Teilgebiete, die als Unterrichtsfach während seiner Tätigkeit angeboten wurden, lehrte Erler aber nur bis 1872. Publikationen seinerseits sind nicht bekannt.¹⁹

Ludwig Burmester (1872–1887) Siehe oben (München).

Karl Rohn (1887–1904) Karl Friedrich Wilhelm Rohn (1855–1920) war ab 1885 zunächst außerordentlicher Professor und ab 1886 Lehrstuhlinhaber des sogenannten zweiten mathematischen Lehrstuhls (für analytische Geometrie) am Polytechnikum in Dresden, bevor er ab 1887 den Lehrstuhl für darstellende Geometrie übernahm. Nach dem Besuch des Gymnasiums hatte Rohn ab 1872 zunächst für zwei Jahre an der Polytechnischen Schule in Darmstadt Ingenieurwissenschaften und Mathematik studiert, ab 1874 studierte er an der Universität in Leipzig und ab 1875 an der Universität in München, wo er 1878 promovierte und sich 1879 habilitierte, jeweils mit Arbeiten zur Kummerschen Fläche und zu hyperelliptischen Funktionen (vgl. Reich, 2005, 1–2). An der Universität in Leipzig war Rohn ab 1879 als Privatdozent und ab 1884 als außerordentlicher Professor für Geometrie tätig (vgl. ebd., 1–2). Während seiner Lehrtätigkeit in Dresden unterrichtete Rohn neben der darstellenden Geometrie, die Geometrie der Lage, Liniengeometrie,

¹⁹Bei Petschel (2003) wird ein Lehrwerk mit dem Titel *Die Elemente der Kegelschnitte in synthetischer Behandlung* (in 3. Auflage, 1887) angegeben, dieses wurde aber von einem Herren W. Erler verfasst.

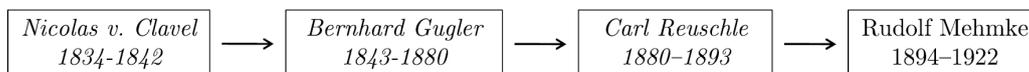
Kegelschnitte, die projektive Behandlung der Flächen 2. Ordnung usw. (vgl. Hensel et al., 1989, 265).

In seinem Nachruf auf Rohn listet Schur 65 Werke, von denen nur die diversen Bände und Auflagen seines Lehrbuches, welches er zusammen mit Erwin Papperitz verfasst hat, die darstellende Geometrie betreffen (vgl. Schur, 1923, 208–210). Bei diesen Lehrwerken handelt es sich um mehrbändige Schriften, die im Grunde genommen den kompletten Stand der darstellenden Geometrie zu Beginn des 19. Jahrhunderts abdecken (siehe Kapitel 3.4). Neben weiteren Veröffentlichungen aus dem Bereich der Theorie der algebraischen Flächen und Kurven und seinem Lehrwerk zur darstellenden Geometrie, beschäftigte sich Rohn u.a. auch mit Modellen zur Darstellung von Flächen und Kurven höherer Ordnung (vgl. Hensel et al., 1989, 265).²⁰

Veröffentlichungen (Auswahl):

- *Die Kummer'sche Fläche und ihr Zusammenhang mit der hyperelliptischen Funktionen $p=2$* (Dissertation, 1878)
- *Transformationen der hyperelliptischen Funktionen $p=2$ und ihre Bedeutung für die Kummerscher Fläche* (Habilitationsschrift, 1879)
- Mit Erwin Papperitz: *Lehrbuch der darstellenden Geometrie* (1. Aufl. in 2 Bänden 1893 und 1896; 2. Aufl. 1. Band 1901; 3. Aufl. in 3 Bänden 1906; 4. Aufl. 1. Band, 1913, 2. Band 1916 und 3. Band 1921)

Stuttgart



In den ersten Jahren des Bestehens der Vereinigten Real- und Gewerbeschule in Stuttgart war Karl Marcell Heigelin (1798–1833) von 1829 bis 1833 u.a. für die Lehre der darstellenden Geometrie zuständig. Anfänglich lehrten an der Stuttgarter Institution nur vier Lehrer, die jeweils mehrere Fächer

²⁰Im erwähnten Nachruf erläutert Schur umfassend Rohns Forschungsgebiete und Publikationstätigkeit.

übernehmen mussten, so dass Heigelin zum Beispiel auch „Deutsche Stilübungen“ unterrichtete, obwohl er vornehmlich als Lehrer für darstellende Geometrie eingestellt worden war (vgl. Zweckbronner, 1987, 82–83). Die darstellende Geometrie hatte Heigelin aufgrund seiner praktischen Erfahrungen als Architekt in enger Verbindung mit dem Baufach gelehrt (vgl. ebd., 73, 87). Gleiches galt für seinen Nachfolger Nicolas von Clavel, der von 1834 bis 1842 die darstellende Geometrie unterrichtete. Erst mit Bernhard Gugler, der von 1843 bis 1880 als Lehrer der darstellenden Geometrie in Stuttgart tätig war, wurde die darstellende Geometrie „[...] aus der Verbindung mit den Baufächern herausgelöst und eindeutig den mathematischen Fächern zugeordnet“ (vgl. ebd., 87).

Während Guglers Tätigkeit wurde dann auch ein Lehrstuhl für Mathematik eingerichtet, den von 1852 bis 1893 Carl Wilhelm von Baur innehatte. Ab 1852 hatte dieser die Bezeichnung Professor für reine Mathematik und praktische Geometrie, ab 1865 für höhere Analysis, reine Mechanik und neuere Geometrie (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 68). Guglers Nachfolger als Lehrer für darstellende Geometrie war Carl Reuschle, der 1893 dann auch die Nachfolge Baur's und somit seinen Lehrstuhl, dann mit der Bezeichnung für Analysis und analytische Geometrie, übernahm (vgl. ebd., 96).²¹ Die darstellende Geometrie fiel ab 1894 Rudolf Mehmke zu, der bis 1922 den neu geschaffenen Lehrstuhl für darstellende und projektive Geometrie übernahm.

In Stuttgart wurden einige Teilgebiete der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne im 19. Jahrhundert zwischenzeitlich in verschiedene Fachschulen ausgelagert. Zum Beispiel lehrten Hilfslehrer der Architekturfachschule zwischen 1863 und 1888 das Fach „Schattenkonstruktionen und Perspektive“, vorher waren diese Teilbereiche noch im Lehrfach „Darstellende Geometrie

²¹Bei Böttcher *et al.* wird Reuschles Lehrstuhl dann im Folgenden auch als Lehrstuhl für analytische und darstellende Geometrie bezeichnet und ihm für den Zeitraum von 1894 bis 1909 die Lehrverantwortlichkeit auch für die darstellende Geometrie zugeschrieben (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 98). Auch Hensel bezeichnet den Lehrstuhl als Lehrstuhl für Analysis, analytische und darstellende Geometrie (vgl. Hensel, 1989, 393). Allerdings wurde 1894 Rudolf Mehmke auf den (neuen) Lehrstuhl für darstellende und projektive Geometrie berufen, der während seiner Tätigkeit die Lehre der darstellenden Geometrie, zumindest in Teilen übernahm, wohingegen Reuschle zum Beispiel analytische Geometrie und Differential- und Integralrechnung las, wie sich den Programmen der Technischen Hochschule Stuttgart dieser Jahre entnehmen lässt.

II“ integriert gewesen und von Gugler unterrichtet worden. Ab 1889 gab es dann sowohl in der Maschinenbau- als auch in der Baufachschule jeweils einen Hauptlehrer für u.a. Schattenkonstruktionen in ersterer und für Schattenkonstruktionen, Beleuchtungskunde und Perspektive in letzterer.

Nicolas von Clavel (1834–1842) Auguste Nicolas von Clavel (1803–1842) hatte vor seiner Tätigkeit als Lehrer der darstellenden Geometrie an der Polytechnischen Schule in Stuttgart bei seinem Vorgänger Heigelin dieses Fach gehört, nachdem er zuvor sowohl im Militär als auch als Ingenieur bzw. Architekt tätig war (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 53). Von 1834 bis 1842 war er als Lehrer (ab 1838 mit dem Titel Professor) für darstellende Geometrie und Feuerungskunde, zwischenzeitlich auch für Baumodellieren (vgl. ebd., 53–54) tätig. Veröffentlichungen von Clavels sind nicht bekannt (vgl. ebd., 55)

Bernhard Gugler (1843–1880) Bernhard Gugler (1812–1880) war von 1843 bis 1880 dem Titel nach Professor für darstellende Geometrie an der Polytechnischen Schule in Stuttgart und hatte zuvor, von 1836 bis 1843, schon an einer Gewerbeschule und an der Polytechnischen Schule in Nürnberg unterrichtet (vgl. Wendel, 2008, 61). Er selbst besuchte in der Zeit von 1826 bis 1835 sowohl die Polytechnischen Schulen in Nürnberg und München als auch ein Gymnasium in Nürnberg, studierte an den Universitäten in Erlangen, Wien und München und erwarb sowohl die Lehrbefähigung für bayrische Landwirtschafts- und Gewerbeschulen als auch für Gymnasien (vgl. ebd., 61). In seiner Zeit als Schüler in Nürnberg hatte Gugler bei von Staudt gelernt (vgl. ebd., 62). 1837 promovierte Gugler an der Universität in Tübingen mit einer Arbeit über Kegelschnitte (vgl. ebd., 63). Während seiner langjährigen Lehrtätigkeit in Stuttgart unterrichtete er neben der darstellenden Geometrie höhere Analysis und analytische Geometrie im Raume (vgl. Zweckbronner, 1987, 87).

Neben Guglers Lehrbuch zur darstellenden Geometrie, das in Kapitel 3 vorgestellt wurde, umfassen seine Publikationen hauptsächlich Einträge in der *Encyklopädie des gesamten Erziehungs- und Unterrichtswesens*, aber

auch Übersetzungen zweier Lehrbücher von Jean-Baptiste Belanger über Geometrie und Mechanik (vgl. ebd., 66–67). Sein Lehrwerk zur darstellenden Geometrie erfuhr bis zu seinem Tod vier Auflagen und eine Abkopplung in der Form eines Lehrwerkes für Gewerbeschulen (*Leitfaden...*).

Veröffentlichungen (Auswahl):

- *Untersuchungen über den Kegel und seine Schnitte* (Dissertation, 1837)
- *Lehrbuch der descriptiven Geometrie* (1841, 2. Aufl. 1857, 3. Aufl. 1874, 4. Aufl. 1880)
- *Leitfaden für den ersten Unterricht in der descriptiven Geometrie* (1844)

Carl Reuschle (1880–1893) Carl Reuschle (1847–1909) studierte nach Absolvierung des Gymnasiums von 1864 bis 1868 an der Polytechnischen Schule in Stuttgart Mathematik und Chemie und von 1868 bis 1870 dann an der Universität in Tübingen Mathematik. Anschließend war er ein Jahr als Repetent an einer Oberrealschule tätig, bevor er 1871 als Assistent in die Polytechnische Schule in Stuttgart eintrat (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 96). Von 1872 bis 1893 trug er dann den Titel eines außerordentlichen Professors, ab 1893 war er ordentlicher Professor für Analysis und analytische Geometrie. In seiner Zeit als außerordentlicher Professor, ab 1886 mit dem Prädikat „Hauptlehrer“ (vgl. ebd., 96), trug er die Bezeichnung Hilfslehrer der darstellenden und analytischen Geometrie.²²

Zu seinen Forschungsbereichen zählten graphisch-mechanische Methoden zur Auflösung numerischer Gleichungen, die Determinantentheorie, Invariantentheorie und analytische Geometrie (vgl. Hensel et al., 1989, 275). Reuschle veröffentlichte insgesamt aber wenig („vier kleine Werke und ein Dutzend Zeitschriftenartikel“) (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 99). Mit der darstellenden Geometrie hatte er sich nur in seiner Dissertation beschäftigt.

Veröffentlichungen (Auswahl):

- *Die Deckelemente. Ein Beitrag zur deskriptiven Geometrie* (Dissertation, 1882)

²²Dies ist den Programmen des Stuttgarter Polytechnikums zu entnehmen.

Rudolf Mehmke (1894–1922) Rudolf Mehmke (1857–1944) war, bevor er 1894 Professor für darstellende und projektive Geometrie in Stuttgart wurde, ordentlicher Professor für darstellende Geometrie an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mehmke hatte sein Abitur an einer Oberrealschule erworben und im Anschluss von 1873 bis 1875 zunächst Mathematik und dann von 1875 bis 1877 Architektur am Polytechnikum in Stuttgart studiert, woraufhin er bis 1879 noch ein Studium der Mathematik an der Universität Tübingen anschloss, wo er 1880, nachdem er ein weiteres Jahr Mathematik in Berlin studiert hatte, auch promovierte (vgl. Böttcher & Maurer, 2008, 131). Zwischen 1880 und 1884 war er Assistent für Analysis und Mechanik in Stuttgart (vgl. Wolf & Viehhaus, 1977, 136). Während seiner Tätigkeit als ordentlicher Professor in Darmstadt betreute er die Veranstaltungen zur algebraischen Analysis unter Einbeziehung graphisch-mechanischer Methoden zur Lösung von Gleichungen sowie Rechenhilfsmitteln, Einleitung in die Graßmannsche Ausdehnungslehre, darstellende und synthetische Geometrie einschließlich technischer Perspektive und Photogrammetrie (vgl. Hensel et al., 1989, 263). In Stuttgart war er für die darstellende, synthetische und analytische Geometrie, die analytische Mechanik, die Kinematik und graphische und numerische Methoden zuständig (vgl. ebd., 275).

Bei Boettcher & Wendel (2008) sind auf Grundlage von Karin Reichs „Der Mathematiker Rudolf Mehmke – Bausteine zu Leben und Werk“ (1993)²³ Mehmkes Veröffentlichungen aufgeführt. Diese Liste umfasst knapp 140 Publikationen. Die Themen seiner Forschungen waren die Graßmannsche Ausdehnungslehre, Bewegungsgeometrie, Elastizitätstheorie, darstellende Geometrie, Differentialgeometrie, graphisches und numerisches Rechnen und Nomographie (vgl. Hensel et al., 1989, 263). Unter den Werken, die einen Bezug zur darstellenden Geometrie aufweisen, findet sich ein Aufsatz, der sich mit der darstellenden Geometrie in Räumen von vier oder mehr Dimensionen beschäftigt. Unter Mehmkes Publikationen sind viele weitere, die die Konstruktion krummer Flächen u.a. mit Anwendungsbezügen behandeln. Außerdem

²³In: Albrecht, Helmuth (Hrsg.). *Naturwissenschaft und Technik in der Geschichte. 25 Jahre Lehrstuhl für Geschichte der Naturwissenschaft und Technik am Historischen Institut der Universität Stuttgart*, 263–285. Stuttgart: Verlag für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik.

bezieht er sich in zwei Publikationen auf seine Kollegen Christian Wiener²⁴ und Reinhold Müller²⁵, beteiligte sich also am wissenschaftlichen Austausch der darstellenden Geometer.

Veröffentlichungen (Auswahl):

- *Anwendung der Graßmann'schen Ausdehnungslehre auf die Geometrie der Kreise in der Ebene* (Dissertation, 1880)
- „Eine Schattenkonstruktion“ (*Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 1901)
- „Über die darstellend-geometrische Konstruktion der Schmiegungebene einer Raumcurve in einem gegebenen Punkt“ (*Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 1903)
- „Konstruktion der Krümmungsachse und des Mittelpunkts der Schmiegungekugel einer durch Grundriß und Aufriß gegebenen Kurve“ (*Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 1903)
- „Über die darstellende Geometrie der Räume von vier und mehr Dimensionen, mit Anwendungen auf die graphische Mechanik, die graphische Lösung von Systemen numerischer Gleichungen und auf Chemie“ (*Mathematisch-naturwissenschaftliche Mitteilungen Württembergs*, 1904)
- „Über die Bestimmung des Inhalts eines durch zwei Projektionen gegebenen Tetraeders und über die entsprechende Aufgabe in höheren Räumen“ (*Archiv für Mathematik und Physik*, 1913)
- „Einige Fragen der Algebra und der darstellenden Geometrie“ (*Unterrichtsbücher für Mathematik und Naturwissenschaften*, 1930)

Hannover

In Abbildung 6.1 sind die zuständigen Lehrpersonen für die darstellende Geometrie an der Technischen Hochschule Hannover bzw. deren Vorgängereinstitutionen zu sehen. „Die ‚Darstellende Geometrie‘ lag in den ersten 25 Jahren

²⁴„Die kinematische Grundlage von Chr. Wieners Tangentenmethode und ihr Verhältnis zu Robervals Tangentenmethode“ (*Mathematisch-naturwissenschaftliche Mitteilungen Württembergs*, 1904).

²⁵„Analytischer Beweis des Satzes von Herrn Reinhold Müller über die Erzeugung der Koppelkurve durch ein ähnlich-veränderliches System“ (*Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 1910).

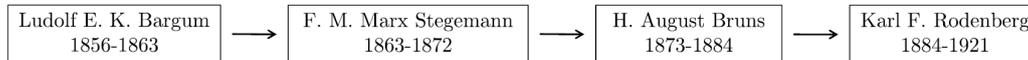
Darstellende Geometrie		
F. Hartmann	1831	1834
Deichmann	1834	1843
Hunäus	1843	1856
Bargum	1856	1863
Stegemann	1863	1872
Bruns	1873	1884
Gerke	1880	1886
Rodenberg	1884	1921
Salkowski	1919	1927
von Sanden	seit 1922	
Rosemann	seit 1929	

Abbildung 6.1: Lehrende der darstellenden Geometrie an der Technischen Hochschule Hannover bzw. deren Vorgängerinstitutionen (vgl. Trommsdorff, 1931, 3)

des Bestehens der Anstalt noch in den Händen der praktischen Geometer [...]“ (Müller, 1931, 22). Das waren Johann G. F. Hartmann²⁶ (1831–1834), Ludwig W. A. Deichmann (1834–1843) und Georg C. K. H. Hunäus (1843–1856), die jeweils dem Fachgebiet Vermessungswesen angehörten (vgl. Hannover, 1956, 145). Diese Lehrpersonen werden aufgrund dieser Zugehörigkeit im Folgenden nicht vorgestellt. 1856 wird die darstellende Geometrie dann der Mathematik angegliedert und ein eigener Lehrstuhl geschaffen, der im 19. Jahrhundert von Ludolf E. K. Bargum (1856–1863), F. M. Marx Stegemann (1863–1872), Heinrich A. Bruns (1873–1884) und Karl Rodenberg (1884–1921) besetzt wurde (vgl. Müller, 1931, 23). Insgesamt ist über diese Lehrenden in Hannover wenig bekannt, weswegen die nachfolgenden Vorstellungen vergleichsweise kurz ausfallen. C. F. Rudolf Gerke, den Trommsdorff in seine Liste aufgenommen hat, lehrte die darstellende Geometrie zwischen 1880 und 1883 als Assistent und von 1883 bis 1886 als Privatdozent (vgl. Hannover, 1956, 13), und zwar während Bruns’ und Rodenbergs Lehrtätigkeiten.

²⁶Laut Karmarsch hat Hartmann ein Lehrbuch mit dem Titel *Anfangsgründe der darstellenden Geometrie* geschrieben, gab aber kein Erscheinungsjahr zu diesem Werk an (vgl. Karmarsch, 1856, 153). Dieses Werk wurde auch nicht von Johann Georg Friedrich Hartmann, sondern von einem anderen Lehrer der Höheren Gewerbeschule, nämlich Johann Joseph Gerhard Hartmann geschrieben, wie sich den Seiten der Technischen Informationsbibliothek (TIB) entnehmen lässt, wo dieses (manuskriptartige) Werk frei zugänglich und mit dem Erscheinungsjahr 1848 angegeben ist.

Er wird im Nachfolgenden deshalb ebenfalls nicht mit einbezogen.



Ludolf Bargum (1856–1863) Ludolf Ernst Konrad Bargum (1833–1863) war vor seiner fünfjährigen – er war von 1858 bis 1860 wegen mangelnder Gesundheit beurlaubt – Tätigkeit als Lehrer der darstellenden Geometrie Repeitent für reine Mathematik und als Ingenieur im Bereich des Dampfschiffbaus tätig (vgl. Hannover, 1956, 4). 1856 promovierte Bargum in Kiel (vgl. ebd., 4). Weder das Thema seiner Arbeit noch seine weiteren Veröffentlichungen liegen vor.

Marx Stegemann (1858–1860, 1863–1872) Franz Martin Marx Stegemann (1831–1872) war ab 1858 zwar zunächst als Assistent für praktische und darstellende Geometrie an der Polytechnischen Schule in Hannover, übernahm aber die Vertretung Bargums von 1858 bis 1860, nach dessen Tod 1863 Stegemann dann seine Nachfolge als Lehrer (ab 1868 mit dem Titel Professor) der darstellenden Geometrie antrat (vgl. Trommsdorff, 1931, 5). 1863 promovierte er in Göttingen (vgl. Hannover, 1956, 5). In Göttingen und an der Polytechnischen Schule in Hannover hatte Stegemann studiert. Stegemann ist bekannt für sein Lehrwerk *Grundriß der Differential- und Integralrechnung*, welches in zwei Bänden 1862 und 1863 erschien und jeweils 1926 und 1929 zum 14. Mal neu aufgelegt wurde.

August Bruns (1873–1884) Heinrich August Bruns (1813–1884) war vor seiner Tätigkeit als Lehrer für darstellende Geometrie ab 1873 (ab 1878 als Professor) bereits seit 1846 Lehrer diverser Fächer an der Höheren Gewerbeschule bzw. Polytechnischen Schule in Hannover: Er unterrichtete dort Modellieren in Holz und Gips, Herstellung von Zimmermanns- und Steinhauerarbeiten, Entwerfen von Baupläätzen und Linearzeichnen (vgl. Hannover, 1956, 6). Parallel war er von 1835 bis 1853 Lehrer für Technologie, geometrisches Zeichnen, Arithmetik und Planimetrie an der Handwerkschule und

von 1835 bis 1882 für Linearzeichnen an der Höheren Bürgerschule (vgl. Gerken, 2006, 64). Vor seiner ausgedehnten Lehrtätigkeit hatte er eine Lehre im Handwerk absolviert und besuchte anschließend von 1831 bis 1835 selbst die Höhere Gewerbeschule (vgl. Tellkamp, 1845, 77).

Karl Rodenberg (1884–1921) Karl Friedrich Rodenberg (1851–1933) war von 1879 bis 1884 zunächst ordentlicher Professor für synthetische und darstellende Geometrie an der Polytechnischen Schule in Darmstadt, bevor er diese Position in Hannover antrat, wo er 37 Jahre verblieb. Rodenberg studierte zwischen 1869 und 1872 sowohl Maschinenbau an der Polytechnischen Schule in Karlsruhe als auch Mathematik an der Universität Göttingen, wo er 1874 mit dem Thema *Das Pentaeder der Flächen 3. Ordnung beim Auftreten von Singularitäten* promovierte (vgl. Wolf & Viefhaus, 1977, 166). Zwischen 1874 und 1879 war er Lehrer am Gymnasium und an der Realschule I. Ordnung in Plauen (vgl. Gerken, 2006, 415) und übte eine „praktisch zeichnerische Tätigkeit“ in einem optisch-mechanischem Geschäft aus (vgl. Hensel et al., 1989, 263). Seine Forschungsgebiete umfassten die Theorie der Flächen 3. Grades, die kinematische Geometrie und die analytische Mechanik (vgl. ebd., 264). Zudem hat Rodenberg diverse mathematische Modelle entworfen, die in Martin Schillings *Catalog mathematischer Modelle* (7. Aufl., 1911) erschienen.²⁷

Veröffentlichungen (Auswahl):

- *Das Pentaeder der Flächen 3. Ordnung beim Auftreten von Singularitäten* (Dissertation, 1874)
- „Ableitung der Polareigenschaften algebraischer Mannigfaltigkeiten auf darstellend-geometrischem Wege“ (*Mathematische Annalen*, 1885)
- Herausgeber diverser Bände und Auflagen von Julius Schlotkes *Lehrbuch der darstellenden Geometrie*

²⁷<http://www.universitaetssammlungen.de/modelle/suche/pp1/1580>

Braunschweig



Für das Collegium Carolinum bzw. die Polytechnische Schule in Braunschweig war die Lehre der darstellenden Geometrie bis 1885 nicht an eine eigene bzw. bis 1876 nicht einmal an eine mathematische Lehrstelle gebunden. Bis dahin fiel dieses Fach die meiste Zeit verschiedenen Ingenieurabteilungen zu. Den *Anzeigen der Vorlesungen und Übungen in dem Fürstlichen Collegio Carolino zu Braunschweig* bzw. ab 1872 den *Programmen der Herzoglichen Polytechnischen Schule, des Collegium Carolinum zu Braunschweig*²⁸ können folgende Zuständigkeiten für die Lehre der darstellenden Geometrie entnommen werden: Johann Schneider (1836–1851), Heinrich K. F. Ahlburg (1851–1862), Atho G. Huisken (1862–1865), Georg H. K. Querfurth (1865–1876), Hans Zincke-Sommer (1876–1884) und Reinhold Müller (1885–1907).

Die Lehrstellen Schneiders, Ahlburgs und Querfurths waren jeweils einem Gebiet der Technikwissenschaften zugeordnet. Schneider wurde 1836 als Professor für Technologie und Mechanik eingestellt, unterrichtete aber neben seinen Fächern, wie er es in seinem Lehrplanentwurf für die Technische Abteilung selbst vorgeschlagen hatte, die darstellende Geometrie als „theoretische Grundlage“ (vgl. Müller, 1973, 79–80). Sein Nachfolger als Lehrverantwortlicher für die darstellende Geometrie war der 1851 als Hilfslehrer und ab 1855 dann als Professor für Bauwesen eingestellte Ahlburg (vgl. ebd., 86). Querfurth wurde 1862 zunächst als Hilfslehrer, 1866 als Hauptlehrer und 1871 dann als Professor für Maschinenbau und (mechanische) Technologie angestellt und unterrichtete von 1865 bis 1876 im Rahmen dieser Tätigkeit auch die darstellende Geometrie (vgl. Albrecht, 1987, 165–166). Diese drei Ingenieurwissenschaftler, die die Lehre der darstellenden Geometrie zusätzlich zu ihren technikkwissenschaftlichen Fächern übernahmen, werden im Folgenden nicht weiter betrachtet.

²⁸Sämtliche Programme seit 1745 wurden von der Universitätsbibliothek Braunschweig digitalisiert und sind online frei zugänglich (<http://digisrv-1.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/content/main/vorlesungsverzeichnisse.xml>).

Von 1862 bis 1865 war dann kurzzeitig der eigens dafür eingestellte Atho Gerdes Huisken für die darstellende Geometrie zuständig. Huisken erteilte bis zu seinem Ausscheiden 1880 aber nur noch den Unterricht in praktischer Geometrie und das auf einem „sehr bescheidenen Niveau“; er war „als akademischer Lehrer ungeeignet“ und wurde ab 1880 dann in die Bibliothek „versetzt“ (vgl. ebd., 379). Der Versuch schon 1862 ein Ordinariat für darstellende Geometrie als Teilgebiet der Mathematik an der Polytechnischen Schule in Braunschweig zu etablieren, war also kläglich gescheitert. Für die Lehre der darstellenden Geometrie waren circa 40 Jahre lang Lehrkräfte der Ingenieurabteilungen zuständig. Seit 1859 war Zincke-Sommer zunächst als Hilfslehrer, ab 1866 dann aber als Professor der Mathematik tätig, dem 1876 die Lehre der darstellenden Geometrie übertragen wurde. Ein Lehrstuhl speziell für darstellende Geometrie wurde erst 1885 geschaffen und mit Müller besetzt.

Hans Zincke-Sommer (1876–1884) Hans Zincke-Sommer (1837–1922) wurde 1859 als Hilfslehrer der Mathematik angestellt und übernahm 1864 die Nachfolge Adolf K. Schleiters, des Professors für Elementarmathematik und praktische Geometrie zunächst als Lehrer bevor er 1866 zum Professor der Mathematik ernannt wurde (vgl. Albrecht, 1987, 194). Zincke-Sommer hatte von 1851 bis 1853 das Collegium Carolinum in Braunschweig besucht und studierte anschließend in Göttingen Physik und Mathematik, wo er 1858 dann auch mit der Arbeit *Zur Bestimmung von Brechungsverhältnissen* promovierte (vgl. Müller, 1973, 57). Neben seiner Dissertation veröffentlichte Zincke-Sommer weitere Aufsätze zu Themen der Optik.

Veröffentlichungen (Auswahl):

- *Zur Bestimmung von Brechungsverhältnissen* (Dissertation, 1858)

Reinhold Müller (1885–1907) Reinhold Müller (1857–1939) studierte von 1874 bis 1879 sowohl Bauingenieurwesen und Mathematik an der Polytechnischen Schule in Dresden als auch an der Universität in Leipzig, wo er 1883 mit der Arbeit *Über eine ein-zweideutige Verwandtschaft* promovierte,

während er schon als Lehrer an einem Gymnasium (1880–1884) tätig war (vgl. Gundler % Schüler, 1991, 187). Er selbst hatte als Schüler ein Realgymnasium besucht (vgl. Heil, 1997, 470). Als erster etatmäßiger Professor für darstellende Geometrie war er während seiner Wirkungszeit für die Lehre folgender Fächer zuständig: darstellende Geometrie, Perspektive und Schattenkonstruktion, Geometrie der Lage, Geometrie der Bewegung, Stereometrie (vgl. Hensel et al., 1989, 259).

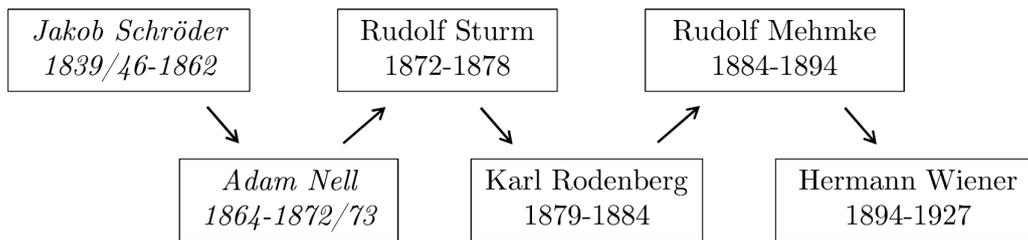
Müller veröffentlichte ein Lehrbuch zur darstellenden Geometrie im weiteren Sinne: In der dritten Auflage wird hauptsächlich die Parallelprojektion inklusive der Axonometrie und der kotierten Projektion, aber in einem kurzen zweiten Teil auch die Zentralprojektion behandelt. Weiterhin beschäftigte sich Müller in seiner Forschung und in seinen Veröffentlichungen mit der Kinematik (vgl. Heil, 1997, 470f.) und der Bewegungsgeometrie (vgl. Hensel et al., 1989, 259), wozu zahlreiche Aufsätze von ihm in der *Zeitschrift für Mathematik und Physik* erschienen.

Veröffentlichungen (Auswahl):

- „Beziehungen zwischen Meridian- und Contourcurve orthogonal dargestellter Rotationsflächen“ (*Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 1876)
- *Über eine ein-zweideutige Verwandtschaft* (Dissertation, 1883)
- *Leitfaden für die Vorlesungen über darstellende Geometrie an der Herzoglichen Technischen Hochschule zu Braunschweig* (1899, 2. Aufl. 1903, 3. Aufl. 1917)
- „Die geometrische Reliefperspektive in ihrer Anwendung auf die Werke der bildenden Kunst“ (Rede, 1908)
- „Über die Anfänge und über das Wesen der malerischen Perspektive“ (Rede, 1913)

Darmstadt

An der Höheren Gewerbeschule in Darmstadt gab es einen Lehrstuhl für Mathematik und einen für Darstellende Geometrie und Mechanik. Letzterer war kurzzeitig, nachdem er 1872 etabliert wurde, doppelt besetzt. Den Lehrstuhl



für darstellende Geometrie und Mechanik hatte zunächst Adam Nell inne, die zweite Besetzung des Lehrstuhls, dessen Bezeichnung wechselte, wurde im 19. Jahrhundert mehrfach neu besetzt. Nell war seit 1864 als Lehrer für Mechanik, darstellende Geometrie und Geodäsie in Hannover tätig und wurde, ein Jahr nachdem er auf den Lehrstuhle für darstellende Geometrie kam, 1873 ordentlicher Professor für Mechanik, niedere und höhere Geodäsie (vgl. Wolf & Viefhaus, 1977, 148). Der Lehrstuhl scheint also aufgeteilt worden zu sein in einen für Mechanik und einen für darstellende Geometrie. Letzterer wurde von Rudolf Sturm (1872–1878), Ernst Lebrecht Henneberg (1878/79–1880), Karl Rodenberg (1879–1884), Rudolf Mehmke (1884–1894) und Hermann Wiener (1894–1927) im betrachteten Zeitraum besetzt. Henneberg, der diesen letzteren Lehrstuhl („darstellende und synthetische Geometrie und grafische Statik“) ab 1878 zunächst als außerordentlicher und ab 1879 als ordentlicher Professor allerdings nur bis 1880 innehatte, weil er ab dann den Lehrstuhl für Mathematik übernahm, wird an dieser Stelle aufgrund des kurzen Wirkungszeitraums nicht aufgenommen. Rodenbergs Werdegang und Publikationstätigkeit wurden schon weiter oben im Kontext der Technischen Hochschule Hannover, sein zweiter Wirkungsraum als darstellender Geometer, vorgestellt. Gleiches gilt für Mehmke und die Stuttgarter Institution. Bevor in Hannover Lehrstühle etabliert wurden, war Jakob Peter Schröder von 1839 bis 1862 für die Lehre der darstellenden Geometrie zuständig, ab 1864 dann Nell bis zu seinem vollständigen Wechsel in die Mechanik 1872. Die Information darüber, wer vor Schröder als Lehrer der darstellenden Geometrie, also von 1836 bis 1839, tätig war, liegt nicht vor.

Jacob Schröder (1839–1862) Jacob Peter Schröder (1809–1887) war vor seinem Antritt als Lehrer der darstellenden Geometrie an der Höheren Ge-

werbeschule in Darmstadt als Schreiner tätig.²⁹ 1839 wurde er zunächst als Lehrer für Modellieren und darstellende Geometrie provisorisch, 1847 dann fest angestellt. In dieser Stellung blieb er bis zu seiner Pensionierung 1862. Schon vor seiner Lehrtätigkeit an der Höheren Gewerbeschule in Darmstadt hatte Schröder 1837 sein Unternehmen „J. Schröder, Nähmaschinen, polytechnisches Institut und polytechnisches Arbeitsinstitut“ gegründet, welchem er sich nach seiner Pensionierung weiter widmete. Dieses Unternehmen ist vor allem für die Herstellung mathematischer Modelle bekannt. Für den Unterricht an der Höheren Gewerbeschule erarbeitete Schröder ein Werk mit Konstruktionstafeln für Holzarbeiten der Baukunst. Weitere Publikationen Schröders sind nicht bekannt.

Adam Nell (1864–1873) Wie eingangs geschildert, hatte Adam Maximilian Nell (1824–1901) zwar nur ein Jahr den Lehrstuhl für darstellende Geometrie inne, war aber seit 1864 als Lehrer der Mechanik, darstellenden Geometrie und Geodäsie an der Höheren Gewerbeschule in Darmstadt tätig. Über seine schulische und universitäre Ausbildung liegen keine Informationen vor. Vor seiner Tätigkeit an der zu dieser Zeit noch Höheren Gewerbeschule in Darmstadt hatte Nell 1852 an der Universität in Heidelberg mit der Arbeit *Vorschlag zu einer neuen Chartenprojektion*, also in dem Bereich der Geodäsie, promoviert, woraus man schließen könnte, dass er zuvor an einer Universität studiert hatte, und anschließend dort für ein Jahr als Privatdozent gewirkt hat (vgl. Wolf & Viefhaus, 1977, 148).³⁰ Während seiner Zeit als Privatdozent in Heidelberg war Nell gleichzeitig Vorsteher der Sternwarte in Mannheim und bis 1864 u.a. Eisenbahnbeamter; ab 1863 war Nell dann auch für ein Jahr Lehrer an einer Realschule in Mainz (vgl. ebd., 148). Seine Forschungs- bzw. Publikationsbeiträge beschäftigten sich mit Interpolation und dem Auflösen von Gleichungen (vgl. Hensel et al., 1989, 263). Weiterhin sind Schriften zu Themen der Astronomie und des Eisenbahnbaus bekannt.

²⁹Die folgenden Informationen sind den Seiten des Hessischen Wirtschaftsarchivs entnommen und unter <https://www.hessischeswirtschaftsarchiv.de/bestaende/einzeln/2005.php> (10.07.2018) zugänglich.

³⁰Die Arbeit wird auch als Habilitationsschrift geführt.

Veröffentlichungen (Auswahl):

- *Vorschlag zu einer neuen Chartenprojektion* (Dissertation/Habilitationsschrift, 1852)

Rudolf Sturm (1871–1878) Friedrich Otto Rudolf Sturm (1841–1919) studierte zwischen 1859 und 1863 an der Universität in Breslau, wo er 1863 mit einer Arbeit über Flächen dritter Ordnung auch promovierte (vgl. Wolf & Viefhaus, 1977, 205). Bevor er seine Tätigkeit als ordentlicher Professor für „darstellende neuere Geometrie und graphische Statik“ in Darmstadt 1871 antrat, war Sturm acht Jahre als Gymnasiallehrer tätig (vgl. ebd., 205). Seine Schulbildung hatte er sowohl an einer Realschule als auch am Gymnasium absolviert (vgl. Lorey, 1919, 289).

Sturms literarisches Schaffen ist sehr umfangreich: Neben einigen Lehrbüchern der Geometrie zählen zu seinen Publikationen zahlreiche Veröffentlichungen u.a. in den *Mathematischen Annalen*, dem *Journal für Reine und Angewandte Mathematik* und im *Archiv für Mathematik und Physik* zu Themenbereichen der synthetischen Geometrie.³¹ Zur darstellenden Geometrie publizierte Sturm 1874 ein Lehrwerk, welches 1900 noch ein zweites Mal aufgelegt wurde und sich ausschließlich mit der Parallelprojektion beschäftigte. Dieses Lehrbuch beschränkte sich im wesentlichen auf geradlinige und ebenflächige Gebilde (vgl. ebd., 51). Die erste Auflage richtete sich an die Techniker an der Polytechnischen Schule in Darmstadt, die zweite wurde entsprechend der Bedürfnisse der Kandidaten des höheren Schulamtes umgearbeitet. Ansonsten beschäftigte sich Sturm auch in einer Reihe von Abhandlungen mit Problemen der Projektivität im Sinne von Staudts und Chasles.³² wandte sich zu Beginn des 20. Jahrhunderts aber eher Fragen der Elementargeometrie zu, weil er „die Ermüdung der höheren synthetischen Geometrie“ erkannt hätte (vgl. ebd., 46-50).³³ Seine beiden „großen Werke“ seien die *Lehre von*

³¹In Ludwigs Nachruf auf Sturm im *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* (Ludwig, 1926) werden Sturms Veröffentlichungen und Forschungsfelder ausführlich vorgestellt. Ludwig hat mehr als 70 Publikationen Sturms zusammengestellt und viele davon kommentiert.

³²Ludwig listet zu diesem Themenbereich acht Abhandlungen zwischen 1869 und 1910.

³³Zu diesem Themenbereich nennt Ludwig zwölf Aufsätze, von denen sieben auch in der

den *geometrischen Verwandtschaften* (4 Teile, 1908–1909) und *Die Gebilde ersten und zweiten Grades der Liniengeometrie in synthetischer Behandlung* (3 Teile, 1892–1896) gewesen (vgl. ebd., 49).

Veröffentlichungen (Auswahl):

- *De superficiebus tertii ordinie disquisitiones geometricae* (Dissertation, 1863)
- *Elemente der darstellenden Geometrie* (1874, 2. Aufl. 1900)

Karl Rodenberg (1879–1884) Siehe oben (Hannover).

Rudolf Mehmke (1884–1894) Siehe oben (Stuttgart).

Hermann Wiener (1894–1927) Hermann Ludwig Gustav Wiener (1857–1939), Sohn von Christian Wiener, studierte von 1876 bis 1879 u.a. bei seinem Vater an der Polytechnischen Schule in Karlsruhe, von 1879 bis 1881 an der Universität in München und, nach seiner Promotion 1881 dort, bis 1882 an der Universität in Leipzig (vgl. Wolf & Viefhaus, 1977, 229).³⁴ Danach war er zunächst Lehramtskandidat an einem Gymnasium in Karlsruhe, gleichzeitig aber schon Assistent seines Vaters an der dortigen Polytechnischen Schule. 1885 habilitierte sich Wiener in Halle, wo er ab dann bis zu seinem Antritt als ordentlicher Professor in Darmstadt als Privatdozent tätig war.

Wieners Forschungen betrafen Bereiche der analytischen Geometrie und mathematische Modelle zu Flächen und Raumkurven höherer Ordnung (vgl. Hensel et al., 1989, 263). Eine bekannte Veröffentlichung Wieners war folgendes Werk, in welchem er sich mit Spiegelungen beschäftigt: *Sechs Abhandlungen über das Rechnen mit Spiegelungen: nebst Anwendungen auf die Geometrie der Bewegungen und auf die projektive Geometrie* (1893).³⁵ Publikationen Wieners über Themen der darstellenden Geometrie sind nicht bekannt.

Veröffentlichungen (Auswahl):

Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht erschienen.

³⁴Die nachfolgenden Informationen sind alle dieser Quelle entnommen.

³⁵Siehe: <http://www.catalogus-professorum-halensis.de/wienerhermann.html>.

- *Über Involutionen auf ebenen Kurven* (Dissertation, 1881)
- *Rein geometrische Theorie der Darstellung binärer Formen durch Punktgruppen auf der Geraden* (Habilitationsschrift, 1885)

6.1.2 Auswertung

Im Folgenden werden in dieser Reihenfolge die vorliegenden Daten zur Ausbildung, Lehr- und Forschungstätigkeit der Lehrenden der darstellenden Geometrie im 19. Jahrhundert ausgewertet. Die Daten zu den Ausbildungswegen (Abschnitt A.1) und zu den Lehrtätigkeiten (Abschnitt A.2) wurden in Tabelle 6.1 zusammengefasst; diese wird zuerst erläutert (Abschnitt A). In den Abschnitten A.1 und A.2 soll anhand einzelner Untersuchungen die Frage beantwortet werden, welche Qualifikationen an eine Lehrstelle für darstellende Geometrie zu verschiedenen Zeitpunkten im 19. Jahrhundert gebunden waren. Die jeweiligen Untersuchungsfragen und das -vorgehen werden zu Beginn jeder Untersuchungsdimension vorgestellt und begründet. Im Anschluss werden die in den vorangegangenen Abschnitten erstellten Publikationslisten der Lehrenden ausgewertet (Abschnitt B). In diesem Abschnitt soll ein Überblick darüber gegeben werden, ob und inwiefern die Lehrenden der darstellenden Geometrie wissenschaftliche Grundfunktionen aus dem Bereich der Forschung übernommen haben, um die Rolle der darstellenden Geometrie als Forschungsgegenstand bewerten zu können.

Tabelle 6.1: Übersicht über die Werdegänge (Ausbildung und Lehrtätigkeit) der Lehrenden der darstellenden Geometrie bis zur Übernahme ihrer Lehrstelle im 19. Jahrhundert

Institution	Lehrender	„Ausbildung“						„Lehrtätigkeit“				
		RS	PT	Gy	PS/TH	Uni	Diss	Habil	Lehrer	PS/TH	Uni	Lehrstelle DG
Berlin	<i>Pohlke</i>		2	1					+			1849-65
	Hertzer	+			2	1	+			+		1865/74-1909
	Hauck			+	+	+	3	4	1		2	1877-1905
Karlsruhe	<i>Schreiber</i>		+						+			1827-51
	Wiener, C.			+	5	1	3	4		2		1852-96
	Schur			+		+	+	+		2	1	1897-1909
München	<i>Desberger</i>		2	1					+		+	1827-35
	<i>Ulherr</i>				+				+			1853-59
	<i>Kleinfeller</i>	+			?	?			+			1859-68
	Klingensfeld	?		?	+				+			1868-80
	Marx	?		?	+	+	2		1			1880-86
	Burmester		+		+	+	+	3	1	2/4		1887-1912
Dresden	<i>Erlor</i>				+							1840-72
	Burmester	s. oben (München)										1872-87
	Rohn			+	+	+	+	+		2	1	1888-1904
Stuttgart	<i>v. Clavel</i>	?	1/3	?	2							1834-42
	<i>Gugler</i>			+	1/3	2/4	6		5/7			1843-80
	<i>Reuschle</i>			+	+	+	3		1	2/4		1880-93
	Mehmke	+			+	+	+			+		1894-1922
Hannover	Bargum	?	+	?	?	?	+					1856-58, 1860-63
	Stegemann	?	?	?	+	+	2			1		1858-60, 1863-72
	Bruns		+		+				+	+		1873-84
	Rodenberg	?	3	?	1	1	2		3	+		1884 -1922
Braunschweig	<i>Zincken-Sommer</i>				+	+	+			+		1866-84
	Müller	+			+	+	2		1/3			1885-1907
Darmstadt	<i>Schröder</i>		+									1839-62
	<i>Nell</i>	?	3	?		?	1	2	4		2	1864-72/73
	Sturm	+		+		+	+		+			1871-78
	Rodenberg	s. oben (Hannover)										1879-84
	Mehmke	s. oben (Stuttgart)										1884-94
	Wiener, H.			+	+	1/3	2	5	4	4	4	6

A Datensatz Ausbildung und Lehrtätigkeit

In Tabelle 6.1 sind die Werdegänge der Lehrenden der darstellenden Geometrie an höheren technischen Bildungsinstitutionen anhand einzelner Ausbildungs- und Karrierestationen dargestellt. In der Tabelle stehen in der ersten Spalte die Institutionen in chronologischer Reihenfolge nach den Gründungen ihrer Ursprungsinstitutionen. In der zweiten Spalte stehen die in den vorangegangenen Schilderungen vorgestellten Lehrenden der darstellenden Geometrie. In kursiver Schrift wurden alle Lehrer („L“) und deren Wirkungszeiträume dargestellt, die Lehrstuhlinhaber („LSI“) und deren Wirkungszeitraum stehen in normalem Schriftsatz in den entsprechenden Spalten. Zusätzlich fett gedruckt sind die Lehrpersonen, zu denen vollständige Datensätze vorliegen. Von der dritten bis zur achten Spalte sind mögliche Stationen der „Ausbildung“ der Lehrenden aufgenommen, die Spalten neun bis zwölf repräsentieren mögliche Lehrerfahrungen bzw. Qualifizierungsmaßnahmen für eine „Lehrtätigkeit“. In der 13. Spalte ist der jeweilige Wirkungszeitraum des jeweiligen Lehrenden als Lehrverantwortlicher für die darstellende Geometrie aufgeführt. Ein Statuswechsel während der Lehrtätigkeit (von einem Lehrer zu einem Lehrstuhlinhaber) wird durch einen Schrägstrich dargestellt; die Zuordnung zu der Gruppe der Lehrer oder der Lehrstuhlinhaber wurde durch den jeweiligen Schriftsatz verdeutlicht und aufgrund der längeren Tätigkeitsdauer in einer Position entschieden. Die Abkürzungen der dritten bis 13. Spalte in der zweiten Zeile stehen für folgende Stationen:

- „Ausbildung“

RS: Die Schulbildung wurde vollständig oder teilweise im „realistischen (Sekundar-)Schulwesen“ erworben, wozu an dieser Stelle sowohl Realschulen und Gewerbeschulen als auch andere Polytechnische Schulen außer denjenigen, die in dieser Arbeit primär betrachtet werden, gezählt werden.

PT: Eine „praktische Tätigkeit“ bzw. ein Beruf wurde gelernt und/oder ausgeübt.

Gy: Ein „Gymnasium“ wurde besucht oder abgeschlossen.

PS/TH: Eine der acht „Polytechnischen Schulen“, die sich im Laufe des 19. Jahrhunderts zu Technischen Hochschulen entwickelten und die in dieser Arbeit betrachtet werden, wurde besucht oder abgeschlossen.

Uni: Ein „Studium an einer Universität“ wurde teilweise oder vollständig absolviert.

Diss: Der Lehrende hat an einer Universität „promoviert“.

- „Lehrtätigkeit“

Habil: Der Lehrende hat sich an einer Universität oder einer höheren technischen Bildungsinstitution „habilitiert“.

Lehrer: Eine „Lehrtätigkeit an einer Schule“, d. h. des Sekundar-, Berufs- oder des technischen Schulwesens, wurde ausgeübt.

PS/TH: Eine „Lehrtätigkeit an einer der acht Polytechnischen Schulen“, die sich im Laufe des 19. Jahrhunderts zu Technischen Hochschulen entwickelten und die in dieser Arbeit betrachtet werden, wurde ausgeübt.

Uni: Eine „Lehrtätigkeit an einer Universität“ wurde ausgeübt.

Lehrstelle DG: Der Zeitraum, in welchem die „Lehrtätigkeit für das Fach darstellende Geometrie“ im vorangegangenen Abschnitt festgestellt wurde.

Alle Spalten, die Stationen enthalten, die dem traditionellen Zugang zu Universitätsprofessuren angehören, also dem etablierten, klassischen Gelehrtensystem bestehend aus Gymnasium und Universität und den darin zu erwerbenden Qualifikationsmöglichkeiten, wurden grau unterlegt. Für jeden Lehrenden wurde ein „+“ in den Spalten eingefügt, wenn derjenige diese Station durchlaufen hat, bevor er seine Lehrstelle für das Fach darstellende Geometrie angetreten hat. Wenn die Reihenfolge der Stationen in der Laufbahn eines Lehrenden von der Anordnung der Spalten abweicht, wurde die Reihenfolge durch Ziffern deutlich gemacht. In Fällen, in denen eine Station während einer Karriere mehrfach durchlaufen wurde, stehen mehrere Werte, die durch einen Schrägstrich getrennt wurden. In den Fällen, in denen Informationen

über bestimmte Stationen fehlen, steht ein „?“ . Am häufigsten betrifft dies die Daten zu den schulischen Ausbildungen der Lehrenden.

Des Weiteren sei an dieser Stelle angemerkt, dass auf die unterschiedlichen Status, die die Polytechnischen Schulen (betreffend die Spalte „PS/TH“) in verschiedenen Staaten zu verschiedenen Zeitpunkten hatten, nicht eingegangen wird: Zu verschiedenen Zeitpunkten im 19. Jahrhundert und auch in verschiedenen deutschen Staaten bzw. Ländern in dieser Zeit können die Polytechnischen Schulen o. Ä. hinsichtlich ihrer Stellung im gesamten Bildungssystem unterschiedlich bewertet werden – zum Beispiel nahmen die Polytechnischen Schulen in Bayern zwischenzeitlich, genau wie das Collegium Carolinum in Braunschweig, eine Zwischenstellung zwischen den sekundären und tertiären Bildungsgängen ein und in Stuttgart konnte man zeitweise die Polytechnische Schule dort mit einem „Real-Abitur“ abschließen, welches aber nicht zu einem Studium an einer Universität berechnete. Auf einige Besonderheiten, insbesondere bezogen auf die Zeit vor der Etablierung eines realistisch orientierten, höheren Sekundarschulwesens, wurde in Kapitel 4.3 schon eingegangen. Es geht an dieser Stelle darum festzustellen, ob bzw. welche Teile des technischen Bildungswesens allgemein an den Ausbildungen der Lehrenden der darstellenden Geometrie beteiligt waren.

Insgesamt umfasst Tabelle 6.1 28 Lehrende in 31 Stellen. Drei Lehrende (Burmester, Rodenberg und Mehmke) sind doppelt aufgeführt, weil sie im 19. Jahrhundert zwei Lehrstellen, in diesen Fällen Lehrstühle, für darstellende Geometrie innehatten; zunächst wird im Folgenden ihr Werdegang bis zu ihrer jeweils ersten Lehrstelle für darstellende Geometrie betrachtet. Neben denjenigen Lehrpersonen, die aus verschiedenen Gründen, wie sie im Vorangegangenen geschildert wurden (zu kurzer Wirkungszeitraum, fachfremde Lehrtätigkeit etc.), nicht betrachtet wurden, werden hier auch die Lehrenden Bauer und Reindl für München nicht aufgeführt, weil über sie keine Informationen vorliegen. Für 20 der 28 Lehrenden, denen eindeutig eine Lehrverantwortlichkeit für die darstellende Geometrie im 19. Jahrhundert zugeordnet werden kann und über die entsprechende Informationen vorliegen, sind die Datensätze vollständig.

A.1 Zur „Ausbildung“ der Lehrenden

Unter die Kategorie „Ausbildung“ fallen all diejenigen (Aus-)Bildungsschritte, die im sekundären und tertiären Bildungsbereich angesiedelt werden (siehe oben). Zusätzlich wird hier die Promotion im Sinne eines Promotionsstudiums einbezogen. Im Folgenden werden zunächst die durchlaufenen Bildungsgänge der Lehrenden der darstellenden Geometrie vollständig betrachtet und zwar mit dem Ziel, insbesondere im Vergleich zur etablierten Universitätsprofessorenkarriere, typische Werdegänge für eine solche Lehrstelle herauszustellen. Für die Technische Hochschule Berlin konnte Schröder wie bereits erwähnt eine zunehmende „Verlaufbahnung“ der Lehrstuhlkarrerien feststellen (vgl. König, 1981, 55). Die Verlaufbahnung einer Karriere repräsentiert im Grunde genommen einen Teil des Professionalisierungsprozesses einer Berufsgruppe: Ein Merkmal, das Schubring in seiner Untersuchung zur Professionalisierung des Mathematiklehrerberufes im 19. Jahrhundert für Professionen nennt, ist das Vorhandensein einer „formalisierten Ausbildung in institutionalisierter Form“ (vgl. Schubring, 1983, 14). Einen solchen Ausbildungsgang eigens für das Lehramt an höheren technischen Schulen für das Lehrfach der darstellenden Geometrie gab es zwar in der Regel nicht, es sollen aber mögliche institutionalisierte Ausbildungspendants ermittelt werden. Ob eine „Verlaufbahnung“ der (Hochschul-)Lehrerkarriere für die darstellende Geometrie stattgefunden hat, soll durch den Vergleich der Ausbildungsgänge der Lehrer, die zu früheren Zeitpunkten im 19. Jahrhundert, und der Lehrstuhlinhaber, die zu späteren Zeitpunkten im 19. Jahrhundert tätig waren, untersucht werden. Im Anschluss werden drei Einzelaspekte („Autodidakten“, „Praktiker“ und „Promovierte Lehrende“), die Aufschluss über typische Ausbildungsmuster der Lehrenden der darstellenden Geometrie geben sollen, untersucht.

Anzahl an Ausbildungsstationen Im sekundären und tertiären Bildungsbereich, also hier in der Kategorie „Ausbildung“, finden sich drei Stufen, die im 19. Jahrhundert die Voraussetzungen für eine Karriere als Universitätsprofessor stellten: die Absolvierung eines **Gymnasiums** als Voraussetzung

für ein **Studium an einer Universität**, welches wiederum die Voraussetzung für eine **Promotion** bildete. Durch die nachfolgenden Analysen sollen typische Ausbildungsstationen der Lehrenden der darstellenden Geometrie an einer höheren technischen Bildungsinstitution herausgearbeitet werden. Dabei werden sowohl die gesamte Gruppe der Lehrenden als auch die Lehrer und Lehrstuhlinhaber separat und im Vergleich zueinander betrachtet.

Von den 20 Lehrenden mit vollständigen Datensätzen durchliefen vier nur eine Ausbildungsstation, drei Lehrende zwei, zwei Lehrende drei Stationen und elf Lehrende durchliefen vier Stationen der Kategorie „Ausbildung“, bevor sie ihre Lehrstelle der darstellenden Geometrie antraten. Bei den vier Lehrenden, die nur **eine Station** durchlaufen haben, handelt es sich um Lehrer, und zwar Ulherr (München) und Erler (Dresden), die jeweils nur eine Polytechnische Schule besucht haben und Schreiber (Karlsruhe) und Schröder (Darmstadt), die jeweils nur praktisch tätig waren. Unter den drei Lehrpersonen, die **zwei Stationen** durchliefen, sind die Lehrer Pohlke (Berlin) und Desberger (München), die jeweils zuerst ein Gymnasium besucht hatten und danach einer praktischen Tätigkeit nachgegangen waren, und der Lehrstuhlinhaber Bruns (Hannover), der praktisch tätig war und danach eine Polytechnische Schule besuchte. Diejenigen die **drei Stationen** durchliefen waren Schur (LSI in Karlsruhe) und Zincke-Sommer (L in Braunschweig); letzterer hatte im Alter von 14 bis 16 Jahren selbst das Collegium Carolinum („PS/TH“) besucht und anschließend an einer Universität studiert und promoviert, Schur hingegen hat den klassischen Werdegang (Gymnasium – Universität – Promotion) durchlaufen.

Die größte Gruppe – mit elf von 20 Lehrenden – stellen diejenigen Lehrpersonen, die **vier Stationen** während ihrer Ausbildung durchliefen. Unter diesen waren neun Lehrstuhlinhaber, nur Gugler und Reuschle (beide Stuttgart) waren ausschließlich als Lehrer tätig. Sie absolvierten jeweils das Gymnasium, eine Polytechnische Schule, ein Studium an einer Universität und eine Promotion. Den gleichen Verlauf hatten die Ausbildungen der vier Lehrstuhlinhaber Hauck (Berlin), Wiener (Karlsruhe), Rohn (Dresden) und Wiener (Darmstadt). Nur Christian Wiener in Karlsruhe wich von der Reihenfolge Gymnasium – Polytechnische Schule – Universität – Promotion ab,

indem er ein einjähriges Aufbaustudium am Polytechnikum in Karlsruhe an seine Dissertation (und sogar an seine Habilitation) anschloss. Vier weitere Lehrstuhlinhaber (Hertzer, Mehmke, Müller und Burmester) durchliefen die gleichen letzten drei Stationen (Polytechnische Schule – Universität – Promotion), allerdings besuchten die ersten drei zuvor anstatt eines Gymnasiums eine Schule aus dem realistischen (Sekundar-)Schulwesen, Burmester war anstatt dessen vorher praktisch tätig gewesen. Zu diesem Ausbildungsverlauf können auch die drei Lehrstuhlinhaber Marx, Stegemann und Rodenberg gezählt werden, für die zwar Daten zur schulischen Ausbildung fehlen und somit die Gesamtzahl an Ausbildungstationen nicht ermittelt werden kann, die aber alle auch die Stationen Polytechnische Schule – Universität – Promotion durchliefen. Der letzte Lehrstuhlinhaber dieser Gruppe, Sturm (Darmstadt), studierte an einer Universität und promovierte dort auch (jeweils die dritte und vierte Station), besuchte zuvor aber sowohl eine Schule des realistischen (Sekundar-)Schulwesens als auch ein Gymnasium.

Insgesamt scheinen tendenziell mehr Ausbildungsschritte für eine Professur an einer Technischen Hochschule (oder an deren Vorgängern) notwendig gewesen zu sein als für eine solche an einer Universität, wofür in der Regel drei Ausbildungsstufen (Gymnasium – Universität – Promotion) nötig waren. Unter den sieben Lehrenden, die nur eine oder zwei Stationen durchliefen, war nur Bruns (Hannover) Lehrstuhlinhaber. Insbesondere anfänglich waren zum einen also keine einheitlichen und zum anderen keine klassischen Qualifikationen an eine Lehrposition für die darstellende Geometrie an einer höheren technischen Bildungsinstitution gebunden. Die beiden Lehrer, die zwei Stationen durchliefen, hatten zwar ein Gymnasium besucht, waren aber auch praktisch tätig gewesen; die anderen fünf besuchten eine Polytechnische Schule und/oder waren praktisch tätig.

Drei Stationen durchliefen jeweils ein Lehrstuhlinhaber und ein Lehrer (Sturm und Zincke-Sommer, s. oben). Sturm durchlief den klassischen Werdegang, Zincke-Sommer kombinierte hingegen eine höhere technische Ausbildung mit den klassischen Dimensionen Gymnasium und Universität. Mehr als die Hälfte der Lehrenden der darstellenden Geometrie, deren Datensätze vollständig sind, durchlief vier Stationen. Dabei besuchten alle eine Uni-

versität und hatten promoviert. Zehn dieser elf Lehrenden durchliefen eine Polytechnische Schule und eine Universität und hatten anschließend promoviert; sechs davon hatten zusätzlich vorher ein Gymnasium besucht, d. h. dass knapp über die Hälfte (elf von 20, inklusive Zincke-Sommer) der Lehrenden der darstellenden Geometrie mindestens einen Teil der klassischen Ausbildung für eine Universitätsprofessur absolviert und zusätzlich eine Polytechnischen Schule besucht hatte. Dieser Anteil bleibt annähernd gleich, wenn man zusätzlich die acht unvollständigen Datensätze mit einbezieht und sich auf die Betrachtung der tertiären Ausbildung beschränkt, für die die Daten mit Ausnahme Bargums und Nells vollständig sind: Darunter befinden sich die drei, weiter oben genannten, Lehrstuhlinhaber (Marx, Stegemann und Rodenberg), die ebenso die Stationen Polytechnische Schule – Universität – Promotion durchliefen, womit insgesamt 14 von 28 Lehrenden der darstellenden Geometrie im 19. Jahrhundert diese Kombination aus „neuer“ technischer und „alter“ klassischer Ausbildung absolvierten.

Autodidakten Für die darstellende Geometrie wird angenommen, dass sie, insbesondere in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, nur an höheren technischen Bildungsinstitutionen in einem Maß gelehrt wurde, dass man von einer vollständigen Behandlung der Disziplin sprechen kann.³⁶ Dementsprechend soll überprüft werden, wie viele Lehrpersonen der darstellenden Geometrie aufgrund des Besuchs einer Polytechnischen Schule o. Ä. diese Disziplin selbst institutionell gelernt haben (können).

Von den Datensätzen der 28 Lehrenden (16 LSI, zwölf L) der darstellenden Geometrie im 19. Jahrhundert sind drei Datensätze betreffend den Besuch einer Polytechnischen Schule unvollständig. Unter den 25 Lehrenden, über die sicher gesagt werden kann, ob sie ein Polytechnische Schule besucht hatten, sind 15 Lehrstuhlinhaber und zehn Lehrer. Sechs (zwei LSI, vier L) dieser 25 Lehrenden haben während ihrer eigenen Ausbildung keine Polytechnische Schule durchlaufen, waren im Bezug auf die darstellende Geometrie also ver-

³⁶Auch im Real-, niederen Gewerbeschul- und Zeichenschulwesen wurden Elemente der darstellenden Geometrie gelehrt. Für den betrachteten Kontext ist aber die vollständige, wissenschaftliche Behandlung der darstellenden Geometrie von Interesse, die, wenn überhaupt, nur an höheren technischen Bildungsinstitutionen realisiert wurde.

mutlich Autodidakten. Pohlke (L in Berlin) besuchte zwar die Kunstakademie in Berlin, ob und in welchem Umfang er dort auch mit der technischen Seite der darstellenden Geometrie in Kontakt kam, ist aber nicht bekannt.³⁷ Die beiden Lehrstuhlinhaber dieser Gruppe (Schur und Sturm) hatten jeweils die „klassischen Bildungsgänge“ (Gymnasium und Universität) durchlaufen und beide auch promoviert. Über Sturm schrieb Lorey in seinem Nachruf auf ihn auch, dass jenem die darstellende Geometrie bei Antritt seiner Professur „noch fremd“ war (vgl. Lorey, 1919, 290). Die vier Lehrer der darstellenden Geometrie, die keine Polytechnische Schule besucht hatten, waren die jeweils ersten Lehrer dieses Faches an den entsprechenden Institutionen: Schreiber (Karlsruhe), Desberger (München) und Schröder (Darmstadt) wurden jeweils kurz nach oder mit der Gründung der jeweiligen höheren technischen Bildungsinstitution eingestellt, Pohlke (Berlin) war zwar erst ab 1849 tätig, vorher hatte es die darstellende Geometrie aber nicht als eigenständiges Lehrfach gegeben (siehe den Abschnitt „Berlin“ im vorliegenden Kapitel und Kapitel 5). Alle vier waren aber vor ihrem Antritt praktisch tätig gewesen. Diese vier Lehrer der darstellenden Geometrie waren gezwungenermaßen Autodidakten, weil es zuvor keine Möglichkeiten gab, die darstellende Geometrie in ihrem vollem Umfang institutionell zu lernen. Bei den Lehrstuhlinhabern Schur und Sturm war ein technischer Werdegang unter Umständen gar nicht intendiert gewesen; sie beendeten ihre Karriere letztendlich auch an einer Universität (dazu im nachfolgenden Unterkapitel 6.2 mehr).

Praktiker In seiner Untersuchung der Lehrkörperstruktur der Technischen Hochschule Berlin im Zeitraum von 1879 bis 1945 konnte Schröder feststellen, dass der Anteil derjenigen Ordinarien, die ihre Erstberufung an die TH Berlin erhielten, erstaunlich hoch war; im Zeitraum zwischen 1879 und 1902 lag er bei 61% bis 71% (vgl. Schröder, 1979, 87–88). Schröder begründet diese hohen Anteile, die er im Übrigen auch anderen Technischen Hochschulen prophezeit, mit dem hohen Anteil berufener Praktiker, die in der Regel das erste Mal einen Ruf erhielten und deren Anteil im Untersuchungszeit-

³⁷Zumindest die Perspektive, als Teilgebiet der darstellenden Geometrie im weiteren Sinne, wird er dort vermittelt bekommen haben.

raum durchgängig bei circa einem Drittel lag. Einen weiteren Grund für die hohen Anteile der Berufungen „aus der Praxis“ liefert Zweckbronner für das Beispiel der Polytechnischen Schule in Stuttgart: Dort wurde bei der Gründung der Institution das Ziel der „Weitergabe nützlicher Kenntnisse“ und eine daran angepasste Unterrichtsmethode, die die „theoretischen Wissenschaften in unmittelbare Beziehung zur Gewerbstätigkeit“ setzte, festgelegt, weswegen Bewerber auf eine Lehrstelle bevorzugt wurden, die praktische Erfahrungen nachweisen konnten (vgl. Zweckbronner, 1987, 72–73). Schröder konnte darüber hinaus eine fächerspezifische Verteilung unter den Lehrenden in Berlin feststellen: „die Dominanz des ‚reinen‘ Praktikers sowie der Praktikergruppe insgesamt bei den technischen Fächern und die Vorherrschaft der Gruppe der ‚wissenschaftlichen Akademiker‘ bei den nichttechnischen Fächern“ (vgl. ebd., 89). Die höchsten Anteile der „Praktikergruppe“ an den Lehrstellen für einige technische Fächer liegen zwischen 49% und 80% (vgl. ebd., 89). Auch für die *École Polytechnique* hat Paul herausgearbeitet, dass die meisten Lehrenden dort ihre Lehrstelle erst antraten, nachdem sie längere Zeit als Zivil- oder Militäringenieur tätig waren (vgl. Paul, 1980, 288). Für die Lehrenden der darstellende Geometrie an den betrachteten deutschen höheren technischen Bildungsinstitutionen sollen die Anteile der Praktiker unter ihnen, Unterschiede dieses Anteils zwischen den beiden Positionen Lehrer oder Lehrstuhlinhaber und der Anteil derjenigen, die direkt aus der Praxis eingestellt bzw. berufen wurden, ermittelt werden.

In der vorliegenden Stichprobe kann bei 27 der insgesamt 28 Lehrenden eine Aussage darüber gemacht werden, ob diese vor ihrer Lehrtätigkeit im Bereich der darstellenden Geometrie praktisch tätig waren oder nicht. Insgesamt trifft ersteres auf zehn der 27 Lehrenden zu (vier LSI, sechs L). Damit liegt der Gesamtanteil bei 37%. Betrachtet man nur die Gruppe der zwölf Lehrer in der Stichprobe, von denen sechs praktisch tätig waren, ergibt sich ein Anteil von 50%. Von den 15 Lehrstuhlinhabern waren vier praktisch tätig gewesen, was einem Anteil von 27% entspricht.

Für die Betrachtung der Direkteinstellungen aus der Praxis müssen die 20 vollständigen Datensätze betrachtet werden. Unter ihnen wurden nur Schröder (Darmstadt) und von Clavel (Stuttgart) „direkt aus der Praxis“ eingestellt:

Schröder nachdem er als Schreiner tätig gewesen war und sein Unternehmen („Polytechnisches Institut“) gegründet hatte, von Clavel u.a. nach einer Tätigkeit als Architekt. Ansonsten könnte noch Schreiber (Karlsruhe) zu dieser Gruppe gezählt werden: Zwar hatte er schon Lehrerfahrungen, diese aber während seines Militärdienstes. Ähnliches gilt für Pohlke, der vor seiner Lehrtätigkeit in Berlin als Künstler tätig war, aber auch privaten Kunstunterricht gab.

Promovierte Lehrende Ein Dokortitel dokumentierte u.a. „die erbrachte wissenschaftliche Leistung seines Trägers und schuf eine der Grundvoraussetzungen für eine Universitätskarriere“ (vgl. Schröder, 1979, 60). Dies galt zwar ursprünglich nur im etablierten Gelehrtenwesen, an welches sich die höheren technischen Bildungsinstitutionen im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts aber anzugleichen suchten. Bei den Promotionen wird davon ausgegangen, dass die Daten aller 28 Lehrenden vollständig sind. Die Betrachtung der promovierten Lehrer soll vor allem Aufschluss darüber geben, ob eine zeitliche, also auch eine positionengebundene (L oder LSI) Entwicklung festzustellen ist. 14 der 16 Lehrstuhlinhaber der darstellenden Geometrie hatten an einer Universität promoviert, vier der zwölf Lehrer. Zwischen der Gruppe der Lehrer und derjenigen der Lehrstuhlinhaber ist also ein deutlicher Unterschied festzustellen. Auf die Themen, die die betreffenden Lehrpersonen in ihren Dissertationen behandelten, wird in Abschnitt B eingegangen. In zwei Fällen (Bargum und Stegemann in Hannover) schloss sich die betrachtete Lehrstelle für die darstellende Geometrie unmittelbar an die Promotion an, das heißt, dass keine weiteren Erfahrungen in der Form einer Lehrtätigkeit gesammelt wurden. Stegemann hatte aber vor seiner Promotion schon an der Polytechnischen Schule in Hannover als Lehrer gewirkt.

Zwischenfazit A.1

Es lassen sich, innerhalb der betrachteten Stichprobe, Unterschiede zwischen den Qualifikationen der Lehrer und Lehrstuhlinhaber feststellen: Letztere Gruppe durchlief tendenziell eine Ausbildungsstation mehr als ihre Kollegen an den Universitäten, mit Ausnahme von Bruns aber alle mindestens

drei. Ein großer Anteil aller betrachteten Lehrstuhlinhaber absolvierte vier Qualifikationsschritte, unter denen jeweils mindestens zwei „klassische Stationen“ waren. Für die Lehrstuhlinhaber lässt sich feststellen, dass die meisten einen Teil der klassischen Ausbildung (für eine Universitätsprofessur) absolvierten, zusätzlich aber meistens technische Ausbildungsschritte integrierten, sozusagen einen Werdegang der Art „klassisch plus“ durchliefen. Ein bis zwei Stationen durchliefen, bis auf Bruns, nur Lehrer. Man kann also tendenziell von einer Verlaubbahnung des Lehrerberufes für darstellende Geometrie sprechen.

Diese positionalen Unterschiede lassen sich auch durch den Anteil der promovierten Lehrenden bestätigen: Bei den Lehrern der darstellenden Geometrie waren diejenigen mit abgeschlossener Promotion mit einem Anteil von einem Drittel in der Minderheit, wohingegen eine abgeschlossene Promotion bei den Lehrstuhlinhabern mit einem Anteil von 87,5% eher der Regelfall war. Die Promotion stellte im Kontext der darstellenden Geometrie zunächst aber eher einen formalen Nachweis, als dass sie einen Hinweis darauf liefert, dass im Bereich der darstellenden Geometrie vertiefend geforscht wurde, weil diese Disziplin an den Universitäten nicht vertreten war. Über den Beitrag, den die Lehrenden durch ihre Promotionsarbeiten zur Forschung im Bereich der darstellenden Geometrie geleistet haben, gibt der nachfolgende Abschnitt B Aufschluss.

Des Weiteren die Autodidakten in der Minderheit, was darauf zurückzuführen ist, dass die klassischen Qualifikationen häufig mit dem Besuch einer höheren technischen Bildungsanstalt kombiniert wurden. Der Anteil der Autodidakten ist bei den Lehrern größer (vier von zehn im Gegensatz zu zwei von 15 bei den LSI), was sich aber leicht mit dem Fehlen vorhandener Institutionen erklären lässt. Diese vier Lehrer waren aber zuvor in Bereichen praktisch tätig, in denen die darstellende Geometrie Anwendung gefunden haben könnte. Den beiden Lehrstuhlinhabern, die Autodidakten der darstellenden Geometrie waren, war die darstellende Geometrie beim Antritt ihrer Lehrstelle wahrscheinlich wirklich fremd.

Für die gesamte Gruppe der Lehrenden der darstellenden Geometrie konnte das „Praktikerdrittel“ nachgewiesen werden, der Anteil der Praktiker unter

den Lehrern ist erwartungsgemäß höher, aber auch bei den Lehrstuhlinhabern beträgt er immerhin 27%. Insgesamt ist die Gruppe der „wissenschaftlichen Akademiker“, womit an dieser Stelle diejenigen Lehrpersonen gemeint sind, die mindestens eine Universität besucht und dort auch promoviert haben, mit 49% höher. Der Anteil der „Nicht-Praktiker“, unabhängig davon, welche weiteren Ausbildungsstationen sie durchliefen, beträgt 63%. Tendenziell weisen die Lehrenden der darstellenden Geometrie also ähnliche Tendenzen auf wie die Lehrenden der nicht-technischen Fächer bezogen auf Berlin und Schröders Untersuchung.

A.2 Zu den Lehrerfahrungen der Lehrenden

Es wird davon ausgegangen, dass die Daten der Kategorie „Lehrtätigkeit“ für die 28 Lehrenden der darstellenden Geometrie im 19. Jahrhundert vollständig sind. Auf den ersten Blick fällt bei Betrachtung der Übersichtstabelle 6.1 auf, dass diese Qualifizierungsschritte von den Lehrenden der darstellenden Geometrie insgesamt seltener durchlaufen wurden, dass sich aber die Anzahlen an durchlaufenen Stationen im Laufe des 19. Jahrhunderts für jede Institution erhöhen. Zuerst soll ein allgemeiner Überblick über die Lehrerfahrungen der Lehrenden der darstellenden Geometrie gegeben werden, um den Stellenwert nachgewiesener Lehrerfahrungen für die Besetzung von Lehrstellen für die darstellende Geometrie beurteilen zu können. Im Anschluss werden drei Einzelaspekte (klassische Anteile, Hausberufungen und Hauskarrieren) betrachtet.

Lehrerfahrungen Von den 28 Lehrenden der darstellenden Geometrie waren 25 vor dem Antritt ihrer Lehrstelle für darstellende Geometrie lehrend tätig gewesen – nur die beiden Lehrer, Erler und Schröder nicht, die „direkt aus der Praxis berufen“ wurden, sowie von Clavel, der nach seinem Studium an der Polytechnischen Schule in Stuttgart dort Lehrer wurde. Die meisten Lehrenden der darstellenden Geometrie, 17 von 28, waren vor ihrer Tätigkeit an einer „anderen Schulform“ als an einer der acht Polytechnischen Schulen oder einer Universität tätig (Spalte „Lehrer“), zehn von diesen ausschließlich. Von den übrigen sieben waren vier nur noch zusätzlich an einer der acht Poly-

technischen Schulen tätig, zwei (Nell und Hauck) nur noch an einer Universität und allein H. Wiener an allen drei Gruppen von „Lehranstalten“. Vor dem Antritt der betrachteten Lehrstelle der darstellenden Geometrie waren fünf Lehrende (Hertzer, Stegemann, C. Wiener, Mehmke und Zincke-Sommer) ausschließlich an einer der acht betrachteten Polytechnischen Schulen Lehrer.

An nur einer Institution vorher lehrend tätig waren also insgesamt 15 Lehrende, darunter sieben Lehrer (Pohlke, Schreiber, Desberger, Ulherr, Kleinfeller, Gugler und Zincke-Sommer) und acht Lehrstuhlinhaber (Hertzer, C. Wiener, Klingensfeld, Marx, Stegemann, Mehmke, Müller und Sturm). Sechs der jeweils letzten Lehrstuhlinhaber des 19. Jahrhunderts an den acht höheren technischen Schulen, bzw. bis dahin meistens Technischen Hochschulen, konnten – mit Ausnahme Mehmkes und Müllers – jeweils Lehrerfahrungen an zwei Institutionsformen nachweisen (Hauck, Schur, Burmester, Rohn, Rodeberg und H. Wiener). Gleiches gilt für die Lehrer Bruns (Hannover) und Nell (Darmstadt).

Klassische Anteile Zu den „klassischen Elementen“ der Kategorie „Lehr-tätigkeit“ zählen die Habilitation und die Lehrerfahrung an einer Universität. Insgesamt haben sich sieben (sechs LSI und ein L) der 28 Lehrenden der darstellenden Geometrie habilitiert und zwar alle an einer Universität (Hauck, C. Wiener, Schur, Burmester, Rohn, Nell und H. Wiener). In fünf der sieben Fälle war der jeweilige Lehrende zuvor auch an einer Universität lehrend tätig gewesen, nur für Burmester (Dresden und München) und Wiener (Karlsruhe) gilt dies nicht. Keiner der 28 Lehrenden hat nur diese beiden „klassischen“ Etappen der Kategorie „Lehrtätigkeit“ durchlaufen, in allen Fällen kam jeweils eine weitere Lehrtätigkeit hinzu: in drei Fällen eine Lehrtätigkeit an einer der acht betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen und in jeweils zwei Fällen eine Lehrtätigkeit an einer anderen Schulform (Spalte „Lehrer“) bzw. beides. Des Weiteren haben nur der jeweils zeitlich letzte oder der jeweils zeitlich letzte und vorletzte Lehrstuhlinhaber an einer Technischen Hochschule im 19. Jahrhundert diese Schritte des klassischen Gelehrtensystems durchlaufen – nur Nell als einziger Lehrer der

Gruppe etwas früher.

Hausberufungen Qualifiziertes Personal für die Lehre der darstellenden Geometrie an den höheren technischen Bildungsinstitutionen zu finden, gestaltete sich im 19. Jahrhundert besonders schwierig. Die „komplizierte Lehrkräftesituation“ resultierte aus dem geringen „Reservoir“ an Vertretern der darstellenden Geometrie, da diese an den Universitäten in der Regel nicht vertreten war, so dass insbesondere im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts teilweise „erhebliche finanzielle Aufwendungen“ bei den Besetzungen der Lehrstühle für darstellende Geometrie nötig wurden (vgl. Hensel, 1989, 399). Hensel nennt in diesem Zusammenhang das Beispiel der Nachfolge Bruns in Hannover: Burmester lehnte diese Stelle ab, weil ihm in Dresden für sein Bleiben eine Gehaltserhöhung angeboten wurde; für die Berufung Rodenbergs war der Kultusminister dann bereit hohe finanzielle Zusagen zu machen (vgl. ebd., 399). Vor allem in den ersten Jahrzehnten des Bestehens können Hausberufungen dem Mangel an geeigneten Lehrkräften entgegengewirkt haben.

Insgesamt waren zwölf der 28 betrachteten Lehrenden vor dem Antritt ihrer Lehrstelle im Fach darstellende Geometrie an einer der acht Polytechnischen Schulen, teilweise noch zusätzlich an einer anderen Schulform, lehrend tätig. Zehn von diesen zwölf waren Lehrstuhlinhaber der darstellenden Geometrie, Reuschle und Zincke-Sommer waren Lehrer. Bei wiederum acht dieser zwölf Stellenbesetzungen (die beiden Lehrer und sechs von zehn LSI) handelte es sich um Hausberufungen bzw. -einstellungen. Die beiden „Haus-einstellungen“, Reuschle und Nell, wurden später auch auf Lehrstühle in der jeweils gleichen Institution berufen, Nell zunächst für ein Jahr auf den Lehrstuhl der darstellenden Geometrie in Darmstadt, dann aber auf denjenigen für Mechanik und Reuschle auf den Lehrstuhl für Mathematik in Stuttgart.

„Hauskarrieren“ Unter einer Hauskarriere wird an dieser Stelle eine Laufbahn verstanden, die vollständig an eine Institution, in diesem Fall an eine höhere technische Bildungsanstalt, gebunden war, d. h., dass der entsprechende Lehrende sowohl als Schüler bzw. Student eine höhere technische Schule besuchte als auch bereits lehrend an einer solchen in einer niedrigeren Po-

sition tätig war.³⁸ Unter den betrachteten darstellenden Geometern gibt es einen solchen Karriereverlauf nur im Falle Erlers in Dresden, der direkt nach seinem eigenen Studium dort als Hilfslehrer angestellt wurde. Auch Bruns' Werdegang (Hannover) war nah an einer vollständigen Hauskarriere. Bruns hatte als Schüler selbst die Höhere Gewerbeschule in Hannover besucht und war dort viele Jahre lehrend tätig gewesen, bevor er auf den Lehrstuhl für darstellende Geometrie berufen wurde; parallel war er aber auch Lehrer an einer Handwerker- und einer Höheren Bürgerschule.

Für neun (sechs LSI und drei L) der 26 Lehrenden, über die aufgrund der Datenlage eine solche Aussage gemacht werden kann, gilt aber, dass sie selbst Schüler bzw. Student an der Institution waren, an welcher sie später als Lehrender der darstellenden Geometrie tätig waren. Darunter ist auch Christian Wiener, für den dies nur eingeschränkt gilt, weil er ein Jahr vor seiner Berufung in Karlsruhe dort ein Aufbaustudium absolvierte.

Einen „Spezialfall“ der Hauskarriere bildet die „bayerische Karriere“. In Bayern hatte es bis 1868 drei Polytechnische Schulen gegeben. Die Polytechnischen Schulen in Augsburg und Nürnberg werden in Tabelle 6.1 in der Spalte „Lehrer“ als „weitere Schulformen“ geführt. Ulherr, Kleinfeller und Klingefeld hatten als Schüler alle jeweils eine der drei bayerischen Polytechnischen Schulen besucht und waren vor dem Antritt ihrer Stelle in München nur noch in Augsburg oder Nürnberg lehrend tätig. Zwar gilt dies nicht für Marx, der u.a. an der Universität Leipzig studiert hatte, der aber aufgrund seiner bayerischen Herkunft von Bauernfeind,³⁹ der während seiner Wirkungszeit in München eine „bayerische Berufungspolitik“ verfolgte, trotz fehlender akademischer Qualifikationen für die Nachfolge Klingefelds präferiert wurde (Hashagen, 1993, 63–64).

³⁸Schröder definiert eine Hauskarriere (oder „Ochsentour“) als Laufbahn, während welcher ein Lehrender die Stufen Privatdozent, Extraordinarius und Ordinarius innerhalb einer Institution durchläuft (vgl. Schröder, 1979, 87).

³⁹Karl Maximilian von Bauernfeind (1818–1894) war seit 1846 Lehrer an der Polytechnischen Schule in München und leitete diese Institution auch mehrere Jahre.

Zwischenfazit A.2 und Zusammenhänge mit A.1

Die Verlaubbahnung der Lehrerkarrieren der darstellenden Geometrie durch die Orientierung am klassischen Werdegang (Habilitation und Lehrerfahrung an einer Universität) setzte sich nur eingeschränkt bis zum Ende des 19. Jahrhunderts fort. Dies betraf nur eine kleine Gruppe und jeweils nur die vorletzten und/oder letzten Lehrstuhlinhaber. Fünf von den sieben Lehrenden, die sich an einer Universität habilitiert hatten, hatten im Ausbildungsbereich einen Werdegang der Art „klassisch plus“ absolviert. Von der Möglichkeit, sich an einer Technischen Hochschule zu habilitieren, haben die darstellenden Geometer keinen Gebrauch gemacht.

Die Selbstrekrutierungsquote unter den Lehrenden für darstellende Geometrie ist insgesamt relativ gering. Zwar war mehr als ein Drittel der Lehrenden der darstellenden Geometrie selbst Schüler an der jeweiligen Institution gewesen, aber Hausberufungen (weniger als ein Viertel) oder Hauskarrieren waren selten. Die Betrachtung der vorherigen Tätigkeiten als Lehrer zeigt aber, dass eine allgemeine Lehrerfahrung bei der Besetzung der Lehrstellen und -stühle der darstellenden Geometrie als wichtig erachtet wurde. Wie in den Abschnitten zur „Ausbildung“ der Lehrenden bereits geschildert wurde, war eine Anstellung direkt nach der Promotion oder aus der Praxis, also ohne weitere Lehrerfahrung, selten (zwei bekannte Fälle für den ersten und ein bekannter Fall für den zweiten Karriereverlauf). Erst im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts begann man erfolgreich Lehrstuhlinhaber der darstellenden Geometrie von anderen Technischen Hochschulen zu berufen (Burmester von Dresden nach München, Mehmke von Darmstadt nach Stuttgart und Rodenberg von Darmstadt nach Hannover), vorher war dies aufgrund des Entwicklungsstadiums des höheren technischen Bildungswesen schlichtweg nicht möglich gewesen.

Von den 14 Lehrenden, die die Werdegänge der Art „klassisch plus“ im Ausbildungsbereich durchliefen (hierzu zählen mit Ausnahme Sturms diejenigen zehn, die vier Ausbildungsstationen absolvierten, Zincke-Sommer, der drei Stationen durchlief und die drei Lehrstuhlinhaber Marx, Stegemann und Rodenberg, denen aufgrund unvollständiger Daten keine Gesamtzahl an Aus-

bildungstationen zugeordnet werden konnte), waren zehn vor dem Antritt ihrer Lehrstelle für die darstellende Geometrie auch an einer der acht höheren technischen Schulen lehrend tätig: zwei von den drei Lehrern der Gruppe und acht von den elf Lehrstuhlinhabern. Somit kann zehn von 28 Lehrenden der darstellenden Geometrie im 19. Jahrhundert ein Ausbildungsmuster zugeordnet werden: Klassische Ausbildungselemente wurden mit dem Studium und der Lehrtätigkeit an einer der acht (höheren) Polytechnischen Schulen kombiniert. Die übrigen vier Lehrenden der Gruppe Werdegang „klassisch plus“ waren an anderen Institutionen lehrend tätig gewesen: Klingefeld und Gugler an der Polytechnischen Schule in Nürnberg, Hauck an einer Universität und Müller an einem Gymnasium.

Unter den restlichen 14 Lehrenden der darstellenden Geometrie sind die Direkteinstellung aus der Praxis (Schröder) und nach der Promotion (Bargum), die dementsprechend keine Lehrerfirmungen nachweisen konnten. Von den übrigen zwölf ist sieben Lehrenden gemeinsam, dass sie nur an einer Schule (Spalte „Lehrer“) lehrend tätig waren, weitere drei zusätzlich noch an einer Universität oder einer Polytechnischen Schule. Übrig bleiben Erler (Dresden), der direkt nach dem eigenen Besuch der Polytechnischen Schule als Lehrer für darstellende Geometrie angestellt wurde, und von Clavel (Stuttgart), der aus der Praxis berufen wurde. Beide verfügten nicht über Lehrerfirmungen vor dem Antritt ihrer Lehrstelle für darstellende Geometrie.

B Zur Forschungstätigkeit

Anhand der in Kapitel 6.1.1 erstellten Publikationslisten soll nun die Forschungstätigkeit der Lehrenden der darstellenden Geometrie in diesem Bereich ermittelt werden. Es soll festgestellt werden, ob und inwiefern die wissenschaftlichen Funktionsträger ausgewählten Forschungsfunktionen nachkamen: der Veröffentlichung von angewandter und/oder Grundlagenforschung im Rahmen von Dissertationen oder von Publikationen in Fachzeitschriften. Des Weiteren werden die Kodifizierungsleistungen durch die Veröffentlichung von Lehrwerken betrachtet. Die wenigen Habilitationsschriften werden nicht

einzelnen betrachtet.⁴⁰ Für vier der 28 betrachteten Lehrenden der darstellenden Geometrie liegen keine Publikationslisten vor (v. Calvel, Erler, Bargum und Bruns). Von den restlichen 24 haben neun keine Aufsätze oder Lehrbücher zu Themen der darstellenden Geometrie veröffentlicht, und zwar die Lehrer Ulherr, Kleinfeller, Reuschle, Zincke-Sommer, Schröder und Nell und die Lehrstuhlinhaber Schur, Stegemann und H. Wiener. Somit hat knapp über die Hälfte (15 von 24) der Lehrenden zu Themen der darstellenden Geometrie publiziert.

Dissertationen Wie im Vorangegangenen bereits festgestellt wurde, hatten 87,5% der Lehrstuhlinhaber und ein Drittel der Lehrer der darstellenden Geometrie an einer Universität promoviert – bezogen auf die gesamte Gruppe der Lehrenden entspricht dies einem Anteil von 64,3%. Von den insgesamt 18 Dissertationen sind für zwei die Themen nicht bekannt (Bargum und Stegemann in Hannover). Die anderen 16 lassen sich folgendermaßen kategorisieren: Acht Arbeiten beschäftigen sich mit Themen der Geometrie (Marx, Gugler, Sturm, H. Wiener, Rohn, Mehmke, Müller und Rodenberg), zwei weitere im weitesten Sinne mit der projektiven Geometrie (Hertzer und Schur), C. Wiener schrieb vermutlich über die Kinematik und Zincke-Sommer über Optik. Drei Dissertationen behandeln Themen der darstellenden Geometrie – von den Lehrstuhlinhabern Hauck und Burmester und des Lehrers Reuschle. Nells Dissertation kann dem Gebiet der Geodäsie zugeordnet werden. Aufgrund des Titels („Chartenprojektion“) wird aber angenommen, dass es sich um eine Anwendung der darstellenden Geometrie handelte, also eventuell um einen Beitrag zur angewandten Forschung des „äußeren Funktionskreises“ des Wissenschaftsmodells (vgl. Schröder, 1979, 51–52).

Die drei Dissertationen, die sich mit der darstellenden Geometrie beschäftigen, können der Grundlagenforschung, dem inneren Funktionskreis, zugeordnet werden. Hauck wandte den Satz von Pohlke auf die Perspektive an,

⁴⁰Von den sieben Habilitationsschriften, die von Lehrenden der darstellenden Geometrie verfasst wurden, behandeln vier Themen aus dem Bereich der Geometrie (C. Wiener, Schur, Rohn und H. Wiener). Die Titel der Habilitationsschriften Haucks und Burmesters sind nicht bekannt und im Falle Nells wird die Dissertationsschrift, die im Nachfolgenden thematisiert wird, auch als Habilitationsschrift geführt.

Burmester entwickelte die Beleuchtungslehre weiter und Reuschle beschäftigte sich mit der Funktion sogenannter „Deck-Elemente“. Bei diesen Deckelementen handelt es sich um Projektionen und Spuren verschiedener Gebilde, deren Grund- und Aufriss identisch sind. Reuschle verweist in seinem Vorwort auf Fiedler und Pohlke, die diese Elemente auch erwähnen und verwenden; er stellte in seiner Arbeit ihre „prinzipielle Rolle“ für die darstellende Geometrie in der Form von „Fundamentalsätzen“ heraus (vgl. Reuschle, 1882).⁴¹ Im Prinzip inspirierte Pohlke zwei von drei Dissertationen (mit).

Publikationen in Fachzeitschriften Nur sieben der 24 Lehrenden, von denen Publikationslisten vorliegen, und zwar nur Lehrstuhlinhaber (die Hälfte derjenigen 14, die in der Stichprobe enthalten sind), veröffentlichten Aufsätze zu Themen der darstellenden Geometrie in verschiedenen Fachzeitschriften. Tendenziell scheint also der Beitrag der Lehrenden der darstellenden Geometrie zur angewandten und Grundlagenforschung sowie zusätzlich zum allgemeinen wissenschaftlichen Diskurs relativ gering gewesen zu sein. Insgesamt handelt es sich bei den Publikationen der Lehrenden der darstellenden Geometrie hauptsächlich um Veröffentlichungen in mathematischen Fachzeitschriften.

Hauck veröffentlichte primär Aufsätze über die (orthogonale) Parallelprojektion in mathematischen Zeitschriften, vor seiner Lehrtätigkeit in Berlin auch einen Aufsatz im *Korrespondenzblatt für die Gelehrten- und Realschulen Württembergs* über die „Methodik der deskriptiven Geometrie“. **C. Wiener** publizierte Aufsätze über die Entstehung und Darstellung von Kurven in der *Zeitschrift für Mathematik und Physik*, **Schur** etwas über den Satz von Pohlke im *Journal für reine und angewandte Mathematik* und **Burmester** einen Aufsatz über die Parallelprojektion von Schraubenflächen und deren Schatten in der *Zeitschrift für Mathematik und Physik* und über die Theaterperspektive in der *Allgemeinen Bauzeitung*. **Mehmke** veröffentlichte in der *Zeitschrift für Mathematik und Physik* einen Aufsatz zur Schattenkonstruktion und zwei zur Konstruktion von Schmiegungebenen und -kugeln, zwei weitere über die

⁴¹Die Dissertation Reuschles ist frei zugänglich unter <https://goobi.tib.eu/viewer/image/865175098/6/>.

darstellende Geometrie in Räumen von vier oder mehr Dimensionen u.a im *Archiv für Mathematik und Physik* und im Ruhestand eine wahrscheinlich didaktisch geprägte Schrift in den *Unterrichtsblättern für Mathematik und Naturwissenschaften*. Bei den genannten Publikationen der Lehrstuhlinhaber handelt es sich bis auf den letztgenannten Aufsatz von Mehmke um Beiträge zur Grundlagenforschung in der darstellenden Geometrie. Bei der einzigen (bekannten) Veröffentlichung **Rodenbergs** („Ableitung der Polareigenschaften algebraischer Mannigfaltigkeiten auf darstellend-geometrischen Wege“) in den *Mathematischen Annalen* werden darstellend-geometrische Methoden auf andere Gebiete der Mathematik angewandt, aber auch hier handelt es sich, nach dem Verständnis von Schröder (1979), um Grundlagenforschung. **Müllers** einzige Veröffentlichung über orthogonal parallelprojizierte Rotationsflächen in der *Zeitschrift für Mathematik und Physik* erschien vor seiner Lehrtätigkeit in Braunschweig. Folglich scheint eine ausgewiesene Publikationstätigkeit im Bereich der darstellenden Geometrie bei den Besetzungen der Lehrstühle tendenziell keine Rolle gespielt zu haben.

Kodifizierungsleistungen durch Lehrbücher Am häufigsten veröffentlichten die Lehrenden der darstellenden Geometrie Lehrbücher zu diesem Thema. Dies gilt für die drei Lehrer Pohlke, Schreiber und Gugler (von zehn L der Stichprobe) und die neun Lehrstuhlinhaber Hertzner, Hauck, Wiener, Klingensfeld, Marx, Burmester, Rohn, Müller und Sturm (von 14 LSI der Stichprobe). Durch die Veröffentlichung von Lehrwerken zu einem Thema trugen die jeweiligen Funktionsträger zur „Kodifizierung des Wissens in Form von standardisierten und möglichst auch didaktisch aufbereiteten Instrumenten der Wissens- und Technikproduktion“ bei (vgl. Schröder, 1979, 52), also auch zur Verbreitung einer Disziplin bei. Der Innovationsgehalt dieser Lehrwerke und die darin behandelten Themen wurden in Kapitel 3 und in den vorangegangenen Schilderungen in Kapitel 6.1.1 bereits vorgestellt. Deswegen sei an dieser Stelle auf Kapitel 3.4 verwiesen, in welchem Entwicklungstendenzen der Lehrbuchinhalte zur darstellenden Geometrie herausgearbeitet wurden. Dort wurden (fast) alle Autoren, die der vorliegenden Stichprobe angehören, bereits betrachtet.

Die Ergebnisse dieses Kapitels lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Zuerst stand in den Lehrbüchern zur darstellenden Geometrie das Grund- und Aufrissverfahren, aber im Vergleich zum französischen Ursprung, in einer didaktisch reduzierten Variante im Vordergrund und die Perspektive und Schattenkonstruktionen wurden als Anwendungsgebiete der darstellenden Geometrie aufgefasst (z. B. Schreiber 1839/43, Gugler 1841 und Klingefeld 1851, 1854, 1868, aber auch später Sturm 1874/1900). Hauptsächlich nach der Jahrhundertmitte war ein weiteres Verständnis der darstellenden Geometrie in den Lehrbüchern vorherrschend, das heißt, die drei Standardprojektionsmethoden (schräge und orthogonale Parallelprojektion und Zentralprojektion) wurden zusammen mit den als gleichwertig angesehenen Methoden aus dem anfänglich so wahrgenommenen Bereich der „angewandten darstellenden Geometrie“ (insbesondere die Beleuchtungslehre und die Axonometrie) behandelt (z. B. Pohlke 1860 und Klingefeld 1876). Im letzten Drittel des Jahrhunderts wurden die Inhalte, die in den Lehrbüchern der darstellenden Geometrie behandelt wurden, noch ausgeweitet, indem neben Elementen der projektiven Geometrie auch Darstellungsverfahren integriert wurden, die mehrere Projektionsmethoden kombinieren (wie z. B. die Photogrammetrie oder die Reliefperspektive). Es entstanden Kompendien, die den Stand der Wissenschaft vollständig beinhalten (z. B. Wiener 1884/87 und Rohn & Papperitz 1893-1921). Zuletzt ist, vornehmlich gegen Ende des 19. Jahrhunderts, in einigen Werke eine „Rückbesinnung“ auf bestimmte Inhalte zu beobachten: Das Grund- und Aufrissverfahren wird wieder stärker fokussiert, Elemente der projektiven Geometrie werden reduziert und in Einzelwerken werden bestimmte Inhalte separat thematisiert (z. B. Schreiber 1854, 1874, Hertzner 1868, 1875, 1900, Burmester 1875, 1883, Müller 1899-1917 und Hauck 1910, 1912).

Zwischenfazit B

Von denjenigen, von denen im 19. Jahrhundert am ehesten Forschungsbeiträge zur darstellenden Geometrie erwartet werden konnten, den Lehrenden dieses Faches an den höheren technischen Schulen, ging insgesamt nur ein

geringer Beitrag zur Weiterentwicklung der darstellenden Geometrie aus. Es wurde im Vorangegangenen versucht, den Beitrag der darstellenden Geometer zur – im weitesten Sinne – Forschung in diesem Bereich anhand der Anzahl verschiedener Publikationsarten zu messen. Nur Burmester und Hauck hatten sowohl zu einem Thema der darstellenden Geometrie promoviert, einiges dazu in Fachzeitschriften veröffentlicht und Lehrwerke verfasst, die jeweils auch Einzelthemen vertiefend behandelten. C. Wiener und Müller beteiligten sich, wenn auch minimal, an der Verbreitung von Forschungsergebnissen im Bereich der darstellenden Geometrie in Fachzeitschriften und verfassten Lehrbücher zu diesem Thema. Alle sieben Autoren, die in Fachzeitschriften über die darstellende Geometrie publizierten, beteiligten sich dabei an der Grundlagenforschung. Angewandte Forschung im Bereich der darstellenden Geometrie könnte im Bereich der Technikwissenschaften (insbesondere im Bau- und Maschineningenieurwesen) eine Rolle gespielt haben.

Dass nur Lehrstuhlinhaber überhaupt im Bereich der darstellenden Geometrie Aufsätze in Fachzeitschriften veröffentlichten, bestätigt Hensels Aussage, dass die Lehrer der Mathematik an Technischen Hochschulen im Allgemeinen, wenn man die darstellenden Geometer dazu zählt, „in der Regel [...] keine Forschung betrieben“ (vgl. Hensel et al., 1989, 13). Die Lehrer, die tätig waren, bevor es Lehrstühle für darstellende Geometrie gab, übernahmen also weniger wissenschaftliche Grundfunktionen als die ihnen nachfolgenden Lehrstuhlinhaber. Unter den Lehrern der darstellenden Geometrie im 19. Jahrhundert veröffentlichten nur Schreiber, Pohlke und Gugler Lehrbücher, so dass auch im Bereich der Kodifizierungsleistungen der Beitrag der Lehrer gering war. An einen Lehrer für darstellende Geometrie scheint tendenziell nicht der Anspruch gestellt worden zu sein, dass dieser forschend oder publizierend tätig war.

Unter den Lehrstuhlinhabern des 19. Jahrhunderts ändert sich die Situation zwar, weil sie sich vermehrt zumindest an der Wissenskodifizierung durch Lehrbücher beteiligten und Publikationen in Fachzeitschriften beitrugen, insgesamt betrifft vor allem letzteres aber nur wenige darstellende Geometer. Insbesondere hatte sich, mit Ausnahme Haucks und Müllers, keiner der Lehrenden der darstellenden Geometrie vor dem jeweiligen Antritt der Lehrstel-

le als Forscher in diesem Bereich durch Publikationen in Fachzeitschriften ausgewiesen – auch für Hauck und Müller trifft dies im Grunde genommen nicht zu, da sie jeweils nur einen Aufsatz vor dem Antritt ihrer Lehrstelle für darstellende Geometrie zu diesem Thema veröffentlicht hatten. Eine Betrachtung der gesamten Publikationen der Lehrenden der darstellenden Geometrie könnte Rückschlüsse darüber möglich machen, ob die Lehrenden sich überhaupt am wissenschaftlichen Diskurs in Fachzeitschriften beteiligten und in welchen Fachgebieten. Für die Geometer an der *École polytechnique* konnte Paul beispielsweise feststellen, dass sie „[...] außerdem noch starkes Interesse in angewandte und technische Disziplinen besaßen“ (Paul, 1980, 288). Unter den Lehrenden an den betrachteten deutschen höheren technischen Bildungsinstitutionen im 19. Jahrhundert haben zum Beispiel Burmester, Müller, C. Wiener und in geringerem Ausmaß auch Rodenberg einen Beitrag zur Kinetik geleistet. Größer ist aber die Anzahl derjenigen, die sich im Bereich der reinen Mathematik, vornehmlich der synthetischen Geometrie, verdient gemacht haben; hierzu zählen z. B. Schur, Rohn, Mehmke, Sturm und H. Wiener. Es scheint, als hätte es im Prinzip zwei Schulen von darstellenden Geometern gegeben: Die „Techniker“ und die „reinen Geometer“.

Vor allem im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts vermehren sich die Publikationen von Lehrbüchern zur darstellenden Geometrie, was sich teilweise mit dem Aufkommen neuer Darstellungsmethoden und Teilbereiche erklären lässt. Von den betrachteten deutschen Lehrenden der darstellenden Geometrie sind beispielsweise folgende Impulse ausgegangen: Pohlke trug den Fundamentalsatz zur Axonometrie bei, Burmester Neues zur Reliefperspektive und zur Beleuchtungslehre, Wiener lieferte eine neue Systematisierung des Grund- und Aufrissverfahrens, Mehmke beschäftigte sich beispielsweise mit der darstellenden Geometrie in höheren Räumen. Es hat also Innovationen und Erweiterungen der darstellenden Geometrie gegeben, an diesen war aber nur ein kleiner Teil der Gruppe der hier betrachteten deutschen Lehrenden beteiligt.

Um weiterhin insbesondere Aufschluss über die Struktur der Wissenschaftsgemeinschaft der darstellenden Geometrie zu bekommen, wären u.a. vertiefende Inhaltsanalysen sowohl der bekannten Publikationen als auch der

Lehrwerke nötig. Die Artikel in Fachzeitschriften können weiteren Aufschluss darüber geben, inwiefern die darstellenden Geometer sich aufeinander und auf gegenseitige Forschungsergebnisse bezogen. Des Weiteren kann überprüft werden, ob die Inhalte, die in den Fachzeitschriften als Forschungsergebnisse publiziert wurden, Einzug in die nachfolgenden Lehrbücher fanden. Letztere liefern insgesamt viele weitere interessante Untersuchungsfragen, die für wenige ausgewählte Lehrbücher in Kapitel 3 teilweise bereits beantwortet wurden: In welcher Reihenfolge wird der Stoff angeordnet? Welche (didaktischen) Überlegungen liegen diesen Anordnungen zugrunde? Welche Faktoren beeinflussten die Wahl der Inhalte – intendierte man eine zielgruppengerechte oder eine wissenschaftliche Behandlung? In welchem Umfang repräsentiert ein Lehrwerk den aktuellen Stand der Wissenschaft? Welche Rückschlüsse auf das bestehende Bildungssystem und die Lehre des Faches lässt die Stoffwahl zu?

6.1.3 Zusammenfassung: Typisch darstellender Geometer?

Die Frage zu beantworten, wer ein „typischer darstellender Geometer“ im 19. Jahrhundert war und was diesen ausmachte, gestaltet sich auf Grundlage der vorangegangenen Untersuchungen schwierig. Betrachtet man zunächst alle 28 Lehrenden der Stichprobe sind folgende Aussagen möglich: Die Hälfte von ihnen durchlief eine Art Werdegang „klassisch plus“⁴², das heißt, dass vornehmlich ein Studium an einer Universität und eine Promotion mit einem Besuch einer Polytechnischen Schule während der eigenen Ausbildung kombiniert wurden. 64,3% der 28 Lehrenden hatten an einer Universität promoviert. Nahezu jeder Zweite von ihnen (zwölf von 28) schrieb mindestens ein Lehrwerk, aber nur jeder Vierte veröffentlichte einen Aufsatz in einer Fachzeitschrift. Die deutliche Mehrheit von ihnen (25 von 28) hatte Erfah-

⁴²14 von 28 Lehrenden durchliefen diese Laufbahn. Unter den 28 betrachteten Lehrenden ist nur bei Kleinfeller (München) und Bargum (Hannover) nicht klar, ob sie eine Polytechnische Schule und/oder eine Universität besucht hatten. Kleinfeller hat zudem wahrscheinlich nicht promoviert, so dass er diesem Werdegang sowieso nicht zugeordnet werden würde.

rungen in der Lehre an verschiedenen Institutionen gesammelt, bevor die Lehrstelle für darstellende Geometrie an einer der acht höheren technischen Bildungsinstitutionen angetreten wurde.

Betrachtet man nun die beiden Gruppen, Lehrer und Lehrstuhlinhaber, getrennt voneinander, ergibt sich folgendes Bild: **Lehrer** der darstellenden Geometrie waren im 19. Jahrhundert in der Regel nicht forschend tätig. Veröffentlichungen in Fachzeitschriften gingen von ihnen nicht aus, jeder Vierte veröffentlichte aber ein Lehrbuch (drei von zwölf). Ein Drittel der Lehrer hatte promoviert. Ebenfalls jeder Vierte durchlief eine Ausbildung der Art „klassisch plus“ und drei Viertel hatten Erfahrungen in der Lehre. Ein **Lehrstuhlinhaber** der darstellenden Geometrie hatte hingegen mit einer Wahrscheinlichkeit von 56% den Werdegang „klassisch plus“ im Ausbildungsbereich absolviert und 87,5% der Lehrstuhlinhaber hatten an einer Universität promoviert. Die Hälfte von ihnen veröffentlichte Aufsätze in (vornehmlich mathematischen) Fachzeitschriften und 56% ein Lehrwerk. Alle hatten vor dem Antritt ihrer Professur für darstellende Geometrie Lehrerfahrungen gesammelt.

Darstellende Geometer an höheren technischen Schulen des 19. Jahrhunderts waren vornehmlich Lehrende in dem Sinne, dass Forschung lange Zeit gar nicht und später kaum zu ihren Aufgabenbereichen zählte. Dementsprechend bestätigt sich in dieser Hinsicht die Annahme, dass die darstellende Geometrie primär Lehr- und weniger Forschungsgegenstand im betrachteten Zeitraum war. An einigen Institutionen gab es lange keine ausgewiesene Lehrstelle für darstellende Geometrie und das technische Unterrichtswesen war insgesamt im 19. Jahrhundert noch nicht auf dem Hochschulniveau angelangt, welches mit den Universitäten vergleichbar war. Hinzu kommt, wie es im Vorangegangenen vereinzelt auch angedeutet wurde, dass die Lehrenden an den höheren technischen Bildungsinstitutionen, insbesondere im Bereich der Grundlagenfächer, wozu die darstellende Geometrie zählte, primär Lehrfunktionen übernehmen mussten, weil teilweise aufgrund der ausgedehnten Lehrbelastungen, vornehmlich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, keine Zeit für Forschung blieb. Im Grunde genommen wurde an die Lehrenden der darstellenden Geometrie aber auch kein Anspruch in diese Richtung

gestellt. Genauere Informationen über die Kriterien, die bei den Besetzungen der Lehrstellen für die darstellende Geometrie angesetzt wurden, können vornehmlich für die späteren Lehrstuhlinhaber Berufsakten entnommen werden. Auf Grundlage der vorliegenden Untersuchung scheint eine ausgewiesene Lehrerfahrung, egal in welchem Bildungskontext, im Laufe des 19. Jahrhunderts wichtig gewesen zu sein. Außerdem entsteht der Eindruck, dass zumindest ein Teil des klassischen Gelehrtenwesens im Idealfall während der eigenen Ausbildung absolviert worden ist. Dass diese Ausbildungsstationen aber keine direkte Vorbereitung auf eine Lehrstelle für die darstellende Geometrie verkörperten, scheint dabei keine Rolle gespielt zu haben. Viel eher ging es wohl darum, „allgemein anerkannte“ Qualifikationen nachzuweisen.

Dies gilt bzw. galt sicherlich nicht immer und an jeder Institution ausschließlich: Eine (poly-)technische Ausbildung und/oder Lehrerfahrungen an einer technischen Bildungsinstitution lagen in den meisten Fällen vor. Dass Erfahrungen im technischen Bildungswesen eine Rolle bei den Besetzungen der Lehrstellen für darstellende Geometrie spielten, illustriert das Beispiel der Besetzung der Nachfolge von Walfried Marx in München: Dyck und Voss, zu jener Zeit Lehrstuhlinhaber der Mathematik in München, sprachen sich gegen die Berufung eines Mathematikers auf den Lehrstuhl der darstellenden Geometrie aus, „[...] der nur über Lehrerfahrung in darstellender Geometrie an einer Universität verfügte [...]“; „[...] ein Vertreter der modernen darstellenden Geometrie, der mit Methoden der projektiven Geometrie arbeitete, war nicht durchzusetzen“ (vgl. Hashagen, 1993, 70). Solche „Präferenzen“ bei den Besetzungen der Lehrstellen der darstellenden Geometrie waren sicherlich auch abhängig von der jeweiligen Institution, also primär von den jeweils tätigen anderen Lehrkräften oder der Leitung einer höheren technischen Schule. Im Falle Münchens hatten sich Klein und Bauernfeind beispielsweise schon als „Gegenspieler“ bei der Nachfolge Klingeefelds erwiesen: Jener hatte die darstellende Geometrie „klassisch“ nach Monge gelehrt, was von Bauernfeind als „vollkommen ausreichend für den Unterricht der Ingenieure“ empfunden wurde, wohingegen Klein durch den zukünftigen Lehrenden der darstellenden Geometrie „den Standpunkt der modernen Wissenschaft und der Hochschule“ vertreten sehen wollte, das heißt, dass er einen Mathematiker bevorzugt

hätte, „[...] der voll auf der Höhe der mathematischen Forschung in darstellender und synthetischer Geometrie stand [...]“ (vgl. ebd., 62–63). Am Ende setzte sich Bauernfeind mit der Berufung Marx' durch.

Was sich aus der Forschungstätigkeit und der anfänglich an einigen Institutionen vorhandenen Zuordnung der Lehrverantwortlichkeit für die darstellende Geometrie ableiten lässt, sind überdies institutionsabhängige „Profile“, die eventuell Rückschlüsse über die Ausgestaltung der Lehre der darstellenden Geometrie zulassen. In **Berlin** waren mit Pohlke und Hauck lange „Künstler“ für die Lehre der darstellenden Geometrie zuständig (Pohlke aufgrund seiner Ausbildung und beruflichen Erfahrung, Hauck wegen seiner zahlreichen Publikationen zur Perspektive und seiner Überzeugung, dass die darstellende Geometrie im Dienste der Kunst stehen sollte). In **Karlsruhe** waren im 19. Jahrhundert drei Lehrende tätig, die sich sowohl durch ihre Publikationen (Aufsätze und Lehrwerke) als auch durch ihre Lehrveranstaltungen mehr oder weniger als Verfechter der projektiven Geometrie präsentierten, gleichzeitig aber auch Wert auf eine praxis- und zielgruppennahe Vermittlung darstellend-geometrischer Methoden durch die Nutzung von Modellen legten – dies betraf vornehmlich Schreiber und Wiener, die u.a. auch Studierende an der Produktion von Modellen durch Seminare beteiligten. Neben der Tatsache, dass die Polytechnische Schule in **München** ihr Lehrpersonal lange aus dem bayerischen höheren technischen Schulwesen rekrutierte, also großen Wert auch auf eine bayerische Herkunft gelegt wurde, zeigt sich in der zwischenzeitlichen Zuordnung des Lehrstuhls für darstellende Geometrie zum Maschineningenieurwesen, dass ein wahrscheinlich praktisch orientierter Zugang in der Lehre der darstellenden Geometrie forciert wurde. Parallel gab es Lehrveranstaltungen zur projektiven Geometrie, die von den Mathematikern gelesen wurden (vgl. München, 1868). Auch in Dresden, Stuttgart, Hannover, Braunschweig und Darmstadt wurde die darstellende Geometrie relativ lange von „Technikern“ unterrichtet und das Fach selbst auch diesen Fachbereichen zugeordnet. In **Stuttgart** war die Verbindung zu den Bauwissenschaften recht kurzweilig, weil seit Gugler (1843) die darstellende Geometrie als Teilbereich der Mathematik behandelt wurde. Hier waren ab diesem Zeitpunkt auch keine „Praktiker“ mehr tätig. In **Dresden** lag die

Verantwortlichkeit für die Lehre der darstellenden Geometrie bzw. – und darin zeigt sich eine Besonderheit der Dresdener Institution, die man anfänglich auch in Berlin vorfand – für ihre Teildisziplinen, weil es anfänglich und zwischenzeitlich kein eigenes Lehrfach für diese Disziplin gab, in den Händen von Erler, der nach seinem eigenen Besuch der Dresdener Schule unmittelbar und dann für 32 Jahre dort tätig war. In **Hannover** war die darstellende Geometrie bis kurz nach der Jahrhundertmitte von Lehrern aus dem Fachgebiet Vermessungswesen unterrichtet worden, seit der Etablierung eines Lehrstuhls gehörte sie zur Mathematik. Was den Lehrenden der darstellenden Geometrie in der zweiten Jahrhunderthälfte größtenteils gemeinsam war, waren die praktischen Erfahrungen, die sie mitbrachten. In **Braunschweig** wurde die darstellende Geometrie bis 1866 von Lehrern der mechanischen, Bau- oder Maschinenbauabteilung unterrichtet, eine feste Zuordnung zu einem Fachgebiet gab es nicht. An der Institution in **Darmstadt** unterrichtete, ähnlich wie in Dresden, der Praktiker Schröder bis 1862 die darstellende Geometrie, ab dann gab es häufige Personalwechsel. Die fünf Nachfolger von Schröder waren alle „Akademiker“ in dem Sinne, dass sie alle an einer Universität promoviert und studiert hatten. Ob und inwiefern diese „Profile“ Auswirkungen auf die Ausgestaltung der Lehre der darstellenden Geometrie – hinsichtlich der Inhalte, die gelehrt wurden, oder des Vorlesungsangebotes im Allgemeinen – hatten, bildet ein weiteres interessantes Forschungsanliegen (in Kapitel 5 wurde dies schon angesprochen).

6.2 Die Besetzungen der Lehrstühle für darstellende Geometrie in den 1870er und 1880er Jahren

In diesem Abschnitt werden die beruflichen Laufbahnen der Lehrstuhlinhaber der darstellenden Geometrie, die in den 1870er und 1880er Jahren auf einen Lehrstuhl an einer Polytechnischen Schule bzw. Technischen Hochschule kamen, genauer betrachtet und zwar im Vergleich zu denjenigen, die im genannten Zeitraum einen Ruf auf einen Lehrstuhl für Mathematik an die-

sen Institutionen erhielten. Die Besetzungen der Lehrstühle an den höheren technischen Bildungsinstitutionen im genannten Zeitraum bzw. die Veränderungen der Anforderungen an die Qualifikationen der Bewerber bilden einen wichtigen Indikator der Entwicklung der Mathematik im Allgemeinen an diesen Institutionen. Wie in Kapitel 4.5 bereits geschildert wurde, wird über die mathematischen Lehrstühle an den Technischen Hochschulen bzw. ihren Vorgängern behauptet, dass im Zuge des Versuchs, sich den Universitäten hinsichtlich des wissenschaftlichen Niveaus der Lehre, insbesondere in der Mathematik, anzunähern, vornehmlich in den 1870er und 1880er „Universitätsmathematiker“, und zwar unter Orientierung an den Berufungsnormen der Universitäten, berufen wurden. Diese Universitätsmathematiker nutzten die Lehrstühle darüber hinaus, um die Zeit bis zu einer Berufung an eine Universität zu überbrücken. Dementsprechend gab es in dieser Zeit eine hohe Fluktuation der Lehrstuhlbesetzungen. Überdies hatten diese Besetzungen maßgeblichen Einfluss auf das Niveau der Lehre an den höheren technischen Bildungsinstitutionen.

Die Gründe für die Nutzung der mathematischen Lehrstühle an den Technischen Hochschulen, mit Holzmüllers Worten, als „Wartesäle“ waren vielfältig. Die mathematischen Lehrstühle an den Technischen Hochschulen boten einen wichtigen Arbeitsmarkt, „[...] da an diesen Institutionen die Lehrstühle der Mathematik in größerer Zahl vorhanden waren als an den meisten Universitäten“ (vgl. Lorey, 1916, 150). Die Berufung an eine Technische Hochschule eröffnete insbesondere jungen Mathematikern die Möglichkeit, sich für einen Lehrstuhl an einer Universität zu qualifizieren. Weiterhin bot eine solche Anstellung die Chance, in der akademischen Laufbahn „vorwärtszukommen“, „[...] nämlich aus der Stellung eines Lehrers, Privatdozenten oder außerordentlichen Professors in die gesellschaftlich geachteteren und finanziell sichere Stellung eines Hochschulprofessors ‚aufzusteigen‘“ (vgl. Hensel, 1989, 402). Eine Professur an einer Universität war im 19. Jahrhundert attraktiver als an einer Technischen Hochschule: Mit ihnen war ein höheres Prestige, ein höherer offizieller Rang und höheres Gehalt verbunden. Die Professoren an den Universitäten erhielten außerdem im Gegensatz zu ihren „etatmäßigen“ Kollegen an den Technischen Hochschulen „Kollegelder“ und sie ge-

nossen das Recht auf Emeritierung (vgl. ebd., 394).⁴³ Offiziell schlug sich die unterschiedliche Stellung der Professuren häufig auch in den Zuordnungen zu verschiedenen Beamtenrangklassen nieder (vgl. ebd., 402) und in der bereits in manchen deutschen Staaten verwendeten Bezeichnung der Professoren an den Technischen Hochschulen in manchen deutschen Staaten als „etatmäßig“ im Gegensatz zu den „ordentlichen“ Professoren an der Universität. Das höhere Prestige der Universitätsprofessuren resultierte nicht nur aus den offiziellen höheren Besoldungen und Rangklassen, sondern auch aus der Stellung der Universitäten im Vergleich zu den Technischen Hochschulen im Allgemeinen: Der „engen Verbindung mit dem Beamtentum“, der aktiven Teilnahme am „System der Staatsprüfungen“ und der traditionellen Rolle „als Hüter der reinen Wissenschaft“ der Universitäten standen die Technischen Hochschulen, die als Fachschulen angesehen und deswegen den Universitäten „im öffentlichen Ansehen“ noch lange nachstanden, gegenüber (vgl. ebd., 393–394).

Weiterhin war mit einer Anstellung als Universitätsprofessor ein anderer Arbeitsalltag verbunden. Während die Mathematiker an den Technischen Hochschulen im 19. Jahrhundert meistens ausschließlich für die Vorlesungen der Techniker und Ingenieure zuständig waren und keine eigenen Studenten ausbildeten – Ausnahmen sind Dresden und München, wo schon in den 1860er Jahren die Ausbildung der Lehramtskandidaten (mit) übernommen wurde (siehe Kapitel 4.4) –, konnte sich die Mathematik an den Universitäten eigener Ausbildungsziele erfreuen. Die Lehrbelastung an Technischen Hochschulen war höher und es gab weniger Personal, so dass den Lehrzuständigen wenig oder keine Zeit für Forschung blieb (vgl. Riedler, 1899, 13). Die Lehrfreiheit wurde durch die strikten Studienpläne und Prüfungsordnungen an den Technischen Hochschule stark eingeschränkt, so dass eigene Forschungsergebnisse sowieso nicht mit in die Lehre einbezogen hätten werden können

⁴³Kollegelder erhielten die ordentlichen bzw. etatmäßigen Professoren an den Technischen Hochschulen im 19. Jahrhundert in der Regel nicht. Ab 1892 wurden den preußischen Professoren ein Teil dieser Gelder aber zugesprochen (vgl. Hensel, 1989, 394). Nur in Dresden und München hatten die Professoren schon früher Kollegelder erhalten (vgl. ebd., 402). In diesen Fällen waren die Kollegelder sogar höher als an den Universitäten, weil an den Technischen Hochschulen mehr Studierende die mathematischen Vorlesungen besuchten.

(vgl. Hensel, 1989, 402–403). Die Unterschiede zwischen den Professuren an den Universitäten und den Technischen Hochschulen führten dazu, dass die Mehrzahl der Hochschullehrer an den Technischen Hochschulen grundsätzlich dazu bereit war, „[...] auf adäquate, teilweise sogar niedrigere Positionen der Universität überzuwechseln, falls sich überhaupt die Gelegenheit dazu bot. Umgekehrt war wohl ein ordentlicher Professor an der Universität nur schwer für eine etatmäßige Professur an der Technischen Hochschule zu gewinnen, selbst bei hohen Berufungszusagen“ (vgl. Schröder, 1979, 80).

Die Konsequenzen, die sich daraus für die mathematische Lehre ergaben, dass insbesondere im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts viele Universitätsmathematiker an die Technischen Hochschulen berufen wurden, wurden in Kapitel 4.5 bereits dargelegt: Die Theoretisierung der Lehre der Mathematik an den Technischen Hochschulen führte zu einer Abkehr von den angewandten Bereichen der Mathematik und letztendlich, aufgrund der fehlenden Passung des mathematischen Unterrichts zu der Praxis und den Bedürfnissen der Ingenieure, u.a. zur „Antimathematikerbewegung“. Für die darstellende Geometrie ergaben sich durch die Berufung von Universitätsmathematikern auf ihre Lehrstühle aber weiterreichende Konsequenzen: Sie war an den Universitäten im 19. Jahrhundert in der Regel nicht im Fächerkanon vertreten, so dass ein Universitätsmathematiker mit einem „klassischen“ Werdegang (Gymnasium und Universität), diese unter Umständen noch nie institutionell, weder in der Schule noch an der Universität, gelernt hatte.⁴⁴ Im Falle der darstellenden Geometrie wäre es also durchaus nachvollziehbar, wenn beispielsweise die Maßstäbe, die bei den Berufungen der mathematischen Lehrstühle an den Technischen Hochschulen in den 1870er und 1880er Jahren angewendet worden wären, also diejenigen der Universitäten, bei den Besetzungen der Lehrstühle für die darstellende Geometrie nicht angesetzt wurden. Stellte in dieser Zeit „[...] das Studium an einer TH bzw. eine Tätigkeit an einer technischen Bildungseinrichtung bis Mitte der 80er Jahre [...] kein entschei-

⁴⁴Dies galt natürlich auch, wie sich im vorangegangenen Unterkapitel 6.1 gezeigt hat, für die ersten Lehrer der darstellenden Geometrie, die aufgrund der fehlenden Bildungsmöglichkeiten im (höheren) technischen Bereich teilweise Autodidakten im Bereich der darstellenden Geometrie waren; die fehlende theoretische Kenntnis der zeichnerischen Methoden gleichen sie teilweise durch praktische Erfahrungen aus.

dendes Kriterium bei der Auswahl der Anwärter für einen Lehrstuhl dar, so wurde diese Art der Qualifikation in einigen Fällen doch als vorteilhaft für einen Lehrer an einer TH angesehen“ (Hensel, 1989, 399). Letzteres könnte aufgrund der zuvor geschilderten Vorbildungsmöglichkeiten für die Anwärter auf einen Lehrstuhl der darstellenden Geometrie gegolten haben. Im Idealfall waren die Lehrstühle der darstellenden Geometrie also nicht von der Berufungspolitik in den 1870er und 1880er Jahren betroffen. Dafür, dass die darstellende Geometrie bei diesen Entwicklungen der Mathematik an den Technischen Hochschulen ausgeklammert werden kann, spricht weiterhin, dass es an den Universitäten keine Lehrstühle für darstellende Geometrie gab, das heißt, dass die Lehrstühle an den Technischen Hochschulen kein direktes „Karrieresprungbrett“ waren. Im Falle der darstellenden Geometrie waren die Lehrstühle an den Technischen Hochschulen die einzigen Lehrstellen im Hochschulbereich. Eine Professur für darstellende Geometrie könnte höchstens als Sprungbrett für eine Geometrie Professur an einer Universität gedient haben, die allerdings im 19. Jahrhundert selten waren und gegen Ende des 19. Jahrhunderts noch seltener wurden. Dementsprechend boten, unabhängig vom weiteren Karriereverlauf, die Lehrstühle für darstellende Geometrie an den Technischen Hochschulen überhaupt die Möglichkeit einer Lehrstelle für Geometer im Allgemeinen.⁴⁵

Untersuchung: Vorgehen und Stichprobe

Im Rahmen ihrer Untersuchung der Berufungen von Mathematikern an die Lehrstühle der Technischen Hochschulen in den 1870er und 1880er Jahren hat Hensel analysiert, unter welchen Gesichtspunkten Mathematiker ausgewählt und berufen wurden, welchen Einfluss führende Mathematiker auf die Besetzungen der Lehrstühle hatten und welche Motive bei der Annahme bzw. Ablehnung eines Rufes eine Rolle spielten (Hensel, 1989). Dabei hat sie die Lehrstühle für Mathematik zusammen mit denjenigen für darstellende

⁴⁵Für diese Annahme spricht, dass acht der 18 promovierten Lehrenden (von insgesamt 28) eine Arbeit zu einem Thema der Geometrie verfasst hatten. Die „reinen Geometer“ stellen die größte Gruppe unter den promovierten Lehrern der darstellenden Geometrie.

Geometrie betrachtet. Dieses Vorgehen ist naheliegend, weil die darstellende Geometrie ihrem Wesen nach eine mathematische Disziplin ist und meistens zusammen mit der Mathematik in den Allgemeinen Abteilungen der Technischen Hochschulen angesiedelt wurde. Wie sich teilweise schon gezeigt hat (siehe Kapitel 6.1), war die Wahrnehmung der darstellenden Geometrie als ein Teilgebiet der Mathematik nicht durchgängig vorherrschend. Da in dieser Arbeit angenommen wird, dass die darstellende Geometrie im 19. Jahrhundert eine Sonderrolle unter den mathematischen Disziplinen an den höheren technischen Bildungsinstitutionen hatte, werden im Nachfolgenden die Lehrstuhlinhaber der darstellenden Geometrie getrennt von und im Vergleich zu denjenigen der Mathematik untersucht. Dabei wird diese Untersuchung aber, wie bei Hensel auch, auf diejenigen mathematischen Lehrstühle beschränkt, die sich der „reinen“ Mathematik zuordnen lassen. Das bedeutet, dass die Lehrstühle für Mechanik, die nach damaligen Verständnis einen Teil der angewandten Mathematik darstellten, hier nicht betrachtet werden.

Hensel hat u.a. untersucht, „[...] inwiefern sich in der Berufungspolitik wesentliche Entwicklungstendenzen der Mathematik des 19. Jahrhunderts widerspiegeln und sich darin bereits gewisse Merkmale abzeichnen, die die Lehre an den Technischen Hochschulen in den folgenden Jahren kennzeichnen sollten“ (vgl. Hensel, 1989, 388). Auch an dieser Stelle soll untersucht werden, ob (auch) für die darstellende Geometrie Veränderungen der personellen Situation wahrnehmbar sind, die einen Einfluss auf die Ausgestaltung der Lehre der darstellenden Geometrie gehabt haben könnten. An dieser Stelle soll die getrennte Betrachtung der Lehrstühle der Mathematik und der darstellenden Geometrie zusätzlich Aufschluss darüber geben, ob diese Herangehensweise ein repräsentativeres Bild auch für die Mathematik liefert, weil es sich um zwei getrennte Entwicklungsstränge handelt.

Während der 1870er und 1880er Jahre gab es an den acht hier betrachteten höheren technischen Bildungsinstitutionen insgesamt 13 Lehrstühle für Mathematik und sieben für darstellende Geometrie.⁴⁶ In Karlsruhe, Han-

⁴⁶Wie im vorangegangenen Unterkapitel 6.1 schon herausgearbeitet wurde, gab es in Stuttgart erst mit der Berufung Mehmkes 1894 einen Lehrstuhl eigens für die darstellende Geometrie. Zuvor hatte es nur einen mathematischen Lehrstuhl gegeben und die darstellende Geometrie wurde bis zur Berufung Mehmkes von „Lehrern“ unterrichtet.

nover, Braunschweig und Darmstadt gab es jeweils nur einen Lehrstuhl für Mathematik – neben einem für darstellende Geometrie –, der aber jeweils in den 1870er und 1880er Jahren, außer in Braunschweig, doppelt besetzt war. In Berlin gab es im betrachteten Zeitraum zwei und in München und Dresden drei mathematische Lehrstühle. Da der einzige mathematische Lehrstuhl in Stuttgart im betrachteten Zeitraum nicht neu besetzt wurde, wird er an dieser Stelle nicht weiter betrachtet, so dass im Nachfolgenden insgesamt 15 „Lehrstellen“ für Mathematik betrachtet werden. Diese 15 Lehrstellen erfuhren in den 1870er und 1880er Jahren 24 Neubesetzungen, die sieben Lehrstühle für darstellende Geometrie 13. Von den sieben Lehrstühlen für darstellende Geometrie wurden vier in den 1870er und 1880er Jahren erst geschaffen (Berlin 1877, Dresden 1872, Braunschweig 1885 und Darmstadt 1872).

In den Tabellen 6.2 und 6.3 sind die 37 Lehrstuhlinhaber, die in den 1870er und 1880er Jahren auf einen Lehrstuhl für Mathematik oder für darstellende Geometrie an einer Technischen Hochschule bzw. teilweise noch an einer Polytechnischen Schule berufen wurden, zusammengestellt.⁴⁷ Diese wurden auf der Grundlage der Übersichtstabellen von Hensel erstellt, die sowohl in dem gemeinsamen Werk mit Ihmig und Otte (vgl. Hensel et al., 1989, Anlage 1, 240–243) als auch in komprimierter Form in Hensel 1989 (392–393) zu finden ist. In der ersten Spalte („TH“) stehen die höheren technischen Bildungsinstitutionen in chronologischer Reihenfolge nach den Gründungen ihrer Ursprungsinstitutionen, in der zweiten das Jahr der Berufung zum ordentlichen Professor des in der dritten Spalte aufgeführten Lehrstuhlinhabers („Name“), in der vierten die jeweils letzte(n) Lehrtätigkeit(en) vor der Übernahme des Lehrstuhls, in der fünften („Lehrstuhl“) der Zeitraum, in welchem die ordentliche Professur besetzt war inklusive der Dauer in Jahren, und in der letzten Spalte („Weitere Laufbahn“) die Institutionen, zu denen der Lehrstuhlinhaber nach seiner Lehrtätigkeit auf dem betrachteten Lehrstuhl gewechselt ist. Ein „–“ steht bei den Lehrstuhlinhabern, die nach der betreffenden Stelle als Lehr-

⁴⁷Folgende Abkürzungen wurden (nach der Reihenfolge ihrer ersten Verwendung) benutzt: „TH“: Technische Hochschule, „GA“: Gewerbeakademie, „PD“: Privatdozent, „BA“: Bauakademie, „L“: Lehrer, „LA“: Lehrauftrag, „o.P.“: ordentlicher Professor, „a.o.P.“: außerordentlicher Professor, „DG“: darstellende Geometrie, „VP“: Vertretungsprofessur, „M“: Mathematik und „Ass.“: Assistent.

Tabelle 6.2: Zusammenstellung der Berufungen auf die Lehrstühle für Mathematik und darstellende Geometrie (in der Tabelle grau unterlegt) an den Technischen Hochschulen in den 1870er und 1880er Jahren, Teil 1 (Berlin, Karlsruhe, München, Dresden, Hannover und Braunschweig)

TH	Berufung	Name	Letzte Tätigkeit	Lehrstuhl	Weitere Laufbahn	
Berlin	1875	Ernst Kossak	GA PD	1875-92	23/17	–
	1877	Guido Hauck	BA L, Uni Tübingen LA	1877-1905	28	–
	1879	Hugo Ottmar Hertzner	GA L	1879-1908	44/29	–
	1883	Heinrich Weber	Uni Königsberg o.P.	1883-84	1	Uni Marburg
	1884	Paul du Bois-Reymond	Uni Tübingen o.P.	1884-89	5	–
	1889	Emil Lampe	Lehrer	1889-1918	29	–
Karlsruhe	1876	Ernst Schröder	TH Darmstadt o.P.	1876-1902	26	–
	1883	Ludwig Wedekind	PD, a.o.P. TH Karlsruhe	1883-1907	27/24	–
München	1875	Felix Klein	Uni Erlangen o.P.	1875-80	5	Uni Leipzig, Uni Göttingen
	1875	Alexander Brill	TH Darmstadt o.P.	1875-84	9	Uni Tübingen
	1880	Jakob Lüroth	TH Karlsruhe o.P.	1880-83	3	Uni Freiburg
	1884	Walter Dyck	Uni Leipzig PD	1884-1933	49	–
	1885	Aurel Voß	TH Darmstadt o.P.	1885-91	6	Uni Würzburg
	1887	Ludwig Burmester	TH Dresden o.P.	1887-1913	26	–
Dresden	1872	Ludwig Burmester	PD TH Dresden	1872-87	16/15	TH München (DG)
	1874	Arwed Fuhrmann	a.o. Vorträge TH Dresden	1874-1906	32	–
	1875	Leo Königsberger	Uni Greifswald und Heidelberg o.P.	1875-177	2	Uni Wien, Heidelberg
	1877	Axel Harnack	TH Darmstadt a.o.P.	1877-88	11	–
	1879	Aurel Voß	TH Darmstadt o.P.	1879-85	6	TH München, Uni Würzburg
	1887	Karl Rohn	VP, a.o.P TH Dresden (M)	1887-1904	17	Uni Leipzig (M/DG)
	1888	Matrin Krause	Uni Rostock o.P.	1888-1920	32	–
Hannover	1873	Franz Albrecht Bessel	Lehrer	1873-83	10	–
	1878	Heinrich August Bruns	TH Hannover L	1878-84	11/6	–
	1879	Ludwig Kiepert	TH Darmstadt o.P.	1879-1921	42	–
	1884	Karl Rodenberg	TH Darmstadt o.P.	1884-1922	38	–
	1884	Hans von Mangoldt	Uni Göttingen PD	1884-86	2	TH Aachen
	1886	Carl Runge	Uni Berlin PD	1886-1904	18	Uni Göttingen
Braunschweig	1885	Reinhold Müller	Lehrer	1885-1907	22	TH Darmstadt (DG)

Tabelle 6.3: Zusammenstellung der Berufungen auf die Lehrstühle für Mathematik und darstellende Geometrie (in der Tabelle grau unterlegt) an den Technischen Hochschulen in den 1870er und 1880er Jahren, Teil 2 (Darmstadt)

TH	Berufung	Name	Letzte Tätigkeit	Lehrstuhl		Weitere Laufbahn
Darmstadt	1872	Adam M. Nell	1864 L, 1869 a.o.P. TH Darmstadt	1872-73	9/4/1	TH Darmstadt (Mechanik)
	1871	Rudolf Sturm	Lehrer	1871-78	7	Pädagogische Akademie Münster, Uni Breslau (M)
	1874	Ernst Schröder	Lehrer	1874-76	2	TH Karlsruhe
	1875	Aurel Voß	Uni Göttingen PD	1875-79	4	TH Dresden, München, Uni Würzburg
	1877	Ludwig Kiepert	Uni Freiberg a.o.P.	1877-79	2	TH Hannover
	1879	Sigmund Gundelfinger	Uni Tübingen a.o.P.	1879-1907	28	–
	1879	Karl Rodenberg	Lehrer	1879-84	5	TH Hannover (DG)
	1879	Lebrecht Henneberg	a.o.P TH Darmstadt	1879-1880	2/1	TH Darmstadt (M)
	1884	Rudolf Mehmke	Ass. TH Stuttgart	1884-94	10	TH Stuttgart (M/DG)

stuhlinhaber der darstellenden Geometrie in den Ruhestand gegangen oder noch während ihrer Tätigkeit verstorben sind. Die darstellenden Geometer sind in der Übersichtstabelle grau unterlegt und für sie wurde zusätzlich in der letzten Spalte angegeben, welchen Lehrstuhl sie an ihrer nächsten bzw. ihren nächsten Tätigkeitsstätten hatten. Im Vergleich zu Hensel sind folgende Änderungen bezüglich der Stichprobe vorgenommen worden:

- In der fünften Spalte („Lehrstuhl“) sind links die Zeiträume angegeben, in denen der jeweilige Lehrstuhlinhaber ordentlicher Professor war. Bei Hensel sind in der entsprechenden Spalte teilweise die Zeiträume mit einbezogen, in denen der spätere Lehrstuhlinhaber zum Beispiel außerordentlicher Professor oder Privatdozent für das gleiche Lehrfach war. Diese Tätigkeiten werden hier als weitere „Qualifizierungsmaßnahmen“ für eine ordentliche Professur gesehen und in der vierten Spalte unter „Letzte Tätigkeit“ aufgeführt. Somit wurden Axel Harnack und Friedrich Dingeldey für Darmstadt, Georg Helm für Dresden, Anton von Braunmühl und Sebastian Finsterwalder für München und Carl Reuschle für Stuttgart entfernt, weil sie erst in den 1890er Jahren auf eine ordentliche Professur kamen bzw. nie wie im Falle Harnacks.
- In der Übersicht in Hensel, Ihmig & Otte (1989) wurden Alexander Brill für Darmstadt und Jakob Lüroth für Karlsruhe aufgenommen, die jeweils 1869 ihr ordentliche Professur antraten. Auch diese beiden werden hier nicht betrachtet.
- Da Hensel nur „Neuberufungen“ einbezogen hat, das heißt keine Hausberufungen, fehlen bei ihr einige Lehrstuhlinhaber, die für die Zwecke der vorliegenden Untersuchung relevant sind. Es wurden zusätzlich aufgenommen: für Berlin Ernst Kossak, Hugo Ottomar Hertzner und Guido Hauck, die alle vorher an der Bau- oder Gewerbeakademie tätig waren, für Hannover Franz Albrecht Bessell, zuvor Lehrer an diversen Schulen, und Heinrich August Bruns, der vor seiner Berufung als Lehrer in Hannover wirkte, und für Darmstadt Lebrecht Henneberg, Adam Nell und Rudolf Sturm, wobei die ersten beiden vorher außerordentliche Professoren in Darmstadt und Sturm vorher Lehrer war.

Zur Berufung von Universitätsmathematikern

Um zu überprüfen, in welchem Ausmaß die mathematischen Lehrstühle an den Technischen Hochschulen in den 1870er und 1880er Jahren mit Universitätsmathematikern besetzt wurden, bedarf es einer Eingrenzung der Bezeichnung „Universitätsmathematiker“. Ein Universitätsmathematiker ist ein Mathematiker, der sein Studium der Mathematik an einer Universität absolviert hat und/oder ein Mathematiker, der bereits an einer Universität tätig war. Letztere Personengruppe kann weiterhin hinsichtlich der ausgeübten Tätigkeiten spezifiziert werden: Waren diese Mathematiker Privatdozenten, vornehmlich beschäftigt mit Lehraufträgen, oder waren sie ordentliche Professoren mit ausgedehnten Forschungsmöglichkeiten? Für die Lehrstuhlinhaber der darstellenden Geometrie wurden diese und die Frage nach ihrem Studium bereits beantwortet, und zwar für den gesamten Zeitraum des Bestehens der Lehrstühle im 19. Jahrhundert: Der Besuch eines Gymnasiums und einer Universität war insbesondere bei den späteren Besetzungen der Lehrstühle durchaus üblich (siehe Kapitel 6.1.2). Für den folgenden Vergleich der Lehrstuhlinhaber der darstellenden Geometrie mit denjenigen der Mathematik wird unter einem „Universitätsmathematiker“ jemand verstanden, der bereits an einer Universität (lehrend) tätig gewesen ist. Dabei werden sowohl Assistenten und Privatdozenten als auch außerordentliche und ordentliche Professoren einbezogen, weil hier jede Art der Tätigkeit auch als mögliche Qualifizierungsmaßnahme für eine ordentliche Professur an einer Universität gesehen wird.

Betrachtet man nur die Neubesetzungen der TH-Lehrstühle in den 1870er und 1880er Jahren, um zu überprüfen, ob auf die Lehrstühle für darstellende Geometrie Universitätsmathematiker berufen wurden, zeigt sich, dass nur Hauck und Rohn vor dem Antritt ihrer Stelle als Professor für darstellende Geometrie an einer Universität gelehrt haben: Hauck war fünf Jahre als Privatdozent in Tübingen und Rohn für ein Jahr als außerordentlicher Professor in Leipzig tätig (siehe Kapitel 6.1). Von den 24 Neubesetzungen der Lehrstühle für Mathematik wurden insgesamt 14 von Mathematikern besetzt, die vorher schon an einer Universität tätig waren. Die erhobenen Daten bestä-

Tabelle 6.4: Übersicht über den weiteren Werdegang und die Tätigkeitsdauer der Besetzungen der Lehrstühle für Mathematik und darstellende Geometrie in den 1870er und 1880er Jahren

	Lehrstühle für Mathematik	Lehrstühle für darstellende Geometrie
Neubesetzungen in den 1870/80er Jahren	24	13
„Zwischenstation“	12	8
Davon „Wechsler“ an die Universität	9	2
Durchschnittliche Verweildauer insgesamt	15,2 Jahre	15,8 Jahre
Durchschnittliche Verweildauer der „Wechsler“ an die Universität	6 Jahre	12 Jahre

tigen die Annahme, dass die Lehrstühle für darstellende Geometrie an den Technischen Hochschulen in den 1870er und 1880er Jahren sehr selten durch eine Berufung eines Universitätsmathematikers besetzt wurden.⁴⁸

Der Wartesaal-Vorwurf

Als nächstes soll der Behauptung nachgegangen werden, dass die mathematischen Lehrstühle an den Technischen Hochschulen in den 1870er und 1880er Jahren als „Wartesäle“ für die Berufung an die Universität genutzt wurden. Dazu werden im Folgenden die Anteile derjenigen Lehrstuhlinhaber an der gesamten Stichprobe betrachtet, die ihre Hochschullehrerkarriere letztendlich, das heißt mit möglichen weiteren Zwischenstationen an einer Technischen Hochschule, an einer Universität beendet haben; ihre durchschnittliche Tätigkeitsdauer in ihrer Position an den Technischen Hochschulen wird zu-

⁴⁸Im vorangegangenen Abschnitt 6.1.2 hat sich schon gezeigt, dass neben den beiden erwähnten im gesamten 19. Jahrhundert nur noch drei weitere Lehrende der darstellenden Geometrie vorher an einer Universität gelehrt haben: Schur, Nell und H. Wiener, die alle im Rahmen oder nach ihrer Habilitation einen Lehrauftrag an der jeweiligen Universität übernahmen.

sätzlich aufgeführt. In Tabelle 6.4 sind die nachfolgend erläuterten Ergebnisse zusammengefasst.

Für zwölf der 24 Neubesetzungen der Lehrstühle für Mathematik waren diese Stellen, die in den 1870er und 1880er angetreten wurden, eine „Zwischenstation“, das heißt, dass zwölf Lehrende im Anschluss noch eine andere Stelle angenommen haben. Von diesen zwölf Lehrenden der Mathematik, die die Lehrstelle noch mindestens einmal wechselten, beendeten neun ihre Hochschullehrerkarriere letztendlich an einer Universität. Der einzige Lehrstuhlinhaber der Mathematik, der mehrere Lehrstühle an höheren technischen Bildungsinstitutionen besetzte, bevor er letztendlich seine Karriere an einer Universität beendete, war Aurel Voß: Voß war zuerst vier Jahre in Darmstadt, dann sechs Jahre in Dresden und weitere sechs Jahre in München tätig, bevor er an die Universität in Würzburg kam.⁴⁹ Die anderen acht „Wechsler“ an die Universität besetzten während ihrer Hochschullehrertätigkeit jeweils nur eine Professur an einer höheren technischen Schule. Insgesamt beendeten also drei Viertel der „Wechsler“ ihre Karriere an einer Universität.⁵⁰

Von den 13 Besetzungen der Lehrstühle für darstellende Geometrie wechselten insgesamt acht Lehrstuhlinhaber ihre Lehrstelle und von diesen zwei an eine Universität. Unter den acht Lehrpersonen, die ihre Stelle als „Zwischenstation“ nutzten, besetzten zwei, Karl Rodenberg (zuerst Darmstadt, dann Hannover) und Ludwig Burmester (zuerst Dresden, dann München), zwei Mal einen Lehrstuhl für darstellende Geometrie im betrachteten Zeitraum. Beide beendeten nach langjähriger Lehrtätigkeit – Rodenberg nach fünf bzw. 38 und Burmester nach 15 und 26 Jahren – ihre Karriere mit der jeweils zweiten Lehrstelle für darstellende Geometrie. Rudolf Mehmke und Reinhold Müller wechselten außerhalb des betrachteten Zeitraums auf einen anderen Lehrstuhl für darstellende Geometrie: Mehmke nach zehn Jahren

⁴⁹Aurel Voß wird in der Datenauswertung der Neubesetzungen jeweils dreifach berücksichtigt, das heißt sowohl für die Gesamtanzahl der Neubesetzungen als auch für die Anzahl der „Wechsler“ an die Universität, damit nachgewiesen werden kann, wie viele Stellen als „Wartesaal“ für die Berufung an die Universität benutzt wurden. Ebenso werden Ernst Schröder, Ludwig Burmester, Karl Rodenberg und Ludwig Kiepert, die alle einmal die Technische Hochschule wechselten, zweifach einbezogen.

⁵⁰Würde Voß an dieser Stelle nur einfach einbezogen werden, läge der Anteil der „Wechsler“ an die Universität bei 70% statt 75%.

von Darmstadt nach Stuttgart auf den Lehrstuhl für Mathematik und darstellende Geometrie, Müller nach 22 Jahren von Braunschweig nach Darmstadt. Zwei weitere darstellende Geometer wechselten ihr Fachgebiet in der dem Lehrstuhl für darstellende Geometrie folgenden Position: Lebrecht Henneberg wechselte innerhalb der Technischen Hochschule Hannover auf den Lehrstuhl für Mathematik, Adam Nell innerhalb der noch so genannten Polytechnischen Schule Darmstadt auf den für Mechanik, beide jeweils nach einem Jahr als Lehrstuhlinhaber für darstellende Geometrie. Bei den beiden „Wechslern“ an die Universität handelt es sich um Karl Rohn und Rudolf Sturm. Letzterer verließ nach sieben Jahren die Polytechnische Schule in Darmstadt, um 1878 zunächst nach Münster und 1892 dann an die Universität in Breslau zu gehen. Rohn ging nach 17 Jahren Lehrtätigkeit an der Technischen Hochschule Dresden an die Universität Leipzig, wo er weitere 16 Jahre den Lehrstuhl für Mathematik und darstellende Geometrie innehatte. Im Falle Rohns ist nicht klar, ob er den Lehrstuhl für darstellende Geometrie in Dresden als „Wartesaal“ benutzt hat. An den Universitäten hatte es im 19. Jahrhundert in der Regel keine Lehrstühle speziell für darstellende Geometrie gegeben, sodass für Rohn nur Stellen an Technischen Hochschulen in Frage kamen, wenn er sich der darstellenden Geometrie (lehrend) widmen wollte. 1905 besetzte er den neu eingerichteten Lehrstuhl an der Universität Leipzig, nutzte also, zwar nach längerer Tätigkeit an einer Technischen Hochschule, die „erste Gelegenheit“, um an eine Universität zu wechseln.

Die durchschnittliche Tätigkeitsdauer der Lehrstuhlinhaber der Mathematik und derjenigen der darstellenden Geometrie, die in den 1870er und 1880er auf einen Lehrstuhl an einer Technischen Hochschule bzw. deren Vorgängern gekommen sind, unterscheiden sich nicht maßgeblich: Die Mathematiker blieben im Durchschnitt 15,2 und die darstellenden Geometer 15,8 Jahre⁵¹ auf ihrer Stelle. Bei den darstellenden Geometern liegt der Median bei 15 Jahren, so dass der Mittelwert eine hohe Repräsentativität aufweist. Bei den Mathematikern liegt der Median hingegen bei 9,5 Jahren; 14 der

⁵¹Betrachtet man die Gruppe der Lehrenden ohne Nell und Henneberg, die nach jeweils einem Jahr das Fach wechselten, liegt die durchschnittliche Tätigkeitsdauer der darstellenden Geometer bei 18,5 Jahren und der Median bei 22.

24 Neubesetzungen besetzten nur 1 bis 11 Jahre ihre jeweilige Stelle an der Technischen Hochschule, also unterdurchschnittlich lange. Elf von diesen 14 Lehrstuhlinhabern, die unterdurchschnittlich lange ihre Stelle an einer Technischen Hochschule inne hatten, blieben 1 bis 6 Jahre auf den betrachteten Stellen. Die Werte bei den Mathematikern liegen zwischen 1 und 49 Jahren, bei den darstellenden Geometern zwischen 1 und 38 Jahren. Bei den Mathematikern liegt die Standardabweichung bei 13,87, bei den darstellenden Geometern bei 11,51.

Deutlichere Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ergeben sich, wenn nur die „Wechsler“ an die Universität betrachtet werden. Die beiden darstellenden Geometer, auf die dies zutrifft, hatten ihren Lehrstuhl im Durchschnitt 12 Jahre inne (Sturm 7 und Rohn 17), bei den Mathematikern liegt der Durchschnitt bei 6 Jahren, wobei sieben der neun Werte bei 1 bis 6 Jahren liegen. Es fehlen noch Carl Runge, der 18 Jahre in Hannover, und Alexander Brill, der 9 Jahre in München blieb. Die kurzen Tätigkeitszeiträume können einen Hinweis darauf liefern, dass diese Lehrstühle der Mathematik als Überbrückung bis zu einem Ruf an eine Universität genutzt wurden. Interessant ist aber, dass unter denjenigen, die sowohl vorher an einer Universität tätig waren als auch ihre Hochschullehrerkarriere an einer Universität beendeten – insgesamt betrifft dies ebenfalls sieben Lehrstuhlinhaber –, die zuletzt genannten Brill und Runge waren, also diejenigen mit den längsten Tätigkeitsdauern an einer Technischen Hochschule. Auch für Sturm, der nur 7 Jahre als Professor für darstellende Geometrie an einer Technischen Hochschule tätig war, könnte gelten, dass er auf die Berufung an die Universität gewartet hat. Rohns Situation, die nicht eindeutig bewertbar ist, wurde schon oben diskutiert. Tendenziell kann aber eher den Mathematikern nachgesagt werden, dass sie die Lehrstühle an den Technischen Hochschulen als „Wartesäle“ genutzt haben. Aber auch für diese Gruppe relativiert sich das Ausmaß des Wartesaal-Vorwurfs: Insgesamt wechselten nur neun von 24 Lehrstuhlinhabern der Mathematik, also 37,5%, die in den 1870er und 1880er Jahren an eine Technische Hochschule kamen, letzten Endes an eine Universität. Und nur sieben dieser „Wechsler“ an die Universität blieben dabei sehr kurz, d. h. 1 bis 6 Jahre, an der Technischen Hochschule, was einem Anteil an der ge-

samen Gruppe von knapp unter einem Drittel entspricht. Dem gegenüber stehen zwei von 13 (15,4%) „Wechsler“ an die Universität bei den darstellenden Geometern.

Es scheint, als seien die Lehrstühle für darstellende Geometrie, wie es angenommen wurde, in den 1870er und 1880er Jahren keine beliebten „Wartesäle“ für die Berufung an die Universität gewesen. Da es neben den betrachteten 13 Besetzungen der Lehrstühle für darstellende Geometrie während der 1870er und 1880er Jahre nur weitere sieben Lehrstuhlinhaber seit Bestehen der Lehrstühle bis zum Ende des 19. Jahrhunderts gab, werden diese in die abschließenden Bemerkungen einbezogen, um zu überprüfen, ob sich die Ergebnisse für alle Lehrstuhlinhaber generalisieren lassen. Für Karlsruhe kommen Christian Wiener (44 Jahre tätig) und Friedrich Schur (11 J.), für München Sebastian Finsterwalder (12 J.), für Stuttgart Carl Reuschle (37 J.) und Rudolf Mehmke (28 J.), für Hannover Ludolf Bargum (7 bzw. 5 J. wegen Krankheit) und Franz Stegemann (9 J. als Professor und 2 J. als Vertretung Bargums) schließlich für Darmstadt Hermann Wiener (33 J.) hinzu. Betrachtet man jeweils nur die offizielle Zeit, in denen die Lehrenden Lehrstuhlinhaber waren (siehe Kapitel 6.1), verändert sich die durchschnittliche Tätigkeitsdauer aller 20 Besetzungen im Bereich der darstellenden Geometrie im 19. Jahrhundert auf 19,3 Jahre. Von diesen sieben Professoren beendete nur Schur seine Karriere letztendlich an einer Universität, die anderen sechs blieben bis zur Pensionierung oder zu ihrem Tod auf der jeweiligen Stelle. Dementsprechend beläuft sich der Gesamtanteil der „Wechsler“ an die Universität unter den insgesamt 20 Besetzungen der Lehrstühle für darstellende Geometrie im 19. Jahrhundert auf 15% (gegenüber 15,4% in den 1870er und 1880er Jahren), so dass die Entwicklungen in den 1870er und 1880er Jahren repräsentativ für die Gesamtsituation sind und dementsprechend geschlussfolgert werden kann, dass die Lehrstühle für darstellende Geometrie von den Entwicklungen im Bereich der Mathematik der 1870er und 1880er Jahre weitgehend unberührt blieben.

Dies resultiert wahrscheinlich vornehmlich aus dem bereits geschilderten Umstand, dass die Lehrstühle für darstellende Geometrie an den Technischen Hochschulen kein Pendant an den Universitäten hatten. Die darstellende Geo-

metrie wurde aufs Engste mit den Technischen Hochschulen verknüpft und war wenig geeignet, um einen Nachweis für wissenschaftliche Tätigkeiten zu liefern, der an den Universitäten benötigt wurde. Darüber hinaus scheint der Arbeitsaufwand für die Lehre, der für die Mathematik an den Technischen Hochschulen im Allgemeinen sehr hoch war und wenig oder keine Zeit für eigene Forschung ließ, noch höher für die darstellende Geometrie gewesen zu sein. Beispielsweise beklagte Friedrich Schur, der von 1897 bis 1909 den Lehrstühle für darstellende Geometrie in Karlsruhe inne hatte, dass ihn „[...] der Gedanke an die Wiederübernahme des Übungsbetriebes mit den vielen Zeichnungen abschreckte“, als ihm seine alte Stelle nach dem Krieg wieder angeboten wurde (vgl. Renteln, 2000, 324). Insbesondere der Übungsbetrieb, also die Zeichenübungen, der darstellenden Geometrie waren sehr zeitaufwändig, so dass häufig Assistenten eingestellt wurden (vgl. im Falle Burmesters z. B. Hashagen, 1993, 74). Des Weiteren kann die Assoziation der darstellenden Geometrie mit dem technischen Bildungswesen und damit den Technischen Hochschulen, die, wie eingangs geschildert wurde, den Universitäten im 19. Jahrhundert hinsichtlich der Anerkennung als wissenschaftliche Ausbildungsstätten noch nachstanden, auch zu einer Wahrnehmung der darstellenden Geometrie als „unwissenschaftliche Disziplin“ geführt haben. Ein Beispiel soll dies illustrieren: In einem Briefwechsel zwischen Walther Dyck und Felix Klein aus der Zeit vor Dycks Berufung an die Technische Hochschule München (1884) äußerte Ersterer Unbehagen gegenüber einer möglichen Berufung nach Hannover oder Aachen auf den Lehrstuhl für darstellende Geometrie, weil „[...] seine wissenschaftlichen Bestrebungen nicht in diese Richtung gehen würden“ (vgl. Hashagen, 2003, 163–164). Felix Klein antwortete darauf Folgendes:

Könnte man Alles in idealer Weise einrichten, so würde ich wünschen, daß Sie noch ein paar Semester blieben – um zu arbeiten und auch noch zu lernen – und daß Sie dann an eine Universität kämen [...]. Aber das Leben gestaltet sich ja nicht nach unseren Wünschen sondern nach realen Verhältnissen. Kommt ein Ruf, dann ist es schwer ihn abzulehnen. Überlassen Sie das ruhig der Zukunft! Und macht man Sie zum darstellenden Geometer, so

sind Sie Mann's genug, um über die nächsten Anforderungen des Beruf's hinaus nicht die höheren Ziele zu vergessen. (zitiert nach ebd., 163–164)

Kleins Aussagen repräsentieren nicht unbedingt seine eigenen Auffassungen. Man bedenke, dass er selbst an eine Technische Hochschule gegangen ist und beispielsweise seinen Einsatz für die Etablierung der angewandten Mathematik an den Universitäten oder seinen gut zehn Jahre später erschienenen Aufsatz „Über Arithmetisierung der Mathematik“ (1895), in welchem er für die Lehre über die Anschauung auch im Hochschulbereich plädierte. Jedoch illustrieren Kleins Aussagen die Wahrnehmung bzw. die Sonderrolle der darstellenden Geometrie unter den mathematischen Disziplinen im 19. Jahrhundert, wie sie in diesem Kapitel herausgearbeitet wurde. Diese Sonderrolle war auf die enge Verbindung der darstellenden Geometrie mit dem technischen Hochschulwesen zurückzuführen.

6.3 Ausblick zur Lehrkörperstruktur der darstellenden Geometrie

Neben bereits im Laufe dieses Kapitels erwähnten Wissenslücken (z. B. in den Biographien einzelner vorgestellter Lehrender) und Forschungsanliegen (insbesondere im Bereich der (inhaltlichen) Publikationsanalysen) bietet die Lehrkörperstruktur der darstellenden Geometrie an höheren technischen Bildungsinstitutionen viel Potential für weitere Forschung, die einen genaueren Einblick in die Rolle der darstellenden Geometrie als Lehrfach bzw. als wissenschaftliche Disziplin im höheren technischen Bildungswesen geben kann. Beispielsweise müsste für eine gesicherte Aussage über den Umfang der Forschungstätigkeit der Lehrenden der darstellenden Geometrie an den höheren technischen Bildungsanstalten die Publikationstätigkeit ihrer Mathematikerkollegen im gleichen Zeitraum betrachtet werden. Die Beteiligung der Lehrenden der darstellenden Geometrie im 19. Jahrhundert an der Verbreitung von Forschungsergebnissen scheint zunächst nicht hoch gewesen zu sein. Sollte die Publikationstätigkeit ihrer Mathematikerkollegen ähnlich gering gewesen

sein, könnte dies tendenziell auf die Standards – und somit auch auf die Stellung – des höheren technischen Bildungswesens zurückzuführen sein. War die Beteiligung der Mathematiker am wissenschaftlichen Diskurs und an der Forschung höher, so wäre die „Sonderrolle“ der darstellenden Geometrie unter den mathematischen Disziplinen erneut bestätigt. Insbesondere konnten sich die (reinen) Mathematiker in eine bereits bestehende Wissenschaftscommunity einfügen, weil die Mathematik an den Universitäten vertreten war; die darstellende Geometrie existierte im 19. Jahrhundert primär in einer „Parallelwelt“. Der Vergleich mit den Lehrstuhlinhabern der Mathematik hinsichtlich weiterer Aspekte (Gehalt, Beförderung etc.) kann zusätzlichen Aufschluss über die Stellung der darstellenden Geometrie unter den mathematischen Disziplinen geben. Schubring betrachtet u.a. diese Faktoren in seiner Studie zur Professionalisierung des Mathematiklehrerberufes, um die „relative Position“ dieser Profession im Vergleich zur Gesamtprofession, also zur gesamten Gruppe der Lehrer an höheren Schulen, zu ermitteln (vgl. Schubring, 1983, 15). Im Vorangegangenen wurde schon erwähnt, dass für die Lehrstellen der darstellenden Geometrie teilweise erhebliche finanzielle Mittel aufgewendet wurden, weil es wenige qualifizierte, potentielle Bewerber gab.

Einen weiteren interessanten Aspekt die Lehrverantwortlichen der darstellenden Geometrie im höheren technischen Unterrichtswesen betreffend, der Aufschluss über die Funktion und die Realisierung ihrer Lehre geben könnte und im Vorangegangenen nicht näher untersucht wurde, bildet die Betrachtung verschiedener „Extraordinariatsformen“ für dieses Fach. Die Betrachtung verschiedener Extraordinariatsformen gibt, neben der Möglichkeit (detailliertere) Karrieremuster herauszustellen, interessante Einblicke in die Position bzw. Entwicklung oder Funktion des jeweils betrachteten Faches innerhalb eines institutionellen Kontextes. Schröder unterscheidet zwischen dem Parallelextraordinariat (d. h. ein Fach ist schon durch ein Ordinariat vertreten), dem Spezialextraordinariat (d. h. innerhalb einer Disziplin bilden sich neue Spezial- oder Teilfächer) und dem Neufachextraordinariat (d. h. außerhalb bestehender Fächer entstehen neue Forschungsfelder) (vgl. Schröder, 1979, 74).

Eine Teilgruppe der Extraordinariate bilden die Assistenten an den höhe-

ren technischen Bildungsinstitutionen im 19. Jahrhundert. „Bemerkenswerterweise sind die ersten Assistenten für Mathematik in Preußen an den Technischen Hochschulen eingestellt worden – dort war der Übungsbetrieb umfangreicher und intensiver“ (Schubring, 1990, 270). Von den größeren Hörerschaften der mathematischen Vorlesungen an höheren technischen Bildungsinstitutionen, die die Anstellung von Assistenten legitimierten, war auch die darstellende Geometrie betroffen. Für dieses Fach wurden Assistenten vor allem für die Betreuung der umfangreichen Zeichenübungen eingestellt. In München erhielt Klingensfeld beispielsweise 1874 aufgrund der hohen Zuhörerzahlen einen Assistenten, unter Burmester waren es dann drei allein für die darstellende Geometrie (vgl. Hashagen, 1993, 60, 71). Für die Institutionen in Dresden und Stuttgart wurde in Kapitel 6.1.1 bereits erwähnt, dass dort jeweils neben den „Hauptlehrern“ für darstellende Geometrie, noch andere Fachlehrer oder Assistenten parallel tätig waren. In Dresden gab es anfänglich (und zwischenzeitlich) verschiedene Fächer, die sich auf Teilgebiete der darstellenden Geometrie im weiteren Sinn beschränkten, und erst spät sowohl ein übergreifendes Lehrfach und eine eigens dafür zuständige Lehrperson. In Stuttgart hingegen war die Entwicklung genau entgegengesetzt: Unter Gugler gab es zunächst das alle Themen dieses Bereichs umfassende Fach „Darstellende Geometrie“ (I und II), später, aber dennoch während Guglers Tätigkeit (1843–1880), wurden Schattenkonstruktionen und Perspektive von einem Hilfslehrer der Architektur unterrichtet; gegen Ende des 19. Jahrhunderts gab es dann neben dem Hauptlehrer für darstellende Geometrie, in diesem Fall Reuschle, jeweils einen Hauptlehrer für Teilgebiete der darstellenden Geometrie in der Bau- und der Maschinenbauhochschule. Auch in den Fällen Braunschweigs (vgl. Albrecht, 1987, 421) und Hannovers (vgl. Hannover, 1956, 13) ist bekannt, dass dort zwischenzeitlich Assistenten in den Lehrveranstaltungen zur darstellenden Geometrie wirkten. In Berlin gab es seit der Gründung der Technischen Hochschulen durchgängig zwei Ordinariate und anscheinend trotzdem noch weitere Extraordinariate: „1876 habilitierte sich außerdem Julius Scholz (1839–?) für das Fachgebiet Projektionslehre, der seit Anfang der siebziger Jahre bei Pohlke Assistent war und bis zum Wintersemester 1888/89 als Privatdozent der TH Berlin Kurse über Beleuchtungs(Schatten)-

Konstruktion anbot“ (Knobloch, 1998, 14). Zwar hatten die in diesem Kapitel betrachteten (Haupt-)Lehrverantwortlichen der darstellenden Geometrie an den höheren technischen Bildungsanstalten keinen Gebrauch vom „eigenen“ Habilitationsrecht gemacht – einige wenige hatten sich an einer Universität habilitiert –, es scheint aber, als könnten durch Habilitationen an den höheren technischen Bildungsinstitutionen weitere Forschungsbereiche der darstellenden Geometrie erschlossen worden sein. Falls weitere Assistenten o. Ä. Gebrauch vom Habilitationsrecht an besagten Institutionen machten und sich im Rahmen ihrer Forschung mit der darstellenden Geometrie auseinandergesetzt hatten, stellt sich die Frage nach ihren weiteren Karriereverläufen – eine Professur der darstellenden Geometrie hatten sie im 19. Jahrhundert an den acht betrachteten Technischen Hochschulen bzw. deren Vorgängern in jedem Fall nicht erhalten.

Kapitel 7

Fazit: Hochschullehrer oder Lehrer an einer „Hochschule“? Für Mathematik oder Zeichenkunst?

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war, durch die Betrachtung der darstellenden Geometrie als Lehrfach des „deutschen“ höheren technischen Bildungswesens im 19. Jahrhundert einen Einblick in ihre Funktion und ihr Wesen als mathematische Disziplin in ebendiesem zu erhalten. Hierzu wurde im ersten Teil dieser Arbeit zunächst ihre Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte bis zur ihrer Begründung als „Wissenschaft“ durch Gaspard Monge betrachtet (siehe Kapitel 2), um den Stand der darstellenden Geometrie zu Beginn des 19. Jahrhunderts zu erfassen. Kurz darauf begann ihre literarische Überlieferung in der Form von Lehrbüchern in den deutschsprachigen Raum (siehe Kapitel 3) und die Ausbildung eines höheren technischen Bildungswesens, in dem die darstellende Geometrie einen integralen Lehrgegenstand darstellte. Dieser institutionelle Kontext bildet den Rahmen für die Untersuchungen im zweiten Teil dieser Arbeit, in dem zunächst die verschiedenen Entwicklungsstadien des höheren technischen Bildungswesens während des 19. Jahrhunderts dargelegt wurden (siehe Kapitel 4). Für die Entwicklung der hier betrachteten Institutionen für höhere technische Bildung wurden in der vorliegenden Arbeit drei Phasen herausgearbeitet, für die nachfolgend die

Anteile der darstellenden Geometrie am Lehrpensum anhand von Studien- bzw. Lehrplänen ermittelt wurden, um die angenommene Verbindung der darstellenden Geometrie mit dem höheren technischen Bildungswesen zu belegen (siehe Kapitel 5). Den Abschluss bildeten Untersuchungen der Lehrverantwortlichen für die darstellende Geometrie im betrachteten Zeitraum und Gebiet (siehe Kapitel 6). Die Lehrenden der darstellenden Geometrie an höheren technischen Bildungsanstalten im 19. Jahrhundert dienen in ihrer Rolle als wissenschaftliche Funktionsträger als Indikatoren für den Status der darstellenden Geometrie als Lehrfach.

Um die Frage nach dem Status der Lehrenden der darstellenden Geometrie zu beantworten, die im Titel dieses Kapitels aufgeworfen wurde (Hochschullehrer oder Lehrer an einer „Hochschule“?), wurden sie mit ihren Kollegen an den Universitäten verglichen, die als Archetypen des „Hochschullehrers“ im 19. Jahrhundert angesehen werden. Was die darstellenden Geometer an den Technischen Hochschulen mit Professoren an Universitäten gemeinsam hatten, waren Teile ihrer Ausbildung. Eine Vielzahl der Lehrenden der darstellenden Geometrie an den Technischen Hochschulen absolvierte Teile des klassischen Werdegangs, der auch Voraussetzung für eine Universitätsprofessur war. In dieser Hinsicht orientierte man sich – genau wie bei der Etablierung des höheren technischen Bildungswesens selbst – während des 19. Jahrhunderts an den Universitäten. Es wurde also auf bestehende Systeme zurückgegriffen, von denen man sich durch den Aufbau eines technischen Bildungssystems ursprünglich distanzieren wollte und die somit nicht unbedingt zu den Bedürfnissen der zu etablierenden technischen Bildungsgänge passten. Für die darstellende Geometrie als Lehrfach an höheren technischen Schulen bedeutete dies, dass ihre Lehrenden, die als Schlüsselfiguren für ihre Weiterentwicklung und Verbreitung gelten, im 19. Jahrhundert teilweise in einem Bildungskontext ausgebildet wurden, der sie nicht unbedingt auf ihre Tätigkeit im höheren technischen Bildungswesen vorbereitete. Diese Tatsache war u. a. dem Umstand geschuldet, dass sich das höhere technische Bildungswesen im 19. Jahrhundert noch nicht selbst mit wissenschaftlichem Nachwuchs versorgen konnte. Das Promotionsrecht hatten diese Institutionen zu dieser Zeit nicht, es gab keine einheitlich geregelte Lehrerbildung o. Ä. für höhe-

re technische Bildungsinstitutionen und vom eigenen Habilitationsrecht haben zumindest die Professoren der darstellenden Geometrie keinen Gebrauch gemacht. Eine spezielle, institutionalisierte Karriere für Hochschullehrer im Bereich der darstellenden Geometrie gab es nicht – ein „typischer“ bzw. standardisierter Karriereverlauf hätte ein etabliertes technisches Bildungswesen zur Bedingung gehabt, das im 19. Jahrhundert ebenfalls nicht existierte.

Worin sich die darstellenden Geometer an den Technischen Hochschulen von den Hochschullehrern der Universitäten unterschieden, war z. B. die Forschungstätigkeit in ihrem Fach. Der Anspruch, dass die Lehrenden der darstellenden Geometrie in ihrer Disziplin auch forschend tätig sein sollten, scheint – im Unterschied zu ihren Kollegen an den Universitäten – nicht gestellt worden zu sein. Sowohl vor als auch während ihrer jeweiligen Lehrtätigkeit haben die Lehrenden der darstellenden Geometrie keine oder kaum wissenschaftliche Ergebnisse in diesem Bereich veröffentlicht. An dieser Stelle kann ein Vergleich mit ihren Mathematikerkollegen an den Technischen Hochschulen Klarheit darüber bringen, ob diese höheren technischen Bildungsinstitutionen insgesamt weniger ausgeprägte Forschungsstätten waren als die Universitäten oder ob dieser Umstand auf das Fach selbst zurückzuführen ist. Auf Grundlage der in dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen entsteht der Eindruck, dass die darstellende Geometrie primär als Lehrfach im höheren technischen Unterrichtswesen fungierte und dass ihre Lehrenden vornehmlich Lehrer und weniger Wissenschaftler waren. Dies ist wiederum auch auf die Stellung des höheren technischen Bildungswesens zurückzuführen, das sich noch im Aufbau befand.

Zwar hatten die höheren technischen Schulen im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts größtenteils „Hochschulstrukturen“ etabliert (siehe Kapitel 4.4), von einer Gleichwertigkeit mit den Universitäten kann aber frühestens im 20. Jahrhundert die Rede sein. Daraus resultierte der Status des höheren technischen Unterrichtswesens als minderwertig aus Sicht des etablierten höheren Bildungssystems und dementsprechend der Lehrfächer, die in jenem ihre Heimstätte hatten. Unter diesen Fächern, die an den Vorgängern der acht betrachteten Technischen Hochschulen gelehrt wurden, war die darstellende Geometrie eine derjenigen (mathematischen) Disziplinen, die an den Univer-

sitäten in der Regel nicht im Fächerkanon vertreten war. An den Technischen Hochschulen und deren Vorgängern hingegen wurde sie während des 19. Jahrhunderts in der Regel im Rahmen des verpflichtenden Unterrichtspensums unterrichtet und zwar durch alle Entwicklungsphasen des höheren technischen Bildungswesens hindurch (siehe Kapitel 5). Innerhalb der in dieser Arbeit herausgearbeiteten Phasen der institutionellen Entwicklung des höheren technischen Unterrichtswesens (Gründungs-, Ausdifferenzierungs- und Übergangsphase) verkörperten die betrachteten Lehranstalten jeweils zu verschiedenen Zeitpunkten, aber teilweise auch untereinander durchaus unterschiedliche Bildungskonzepte (siehe Kapitel 4.3 und 4.4). Die darstellende Geometrie gehörte (mit wenigen Ausnahmen zu Beginn des betrachteten Zeitraums) zu all diesen konzeptionellen Realisierungen dazu – sei es im eher praktisch oder theoretisch orientierten Zugang zur technischen Ausbildung. Durch die ausschließliche Verbindung zum technischen, im Gegensatz zum klassischen, Unterrichtswesen kann außerdem sowohl die zuletzt in Kapitel 6.2 durch den Briefwechsel zwischen Klein und Dyck illustrierte Wahrnehmung der darstellenden Geometrie als „weniger wissenschaftliche“ bzw. „weniger mathematische“ Disziplin erklärt werden als auch die Tatsache, dass die Zuständigkeit für die Lehre dieser Disziplin an einigen Institutionen für längere Zeit bei verschiedenen „Ingenieurwissenschaftlern“ und nicht bei Mathematikern lag (siehe Kapitel 6.1).

Einen weiteren Hinweis darauf, dass die Lehrstellen der darstellenden Geometrie während des gesamten 19. Jahrhunderts darüber hinaus einen Sonderstatus unter den Lehrstellen für Mathematik an höheren technischen Schulen hatten, liefert die Tatsache, dass sie von den generellen Entwicklungen, die die mathematischen Lehrstühle im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts betrafen, nicht beeinflusst wurden (siehe Kapitel 6.2). Insbesondere zu folgenden Ergebnissen haben die Untersuchungen in dieser Arbeit geführt: Auf die Lehrstühle der darstellenden Geometrie wurden in den 1870er und 1880er Jahren beispielsweise nicht unbedingt „Universitätsmathematiker“ berufen bzw. nicht mehr als zu anderen Zeitpunkten im 19. Jahrhundert und diese Lehrstühle schienen in dieser Zeit nicht als „Wartesäle“ für eine Berufung an eine Universität benutzt worden zu sein, wie es über diejenigen

für Mathematik behauptet wurde. Als Qualifizierungsmaßnahmen für einen Lehrstuhl an einer Universität konnten sich die Lehrstellen der darstellenden Geometrie an den Technischen Hochschulen nicht eignen, weil sie keine Pendanten an den Universitäten hatten.

Die getrennte Betrachtung der darstellenden Geometrie von der Mathematik hat sich als sinnvoll erwiesen. Die darstellende Geometrie ist prinzipiell zwar eine mathematische Disziplin, ihre Wahrnehmung war im 19. Jahrhundert aber noch stark abhängig vom relevanten Bildungskontext. Die Etablierung der darstellenden Geometrie als Lehrfach im technischen Bildungswesen fiel nicht nur in eine Zeit, in der der relevante institutionelle Kontext selbst um Anerkennung als wissenschaftliche Ausbildungsstätte kämpfte, sondern auch in der die reine Mathematik im Allgemeinen Wissenschaftlichkeit repräsentierte. Die nach damaligem Verständnis angewandten Bereiche der Mathematik, wozu die darstellende Geometrie aufgrund ihrer Verbindung zum technischen Bildungswesen und zur beruflichen Praxis gezählt wurde, galten als minderwertig im Vergleich. Für die Behauptung Papperitz', dass die Rangunterschiede zwischen den angewandten und reinen Wissenszweigen am Ende des 19. Jahrhunderts allerdings überwunden waren (vgl. Papperitz, 1899, 3), spricht folgendes Beispiel: Als sich 1896 alle Mathematikprofessoren an den Technischen Hochschulen gesammelt gegen die Antimathematikerbewegung aussprachen (siehe Kapitel 4.5), stellten sich die Professoren der darstellenden Geometrie auf die Seite ihrer Mathematikerkollegen. Sie forderten u. a., dass die Mathematik grundlegende Wissenschaft im technischen Studium bleiben sollte, anstatt zu einer Hilfswissenschaft reduziert zu werden – eine Forderung, die man Riedler & Co unterstellte (vgl. Hashagen, 2000, 281). Die Professoren der darstellenden Geometrie identifizierten sich am Ende des 19. Jahrhunderts also mit der Mathematik. Ob von Seiten der Mathematiker die darstellende Geometrie zu diesem Zeitpunkt als Disziplin der Mathematik anerkannt wurde, ist damit aber nicht geklärt. Während des 19. Jahrhunderts wurde die darstellende Geometrie beispielsweise in den Fächerauflistungen der höheren technischen Schulen meistens nicht der Mathematik zugeordnet (siehe Kapitel 5.3). Auch laut Scriba & Schreiber zeigte sich darin, dass die darstellende Geometrie als eigenständiges Lehr- oder

Prüfungsfach aufgeführt wurde, ihre Ausgliederung aus der Mathematik (vgl. Scriba & Schreiber, 2010, 388).

Das Grund- und Aufrissverfahren, die darstellende Geometrie im engeren Sinne, wurde durch Gaspard Monge am Ende des 18. Jahrhunderts zwar auf ein mathematisches Niveau gehoben, dessen Nutzung war zusätzlich aber schon jahrhundertlang in der handwerklichen Praxis verankert (siehe Kapitel 2.1). Die darstellende Geometrie, die am Ende des 18. Jahrhunderts von Monge geschaffen wurde, war eine rein mathematische bzw. geometrische Disziplin. Monge definierte zwei innermathematische bzw. -geometrische Aufgaben der darstellenden Geometrie: die eindeutige Darstellung dreidimensionaler Objekte in der Ebene und die Lösung raumgeometrischer Probleme mit diesen Abbildungen. In dem zu Beginn dieser Arbeit exemplarisch aufgeführten Eintrag aus der *Allgemeinen Encyclopädie der Wissenschaften und Künste* von 1854 wurde die erste Aufgabe der darstellenden Geometrie von O. Schlömilch – einem Mathematiker – als Lösung fundamentaler Grundaufgaben, also innermathematisch, gesehen, die zweite Aufgabe ist aber definiert als die Anwendung dieser Grundaufgaben zur „Darstellung von Gegenständen des praktischen Lebens“ (siehe Kapitel 1). Über ein halbes Jahrhundert nach der vermeintlichen Begründung der darstellenden Geometrie als mathematische Disziplin wird der „Wert“ der darstellenden Geometrie noch oder wieder in der praktischen Anwendung gesehen. Ebendiese beiden Seiten der darstellenden Geometrie – die theoretische und die praktische – führten zu einer Kluft zwischen ihr und der Mathematik.

Im Grunde wurde die enge Verbindung zwischen der darstellenden Geometrie und dem höheren technischen Bildungswesen schon von Monge festgelegt und im betrachteten deutschsprachigen Gebiet übernommen. Zwar hatte Monge in seinem *Programme* den allgemeinbildenden Wert der darstellenden Geometrie betont, aber auch, und dies vehementer, den Nutzen der darstellenden Geometrie für die berufliche Praxis und die Belebung der Industrie (siehe Kapitel 2.2). Damit hatte er das Schicksal der darstellenden Geometrie schon am Ende des 18. Jahrhunderts besiegelt, weil sie aufgrund der ausschließlichen Assoziation mit dem technischen Bildungswesen und der damit verbundenen Nützlichkeit im betrachteten deutschsprachigen Gebiet zu

einem Fach degradiert wurde, das im Gegensatz zur vorherrschenden Überzeugung der zweckfrei zu betreibenden Bildung stand. Die darstellende Geometrie geriet somit automatisch in bildungstheoretische Auseinandersetzungen über gymnasiale und reale bzw. technische Bildung, die in ihrem Fall als „Hemmnis für eine Verwissenschaftlichung“ gewirkt und zu einer „Verzögerung der Loslösung des konstruktiv-technischen vom künstlerischen Zeichnen zugunsten einer eigenständigen Konzeption“ geführt haben (vgl. Lipsmeier, 1971, 108). Eine Verwissenschaftlichung im Sinne der zeitgenössischen Bildungsideologie hätte eine Vertiefung der mathematischen Seite bedeutet, die den verantwortlichen Lehrenden im entsprechenden Bildungskontext nicht möglich war. Im Gegenteil zeigt die Betrachtung bekannter Lehrbücher, dass eine inhaltliche Reduktion von einigen Autoren, die auch als Lehrer dieses Fachs tätig waren, zu verschiedenen Zeitpunkten des 19. Jahrhunderts als sinnvoll empfunden wurde (siehe Kapitel 3).

Über die konkrete (inhaltliche) Ausgestaltung der Lehre der darstellenden Geometrie an den Technischen Hochschulen und deren Vorgängern im 19. Jahrhundert kann an dieser Stelle keine Aussage gemacht werden. Inwiefern in der Lehre die mathematische bzw. die technische Seite der darstellenden Geometrie fokussiert wurde, wurde in dieser Arbeit nicht überprüft. Aufgrund der institutionellen Bedingungen wird aber deutlich, dass sich die darstellende Geometrie als Lehrfach an höheren technischen Bildungsinstitutionen während des 19. Jahrhunderts allein deswegen in dem Spannungsfeld zwischen einer mathematischen Disziplin und einer Zeichenkunst, die den technischen Anwendungsbezug in den Vordergrund stellte, befand, weil der institutionelle Kontext ihre Wahrnehmung prägte. In Frankreich stand das Prinzip einer höheren, wissenschaftlichen Bildung nicht im Gegensatz zur Anwendungsmöglichkeit dieses Wissens in der Praxis – im deutschsprachigen Gebiet während des 19. Jahrhunderts schon.

Literaturverzeichnis

- Albrecht, Helmuth (1987). *Technische Bildung zwischen Wissenschaft und Praxis: Die Technische Hochschule Braunschweig 1862–1914*. Hildesheim: Ohms Weidmann.
- Albrecht, Helmuth (1989). Die Anfänge eines technischen Bildungssystems. In: Boehm, Laetitia/Schönbeck, Charlotte (Hrsg.), *Technik und Bildung*, 118–153. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Albrecht, Helmuth (1995). Auf dem Weg zur wissenschaftlichen Hochschule: Die TH Braunschweig und die „Emanzipation“ des technischen Hochschulwesens. In: Kertz, Walter (Hrsg.), *Technische Universität Braunschweig: Vom Collegium Carolinum zur Technischen Universität 1745–1995*, 185–199. Hildesheim/Zürich/New York: Georg Olms Verlag.
- Andersen, Kirsti (2007). *The Geometry of an Art: The History of the Mathematical Theory of Perspective from Alberti to Monge*. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-48946-9> [31.10.2018].
- Barbin, Évelyne (2015). Descriptive Geometry in France: History of Élémentation of a Method (1795–1865). In: *The International Journal for the History of Mathematics Education* 10, 2, 39–81.
- Barbin, Évelyne (2018). Monge’s Descriptive Geometry: His Lessons and the Teaching given by Lacroix and Hachette. In: Barbin, Évelyne/Menghini, Marta/Volkert, Klaus (Hrsg.), *Descriptive Geometry: The Spread of a Polytechnic Art* (im Druck), 17–30. Springer.

- Bauernfeind, Carl Maximilian von (1895). Ullherr, Konrad. In: *Allgemeine Deutsche Biographie* 39 [Online-Version], 189–196. <https://www.deutsche-biographie.de/pnd117281220.html#adbcontent> [23.12.2018].
- Bayerische Akademie der Wissenschaften (1843). *Gelehrte Anzeigen* 17. München: Verlag der königlichen Akademie der Wissenschaften.
- Benstein, Nadine (2015). *Darstellende Geometrie und Raumanschauung*. Unveröffentlichte Masterarbeit, Bergische Universität Wuppertal.
- Benstein, Nadine (2018). A German Interpreting of Descriptive Geometry and Polytechnic. In: Barbin, Évelyne/Menghini, Marta/Volkert, Klaus (Hrsg.), *Descriptive Geometry: The Spread of a Polytechnic Art* (im Druck), 143–166. Springer.
- Binder, Dieter Anton (1984). Europäische Technische Studienanstalten im Jahre 1853. Karl Koristkas Reisebericht. In: *Mitteilungen der Österreichischen Gesellschaft für Geschichte der Naturwissenschaften* 4, 2–3 und 49–100.
- Blankertz, Herwig (1969). *Bildung im Zeitalter der großen Industrie*. Hannover: Hermann Schroedel Verlag KG.
- Böhme, Gernot/van der Daele, Wolfgang/Hohlfeld, Rainer/Krohn, Wolfgang/Schäfer, Wolf/Spengler, Tilman (Hrsg.) (1978). *Die gesellschaftliche Orientierung des wissenschaftlichen Fortschritts*. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Böhme, Gernot/van den Daele, Wolfgang/Krohn, Wolfgang (1978). Die Verwissenschaftlichung der Technologie. In: Böhme, Gernot/van der Daele, Wolfgang/Hohlfeld, Rainer/Krohn, Wolfgang/Schäfer, Wolf/Spengler, Tilman (Hrsg.), *Die gesellschaftliche Orientierung des wissenschaftlichen Fortschritts*, 339–375. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.

- Böttcher, Karl-Heinz/Wendel, Klaus (2008). *Stuttgarter Mathematiker: Geschichte der Mathematik an der Universität Stuttgart von 1829 bis 1945 in Biographien*. Stuttgart: Universitätsarchiv Stuttgart.
- Bosl, Karl (1983). *Bosls Bayerische Biographien: 8000 Persönlichkeiten aus 15 Jahrhunderten*. Regensburg: Verlag Friedrich Pustet.
- Brennecke, Wilhelm (1869). *Einführung in das Studium der darstellenden Geometrie (Ergänzung zu jedem Lehrbuch der elementaren Stereometrie)*. Berlin: Th. Chr. Fr. Enslin.
- Brill, Alexander/Sohncke, Leonhard (1897). Christian Wiener. In: *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* 6, 46–69.
- Brüll, Adolf (1903). Creizenach, Michael. In *Allgemeine Deutsche Biographie* 47 [Online-Version], 546–549. <https://www.deutsche-biographie.de/pnd11775160X.html#adbcontent> [02.11.2018].
- Burg, Meno (1830). *Das architektonische Zeichnen, oder vollständiger Unterricht in den beim Zeichnen der Architekturgegenstände und der Maschinen vorkommenden Constructionen; sowohl hinsichtlich der Anfertigung einer richtigen Linearzeichnung, als der Bestimmung von Schatten. Erster oder theoretischer Theil. (Géométrie descriptive)*. Berlin: Verlag von Duncker und Humblot.
- Burg, Meno (1851). *Grundriss der Vorträge über die geometrische Zeichenkunst (géométrie descriptive) und über die Beleuchtung der Zeichnungen*. Berlin: Verlag von Duncker und Humblot.
- Burmester, Ludwig (1875). *Theorie und Darstellung der Beleuchtung gesetzmäßig gestalteter Flächen mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse Technischer Hochschulen*, 2. Aufl. Leipzig: B. G. Teubner.
- Burmester, Ludwig (1883). *Grundzüge der Reliefperspektive nebst Anwendung zur Herstellung reliefperspectivischer Modelle als Ergänzung zum*

- Perspektiv-Unterricht an Kunstakademien, Kunstgewerbeschulen und technischen Lehranstalten mit drei Lithographirten Tafeln und einer Lichtdrucktafel.* Leipzig: B. G. Teubner. TIB Hannover, <https://doi.org/10.14463/GBV:865507902> [03.11.2018].
- Burmester, Ludwig (1906). *Die geschichtliche Entwicklung der Perspektive in Beziehung zur Geometrie. Festrede, gehalten bei der Akademischen Feier der K. Technischen Hochschule in München am 8. Januar 1906. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der K. Technischen Hochschule zu München für das Studienjahr 1905–06.* BSB/MDZ, <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb00067689-4> [31.10.2018].
- Butz, Wilhelm (1870). *Anfangsgründe der darstellenden Geometrie, der Axonometrie, der Linear-Perspective und der Schattenconstruction für den Schul- und Selbst-Unterricht.* Essen: Bädeker.
- Cajori, Florian (1985). *A History of Mathematics*, 4. Aufl. New York: Chelsea Publishing Company.
- Cantor, Moritz (1877). Desberger, Franz Eduard. In: *Allgemeine Deutsche Biographie* 5 [Online-Version], 68–69. <https://www.deutsche-biographie.de/pnd115873570.html#adbcontent> [23.12.2018].
- Collegium Carolinum Braunschweig (1855). *Lehrplan und sonstige Einrichtungen der höheren technischen Lehranstalt des Herzogl. Collegii Carolini zu Braunschweig.* Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn.
- Confalonieri, Sara/Kröger, Desirée (2016). *Teaching the Mathematical Sciences at French and German Universities during the 18th century.* Göttingen: Cuvillier Verlag.
- Cramer, Hans (1910). *Der mathematische Unterricht an den höheren Schulen nach Organisation, Lehrstoff und Lehrverfahren und die Ausbildung der Lehramtskandidaten im Gorssherzogtum Baden.* In: Klein, Felix (Hrsg.),

Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland veranlasst durch die Internationale Mathematische Unterrichtskommission, Band II, Heft 4. Leipzig/Berlin: B. G. Teubner.

Creizenach, Michael (1821). *Anfangsgründe der darstellenden Geometrie und der Projektionslehre für Schulen*. Mainz: Florian Kupferberg.

Dienel, Hans-Ludger (1993a). Der Münchner Weg im Theorie-Praxis-Streit um die Emanzipation des wissenschaftlichen Maschinenbaus. In: Wengenroth, Ulrich (Hrsg.), *Technische Universität München: Annäherung an ihre Geschichte*, 87–115. München: Technische Universität München.

Dienel, Hans-Ludger (1993b). Industrie- und Gewerbeförderung durch die Technische Hochschule. In: Wengenroth, Ulrich (Hrsg.), *Technische Universität München: Annäherung an ihre Geschichte*, 117–142. München: Technische Universität München.

Dobbert, Eduard (1899). Bauakademie, Gewerbeakademie und Technische Hochschule bis 1884. In: *Chronik der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin 1799–1899*, 11–114. Berlin: Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn.

Dürer, Albrecht (1525). *Underweysung der Messung, mit dem Zirckel und Richtscheyt, in Linien, Ebenen und gantzen corporen*. Nürnberg: Hieronymus Andreae. SLUB Dresden, <http://digital.slub-dresden.de/werkansicht/dlf/17139/1/> [01.11.2018].

Dyck, Walther von (1904a). Einleitung. In: Lexis, Wilhelm (Hrsg.), *Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich. IV. Band: Das Technische Unterrichtswesen. 1. Teil: Die Technischen Hochschulen*, 3–46. Berlin: A. Asher & Co.

Dyck, Walther von (1904b). Die Königlich Bayerische Technische Hochschule zu München. In: Lexis, Wilhelm (Hrsg.), *Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich. IV. Band: Das Technische Unterrichtswesen. 1. Teil: Die Technischen Hochschulen*, 224–239. Berlin: A. Asher & Co.

- Fiedler, Wilhelm (1871). *Die darstellende Geometrie. Ein Grundriss für Vorlesungen und zum Selbststudium*. Leipzig: B. G. Teubner.
- Field, Judith V. (2004). Renaissance mathematics: diagrams for geometry, astronomy and music. In: *Interdisciplinary Science Reviews* 29, 3, 259–277.
- Fisch, Stefan (1993). »Polytechnische Schulen« im 19. Jahrhundert. Der bayerische Weg von praxisorientierter Handwerksförderung zu wissenschaftlicher Hochschulbildung. In: Wengenroth, Ulrich (Hrsg.), *Technische Universität München: Annäherung an ihre Geschichte*, 1–38. München: Technische Universität.
- Fischer, Wolfram (1962). *Der Staat und die Anfänge der Industrialisierung in Baden 1800–1850. Erster Band: Die staatliche Gewerbepolitik*. Berlin: Duncker & Humblot.
- Franke, Traugott (1849). *Lehrbuch der deskriptiven Geometrie. Erstes Heft: Die Darstellung des Punctes, der Linie und der Ebene nach der Parallel-Projection*. Leipzig: B. G. Teubner. BSB/MDZ, <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10081805-1> [02.11.2018].
- Fricke, Robert (1904). I. Die Allgemeinen Abteilungen. In: Lexis, Wilhelm (Hrsg.), *Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich. IV. Band: Das Technische Unterrichtswesen. 1. Teil: Die Technischen Hochschulen*, 49–63. Berlin: A. Asher & Co.
- Fricke, Robert (1905). Über die Bedeutung der allgemeinen Abteilungen der technischen Hochschulen. In: *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* 14, 175–186.
- Gauß, Carl F. (1813). Ben J. Klostermann, dem jüngeren: Géométrie descriptive par Gaspard Monge, de l'institute des sciences etc. Nouvelle édition. Avec und supplément par M. Hachette, instituteur à l'école impériale polytechnique etc. 162 Seiten und 118 S. in Quart. In: *Göttingische gelehrte Anzeigen unter Aufsicht d. Akademie der Wissenschaften* 75,

- 2, 1206–1208. BSB/MDZ, <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10538684-2> [01.11.2018].
- Gerken, Horst (2006). *Catalogus Professorum 1831-2006: Festschrift zum 175-jährigen Bestehen der Universität Hannover Band 2*. Hildesheim/Zürich/New York: Georg Olms Verlag.
- Goldbeck, Gustav (1968). *Technik als geistige Bewegung in den Anfängen des deutschen Industriestaates*. Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH.
- Grattan-Guinness, Ivor (2012). On the Role of the Ecole Polytechnique, 1974–1914, with Especial Reference to Mathematics. In: Buchwald, Jed Z. (Hrsg.), *A Master of Science History: Essays in Honor of Charles Coulston Gillispie*, 217–234. Dordrecht/Heidelberg/London/New York: Springer.
- Grünbaum, Heinrich (1910). *Der mathematische Unterricht an den deutschen mittleren Fachschulen der Maschinenindustrie*. In: Klein, Felix (Hrsg.), *Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland veranlasst durch die Internationale Mathematische Unterrichtskommission*, Band IV, Heft 1. Leipzig/Berlin: B. G. Teubner.
- Grupp, Hariolf/Dominguez-Lacasa, Iciar/Friedrich-Nishio, Monika (2002). *Das deutsche Innovationssystem seit der Reichsgründung: Indikatoren einer nationalen Wissenschafts- und Technikgeschichte in unterschiedlichen Regierungs- und Gebietsstrukturen*. Heidelberg: Physica-Verlag.
- Gugler, Bernhard (1841). *Lehrbuch der descriptiven Geometrie*. Nürnberg: Johann Leonhard Schrag. ETH-Bibliothek Zürich, <http://doi.org/10.3931/e-rara-62279> [02.11.2018].
- Gugler, Bernhard (1857). *Lehrbuch der descriptiven Geometrie*, 2. Aufl. Stuttgart: Verlag der Metzler'schen Buchhandlung.
- Gugler, Bernhard (1860). Geometrie, descriptive (darstellende, beschreibende). In: *Encyklopädie des gesammten Erziehungs- und Unterrichtswesens*, Band 2, 715–725. Gotha: Verlag von Rudolf Besser.

- Gundler, Bettina/Schüler, Claudia (1991). *Catalogus Professorum der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig. Teil 2: Lehrkräfte 1877–1945*. Braunschweig: Braunschweigischer Hochschulbund.
- Hänseroth, Thomas (2001). Das Band idealer geistiger Vereinigung? Allgemeine Abteilungen an den Technischen Hochschulen in Deutschland im 19. Jahrhundert. In: Rohbeck, Johannes/Wöhler, Hans U. (Hrsg.), *Auf dem Weg zur Universität: Kulturwissenschaften in Dresden 1871–1945*, 19–42. Dresden: Thelem.
- Hashagen, Ulf (1993). Mathematik für Ingenieure oder Stellenmarkt für Mathematiker: Die ersten 50 Jahre Mathematikunterricht an der TH München (1868–1918). In: Wengenroth, Ulrich (Hrsg.), *Technische Universität München: Annäherung an ihre Geschichte*, 39–86. München: Technische Universität München.
- Hashagen, Ulf (2000). Der Mathematiker Walther von Dyck und die „wissenschaftliche“ Technische Hochschule. In: Schneider, Ivo/Trischler, Helmut/Wengenroth, Ulrich (Hrsg.), *Oszillationen: Naturwissenschaftler und Ingenieure zwischen Forschung und Markt*, 267–296. München: Oldenbourg.
- Hashagen, Ulf (2003). *Walther von Dyck (1856–1934): Mathematik, Technik und Wissenschaftsorganisation an der TH München*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Hauck, Guido (1910). *Lehrbuch der malerischen Perspektive mit Einschluß der Schattenkonstruktionen. Zum Gebrauche bei Vorlesungen und zum Selbststudium*. Berlin/Heidelberg: Springer. SpringerLink, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-50728-1> [02.11.2018].
- Hauck, Guido (1912). *Vorlesungen über darstellende Geometrie unter besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse der Technik*. Leipzig/Berlin: B. G. Teubner.
- Hausner, Robert (1900). Anmerkungen. In: Monge, Gaspard/Hausner, Robert (Hrsg.), *Darstellende Geometrie*, 177–193. Leipzig: Verlag von

- Wilhelm Engelmann. Digital Mechanism and Gear Library, Europeana Collections, https://www.europeana.eu/portal/de/record/2020801/dmglib_handler_docum_669009.html [01.11.2018].
- Heil, Erhard (1997). Müller, Reinhold. In: *Neue Deutsche Biographie* 18 [Online-Version], 470. <https://www.deutsche-biographie.de/pnd117608327.html#ndbcontent> [23.12.2018].
- Heinemann, Anna-Sophie (2009). Angewandte Mathematik oder Géométrie descriptive unter Carl Friedrich Christian Steiner. In: Klinger, Kerrin (Hrsg.), *Kunst und Handwerk in Weimar: Von der Fürstlichen Freyen Zeichenschule zum Bauhaus*, 67–81. Köln: Böhlau.
- Helm, Georg (1914). Die technischen Hochschulen. In: Körte, Siegfried/Loebell, Friedrich Wilhelm von/Rheinbaben, Georg von/Schwerin-Löwitz, Hans von/Wagner, Adolph (Hrsg.), *Deutschland unter Kaiser Wilhelm II.*, 2. Band, 9. Buch, 1064–1071.
- Hensel, Susann/Ihmig, Karl-Norbert Ihmig/Otte, Michael (1989). *Mathematik und Technik im 19. Jahrhundert in Deutschland. Soziale Auseinandersetzungen und philosophische Problematik*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Hensel, Susann (1989). Zu einigen Aspekten der Berufung von Mathematikern an die Technischen Hochschulen Deutschlands im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts. In: *Annals of Science* 46, 387–416.
- Hertzer, Hugo Ottomar (1868). *Die geometrischen Grundprincipien der Perspektive*. Berlin: Nicolaische Buchhandlung.
- Hertzer, Hugo Ottomar (1875). *Die geometrischen Grundprincipien der Zentral-Raumprojektion*. Berlin: Carl Jahncke (Franz Jahncke).
- Hjelmslev, Johannes (1914). *Darstellende Geometrie*. Leipzig/Berlin: B. G. Teubner.

- Hönig, Johann (1845). *Anleitung zum Studium der darstellenden Geometrie mit vorzüglicher Rücksicht auf ihre Anwendung bei dem Zeichnen technischer Gegenstände, insbesondere jener der Baukunst, der praktischen Geometrie und des Maschinenwesens*. Wien: Carl Gerold. BSB/MDZ, <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10083244-6> [03.11.2018].
- Hohenberg, Fritz (1955). Ein einfacher Beweis des Satzes von Pohlke. In: *Elemente der Mathematik* 10, 2, 40–42.
- Holzmüller, Gustav (1896). Über die Beziehung des mathematischen Unterrichts zum Ingenieur-Wesen und zur Ingenieur-Erziehung. In: *Zeitschrift für lateinlose höhere Schulen* 7, Heft 10, 290–316.
- Hotz, Joachim (1975). *Kleine Geschichte der Universität Fridericiana Karlsruhe (Technische Hochschule)*. Karlsruhe: C. F. Müller.
- Jeismann, Karl-Heinz/Lundgreen, Peter (Hrsg.) (1987). *Handbuch der deutschen Bildungsgeschichte. Band III 1800–1870: Von der Neuordnung Deutschlands bis zur Gründung des Deutschen Reiches*. München: C. H. Beck.
- Jomard, Edme F. (1817). *Description de l'Égypte: ou recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française, publié par les ordres de Sa Majesté l'Empereur Napoléon le Grand*. Paris: L'Imprimerie Impériale. UB Heidelberg, https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/jomard1817bd2_2_4/0101 [31.10.2018].
- Kändler, Wolfram C. (2009). *Anpassung und Abgrenzung: Zur Sozialgeschichte der Lehrstuhlinhaber der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg und ihrer Vorgängerakademien, 1851 bis 1945*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag. Deposit Once/TU Berlin, <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-2869> [26.12.2018].
- Karl, Michael (1993). *Fabrikinspektoren in Preußen: Das Personal der Gewerbeaufsicht 1854–1945. Professionalisierung, Bürokratisierung und Gruppenprofil*. Opladen: Westdeutscher Verlag.

- Karmarsch, Karl (1831). *Die höhere Gewerbeschule in Hannover: Erläuterungen über Zweck, Einrichtung und Nutzen derselben*. Hannover: Verlag der Hahn'schen Hofbuchhandlung. BSB/MDZ, <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10305077-3> [02.11.2018].
- Karmarsch, Karl (1856). *Die polytechnische Schule zu Hannover*. Hannover: Verlag der Hahn'schen Hofbuchhandlung.
- Katzenstein, Louis (1896). Weinbrenner, Friedrich. In: *Allgemeine Deutsche Biographie* 41 [Online-Version], 500–502. <https://www.deutsche-biographie.de/pnd118630229.html#adbcontent> [02.11.2018].
- Kitz, Sebastian (2015). „*Neuere Geometrie*“ als Unterrichtsgegenstand der höheren Lehranstalten. Ein Reformvorschlag und seine Umsetzung zwischen 1870 und 1920. UB Wuppertal, [urn:nbn:de:hbz:468-20150804-104417-8](http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:468-20150804-104417-8) [02.11.2018].
- Klein, Felix (1895). Über die Arithmetisierung der Mathematik. In: *Nachrichten von der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Geschäftliche Mitteilungen*, Heft 2, 82–91. Göttingen: Commissionsverlag der Dieterich'schen Verlagsbuchhandlung.
- Klein, Felix (1896). Die Anforderungen der Ingenieure und die Ausbildung der mathematischen Lehramtskandidaten. In: *Pädagogisches Archiv* 5, 38, 321–326.
- Klein, Felix/Schimmack, Rudolf (1907). *Von der Organisation des mathematischen Unterrichts: Vorträge über den mathematischen Unterricht an den höheren Schulen, Teil 1*. Leipzig: Teubner.
- Klingensfeld, Friedrich August (1851). *Lehrbuch der darstellenden Geometrie für Gewerbeschulen*. Nürnberg: Schrag.
- Klingensfeld, Friedrich August (1854). *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie für polytechnische Schulen*. Nürnberg: Bauer u. Raspe.

- Klingensfeld, Friedrich August (1876). *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie*, Band III. Nürnberg: Verlag der Friedr. Korn'schen Buchhandlung. BSB/MDZ, <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb11011172-6> [18.11.2018].
- Klinger, Kerrin (2014). *Zwischen Gelehrtenwissen und handwerklicher Praxis: Zum mathematischen Unterricht in Weimar um 1800*. Paderborn: Wilhelm Fink.
- Kluckhohn, August (1879). Ueber die Gründung und bisherige Entwicklung der k. technischen Hochschule zu München. Rede ... gehalten am 26. Juli 1879. In: Technische Hochschule München (Hrsg.), *Jahresbericht über das Studienjahr 1878–1879*, 46–62. München: Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
- Knobloch, Eberhard (1981). Die Berliner Gewerbeakademie und ihre Mathematiker. In: Butzer, P. L./Fehér, F. (Hrsg.), *E.B. Christoffel: The Influence of His Work on Mathematics and the Physical Sciences*, 42–51. Basel/Boston/Stuttgart: Birkhäuser Verlag.
- Knobloch, Eberhard (1998). *Mathematik an der Technischen Hochschule und der Technischen Universität Berlin 1770–1988*. Berlin: Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte Dr. Michael Engel.
- König, Wolfgang (1981). Stand und Aufgabe der Forschung zur Geschichte der deutschen Polytechnischen Schulen. In: *Technikgeschichte* 48, 1, 47–67.
- König, Wolfgang (1990). Technologische Zivilisation und Zukunftsverantwortung – Anmerkungen zu Grundfragen des Wissenschaftstransfers. In: Schuster, Hermann J. (Hrsg.), *Handbuch des Wissenschaftstransfers*, 29–41. Berlin/Heidelberg/New York/London/Paris/Tokyo/Hong Kong: Springer-Verlag.
- König, Wolfgang (1999). *Künstler und Strichezieher: Konstruktions- und Technikkulturen im deutschen, britischen, amerikanischen und französischen Maschinenbau zwischen 1850 und 1930*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

- Koetsier, Teun (2010). Ludwig Burmester (1840–1924). In: Ceccarelli, Marco (Hrsg.), *Distinguished Figures in Mechanism and Machine Science: Their Contributions and Legacies, Part 2.*, 43–64. Dordrecht/Heidelberg/London/New York: Springer.
- Külp, Edmund (1850). *Die höhere Gewerbeschule zu Darmstadt nach Zweck und Einrichtung*. Darmstadt: Verlag von L. Pabst.
- Küpper, C. (1889). Der Satz von Pohlke. In: *Mathematische Annalen* 33, 3, 474–475. SUB Göttingen, Deutsche Digitale Bibliothek, <https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/item/F5TNIEX4TG7XYQ27EVE3VME3TN7ITZC3> [03.11.2018].
- Lampe, Emil (1905). Guido Hauck. In: *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* 14, Heft 6, 289–311. DigiZeitschriften, [http://www.digizeitschriften.de/dms/img/?PID=PPN37721857X_0014\\$\\$\\$7Clog77](http://www.digizeitschriften.de/dms/img/?PID=PPN37721857X_0014$$$7Clog77) [23.12.2018].
- Lampe, Emil (1909). Hugo Hertzner. In: *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* 18, Heft 9/10, 417–422. DigiZeitschriften, http://www.digizeitschriften.de/dms/resolveppn/?PID=PPN37721857X_0018|log34 [23.12.2018].
- Lehmann, Rudolph (1904). Lehrpläne und Lehrbetrieb. In: Lexis, Wilhelm (Hrsg.), *Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich. II. Band: Die höheren Lehranstalten und das Mädchenschulwesen*, 65–153. Berlin: A. Asher & Co.
- Lehmann, Christine/Maurer, Betram (2006). *Karl Culmann und die graphische Statik: Zeichnen, die Sprache der Ingenieure*. Stuttgart: Ernst & Sohn.
- Lepsius, Carl Richard (1901). *Denkmäler aus Aegypten und Aethiopien nach den Zeichnungen der von Seiner Majestät dem Koenige von Preussen Friedrich Wilhelm IV nach diesen Ländern gesendeten und in den Jahren 1842–1845 ausgeführten wissenschaftlichen Expedition. Dritte Abtheilung: Denkmaeler des Neuen Reiches*, Band V. Berlin: Nicolaische Buchhandlung. Universitäts- und Landesbibliothek Halle, <http://edoc3.bibliothek.uni-halle.de/lepsiuss/tafelwa3.html> [31.10.2018].

- Lexis, Wilhelm (1904a). Statistische Übersichten. In: Lexis, Wilhelm (Hrsg.), *Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich. II. Band: Die höheren Lehranstalten und das Mädchenschulwesen*, 175–223. Berlin: A. Asher & Co.
- Lexis, Wilhelm (1904b). II. Das mittlere und niedere technische Unterrichtswesen in Preußen. In: Lexis, Wilhelm (Hrsg.), *Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich. IV. Band: Das Technische Unterrichtswesen. 3. Teil: Der mittlere und niedere Fachunterricht*, 41–82. Berlin: A. Asher & Co.
- Ley, Hermann (1953). Beitrag zur Geschichte der Technischen Hochschule Dresden. In: Koloc, Kurt (Hrsg.), *125 Jahre Technische Hochschule Dresden*, 13–76. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Lietzmann, Walther (1949). *Schulreform und mathematischer Unterricht*. Heidelberg: Quelle & Meyer.
- Linde, Justin Timotheus Balthasar (1839). *Uebersicht des gesammten Unterrichtswesens im Großherzogtum Hessen, besonders seit dem Jahre 1829*. Gießen: Verlag von B. C. Ferber.
- Lipsmeier, Antonius (1971). *Technik und Schule: Die Ausformung des Berufsschulcurriculums unter dem Einfluß der Technik als Geschichte des Unterrichts im technischen Zeichnen*. Wiesbaden: Franz Steiner Verlag GmbH.
- Lorey, Wilhelm (1916). *Das Studium der Mathematik an den deutschen Universitäten seit Anfang des 19. Jahrhunderts*. In: Klein, Felix (Hrsg.), *Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland veranlasst durch die Internationale Mathematische Unterrichtskommission*, Band III, Heft 9. Leipzig/Berlin: B. G. Teubner.
- Lorey, Wilhelm (1919). Rudolf Sturm zum Gedächtnis. In: *Zeitschrift für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht* 50, 289–293.
- Loria, Gino (1965). Perspektive und Darstellende Geometrie. In: Cantor, Moritz (Hrsg.), *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*, Band 4, Nachdruck der 1. Aufl., 577–637. New York: Johnson Reprint Corporation/Stuttgart: B. G. Teubner Verlagsgesellschaft.

- Ludewig, Hans-Ulrich (1995a). Die Reorganisationsdebatte 1825–1835. In: Kertz, Walter (Hrsg.), *Technische Universität Braunschweig: Vom Collegium Carolinum zur Technischen Universität 1745–1995*, 113–125. Hildesheim/Zürich/New York: Georg Olms Verlag.
- Ludewig, Hans-Ulrich (1995b). Die humanistische und merkantilistische Abteilung. In: Kertz, Walter (Hrsg.), *Technische Universität Braunschweig: Vom Collegium Carolinum zur Technischen Universität 1745–1995*, 127–129. Hildesheim/Zürich/New York: Georg Olms Verlag.
- Ludwig, W. (1926). Rudolf Sturm. In: *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Verinigung* 34, 41–51. DigiZeitschriften, http://www.digiZeitschriften.de/dms/resolveppn/?PID=PPN37721857X_0034|log8 [23.12.2018].
- Lundgreen, Peter (1987). Fachschulen. In: Jeismann, Karl-Ernst/Lundgreen, Peter (Hrsg.), *Handbuch der deutschen Bildungsgeschichte, Band II 1800–1870: Von der Neuordnung Deutschlands bis zu Gründung des Deutschen Reiches*, 293–305. München: C. H. Beck.
- Manegold, Karl-Heinz (1966). Eine École Polytechnique in Berlin. In: *Technikgeschichte* 2, 33, 182–196.
- Manegold, Karl-Heinz (1969). Zur Emanzipation der Technik im 19. Jahrhundert in Deutschland. In: Manegold, Karl-Heinz (Hrsg.), *Wissenschaft, Wirtschaft und Technik: Studien zur Geschichte; Wilhelm Treue zum 60. Geburtstag*, 379–402. München: Bruckmann.
- Manegold, Karl-Heinz (1970). *Universität, Technische Hochschule und Industrie: Ein Beitrag zur Emanzipation der Technik im 19. Jahrhundert unter besonderer Berücksichtigung der Bestrebungen Felix Kleins*. Berlin: Duncker & Humblot.
- Maurer, Bertram (1998). *Karl Culmann und die graphische Statik*. Berlin/Diepholz/Stuttgart: Verlag für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik.

- Ministerium der Geistlichen, Unterrichts- und Medizinalangelegenheiten Preußen (1901). Neue Lehrpläne und Lehraufgaben für die höheren Schulen in Preußen. In: *Zentralblatt für die gesamte Unterrichtsverwaltung in Preußen*, 471–544. Berlin: J. G. Cotta'sche Buchhandlung.
- Monge, Gaspard/Haussner, Robert (Hrsg.) (1900). *Darstellende Geometrie*. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann. Digital Mechanism and Gear Library, Europeana Collections, https://www.europeana.eu/portal/de/record/2020801/dmglib_handler_docum_669009.html [01.11.2018].
- Moravcová, Vlasta (2014). History of descriptive geometry with an emphasis to the boom of descriptive geometry in Austro-Hungarian Empire in the 19th century. In: *Technical Transactions Fundamental Sciences* 7, 1-NP, 159–176.
- Müller, Carl H./Presler, Otto (1903). *Leitfaden der Projektions-Lehre: Ein Übungsbuch der konstruierenden Stereometrie. Ausgabe A: Vorzugsweise für Realgymnasien und Oberrealschulen*. Berlin/Leipzig: Teubner.
- Müller, Reinhold (1903). *Leitfaden für die Vorlesungen über darstellende Geometrie an der Herzoglichen Technischen Hochschule zu Braunschweig*, 2. Aufl. Braunschweig: Vieweg. TU Braunschweig, <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00029895> [02.11.2019].
- Müller, Emil (1910). Anregungen zur Ausgestaltung des darstellend-geometrischen Unterrichts an den technischen Hochschulen und Universitäten. In *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* 19, 19–24.
- Müller, Conrad (1931). Die Entwicklung der mathematischen Lehrfächer. In: *100 Jahre Technische Hochschule Hannover: Festschrift zur Hundertjahrfeier am 15. Juni 1931*, 21–32. Hannover: Göhmannsche Buchdruckerei.
- Müller, Theodor (1973). *Lehrkräfte am Collegium Carolinum zu Braunschweig zwischen 1814 und 1862*. Braunschweig: Braunschweiger Hochschulbund E.V.

- Nebenius, Carl Friedrich (1833). *Ueber technische Lehranstalten in ihrem Zusammenhang mit dem gesammten Unterrichtswesen und mit besonderer Rücksicht auf die polytechnische Schule zu Karlsruhe*. Karlsruhe: Chr. Fr. Müller'sche Buchhandlung.
- Nedoluha, Alois (1960). *Kulturgeschichte des technischen Zeichnens*. Wien: Springer-Verlag.
- Nottebohm, Friedrich Wilhelm (1871). *Chronik der Königlichen Gewerbe-Akademie zu Berlin. Festschrift zur Feier des fünfzigjährigen Bestehens der Anstalt*. Berlin: Königliche geheime Ober-Hofbuchdruckerei (R. v. Decker). Zentral- und Landesbibliothek Berlin, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:109-1-12765328> [23.12.2018].
- Obenrauch, Ferdinand J. (1897). *Geschichte der darstellenden und projectiven Geometrie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Begründung in Frankreich und Deutschland und ihre wissenschaftliche Pflege in Österreich*. Brünn: Carl Winkler.
- Oettingen, A. J. (1904). *J. C. Poggendorff's Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften enthaltend Nachweisungen über Lebensverhältnisse und Leistungen von Mathematikern, Astronomen, Physikern, Chemikern, Mineralogen, Geologen usw. aller Völker und Zeiten, Zweiter Band: M-Z*. Leipzig: Verlag von Johann Ambrosius Barth.
- Ott, Karl (1913). *Die angewandte Mathematik an den deutschen mittleren Fachschulen der Maschinenindustrie*. In: Klein, Felix (Hrsg.), *Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland veranlasst durch die Internationale Mathematische Unterrichtskommission*, Band IV, Heft 2. Leipzig/Berlin: B. G. Teubner.
- Papperitz, Erwin (1899). *Die Mathematik an den Deutschen Technischen Hochschulen*. Leipzig: Verlag von Veit & Comp.
- Papperitz, Erwin (1901). *Über die wissenschaftliche Bedeutung der darstellenden Geometrie und ihre Entwicklung bis zur systematischen Begründung*

- durch Gaspard Monge. *Rede beim Antritt des Rektorates für das 163. Studienjahr an der K.S. Bergakademie zu Freiberg, 27. Juli 1901*. Freiberg: Craz & Gerlach.
- Papperitz, Erwin (1909). Darstellende Geometrie. In: Meyer, Fr./Mohrmann, H. (Hrsg.), *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen*, 520–601. Leipzig: B. G. Teubner.
- Paul, Matthias (1980). *Gaspard Monges „Géométrie descriptive“ und die École polytechnique: Eine Fallstudie über den Zusammenhang von Wissenschafts- und Bildungsprozess*. Bielefeld: Institut für Didaktik der Mathematik der Universität Bielefeld.
- Perrot, Georges/Chipiez, Charles (1882). *Histoire de l'art dans l'antiquité: Égypte, Assyrie, Perse, Asie Mineure, Grèce, Étrurie, Rome*, Band 1. Paris: Librairie Hachette. UB Heidelberg, <https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/perrot1882bd1> [31.10.2018].
- Petschel, Dorit (2003). *Die Professoren der TU Dresden 1828–2003*. Köln/Weimar/Wien: Böhlau Verlag.
- Pohlke, Karl (1860a). *Darstellende Geometrie zunächst für den Gebrauch bei den Vorträgen an der Königlichen Bau-Akademie und dem Königlichen Gewerbe-Institut zu Berlin. Erste Abtheilung: Darstellung der geraden Linien und ebenen Flächen, so wie der aus ihnen zusammengesetzten Gebilde, vermittelt der verschiedenen Projectionsarten*. Berlin: Verlag von Rudolph Gaertner.
- Pohlke, Karl (1860b). *Zehn Tafeln zur darstellenden Geometrie*. Berlin: Verlag von Rudolph Gaertner.
- Polytechnische Schule München (1833). *Programm der Polytechnischen Schule zu München*. München: o.V. BSB/MDZ, <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb11038639-8> [23.12.2018].
- Polytechnische Schule München (1868). *Programm der Polytechnischen Schule zu München für 1868–69*. München: Joh. Palm's Hof-

- buchhandlung. BSB/MDZ, <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10628521-9> [23.12.2018].
- Polytechnische Schule Stuttgart (1840). *Programm der Königlichen polytechnischen Schule zu Stuttgart*. Stuttgart: Buchhandlung von Paul Res.
- Pommerin, Reiner (2003). *Geschichte der TU Dresden 1828–2003*. Köln/Weimar/Wien: Böhlau Verlag.
- Preusker, Karl (1835). *Andeutungen über Sonntags-, Real- und Gewerbeschulen, Cameralstudium, Bibliotheken, Vereine und andere Förderungsmittel des Gewerbefleißes und allgemeiner Volksbildung: Zweiter Theil. Zweite vermehrte und gänzlich umgearbeitete Auflage*. Leipzig: Hartmann.
- Reich, Karin (2005). Karl Rohn. In: *Neue Deutsche Biographie* 22 [Online-Version], 2–3. <https://www.deutsche-biographie.de/pnd116598301.html#ndbcontent> [23.12.2018].
- Renteln, Michael von (2000). *Die Mathematiker an der Technischen Hochschule Karlsruhe (1825-1945)*. Karlsruhe: Druckerei Ernst Grässer.
- Rethwisch, Conrad (1904). Die Grundzüge der Verfassung des höheren Schulwesens in Deutschland. In: Lexis, Wilhelm (Hrsg.), *Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich. II. Band: Die höheren Lehranstalten und das Mädchenschulwesen*, 4–46. Berlin: A. Asher & Co.
- Reuschle, Carl (1882). *Die Deck-Elemente. Ein Beitrag zur descriptiven Geometrie*. Stuttgart: J. B. Metzlersche Buchhandlung.
- Riedler, Alois (1899). *Die technischen Hochschulen und ihre wissenschaftlichen Bestrebungen. Rede zum Antritt des Rektorats der Königl. Techn. Hochschule zu Berlin*. Berlin: H. S. Hermann.
- Riese, Reinhard (1977). *Die Hochschule auf dem Weg zum wissenschaftlichen Großbetrieb: Die Universität Heidelberg und das badische Hochschulwesen 1860–1914*. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.

- Rohn, Karl/Papperitz, Erwin (1901). *Lehrbuch der darstellenden Geometrie. Erster Band*, 2. Aufl. Leipzig: Verlag von Veit & Comp.
- Roritzer, Matthäus/Reichensperger, August (Hrsg.) (1845). *Büchlein von der Fialen Gerechtigkeit: nach einem alten Drucke aus dem Jahr 1486 in die heutige Mundart übertragen und durch Anmerkungen erläutert*. Trier: Lintz. BSB/MDZ, <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10048477-3> [31.10.2018].
- Rürup, Reinhard (1966). Zur Geschichte der Technischen Hochschule Karlsruhe. In: *Das Ventil: die Karlsruher Studierendenzzeitung* 4, 14, 15–16.
- Salzenberg, Wilhelm (1842). *Vorträge über Maschinenbau: im Auftrage des Finanz-Ministerii für den Unterricht in der Königl. Allgemeinen Bauschule und im Königl. Gewerbe-Institut*. Berlin: o. V. ETH-Bibliothek Zürich, <http://doi.org/10.3931/e-rara-51790> [01.11.2018].
- Schäfer, Wilhelm (1904). Die Königlich Preußische Technische Hochschule zu Hannover. In: Lexis, Wilhelm (Hrsg.), *Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich. IV. Band: Das Technische Unterrichtswesen. 1. Teil Die Technischen Hochschulen*, 191–201. Berlin: A. Asher & Co.
- Schappacher, Norbert (1990). Fachverband – Institution – Staat. In: Fischer, Gerd/Hirzebruch, Friedrich/Scharlau, Winfried (Hrsg.), *Ein Jahrhundert Mathematik 1890–1990: Festschrift zum Jubiläum der DMV*, 1–82. Braunschweig: Vieweg.
- Scharlau, Winfried (1990). *Mathematische Institute in Deutschland 1800–1945*. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg.
- Schilling, Friedrich (1900). Über darstellende Geometrie. In: Klein, Felix/Riecke, Eduard (Hrsg.), *Über angewandte Mathematik und Physik in ihrer Bedeutung für den Unterricht an den höheren Schulen. Nebst Erläuterungen der bezüglichen Göttinger Universitätseinrichtungen. Vorträge gehalten in Göttingen, Ostern 1900, bei Gelegenheit des Feriencurses für Oberlehrer der Mathematik und Physik*, 42–56. Leipzig/Berlin: B. G. Teubner.

- Schlesinger, Josef (1870). *Die darstellende Geometrie im Sinne der neueren Geometrie*. Wien: Carl Gerold's Sohn.
- Schlömilch, Oskar (1854). Geometrie, descriptive. In: *Allgemeine Encyclopädie der Wissenschaften und Künste*, Section 1, Theil 59, 244–258. Leipzig: F. A. Brockhaus.
- Schnabel, Franz (1925). Die Anfänge des technischen Hochschulwesens. In: Technische Hochschule Karlsruhe, *Festschrift anlässlich des 100 jährigen Bestehens der Technischen Hochschule Fridericiana zu Karlsruhe*, 1–44. Karlsruhe: Müller.
- Schnabel, Franz (1934). *Deutsche Geschichte im neunzehnten Jahrhundert. Dritter Band: Erfahrungswissenschaften und Technik*. Freiburg: Herder & Co G.m.b.H. Verlagsbuchhandlung.
- Schnell, H. (1910). *Der mathematische Unterricht an den höheren Schulen nach Organisation, Lehrstoff und Lehrverfahren und die Ausbildung der Lehramtskandidaten im Gorrsherzogtum Hessen*. In: Klein, Felix (Hrsg.), *Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland veranlasst durch die Internationale Mathematische Unterrichtskommission*, Band II, Heft 5. Leipzig/Berlin: B. G. Teubner.
- Schödler, Friedrich (1847). *Die höheren technischen Schulen nach ihrer Idee und Bedeutung*. Braunschweig: Vieweg.
- Scholl, Lars Ulrich (1978). *Ingenieure in der Frühindustrialisierung: Staatliche und private Techniker im Königreich Hannover und an der Ruhr (1815–1873)*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Schon, Jenny (1999). Studieren in frischer Luft – Reminiszenzen an die Technische Universität Berlin. In: *Berlinische Monatsschrift* 10/99.
- Schreiber, Guido (1828). *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie nach Monge's Géométrie descriptive. Erster Theil*. Karlsruhe/Freiburg: Herder'sche Kunst- und Buchhandlung.

- Schreiber, Guido (1829). *Lehrbuch der Darstellenden Geometrie nach Monge's Géométrie descriptive. Zweiter Theil*. Karlsruhe/Freiburg: Herder'sche Kunst- und Buchhandlung.
- Schreiber, Guido (1839). *Erläuterungen zum geometrischen Port-Folio. Kurs der darstellenden Geometrie und ihrer Anwendungen*. Karlsruhe: Christian Theodor Groos. TIB Hannover, <https://doi.org/10.14463/GBV:875120504> [02.11.2018].
- Schreiber, Guido (1854). *Malerische Perspektive. Mit einem Anhang über den Gebrauch geometrischer Grundrisse*. Karlsruhe: Herder. BSB/MDZ, <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10053225-6> [02.11.2018].
- Schreiber, Guido (1865). *Spezielle Darstellende Geometrie für Architekten, Techniker, Mechaniker und Bauhandwerker, insbesondere für Bau-, polytechnische und höhere Gewerbschulen*. Leipzig: Spamer.
- Schröder, Wilhelm Heinz (1979). Die Lehrkörperstruktur der Technischen Hochschule Berlin 1879–1945. In: Rürup, Reinhard (Hrsg.), *Wissenschaft und Gesellschaft: Beiträge zur Geschichte der Technischen Universität Berlin 1879–1979*, 51–114. Berlin: Springer.
- Schubring, Gert (1983). *Die Entstehung des Mathematiklehrerberufs im 19. Jahrhundert: Studien und Materialien zum Prozeß der Professionalisierung in Preußen (1810–1870)*. Weinheim/Basel: Beltz Verlag.
- Schubring, Gert (1989). Pure and Applied Mathematics in Divergent Institutional Settings in Germany: The Role and Impact of Felix Klein. In: Rowe, David E./McCleary J. (Hrsg.), *The History of Modern Mathematics. Vol. 2: Institutions and Applications*, 171–220. Boston: Academic Press.
- Schubring, Gert (1990). Zur strukturellen Entwicklung der Mathematik an den deutschen Hochschulen 1800–1945. In: Scharlau, Winfried, *Mathematische Institute in Deutschland 1800–1945*, 264–278. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg.

- Schubring, Gert (2018). The Myth of the Polytechnic School. In: Barbin, Évelyne/Menghini, Marta/Volkert, Klaus (Hrsg.), *Descriptive Geometry: The Spread of a Polytechnic Art* (im Druck), 381–401. Springer.
- Schur, Friedrich (1905). Joahnn Heinrich Lambert als Geometer. In: *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* 14, Heft 3/4, 186–198. DigiZeitschriften, http://www.digizeitschriften.de/de/dms/toc/?PID=PPN37721857X_0014 [01.11.2018].
- Schur, Friedrich (1923). Karl Rohn. In: *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* 32, Heft 9/12, 201–210. DigiZeitschriften, http://www.digizeitschriften.de/dms/resolveppn/?PID=PPN37721857X_0032|log32 [23.12.2018].
- Schwarz, Hermann Amandus (1864). Elementarer Beweis des Pohlkeschen Fundamentalsatzes der Axonometrie. In: *Journal für die reine und angewandte Mathematik* 63, 309–314. DigiZeitschriften, <http://www.digizeitschriften.de/dms/resolveppn/?PID=GDZPPN002152312> [02.11.2018].
- Scriba, Christoph J./Maurer, Bertram (1991). Technik und Mathematik. In: Hermann, Armin/Schönbeck, Charlotte (Hrsg.), *Technik und Wissenschaft*, 3–28. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Scriba, Christoph J./Schreiber, Peter (2010). *5000 Jahre Geometrie*, 3. Aufl. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Stachel, Helmuth (2007). The status of todays Descriptive Geometry related education (CAD/CG/DG) in Europe. In: *Proceedings Annual Meeting of JSGS 2007, 40th anniversary of Japan Society for Graphic Science*, 15–20. <http://www.geometrie.tuwien.ac.at/stachel/publications.html> [29.12.2018].
- Stäckel, Paul (1902). Über die Entwicklung des Universitätsbetriebes in der angewandten Mathematik an den deutschen Universitäten. In: *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Verinigung* 11, 26–37.

- Stäckel, Paul (1910). Zur Einführung. In: Klein, Felix (Hrsg.), *Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland veranlasst durch die Internationale Mathematische Unterrichtskommission*, Band IV. Leipzig/Berlin: B. G. Teubner.
- Stäckel, Paul (1914). Die mathematische Ausbildung der Ingenieure in den verschiedenen Ländern. Gesamtbericht der Internationalen Mathematischen Unterrichtskommission erstattet auf der Zusammenkunft in Paris am 3. April 1914. In: *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* 58, 149–169.
- Stäckel, Paul (1915). Die mathematische Ausbildung der Architekten, Chemiker und Ingenieure an den deutschen Technischen Hochschulen. In: Klein, Felix (Hrsg.), *Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland veranlasst durch die Internationale Mathematische Unterrichtskommission*, Band IV, Heft 9. Leipzig/Berlin: B. G. Teubner.
- Stark, Helmuth (1969). Hauck, Guido. In: *Neue Deutsche Biographie* 8 [Online-Version], 77. <https://www.deutsche-biographie.de/pnd116521570.html#ndbcontent> [23.12.2018].
- Staudigl, Rudolf (1868). *Grundzüge der Reliefperspektive*. Wien: Verlag von L. W. Seidel & Sohn. ETH-Bibliothek Zürich, <http://doi.org/10.3931/e-rara-58603> [03.11.2018].
- Steiner, Carl Friedrich Christian (1828). *Reißkunst und Perspektiv (Géométrie descriptive) für Künstler, Gewerke; für das Haus und für das Leben. Band 1: Elemente der Reißkunst*. Weimar: Wilhelm Hoffmann. UB Heidelberg, <https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/steiner1828ga> [02.11.2018].
- Steiner, Carl Friedrich Christian (1853). *Reißkunst und Perspektive für Künstler und Gewerke. Vollständiger theoretisch-praktischer Unterricht, zur Entwicklung aller geometrischen und perspektivischen Darstellungen durch Linien. Ein Lehrbuch zum Selbst- und Lehrunterrichte*. Weimar: Verlag von F. Jansen & Comp.

- Sturm, Rudolf (1874). *Elemente der darstellenden Geometrie*. Leipzig: B. G. Teubner.
- Technische Bildungsanstalt Dresden (1838). *Organisationsplan für die technische Bildungsanstalt zu Dresden*. Dresden: Königl. Hofbuchdruckerei von Meinhold und Söhnen. SLUB Dresden, <http://digital.slub-dresden.de/werkansicht/df/96341/1/> [23.12.2018].
- Technische Hochschule Berlin (1889). *Programm für das Studienjahr 1889–90*. Berlin: Buchdruckerei von Denter und Nicolas.
- Technische Hochschule Braunschweig (1890). *Programm für das Studienjahr 1890–1891*. Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn.
- Technische Hochschule Darmstadt (1889). *Programm der Grossherzoglich Hessischen Technischen Hochschule zu Darmstadt für das Studienjahr 1889–1890*. Darmstadt: Joh. Conr. Herbert'sche Hofbuchdruckerei (Fr. Herbert).
- Technische Hochschule Darmstadt (1995). *Gewerbeschule und Polytechnikum*. In: Technische Hochschule Darmstadt (Hrsg.), *Technische Bildung in Darmstadt: Die Entwicklung der Technischen Hochschule 1836–1986*, Band 2. Darmstadt: Druckerei Ph. Reinheimer.
- Technische Hochschule Darmstadt (2000). *Übersicht und Chronik*. In: Technische Hochschule Darmstadt (Hrsg.), *Technische Bildung in Darmstadt: Die Entwicklung der Technischen Hochschule 1836–1986*, Band 6. Darmstadt: Druckerei Ph. Reinheimer.
- Technische Hochschule Dresden (1890). *Verzeichniss der Vorlesungen und Uebungen an der Königl. Sächs. Technischen Hochschule....* Dresden: B. G. Teubner.
- Technische Hochschule Hannover (1890). *Programm der Königlichen Technischen Hochschule zu Hannover für das Studien-Jahr 1890–91*. Hannover: Klindworth's Hof-Druckerei.

- Technische Hochschule Hannover (1956). *Der Lehrkörper der Technischen Hochschule Hannover 1831–1956*. Hannover: Technische Hochschule.
- Technische Hochschule Karlsruhe (1890) *Programm der Grossherzoglich badischen Technischen Hochschule zu Karlsruhe für das Studienjahr 1890/91*. Karlsruhe: Buchdruckerei von Maisch und Vogel.
- Technische Hochschule Karlsruhe (1892). *Festgabe zum Jubiläum der vierzigjährigen Regierung seiner Königlichen Hoheit des Grossherzogs Friedrich von Baden*. Karlsruhe: G. Braun'sche Hofbuchdruckerei.
- Technische Hochschule München (1890). *Programm der Königlich Bayerischen Technischen Hochschule zu München für das Studienjahr 1890–1891*. München: J. Palm's Hofbuchhandlung.
- Technische Hochschule Stuttgart (1890). *Programm der Königlich Württembergischen Technischen Hochschule zu Stuttgart für das Jahr 1890 auf 1891*. Stuttgart: J. B. Metzlerschen Buchdruckerei.
- Technische Universität Dresden (2017). Geschichte der TU Dresden. <https://tu-dresden.de/tu-dresden/profil/geschichte> [26.12.2018].
- Tellkampf, Adolf (1845). *Die Höhere Bürgerschule in Hannover geschildert nach zehnjährigem Bestehen*. Hannover: Helwing'sche Buchhandlung.
- Timerding, Heinrich Emil (1910). *Über Ursprung und Bedeutung der darstellenden Geometrie. Festrede bei der öffentlichen Preisverteilung am 26. November 1909*. Braunschweig: Vieweg.
- Toepell, Michael (1996). *Mathematiker und Mathematik an der Universität München: 500 Jahre Lehre und Forschung*. München: Institut für Geschichte der Naturwissenschaften.
- Treue, Wilhelm (1956). Die Geschichte des technischen Unterrichts. In: Technische Hochschule Hannover (Hrsg.), *Festschrift zur 125-Jahresfeier der Technischen Hochschule Hannover: 1831–1956*, 9–60. Hannover: Technische Hochschule.

- Troitzsch, Ulrich (1975). Technisches Schulwesen, Wissenschaftsorganisation und Wissenschaftspolitik (1850–1914). In: *Technikgeschichte* 42, 1, 35–43.
- Trommsdorff, Paul (1914). *Verzeichnis der bis Ende 1912 an den Technischen Hochschulen des Deutschen Reiches erschienenen Schriften*. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Trommsdorff, Paul (1931). *Der Lehrkörper der Technischen Hochschule Hannover 1831–1931*. Hannover: Bibliothek der Technischen Hochschule.
- Uhde, August (1836). *Die höhere technische Lehranstalt oder die technische Abtheilung des Herzöglichen Collegii Carolini zu Braunschweig, nach Zweck, Plan und Einrichtung, unter Mitwirkung ihrer Lehrer dargestellt*. Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn. BSB/MDZ, <http://mdz-nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:12-bsb10305936-0> [02.11.2018].
- Voch, Lukas (1788). *Deutliche Anweisung zur Verfertigung der Baurisse, wie solche ohne mündlichen Unterricht von selbst zu erlernen. Allen jungen Maurer- und Zimmergesellen, Lehrjungen und andern Liebhabern zum Besten entworfen*. Augsburg: Stage. Staats- und Stadtbibliothek Augsburg, BSB/MDZ, <http://www.mdz-nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:bvb:12-bsb11253203-9> [31.10.2018].
- Volkert, Klaus (2018). Otto Wilhelm Fiedler and the Synthesis of Projective and Descriptive Geometry. In: Barbin, Évelyne/Menghini, Marta/Volkert, Klaus (Hrsg.), *Descriptive Geometry: The Spread of a Polytechnic Art* (im Druck), 167–180. Springer.
- Warschauer, Otto (1904). Die Königlich Preußische Technische Hochschule in Berlin. In: Lexis, Wilhelm (Hrsg.), *Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich. IV. Band: Das Technische Unterrichtswesen. 1. Teil: Die Technischen Hochschulen*, 181–190. Berlin: A. Asher & Co.
- Weinbrenner, Friedrich (1810). *Architectonisches Lehrbuch. Erster Theil: Geometrische Zeichnungslehre, Licht- und Schattenlehre*. Tübingen:

- Tübingen, Joh. Georg Cotta'sche Buchhandlung. UB Heidelberg, <https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/weinbrenner1810bd1> [02.11.2018].
- Wendel, Klaus (2008). Bernhard Gugler (1812–1880). In: Böttcher, Karl-Heinz/Maurer, Bertram (Hrsg.), *Stuttgarter Mathematiker: Geschichte der Mathematik an der Universität Stuttgart von 1829 bis 1945 in Biographien*, 61–67. Stuttgart: Universitätsarchiv Stuttgart.
- Wiener, Ludwig Christian (1875). Guido Schreiber. In Weech, Friedrich von (Hrsg.), *Badische Biographien*, 280–281. Heidelberg: Verlagsbuchhandlung von Fr. Bassermann.
- Wiener, Ludwig Christian (1884). *Lehrbuch der darstellenden Geometrie. Erster Band: Geschichte der darstellenden Geometrie, Ebenflächige Gebilde, Krumme Linien (erster Teil), Projektive Geometrie*. Leipzig: B. G. Teubner. TIB Hannover, <https://www.tib.eu/suchen/id/TIBKAT:894758322/> [31.10.2018].
- Wiener, Ludwig Christian (1887). *Lehrbuch der darstellenden Geometrie. Zweiter Band: Krumme Linien (zweiter Teil) und krumme Flächen, Beleuchtungslehre, Perspektive*. Leipzig: B. G. Teubner. TIB Hannover, <https://doi.org/10.14463/GBV:894760718> [03.11.2018].
- Wolf, Christa/Viefhaus, Marianne (1977). *Verzeichnis der Hochschullehrer der TH Darmstadt: Höhere Gewerbeschule – Technische Schule – Polytechnische Schule – Technische Hochschule. Teil 1: Kurzbiographien 1836–1945*. Darmstadt: Verlag des Historischen Vereins für Hessen.
- Wolff, Carl Ferdinand Leberecht (1835a). *Die beschreibende Geometrie und ihre Anwendungen: Leitfaden für den Unterricht am Königl. Gewerbe-Institut. Theil 1: Die Projektionslehre und die beschreibende Geometrie*. Berlin: Petsch.
- Wolff, Carl Ferdinand Leberecht (1835b). *Die beschreibende Geometrie und ihre Anwendungen: Leitfaden für den Unterricht am Königl. Gewerbe-*

- Institut. Teil 1: Die Projektionslehre und die beschreibende Geometrie. Figurentafeln.* Berlin: Petsch.
- Wolff, Carl Ferdinand Leberecht (1847). *Die beschreibende Geometrie, die geometrische Zeichenkunst und die Perspective.* Berlin: G. Reimer.
- Wunderlich, W. (1955). Zur Entbehrlichkeit des Satzes von Pohlke im Unterricht der darstellenden Geometrie. In: *Elemente der Mathematik* 10, 4, 87–88.
- Wußing, Hans (1975). Die Mathematik der Renaissance. In: Arnold, Wolfgang/Wußing, Hans (Hrsg.), *Biographien bedeutender Mathematiker*, 88–98. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag.
- Zühlke, Paul (1910). Mathematiker und Zeichenlehrer im Linearzeichenunterricht der preußischen Realschulen. In: Klein, Felix/Fehr, Henri/Lietzmann, Walther (Hrsg.), *Berichte und Mitteilungen, veranlaßt durch die Internationale Mathematische Unterrichts-Kommission* 4, 1, 51–54. Leipzig/Berlin: B. G. Teubner.
- Zühlke, Paul (1911). *Der Unterricht im Linearzeichnen und in der darstellenden Geometrie an den deutschen Realanstalten* In: Klein, Felix (Hrsg.), *Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland veranlasst durch die Internationale Mathematische Unterrichtskommission*, Band III, Heft 3. Leipzig/Berlin: B. G. Teubner.
- Zweckbronner, Gerhard (1987). *Ingenieurausbildung im Königreich Württemberg: Vorgeschichte, Einrichtung und Ausbau der Technischen Hochschule Stuttgart und ihrer Ingenieurwissenschaften bis 1900 – eine Verknüpfung von Institutions- und Disziplinengeschichte.* Stuttgart: Konrad Theiss Verlag.
- Zweckbronner, Gerhard (1991). Technische Wissenschaften im Industrialisierungsprozeß bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts. In: Hermann, Armin/Schönbeck, Charlotte (Hrsg.), *Technik und Wissenschaft*, 400–428. Düsseldorf: VDI-Verlag.