

Innovation der Kleinbetriebe des Metallbaus



Dissertation zur Erlangung des Grades

Doktor-Ingenieur

des Fachbereichs D, Abteilung Bauingenieurwesen
der Bergischen Universität Wuppertal

am Lehr- und Forschungsgebiet Bauinformatik
Univ.- Prof. Dr.- Ing. Georg Pegels

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Wilhelm Fischer, Illertissen

Wuppertal, im Februar 2006

Die Dissertation kann wie folgt zitiert werden:

urn:nbn:de:hbz:468-20060129

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn%3Anbn%3Ade%3Ahbz%3A468-20060129>]

Vorwort

Es ist ein seltener Glücksfall, Jahrzehnte beruflicher Erfahrung in der Leitung eines kleinen Metallbaubetriebs so zu einer Dissertation zusammenfassen zu dürfen, dass daraus allgemeingültige Erkenntnisse zur Innovation kleiner Baufirmen erwachsen.

Als Inhaber und Allround-Ingenieur eines solchen Betriebs hatte ich vor mehr als einem Jahrzehnt Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Georg Pegels kennen und schätzen gelernt. Damals ging es darum, als erster kleiner Metallbaubetrieb in Deutschland zu erproben, ob die Einführung eines sich rasch entwickelnden CAD-Hochleistungssystems für gerade diese Betriebe eine wirtschaftlich sinnvolle Innovation ist. Das mutige und risikoreiche Experiment war so überzeugend, dass heute nach gezielter Weiterentwicklung des CAD-Systems viele kleine Betriebe diesem Beispiel folgen, um in der anhaltenden, massiven Krise des Bauwesens durch Innovation zu überleben.

Nicht nur die Weiterentwicklung wurde geprägt. Es zeigte sich, dass eine derartige Innovation das Betriebsgeschehen insgesamt neu gestaltet, so dass eine umfassende Gesamtkonzeption erarbeitet werden musste. Diese betraf so unterschiedliche Aspekte wie Marketing, Auftragsklärung, Zeichnungswesen, universitäre Ausbildung, Lehrlingsausbildung, Weiterbildung, Maschinenpark, Finanzierung und Betriebsnachfolge.

Dank der steten Ermutigung und dank der Hilfen beim Erarbeiten allgemeingültiger Erkenntnisse durch Herrn Prof. Pegels konnte zu diesem Thema in den vergangenen Jahren die Dissertation ausgearbeitet werden. Das wissenschaftliche Verständnis für Verbundkonstruktionen und Torsionsprobleme verdanke ich Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing Gerhard Hanswille. Seine Vorlesungen bilden die Grundlage für die ingenieurmäßigen Aufgaben in Kleinbetrieben wie auch in Mittel- und Großunternehmen des Metallbaus. Für die Übernahme eines Gutachtens danke ich herzlich.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Heinz Brüninghoff danke ich, uns alle über anspruchsvolle Bauaufgaben aus seiner beruflichen Praxis zusammengebracht zu haben und nun den Vorsitz der Kommission zu übernehmen. Er hatte früh erkannt, dass wir uns als Innovatoren der Baubranche ideal ergänzten und zu gemeinsamer Arbeit menschlich passten.

Ein herzliches Vergelt's-Gott an diese Doktorväter im besten Sinne und an all diejenigen, die auch zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, wie die Assistenten und meine Familie.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	I
Inhaltsverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Problemstellung und Einleitung	1
2 Grundlagenermittlung	6
3 Trendanalyse des Markts, charakteristische Leistungsspektren	20
3.1 Zäune, Gartentüren und Gartentore	21
3.2 Treppen und Geländer	31
3.3 Vordächer und Wintergärten	61
3.4 Allgemeine Stahltragkonstruktionen	76
3.5 Fassaden und Dächer	79
3.6 Komplettbauten	86
3.7 Statik als Leistungsmerkmal kleiner Baufirmen	91
4 Schlussfolgerungen aus der Marktentwicklung	98
4.1 Innovation durch Bauinformatik	99
4.1.1 Konzeption einer zielgruppengerechten CAD-Nutzungsoberfläche	105
4.1.2 Eine Software-Gesamtkonzeption für Kleinbetriebe	116
4.1.3 Einführung von CAD-Hochleistungssystemen in Kleinbetrieben	120

4.2	Bildungswesen, Innovation der Aus- und Weiterbildung	126
4.2.1	Unternehmer	127
4.2.2	Mitarbeiter	130
4.2.3	Innovation der Ausbildung an Berufsschulen, Fachhochschulen, Universitäten	141
4.2.4	Adäquate Lehrmittel	145
4.3	Innovation des Leistungsspektrums kleiner Metallbaufirmen	147
4.4	Finanzierung von innovativen Investitionen	154
4.5	Innovation durch Unternehmensnachfolge	160
5	Zusammenfassung	166
6	Literaturverzeichnis	169
7	Anhang	A-1
	Fragenkatalog	A-1

Abkürzungsverzeichnis

Abs.	-	Absatz
ASR	-	Arbeitsstättenrichtlinie
BauVorIV	-	Bauvorlagenverordnung
BayBO	-	Bayerische Bauordnung
BODerG	-	Bauordnungsdereregulierungs Gesetz
bzw.	-	beziehungsweise
CAD	-	Computer Aided Design
CAM	-	Computer Aided Machine
CBT	-	Computer-Based-Training
CEN	-	Comité Européen de Normalisation
CNC	-	Computerized Numerically Control
DESTATIS	-	Statistisches Bundesamt Deutschland
DFG	-	Deutsche Forschungsgemeinschaft
d. h.	-	das heißt
DIBt	-	Deutsches Institut für Bautechnik
DIHK	-	Deutscher Industrie- und Handelskammertag
DIN	-	Deutsche Industrie-Norm
DSTV	-	Deutscher Stahlbau-Verband
DU	-	Duplex
DVD	-	Digital Versatile Disc
DWG	-	Drawing
DXF	-	Drawing Exchange Format
EDV	-	Elektronische Datenverarbeitung
EPDM	-	Ethylene Propylene Diene Monomer
ESG	-	Einscheiben-Sicherheitsglas
EWE	-	European Welding Engineer
ETB	-	Eingeführte Technische Baubestimmungen
etc.	-	et cetera
EU	-	Europäische Union
Fa.	-	Firma
FFB	-	Fertig Fussboden
FH	-	Fachhochschule

FM	-	F acility M anagement
GAEB	-	G emeinsamer A usschuss E lektronik im B auwesen
GastBauV	-	G aststätten b au- V erordnung
GFK	-	G lasfaser verstärkter K unststoff
ggf.	-	g egebenen f alls
GUI	-	G raphica U ser- I nterface B uilder
HOAI	-	H onorar o rdnung für A rchitekten und I ngenieure
HSL	-	H eizung- S anitär- L üftung
IAI	-	I nternational A liance for I nteroperability
ICSS	-	I ntegrierte C lient- S erver- S ystem
IFBS	-	I ndustrieverband zur F örderung des B auens mit S tahlblech
IFC	-	I ndustrie F oundation C lasses
ISO	-	I nternational O rganization for S tandardization
IuK	-	I nformation u nd K ommunikation
KfW	-	K reditanstalt für W iederaufbau
Kfz	-	K raft f ahrzeug
LBO	-	L andes b au o rdnung
Low E	-	l ow e missivity
NC	-	N umeric C ontrol
o. g.	-	o ben g enannt
PVC	-	P oly v inyl ch lorid
PVDF	-	P oly v inylid e n f luorid
RFB	-	R oh f uss b oden
RWA	-	R auch- und W ärme a bzug
Spp	-	S chwer p unkt p rogramm
STEP	-	S tandard for the E xchange of P rodukt Model Data
TRAV	-	T echnische R egeln für die Verwendung von a bsturzsichernden V erglasungen
TRLV	-	T echnische R egeln für die Verwendung von l inienförmig gelagerten V erglasungen
TVG	-	T eil v orgespanntes G las
Univ.	-	U niversität
UV	-	U ltraviolett
UVV	-	U nfall v erhütungs v orschriften

VDI	-	Verein Deutscher Ingenieure
VkV	-	Verkaufsstätten-Verordnung
VOB	-	Verdingungsordnung für Bauleistungen
VSG	-	Verbund-Sicherheitsglas
VstättV	-	Versammlungsstätten-Verordnung
WBT	-	Web-Based-Training
Widget	-	Window Gadget
z. B.	-	zum Beispiel
ZDH	-	Zentralverband des Deutschen Handwerks
z. T.	-	zum Teil

1 Problemstellung und Einleitung

Gemessen an mittelständischen und großen Unternehmen des Bauwesens konnten trotz schwieriger werdender Marktverhältnisse die kleinen Unternehmen des Metallbaus sich bisher meist wirtschaftlich deutlich besser behaupten. Diese Situation, die sich positiv vom allgemeinen Trend der Bauindustrie abhob, bleibt aber in Zukunft nur erhalten, wenn eine grundlegende Innovation der Kleinbetriebe des Metallbaus mit einem schlüssigen, überzeugenden Konzept verfolgt wird.

Erforschung und Entwicklung eines Innovationskonzepts für diesen Leistungsbereich der Baubranche ist dem Verfasser dieser Arbeit ein besonderes Anliegen. Mit rund zwei Jahrzehnten praktischer Berufserfahrung als erfolgreicher Inhaber-Geschäftsführer eines typischen Kleinbetriebs im Metallbau in idyllischer dörflicher Lage im Allgäu (Bild 1.1) besitzt der Verfasser für die ingenieurwissenschaftliche Herleitung eines lebensnahen Innovationskonzepts „seiner“ Branche einen soliden Erfahrungshintergrund. Als einziger Diplomingenieur des Kleinbetriebs war der Verfasser allein zuständig für Akquisition, Angebotskalkulation, Entwurf und Konstruktion, Zeichnungserstellung, Stücklistenwesen, Fertigungsplanung und –steuerung, Fertigungs- und Montageüberwachung, Abnahme und Abrechnung. Dadurch kennt man die praktischen Probleme und ihre bisherigen Lösungen sehr gründlich und entwickelt Ideen, wie die Innovationen der Branche zu gestalten sind.



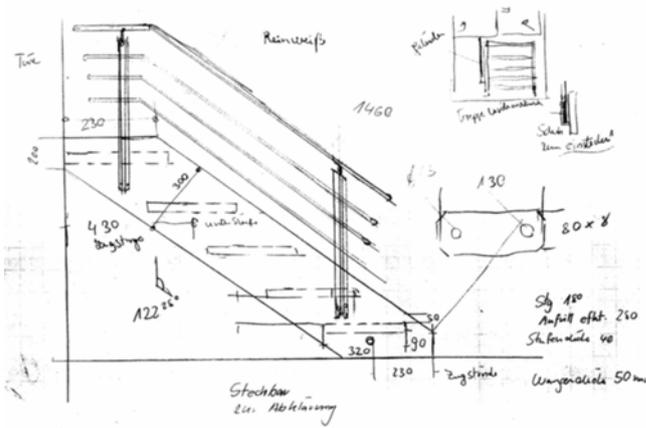
Bild 1.1: Typischer Kleinbetrieb des Metallbaus
Werkbild Fischer Stahl- und Metallbau, Illertissen

Worin liegt nun die Problematik begründet, dass inzwischen auch bisher überdurchschnittlich erfolgreiche Kleinbetriebe in Existenzkrisen geraten? Das Umfeld hat sich in wenigen Jahren geradezu dramatisch geändert:

Finanztechnische Randbedingungen, wie Ausstieg der Banken aus der Baubranche nach Basel II, Konkurse von Auftraggebern und Partnerfirmen, Reduzierung des Bauvolumens in Deutschland mit Schrumpfung von 1.600.000 auf derzeit 820.000 Arbeitsplätze und mit 6 Betriebsräten/-vertretern auf 20 Arbeitnehmer unführbare Betriebe. Aber auch die technischen Randbedingungen ändern sich in einer Weise, der die Kleinbetriebe zumindest mit der bisherigen Struktur nicht mehr gewachsen sind. Dieser Prozess ist schleichend, so dass ingenieurwissenschaftliche Forschung zur strukturellen Anpassung durch Innovation noch nicht zu spät kommt.

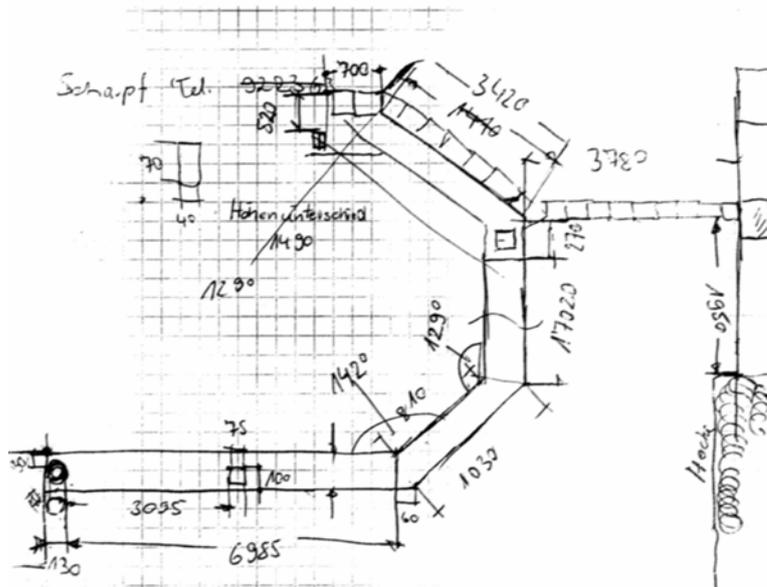
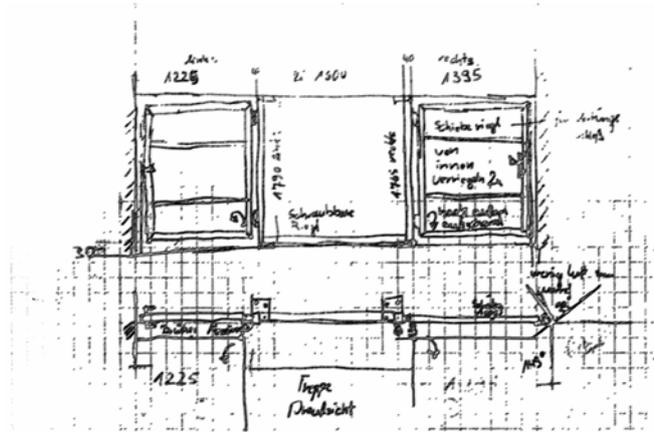
Die technischen Anpassungen an den veränderten Markt deuten sich durch folgende Symptome an:

Bauherren, vorwiegend vertreten durch einen Planer, erwarten nach Auftragserteilung insbesondere von Kleinbetrieben eine besonders unbürokratische, sofortige fach- und termingerechte Ausführung der beauftragten Arbeiten in `typisch deutscher Qualität`. Als neue Herausforderung wurde es sogar im Laufe der vergangenen Jahre selbstverständlich, dass die auszuführenden Planunterlagen auch von Kleinbetrieben nach dem hohen Stand der Technik von Großunternehmen vorzulegen sind. Konnte man früher vor Ort mit dem verantwortlichen Planer die Ausführungsdetails skizzenhaft, aber verbindlich abklären (Bild 1.2) und damit anschließend in die Produktion gehen, so sind heute vor Ausführung der Arbeiten exakte CAD-Planunterlagen (Bild 1.3) zur Einsicht und Genehmigung vorzulegen. Dieser Mehraufwand, der in Bild 1.2 und 1.3 deutlich wird, hat zugleich große Auswirkungen auf die Qualitätsanforderungen und die Ausbildung im Metallbau, d. h. auch hier ist Innovation dringend erforderlich. Durch den zusätzlichen Zeitaufwand bei derartiger Planerstellung zumeist durch den als Ingenieur ausgebildeten Inhaber fehlt besonders in Kleinbetrieben sein Produktivitätsanteil in der Fertigung. Dies wirkt sich bei den verhältnismäßig geringen Mitarbeiterzahlen besonders negativ auf den Betriebsertrag aus.



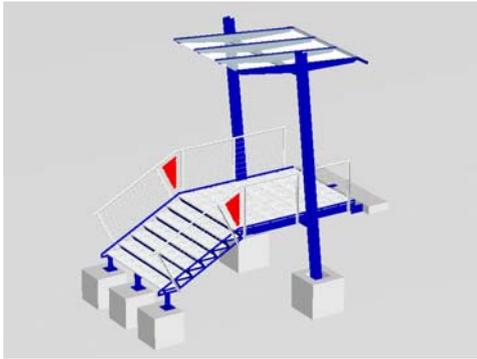
Treppen mit Schutzgeländer

Gartentüren



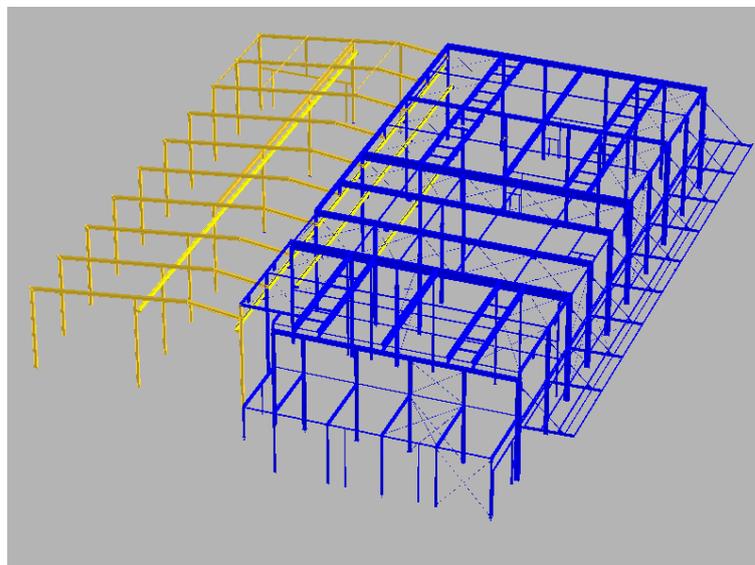
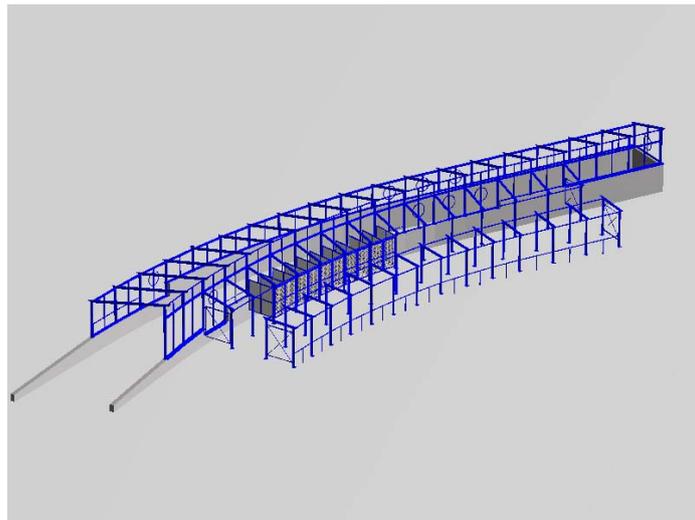
Grundriss für Gartenzaun

Bild 1.2: Klassische Auftragsskizzen zur Auftragsdurchführung
Werkzeichnungen eines typischen Kleinbetriebes



Verwaltungseingang
-Fruchthof Fa. Nagel-

Radfahrüberdachung
-Bahnhof Illertissen-



Erweiterung
Produktionshalle
-Verzinkerei Fa. Karger-

Bild 1.3: CAD-Perspektiven zur Auftragsklärung und Bestätigung
Werkbild Fischer Stahl- und Metallbau, Illertissen

Hier stoßen also die traditionsbehafteten, bodenständigen Kleinbetriebe des Metallbaus grundsätzlich durch ihre bisherige Inhaber-, Mitarbeiter- und Leistungsstruktur an personelle Grenzen. Werkzeuge und Hilfsmittel, um den sich ändernden Markt als Chance aufzugreifen und durch technologische Führung auch wirtschaftlich noch erfolgreicher zu werden, gäbe es schon. Zumindest bei Akquisition, Planung und Detaillierung erfüllen innovative CAD-Hochleistungssysteme, wie eigene Erfahrung zeigt, die Herausforderungen des Marktes an Kleinbetriebe des Metallbaus. Sie müssten jedoch unter mehreren Aspekten den spezifischen Anforderungen und Merkmalen des Metallbaus konzeptionell angepasst werden.

Die praktische Tätigkeit des Verfassers brachte die Erkenntnis, dass in Kleinbetrieben das Leistungsspektrum und die Konzeption einer innovativen CAD-Lösung nicht allein entscheidend sind. Auch die Weiter- und Ausbildung aller Beteiligten ist wichtig, ebenso die konsequente Nutzung des CAD-Produktmodells für die automatische Verknüpfung mit vor- und nachgelagerten Prozessen, z. B. CNC-Fertigung. Letztlich steht das Ziel der Überlebensfähigkeit von Kleinbetrieben und die Ausweitung Ihrer Kernkompetenz im Vordergrund.

Aus den als Gesamtkonzeption vorgeschlagenen Innovationen können sich eine Attraktivitätssteigerung und Attraktivitätssicherung von vielen Arbeitsplätzen im Bauwesen ergeben.

Die Frage, wie kleinere Unternehmen durch eine umfassende CAD-Konzeption leistungsfähiger und attraktiver zu machen sind, wurde von vielen Unternehmerkollegen an den Verfasser herangetragen, ist also allgemein in der Branche erkannt.

Die im Unternehmen Fischer, Illertissen, gewählte Lösung ist dabei weit reichender als in Vergleichsunternehmen, jedoch noch weiter entwicklungsfähig.

Aus diesem Grund wurde der Verfasser häufig darum gebeten die Erkenntnisse auszuarbeiten, um entwickelte Konzepte und Lösungen in der Branche zu verbreiten. Eine Dissertation ist hierzu sicherlich ein guter Weg, wenn sie eine umfassende Konzeption aufzeigt, die besonders die Probleme der Praxis berücksichtigt.

Kleine Betriebe müssen für die Zukunft im Bauwesen lebensfähiger gemacht werden.

Im Folgenden wird daher eine umfassende Gesamtlösung unter der Überschrift, Innovation der Kleinbetriebe des Metallbaus, erarbeitet.

2 Grundlagenermittlung

Die Marktbedeutung des Metallbaus in Deutschland ergibt sich nach den Erhebungen des Statistischen Bundesamtes in Wiesbaden [63], dem Zentralverband des Deutschen Handwerks (ZDH) [69] in Berlin sowie dem Bundesverband Metall [47] in Essen mit dem Stand des Jahres 2001 wie folgt:

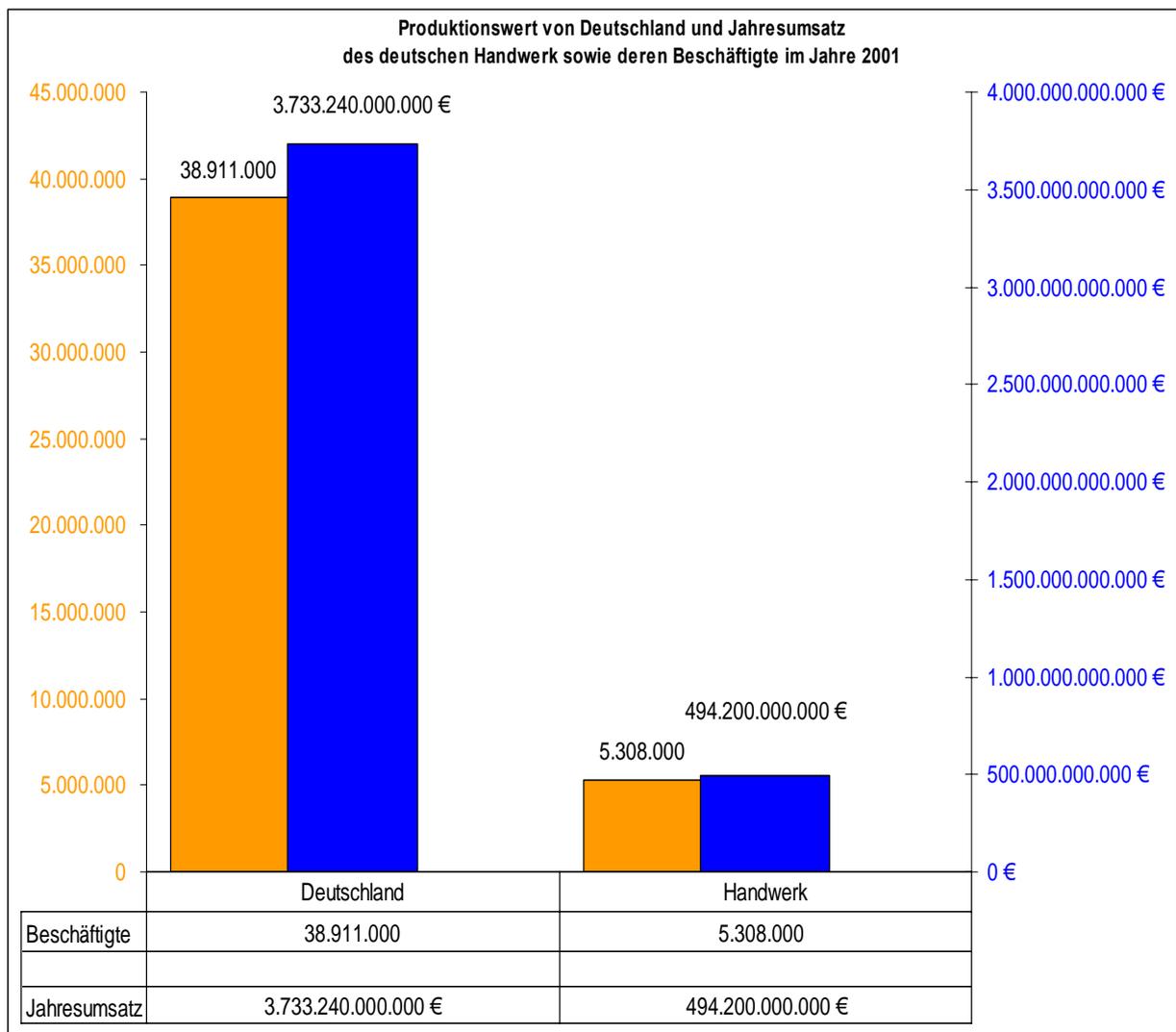


Bild 2.1: Jahresumsatz und Beschäftigte in Deutschland mit Anteil des Handwerks
Quelle: DESTATIS [63] und ZDH [69]

Etwa 5,3 Mio. Menschen hatten im Jahre 2001, wie Bild 2.1 zeigt, im Handwerk ihren Arbeitsplatz. Dies entspricht ca. 15% aller beschäftigten Bundesbürger.

Mit einem Umsatz von 494,2 Mrd. € erwirtschaftet das deutsche Handwerk ca. 13% des bundesdeutsch vergleichbaren Produktionswertes, also des Werts von produzierten Waren und Dienstleistungen, welcher von inländischen Wirtschaftseinheiten in der für das Jahr 2001 vorliegenden Berichtsperiode erbracht wurde.

Innerhalb des Handwerks hat der Metallbau einen Anteil entsprechend Bild 2.2. Die zu untersuchende Berufssparte „Metallbau“ besteht vorwiegend aus Kleinbetrieben, rund 50% der Betriebe hat weniger als 20 Mitarbeiter.

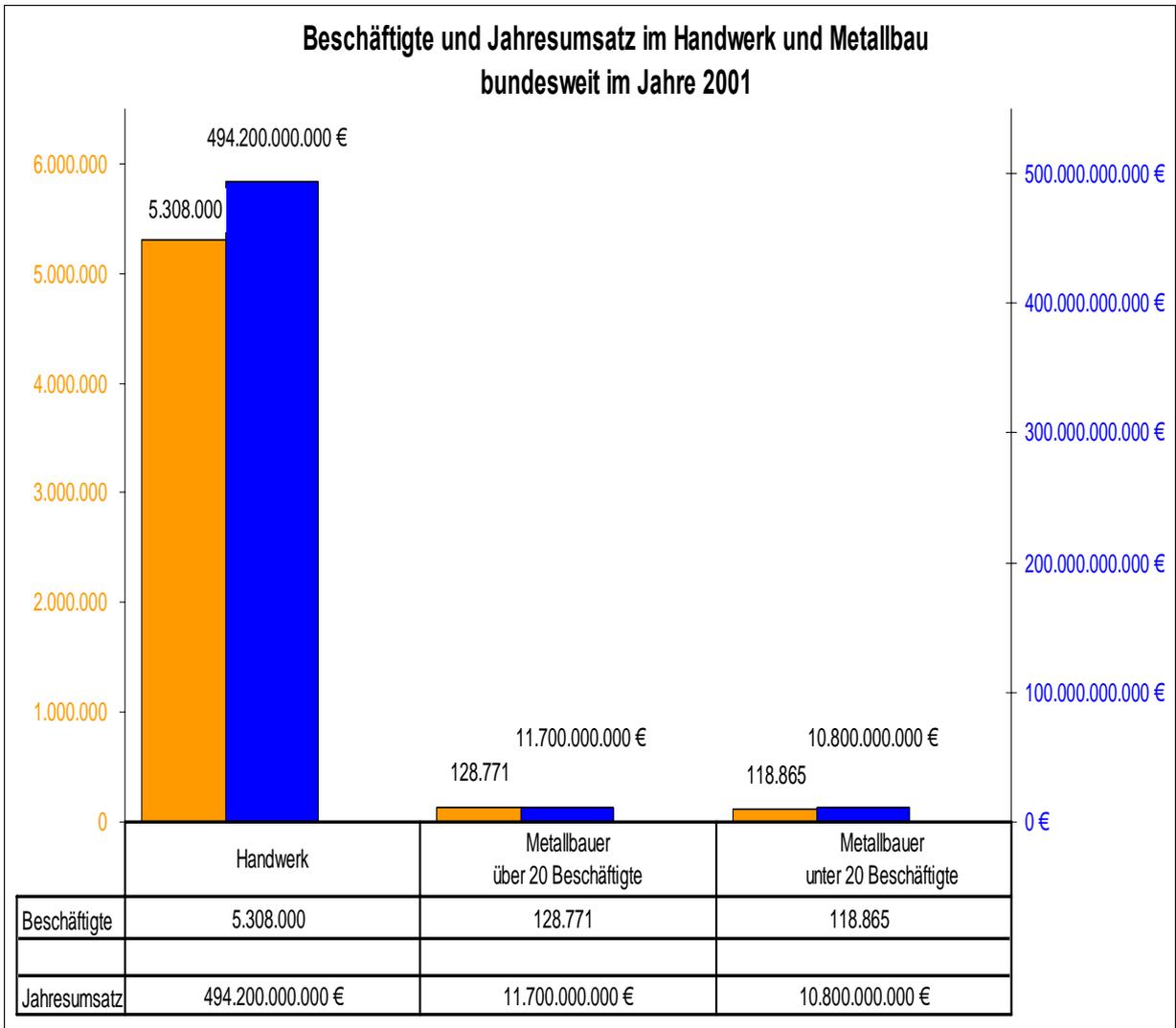


Bild 2.2: Umsatz und Beschäftigte im Handwerk und im Metallbau im Jahre 2001

Quelle: ZDH [69] und Bundesverband Metall [47]

Ausgehend von 5,3 Mio. Beschäftigten insgesamt im Handwerk, fallen mit 247,6 Tausend Beschäftigten ca. 4% auf den Metallbau, je hälftig Betriebe bis zu 20 Beschäftigten und über 20 Beschäftigte. Ähnlich ist das Verhältnis der Umsatzzahlen. Angesichts von 94 statistisch erfassten Berufszweigen im Jahre 2001 im Handwerk ist also der wirtschaftliche Stellenwert des Metallbaus relativ bedeutend. Nach der novellierten Handwerksordnung zum 01.01.2004 wird das Metallhandwerk weiterhin in den restlich verbliebenen 41 meisterbedingten Handwerken geführt.

Die Beschäftigtenzahlen aus dem Jahre 2001 sind in den Betriebsgrößenklassen (über 20 Beschäftigte und unter 20 Beschäftigte) aus dem Jahre 1995 der letztmaligen Zählung berücksichtigt. Aktuellere Zahlen liegen nicht vor. Die Verhältnisse werden jedoch von den Vertretern des Bundesverbands Metall als wirklichkeitsnah eingeschätzt. Bei 673.700 Betrieben mit 5,3 Mio. Beschäftigten ergibt sich eine durchschnittliche Belegschaft im gesamten Handwerk von rund 8 Beschäftigten. Dies zeigt auf, dass das Handwerk fast nur durch kleine und mittlere Betriebe geprägt ist, welche wiederum ein Kernstück der deutschen Wirtschaft bilden.

Die zu untersuchenden Betriebe des Metallbaus sind vorwiegend von Handwerksmeistern (-meisterinnen) geführt. Diese Qualifikation ist Voraussetzung in Deutschland für den Eintrag in die Handwerksrolle.

Die Betriebe sind fast ausschließlich an Handwerkskammern angegliedert. Die berufliche Qualifikation der Unternehmer ist aus diesen Zahlen oder anderen Erhebungen nicht ersichtlich. Durchschnittlich beschäftigen diese Betriebe 7 Mitarbeiter. Ingenieurwissen liegt nur dann vor, wenn der Inhaber diese Ausbildung besitzt. Ein Mitarbeiter mit Ingenieur-Qualifikation ist in diesen Betriebsgrößen bei einem Jahresüberschuss vor Steuern im Jahre 2000 mit 2,3% (ca. 11300,00 €) und im Jahre 2002 mit 3,6% (ca. 17700,00 €) [45], finanziell nicht tragbar.

Mitunter entwickeln sich aus diesen Kleinbetrieben (früher Schlossereien genannt), ähnlich wie im Handwerk, bedeutende Mittelbetriebe, z. B. Fa. Goldbeck-Bau in Bielefeld mit ca. 1000 Mitarbeitern. Der Hauptmotor für eine derart positive Firmenentwicklung war und wird auch weiterhin die Innovationsbereitschaft und das Innovationsvermögen innerhalb dieser Unternehmen sein.

Die 129.400 Beschäftigten [63] im Stahl- und Leichtmetallbau mit Betrieben über 20 Beschäftigten kommen zu einem Großteil aus dem Handwerk. Dies zeigt schon Bild 2.2 mit 128.771 Beschäftigten in Betrieben über 20 Beschäftigten des Metallbaus. Eine differenziertere Erhebung zwischen Metallbau und anderen gleichgerichteten Berufszweigen, z.B. Stahl- und Leichtmetallbau liegt in diesem Bereich nicht vor.

Das Metallhandwerk hat seinen Hauptsitz in Essen beim Bundesverband Metall. So wie auf Landesebene die Landesverbände Metall die fachlichen Interessen der angeschlossenen Innungen wahrnehmen und vertreten so vertritt, der Bundesverband Metall zentral die Interessen sämtlicher Landesverbände.

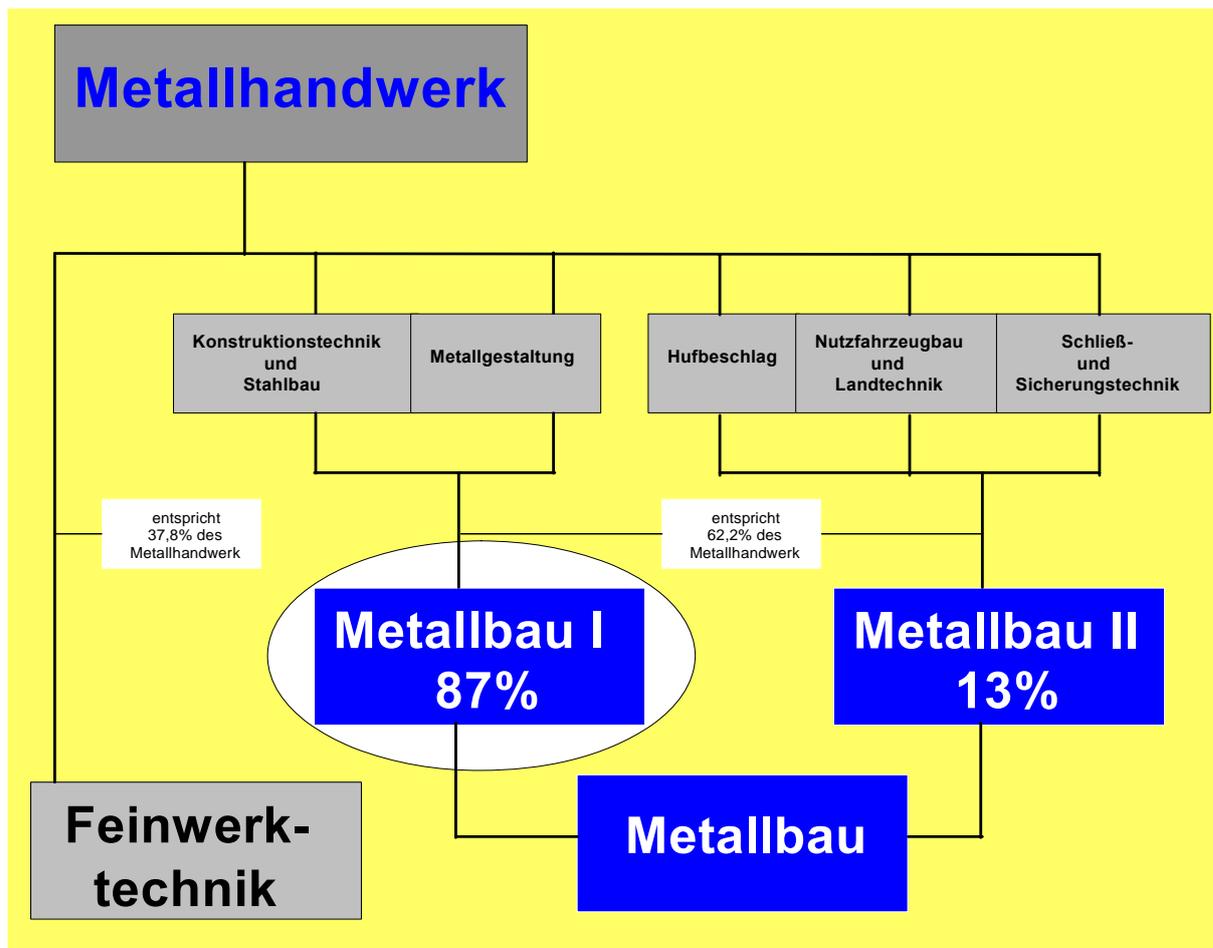


Bild 2.3: Sparten des Metallhandwerks

Quelle: Bundesverband Metall [47]

Bild 2.3 zeigt, dass die Feinwerktechnik mit 37,8% der Metallhandwerker relativ stark vertreten ist. Die restlichen fünf Bereiche wie Konstruktionstechnik und Stahlbau, Metallgestaltung, Hufbeschlag, Nutzfahrzeugbau und Landtechnik und Schließ- und Sicherheitstechnik teilen sich insgesamt 62,2% auf. Diese zuletzt genannten fünf Sparten werden unter dem Überbegriff Metallbau geführt.

Für die weiteren Untersuchungen dieser Arbeit ist die Sparte `Metallbau I` des Bildes 2.3 relevant.

In der Graphik Bild 2.3 sind mit `Metallbau I` die Fachgebiete gekennzeichnet, für welche die Innovation CAD von Bedeutung ist. Metallbau I ist keine offizielle Bezeichnung, sondern dient hier als Kurzbezeichnung der Spartengruppe. Sämtliche hier aufgeführten Zahlen sowie Beschreibungen sind wie in den folgenden Seiten alle auf den Bereich Metallbau I bezogen. Generell ist und wird in der vorliegenden Arbeit der Begriff Metallbau verwendet.

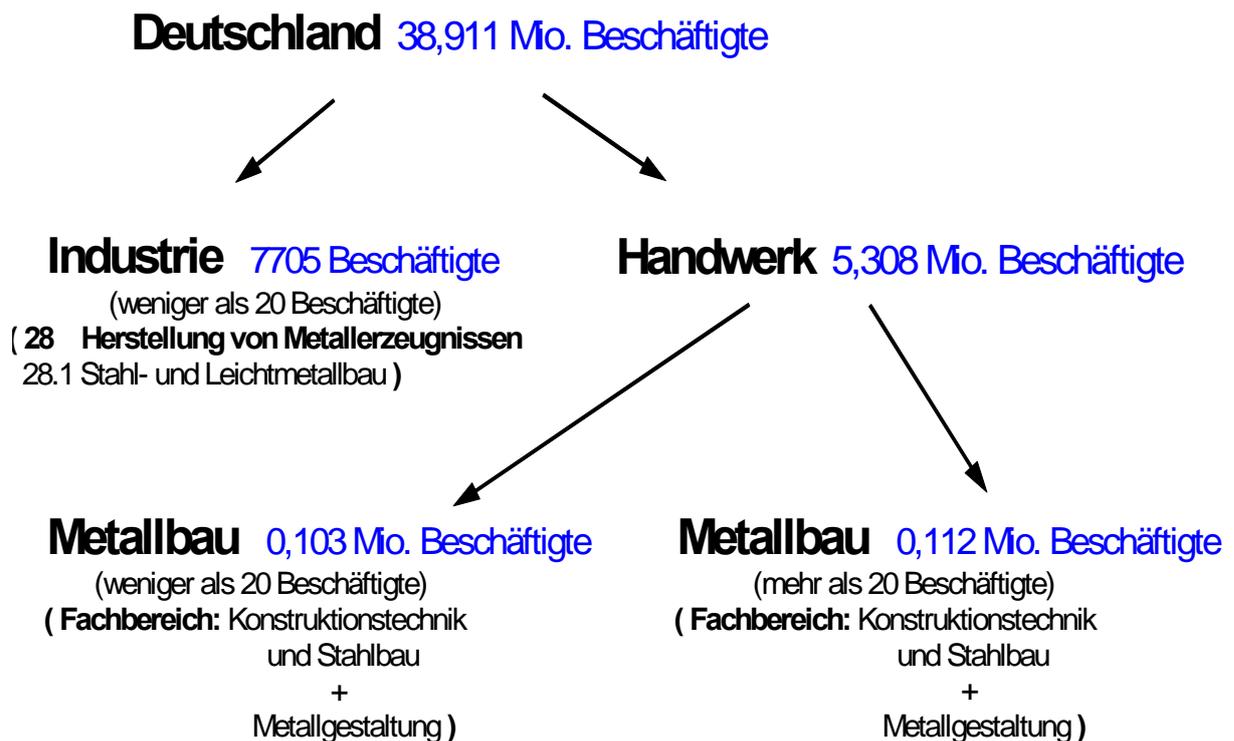


Bild 2.4: Übersicht

Quelle: DESTATIS [63], ZDH [69] und Bundesverband Metall [47]

Selbstverständlich werden in der Industrie in der Untergruppe `28.1 Stahl- und Leichtmetallbau in Betrieben über 20 Beschäftigten` noch weitere Arbeitsplätze zur Verfügung gestellt [63]. Allerdings sind diese Zahlen mit denen des Handwerks vermerkt und würden somit das Übersichtsbild (Bild 2.4) verfälschen. Zusätzlich bestätigt die Übersicht, dass Kleinbetriebe des Metallbaus fast ausschließlich im Handwerk anzutreffen sind.

Zusammenfassend kann für den zu untersuchenden Begriff des `typischen Kleinbetriebs im Metallbau` festgehalten werden, dass es sich um Betriebe der Sparte Metallbau I mit weniger als 20 Beschäftigten handelt.

Im Folgenden werden die für Kleinbetriebe des Metallbaus charakteristischen Produktionsspektren an Beispielen aus der Praxis erarbeitet. Hierbei ist festzustellen, dass es keine Selbstverständlichkeit ist, diese Daten zu veröffentlichen. Sie sind jedoch erforderlich das Leistungsspektrum von Kleinbetrieben im Metallbau aufzuzeigen.

Als erstes erfolgt im Bild 2.5 die Darstellung der Produktpalette eines Metallbaubetriebes mit 14 Beschäftigten. Die Umsatzzahlen dokumentieren den prozentualen Anteil der einzelnen Produktbereiche.

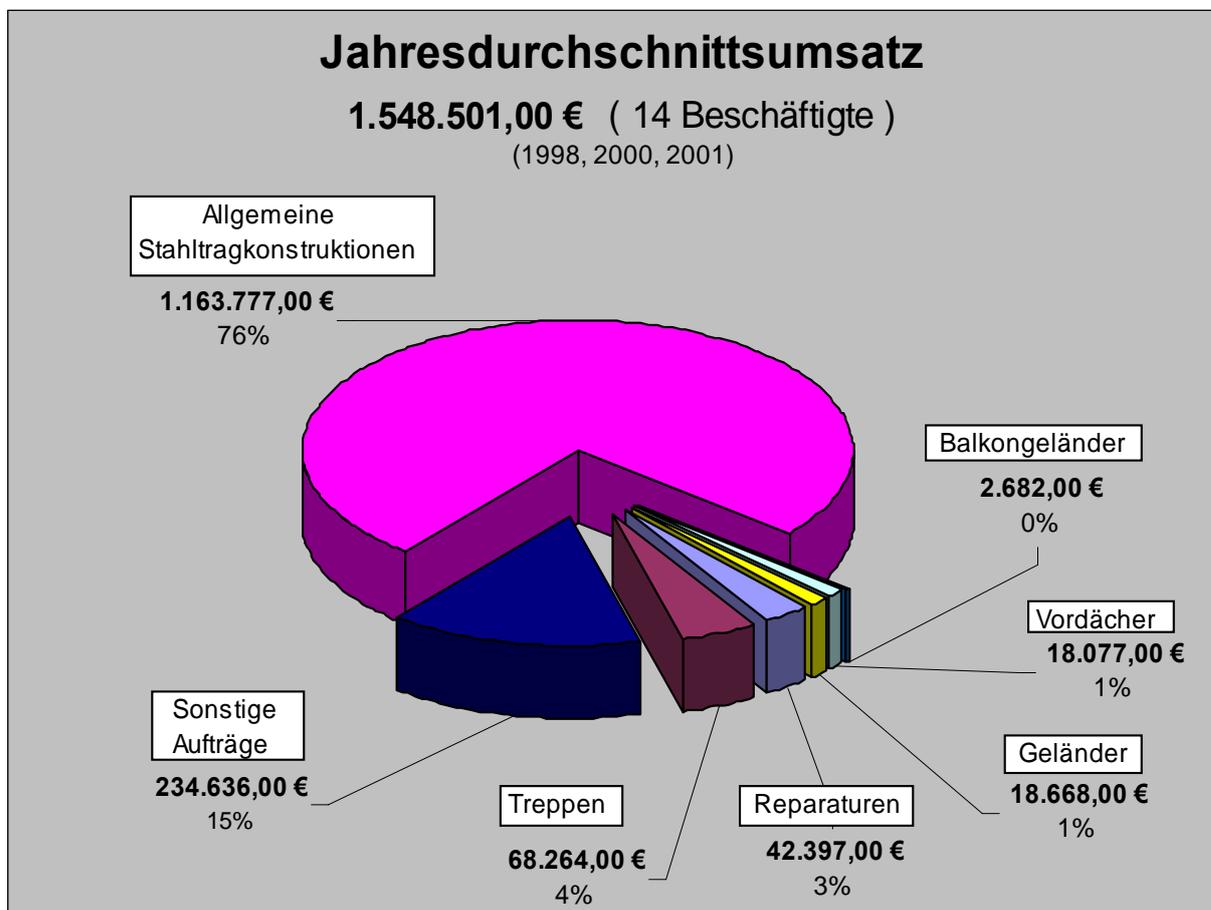


Bild 2.5: Jahresdurchschnittsumsatz in einem Metallbaubetrieb mit 14 Beschäftigten
 Quelle: Eigene Erhebung

Die Schwerpunkte dieses Unternehmens liegen deutlich bei den allgemeinen Stahltragkonstruktionen. Hierbei ist zu erwähnen, dass in diesem Betrieb der Unternehmer eine Ingenieurausbildung hat. Gewachsen aus einem Kleinstbetrieb (Schlosserei) fand eine Entwicklung hin zum konstruktiven Stahlhochbau statt. Voraussetzung hierfür war jedoch das Ingenieurwissen vor allem im statischen Bereich, aber auch der Ausbildung zum Schweißfachingenieur bzw. EWE.

Nur somit konnten mittels des `Großen Befähigungsnachweises` im Schweißen sowie der Möglichkeit, statische Nachweise zu erstellen, die rechtlichen Vorgaben erfüllt werden. Treppen, Vordächer und Geländer (Balkongeländer) sind bei einer derartigen Strukturierung nur noch ergänzende Produkte.

Aus dem gesamten Auftragsvolumen dieses Kleinbetriebs sind nach Berufserfahrung des Verfassers 82% (ausgenommen sonstige Aufträge und Reparaturen) für den Einsatz eines CAD-Hochleistungssystems geeignet.

Bei Treppen, Vordächern und Geländern (Balkongeländern) wird CAD bei der Akquisition, der Arbeitsvorbereitung, der Fertigung und der Montage benötigt. Bei allgemeinen Stahltragkonstruktionen ist der Einsatz von CAD zusätzlich schon im Vorfeld wichtig, um rechtliche Vorgaben (Prüfung von Statiken) erfüllen zu können.

Die 18% des Auftragsvolumens (siehe Bild 2.5), Reparaturen und sonstige Aufträge sind für eine CAD – Bearbeitung meist irrelevant. Sie zeigen jedoch einen typischen Bereich auf, welcher speziell durch das Handwerk abgedeckt wird.

Am diskutierten Beispiel wird eine notwendige Innovation der Statuten des Handwerks deutlich. Der Eintrag in die Handwerkerrolle ist für Bauingenieure bisher problematisch. Laut den Statuten des Handwerks sind Bauingenieure nicht berechtigt, Metallbauer auszubilden. Maschinenbauingenieure hingegen sind berechtigt, Metallbauer auszubilden und in diesem Gewerk in die Handwerksrolle eingetragen zu werden. Im betrachteten Betrieb hatte der Betriebsnachfolger eine Ingenieurausbildung (Bauingenieur Fachrichtung Stahl- und Leichtmetallbau), aber keine Handwerksmeisterausbildung. Um dennoch in der Handwerksrolle in dem gleichen Gewerk eingetragen zu werden, mussten mit großem Aufwand Hürden genommen werden. Wird diese unsinnige Hürde allgemein beseitigt, können dank Ausbildung und Innovation aus Kleinbetrieben Mittelbetriebe im Metallbau entstehen. So kann das z. B. an Universitäten und Fachhochschulen erlernte und eingesetzte `Know-how` auch im Metallbauhandwerk gedeihlich wirken. Besonders die Interessenverbände der Bauindustrie, hier federführend der Bundesverband des Metallhandwerks in Essen, aber auch der Gesetzgeber, das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie sind gefordert den Widerspruch zu beseitigen. Einerseits wird die Einhaltung erarbeiteter Richtlinien (z. B. LBO`s, Normen etc.) grundsätzlich vorausgesetzt und bei nicht Berücksichtigung und einem daraus resultierenden Schadensfall mitunter zu einer strafrechtlichen Verfolgung kommt, da Unwissenheit nicht vor Strafe schützt. Andererseits ist es der hierfür speziell ausgebildeten Personengruppe nicht gestattet derartige Betriebe zu führen.

Um die gesamte Spannweite der Betriebe des Metallbaus zu veranschaulichen, wird im Folgenden ein Metallbaubetrieb mit nur 4 Beschäftigten vorgestellt.

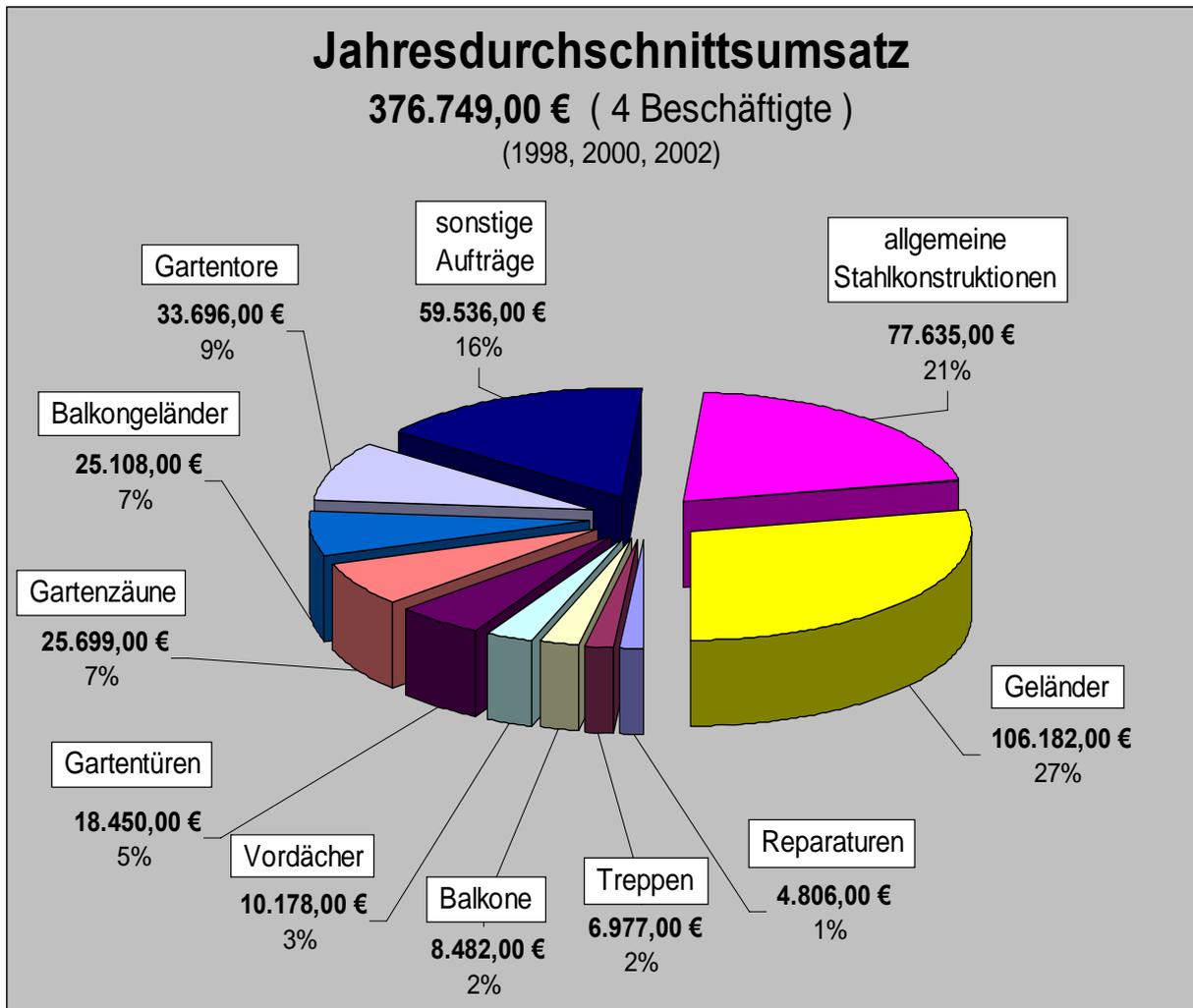


Bild 2.6: Jahresdurchschnittsumsatz in einem Metallbaubetrieb mit 4 Beschäftigten
 Quelle: Eigene Erhebung

Bild 2.6 verdeutlicht den `typischen Kleinbetrieb im Metallbau` der früher als Schlosserei bezeichnet wurde. Er hat 4 Beschäftigte und einen Metallbauhandwerksmeister als Inhaber.

Gartentüren, Gartentore und Gartenzäune tragen mit 21% ein Fünftel zum Gesamtjahresumsatz bei. 27% werden mit Geländern und 7% mit Balkongeländern erwirtschaftet. Ein 2%iger Treppenanteil zeigt auf, dass dieses Produkt vorwiegend hierauf spezialisierte Unternehmen abdecken. Diese bilden jedoch einen eigenen Industriezweig der Treppenbauer.

Vordächer, die mit 3% zu Buche schlagen, sind gleichermaßen strukturiert wie die Treppen. Für diesen Bereich hat sich ebenso ein eigener Industriezweig entwickelt. Wie schon beim zuvor aufgegliederten Betrieb nehmen auch hier wiederum die allgemeinen Stahltragkonstruktionen mit 21% einen erheblichen Anteil am Gesamtjahresumsatz ein. Gleichzeitig kommt aber auch deutlich die unterschiedliche Gewichtung der allgemeinen Stahltragkonstruktionen bei den beiden untersuchten Metallbaubetrieben zum Ausdruck. Zur Sortimentsabdeckung dienen 16% sonstige Aufträge und 1% Reparaturen.

In beiden betrachteten Unternehmen ist trotz aller Unterschiede des Produktspektrums mehr als 80% des Auftragsvolumens für eine innovative Bearbeitung mit einem CAD-Hochleistungssystem gut geeignet. Lediglich zu `Sonstige Aufträge` und `Reparaturen` sind keine gesicherten Aussagen möglich.

Der Innovationseffekt eines CAD-Hochleistungssystems für das Produktspektrum von Kleinbetrieben des Metallbaus sei für die am Bau beteiligten kurz umrissen.

A) Prüfstatiker

Die Unterlagen, die ein Prüfstatiker benötigt, fallen fast nur für `allgemeine Stahltragkonstruktionen` an. Hierbei ist in der Praxis festzustellen, dass nur sehr wenige Konstruktionen geprüft werden, da die zu untersuchenden Kleinbetriebe fast ausschließlich Aufträge von Bauvorhaben erhalten, die laut Landesbauordnung (BayBO) [9] Art. 2 Absatz (4) zu `Vorhaben geringer Schwierigkeit` zählen. Diese erfordern nach Art. 64 `Genehmigungsfreistellung` keine Genehmigung.

Dennoch sind CAD-Ergebnisse hier sehr hilfreich:

- Zur Überprüfung der getroffenen Profil- und Verbindungsauswahl im Standsicherheitsnachweis sind laut §12 der Bauvorlagenverordnung (BauVorIV) [8] Konstruktionszeichnungen vorzulegen.
- Die Zeichnungen sind mit der Statik einzureichen.
- Die Bauvorlagenverordnung [8] fordert unter §3 Konstruktionszeichnungen als zusätzliche Unterlage für die entsprechenden Standsicherheitsnachweise.
- Die Kosten sind laut HOAI [60] §64 Leistungsphase 5. Ausführungsplanung, unter besondere Leistungen nach Zeitaufwand zu vergüten.

B) Architekten

Die Untersuchungen ergaben, dass nur 34% der Aufträge in einem typischen Kleinbetrieb des Metallbaus (4 Beschäftigte) mit Architekten ausgeführt werden. Im untersuchten Betrieb mit 14 Beschäftigten sind dies bereits 82% bei einem Auftragsvolumen von 76% für `allgemeine Stahltragkonstruktionen` (Bild 2.5). Bei höherem Schwierigkeitsgrad des Entwurfs ist also auch hier der Einsatz von Architekten erheblich höher. Auch die Anzahl von Prüfstatiken steigt entsprechend.

CAD-Ergebnisse lohnen hier noch mehr.

- Zur Verdeutlichung der gewählten Konstruktion, vorwiegend gegenüber dem Bauherrn, ist eine Übersichtszeichnung erforderlich.
- Die Zeichnungen sind schon in der Leistungsphase 2. Vorplanung, spätestens aber in der Leistungsphase 3. Entwurfsplanung, zur besseren Veranschaulichung und Auftragsklärung von Nutzen.
- Davon ausgehend, dass der Architekt nach den Vertragsgrundlagen der HOAI [60] entlohnt wird, hat dieser nach §15 unter 5. Ausführungsplanung, Ausführungs-, Detail- und Konstruktionszeichnungen zu erstellen. In der Praxis werden diese Anforderungen, speziell im Metallbau, auf die Fachfirmen verlagert.
- Die Kosten des Architekten werden, wie oben erwähnt, nach HOAI [60] §15 ermittelt.

C) Unternehmer

In einem Kleinbetrieb des Metallbaus sind nur selten prüffähige Zeichnungen zu erstellen. Die handgefertigten Aufmaße, Fertigungsskizzen bzw. schematische Darstellungen gehören auch heutzutage noch zum alltäglichen Betriebsablauf.

Dennoch ist der Einsatz eines CAD-Hochleistungssystems auch hier eine sinnvolle Innovation

- CAD-Übersichtszeichnungen und Perspektiven in photorealistischer Darstellung unterstützen bei der Akquisition das Vorstellungsvermögen des Kunden. Sie sind besonders hilfreich bei dem hohen Anteil an Privatkunden, die für Ihre Auftragswünsche keinen Architekten beauftragt haben. Von großem Nutzen sind auch die Werkstattzeichnungen, die sich bei der Materialbestellung, der Fertigung und schließlich der Montage Zeit und Kosten sparend auswirken.
- Schon bei der Angebotserstellung würden Übersichtszeichnung und Perspektiven zu einem Wettbewerbsvorteil führen. Spätestens vor der Ausführung müsste die Werkstattzeichnung vorliegen und vom Kunden bestätigt werden.

- Nach VOB Teil B [58] sind unter §4 `Ausführung` 1. (2) dem Architekten als Vertreter des Bauherrn Werkzeichnungen oder andere Ausführungsunterlagen nach Verlangen vorzulegen.
- Nach VOB Teil B [58] §2 `Vergütung` 9. (1) hat der Auftraggeber Zeichnungen, die entweder der Auftragnehmer nach dem Vertrag, besonders den Technischen Vertragsbedingungen oder der gewerblichen Verkehrssitte nicht zu beschaffen hat, zu vergüten.

Zusammenfassung über Zeichnungen:

Wie beide Firmenbeispiele zeigen, werden für Treppen, Geländer, Vordächer und für einen Großteil von allgemeinen Stahltragkonstruktionen keinerlei Standsicherheitsnachweise vorgelegt. Art. 13 der Bayerischen Bauordnung wie auch alle anderen Landesbauordnungen schreiben jedoch einen Standsicherheitsnachweis im Ganzen und auch für ihre einzelnen Teile vor. Dementsprechend müssten nach der Bauvorlagenverordnung ebenso die Konstruktionszeichnungen erstellt werden. Sie unterliegen zwar keiner Prüfung, sind jedoch vor Baufreigabe zu hinterlegen. Bei genehmigungsfreien Bauten, `Vorhaben geringer Schwierigkeit` bzw. Einzelmaßnahmen an bestehenden Gebäuden ist es dennoch praxisüblich, dass derartige Unterlagen nicht erstellt werden und dies, obwohl in der Genehmigungsfreistellung unter Art. 64 unter (5) nochmals ausdrücklich auf den Standsicherheitsnachweis hingewiesen wird. Der Unternehmer hat laut Landesbauordnung (BayBO) unter Art. 58 (1) seine übernommenen Arbeiten gemäß den öffentlich-rechtlichen Vorschriften und den eingeführten technischen Regeln auszuführen. Gleichfalls schreibt die VOB §4 `Ausführung` unter 2. (1) vor, dass der Auftragnehmer die anerkannten Regeln der Technik und die gesetzlichen und behördlichen Bestimmungen zu beachten hat.

Hier geht also der Unternehmer, vielfach unwissentlich, ein sehr hohes Risiko ein. Er ist einerseits für die Unterlagen verantwortlich, kann aber andererseits, bedingt durch fehlende Ausbildung, die Standsicherheitsnachweise nicht erstellen. Die Dimensionierung ist speziell bei der Produktpalette von Kleinbetrieben des Metallbaus durch einfachste statische Systeme (siehe Kapitel 3.7) festzulegen die in das sich anschließende Konstruktionshilfsmittel CAD-Hochleistungssystem integriert sind.

Seitens des Architekten könnte schon in der Leistungsphase 2. Vorplanung laut HOAI eine Beteiligung durch Fachingenieure (Statiker, Elektroingenieur oder HSL-Ingenieur) erfolgen. Auch Fachfirmen könnten zu diesem Zeitpunkt schon in das Bauvorhaben integriert werden (siehe Bild 2.7).

Bei dieser Vorgehensweise ist jedoch Folgendes zu bedenken.

Einerseits ist es der Kundenwunsch, sein Bauwerk und die Bauteile detailliert und allgemein verständlich im Vorfeld (Vorplanung) dargestellt zu bekommen. Andererseits gibt es keine gesetzliche Grundlage, welche diese hierdurch entstehenden Kosten seitens einer Fachfirma regelt. Gleichzeitig besteht die Problematik, dass zu diesem frühen Zeitpunkt noch keine Vergabe stattgefunden hat und eventuell eine andere Fachfirma den Auftrag erhält. Bei dem Leistungsspektrum, welches durch Kleinbetriebe des Metallbaus abgedeckt wird, ist es fast immer möglich, dass erst nach der Vergabe und der Detailplanung des Architekten die endgültigen Fertigungspläne als Werkstattzeichnungen erstellt werden. Rechtlich und auch zur Auftragsklärung ist der CAD-Einsatz in Kleinunternehmen also eine notwendige Innovation.

Wenn es sich um allgemeine Stahltragkonstruktionen handelt, dann wäre es für den Kunden von großem Vorteil, dass so früh wie möglich die Fachfirma in die Planungsphase integriert wird (siehe Bild 2.7). Eine dreidimensionale CAD-Darstellung des geplanten Bauwerks ermöglicht einen wesentlich besseren Überblick, z. B. für weitere Einbauten. So kann die Lage von Versorgungsleitungen in Abhängigkeit der Maschinenanordnung, aber auch der Einbau einer Kranbahn übersichtlicher festgelegt werden. Ziel muss es daher sein, die Leistungsphase 2., Vorplanung, bis hin zur Leistungsphase 7., Mitwirkung bei der Vergabe, intensiver miteinander zu koppeln. Der Kunde erhält schon rechtzeitig einen besseren Überblick über sein Bauwerk und hat entsprechend bessere Einflussmöglichkeiten. Der Unternehmer bringt schon sehr früh eigene Erfahrungen mit ein und verkürzt durch die frühe Klärung des Bauvorhabens seine Planungszeit in der Ausführungsphase.

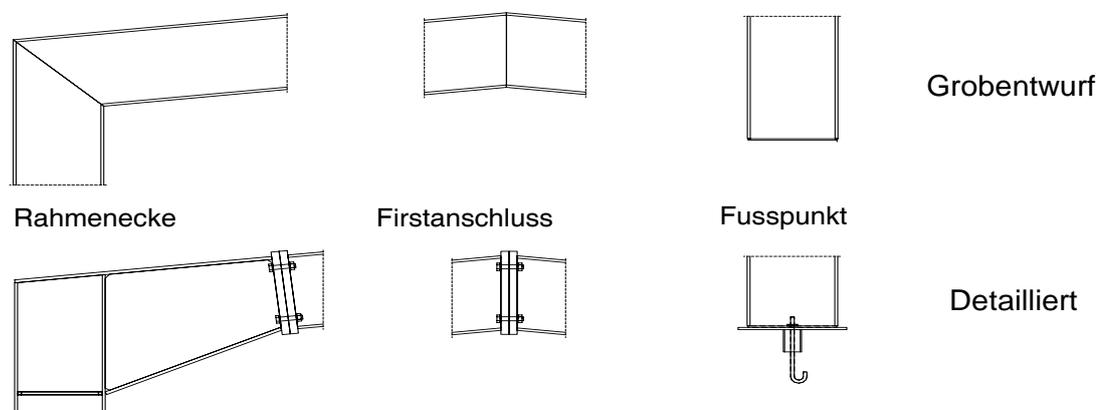


Bild 2.7: Grobe Darstellung in der Planungsphase und detaillierte Darstellung in der Ausführungsphase
Quelle: Eigene Erhebung

Rechtlich sind die Kosten für die Zeichnungserstellung in der HOAI unter § 64 geregelt mit der Annahme, dass Zeichnungen vom Tragwerksplaner gefertigt werden. In der Praxis jedoch werden Übersichts- und Werkstattzeichnungen meistens von der ausführenden Firma erstellt. Diese Kosten werden wiederum im Leistungsverzeichnis gesondert ausgewiesen. Bedingt durch die momentane Baukrise sind diese Kosten in den letzten Jahren oftmals laut Vertrag in die Einheitspreise einzurechnen. Bei Bauobjekten in der Bauhochkonjunktur hingegen war es üblich, dass der Tragwerksplaner 8% der Auftragssumme dem Unternehmer für die Erstellung der Übersichts- und Werkstattzeichnungen in Rechnung gestellt hat.

Für die zu untersuchende Unternehmensgruppe der Kleinbetriebe im Metallbau besteht genau an dieser Stelle folgende Problematik: Von den allgemeinen Stahltragkonstruktionen, die in diesen Betrieben 21% des Auftragsvolumens (siehe Bild 2.6) ausmachen, werden wiederum 61% laut Untersuchung über Architekten abgewickelt. Das heißt, dass nur bei weniger als 10% des gesamten Auftragsvolumens tatsächlich der Zwang zur Vorlage von Zeichnungen in der Praxis existiert. Wobei, wie schon erwähnt, die Forderung seitens der Gesetzgebung unberücksichtigt bleibt. Die Folge war viele Jahre, dass die Wertigkeit der Zeichnungserstellung sehr gering eingeschätzt wurde. Die jüngste Vergangenheit, aber vor allem die absehbare Zukunft zeigt immer mehr kleineren Metallbauunternehmern, dass sie in die Innovation CAD investieren müssen. Dies ist verbunden mit verbesserter Kundengewinnung, der schnelleren und somit kostengünstigeren Erstellung von Fertigungsunterlagen gepaart mit einer steigenden Flexibilität und einer detaillierteren Montagevorbereitung, die wiederum zu einer Kostenersparnis führt. Einerseits wird hierdurch der Gesetzgebung Rechnung getragen und andererseits besteht durch die Ausführungsmöglichkeit auch komplexer Planunterlagen das Erweiterungspotential hin zu allgemeinen Stahltragkonstruktionen. Dies wiederum gestattet bei höherem Umsatz eine Betriebsvergrößerung.

CAD-Hochleistungssysteme sind im Metallbau eine grundlegende Innovation für den gesamten Planungs- und Fertigungsprozess. Das beim interaktiven Entwerfen und Detaillieren am Bildschirm entstehende, rechnerinterne Produktmodell enthält zentral alle Informationen technischer, organisatorischer und kaufmännischer Art. Mit fortschreitendem Planungsprozess wird dieses Produktmodell immer konkreter, vollständiger und detaillierter.

Es lässt jede Art automatischer Auswertung, Visualisierung und Kopplung zu, z. B. photorealistische Darstellung des aktuellen Planungsstands, genehmigungsreife Übersichten, automatische Ableitung von Werkstattzeichnungen und Naturgrößen, Erstellung sämtlicher Arten von technischen Listen und Steuerung von CNC-Maschinen. Statt wie bisher an Papiermodellen zu messen, in der Werkstatt die reale Konstruktion auszulegen und anzupassen oder erst auf der Baustelle nach Aufmaß zuzuschneiden und zu bearbeiten, werden vom rechnerinternen CAD-Produktmodell verlässliche Unterlagen für eine qualitativ hochwertige industrielle Fertigung in der Werkstatt abgeleitet. Probieren und anpassen entfällt ersatzlos, jedes Teil passt sofort.

3 Trendanalyse des Markts, charakteristische Leistungsspektren

Schon in den Lehrplänen der Berufsschulen, aber auch in denen der Meisterschulen für das Gewerk `Metallbau`, sind charakteristische Leistungsspektren aufgeführt. Genauer zu untersuchen sind hier die trendprägenden Produktbereiche für Metallbau.

Hier kann der innovative Einsatz von CAD

- bei Akquisitionen behilflich sein,
- übersichtliche und gut überschaubare Übersichts-, Perspektiv- und Fertigungszeichnungen zur Verfügung stellen,
- Stücklisten zur Kalkulation und Arbeitsvorbereitung erstellen,
- zu einer höheren Fertigungsgenauigkeit verhelfen, die zu kürzeren Montagezeiten führt
- und je nach Technisierungsgrad den Maschinenpark automatisch bedienen, z. B. bei CNC-Maschinen für den Metallbau.

Nach Festlegung des allgemeinen Leistungsspektrums in den Bildern 2.5 und 2.6 ist nun zu ermitteln, welche Bauteile bzw. Bauarten durch häufige Anwendung den Metallbau charakterisieren.

3.1 Zäune, Gartentüren und Gartentore

Für sehr kleine Firmen des Metallbaus ist das Spektrum `Zäune, Gartentüren und Gartentore` ein Leistungsschwerpunkt, der deshalb eingehend diskutiert wird.

Grundlage für eine Zaunkonstruktion ist natürlich die örtliche Gegebenheit. Sie beeinflusst einerseits die Profilauswahl und andererseits die Einteilung der Felder bzw. Pfosten. Gleichzeitig geben die vorliegenden Örtlichkeiten die Pfostenbefestigungsmöglichkeiten vor.

Grundsätzlich ist von Bedeutung, inwieweit schon durch den Bestand bauliche Fakten geschaffen sind oder ob ein Neubau zu erstellen ist. Im zweiten Fall lassen sich bei der Grundrissfestlegung noch Änderungen erörtern. Die Entscheidung über die gewünschte Grundrissform unterliegt bei Bauherrn gelegentlich einer sehr subjektiven Betrachtungsweise, die der Beratung durch Fachfirmen bedarf. Dazu sind allgemein verständliche CAD-Perspektiven vorab ideal.

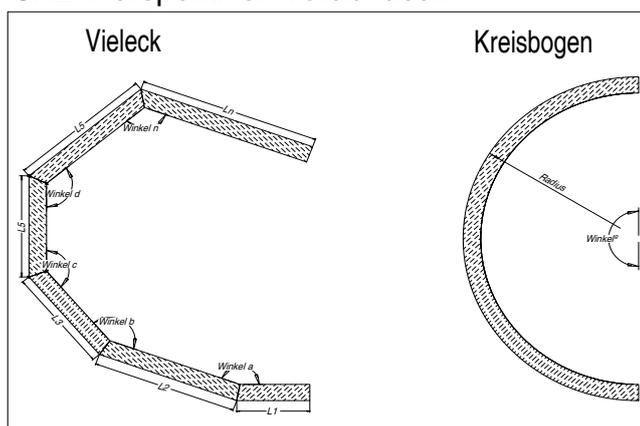


Bild 3.1: Grundriss für Gartenzäune
Quelle: Eigene Erhebung

Die Einteilung der Pfosten auf der Brüstung ist mit Hilfe der in Bild 3.1 gewählten Darstellungsform `Übersicht` einfach zu definieren. Die Visualisierung als Perspektive, Explosionszeichnung (Bild 3.2) oder als photorealistische Darstellung hilft dem Bauherrn und ggf. Baulaien Klarheit zu gewinnen.

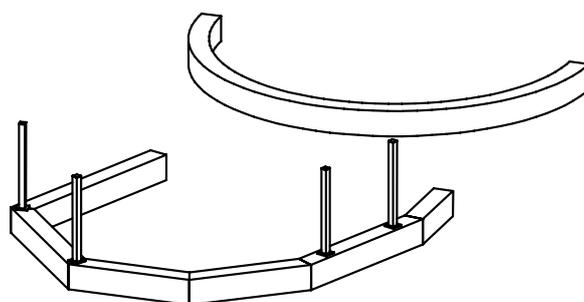


Bild 3.2: Pfosteneinteilung
Quelle: Eigene Erhebung

Als erstes Konstruktionsdetail ist bei der Auftragsklärung als Grobentwurf die Form des Rahmenelementes (siehe Bild 3.3), zu ermitteln. Daran schließt sich die Bestimmung des Profilquerschnittes an. Schon jetzt kann der Konstrukteur Aussagen über alternative Ausführungsmöglichkeiten und ihre Kosten treffen.

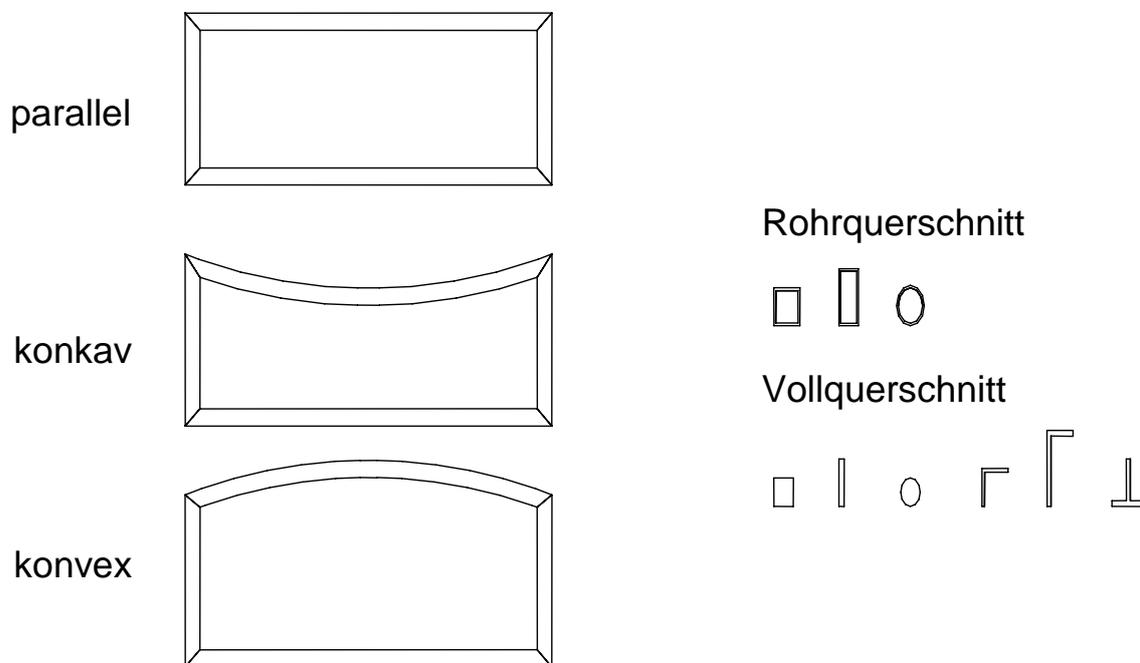


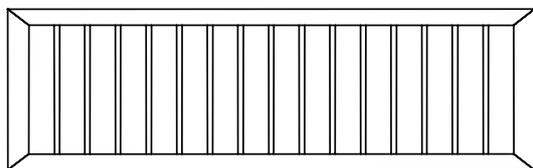
Bild 3.3: Rahmenformen (Profilquerschnitte) für Zäune
Quelle: Eigene Erhebung

Bei den Rahmenformen ist darauf zu achten, inwieweit noch in der Tiefe (z-Richtung) eine Verformung durch Biegung oder durch Gehrung gewünscht wird. Die finanziellen Auswirkungen, die sich hierbei aus Fertigungsgründen ergeben, werden dem Kunden erklärt und helfen bei der Entscheidungsfindung. Im Laufe der Zeit erkennt der Unternehmer bei derartigen Gesprächen die Häufigkeit spezieller Kundenwünsche. Das Ergebnis ist mitunter die Anschaffung einer neuen Maschine mit deren Hilfe bestimmte Profile effizienter zu bearbeiten sind. Ganz ähnlich lässt man bei einigen CAD-Systemen passende Konstruktionsmakros entwickeln.

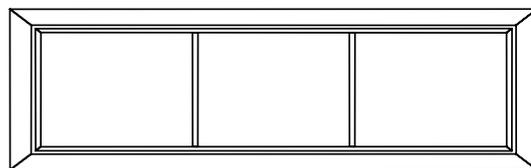
Je mächtiger Konstruktionsmakros sind, desto genauer kann der spezielle Kundenwunsch erfüllt werden. Als Folge ergibt sich eine innovative Anpassung an den Markt. Die Erweiterung derartiger Lösungsvorschläge ist sukzessiv in das CAD-Programm als Makro-Bibliothek einzuarbeiten. Ihre Nutzung am Bildschirm muss gerade im Metallbau sehr bedienerfreundlich gestaltet werden, wie hier später noch vorgeschlagen.

Die gemeinsam mit dem Kunden am Bildschirm, z. B. eines Notebooks, festgelegte Rahmenform gibt Randbedingungen für die anschließende Zaunfüllung, siehe Bild 3.4.

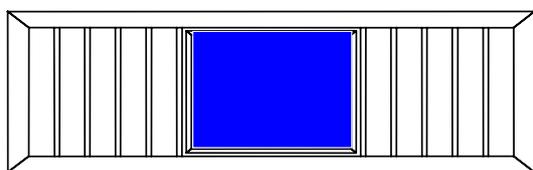
Stabfüllung



Blattfüllung



gemischte Füllung



spezielle Füllung

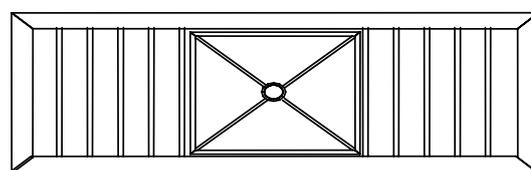


Bild 3.4: Zaunfüllungen
Quelle: Eigene Erhebung

Stabfüllungen sind die gängigste Ausführung. Sie werden mit einem Stababstand von ca. 120 mm ausgeführt, genauso wie es bei Geländern gefordert wird. Der Unterschied liegt jedoch darin, dass ein Zaun selten auch gegen Absturz sichern muss. Dies hat zur Folge, dass diese 120 mm Stababstand nur als Voreinstellung dienen und somit auch auf Wunsch problemlos abzuändern sind. Der voreingestellte Abstand stellt auch sicher, dass vorwiegend Kleinkinder nicht mit dem Kopf zwischen Stäbe geraten können.

Die Stäbe lassen sich auf verschiedene Art und Weise anordnen (siehe Bild 3.5).

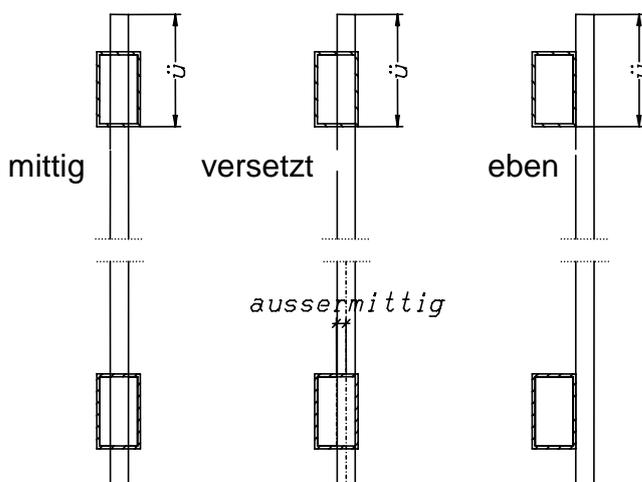


Bild 3.5: seitliche Lage von Füllstäben
Quelle: Eigene Erhebung

Auch konstruktive Gründe (z. B. Korrosionsschutz) beeinflussen die Befestigung der Füllstäbe (siehe Bild 3.6) am Rahmen. Bei einer Schraubverbindung ist eine Auswahl über die Form des Schrauben- und Mutterkopfes vorzusehen.

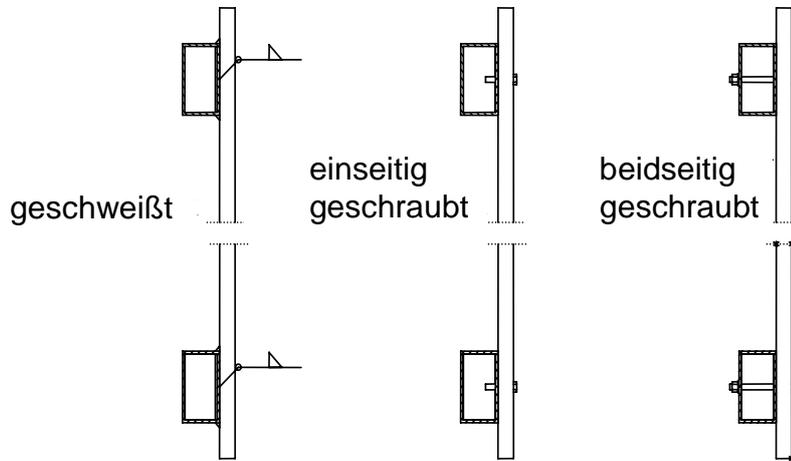


Bild 3.6: Befestigungen der Füllstäbe
Quelle: Eigene Erhebung

Auch der Einbau von horizontal liegenden Füllstäben entsprechend Bild 3.7 muss in einem Hochleistungs-CAD effizient möglich sein. Bei der Integration und Verbindung verschiedener Querschnitte in horizontaler wie vertikaler Lage mit CAD-Makros ist darauf zu achten, dass die Verschneidungen mit handelsüblichen Maschinen durchzuführen sind. Sollte dies bei der gewählten Konstruktion nicht möglich sein (Schifferschnitte), dann ist dies durch eine Warnmeldung anzuzeigen.

horizontale Riegeleinteilung

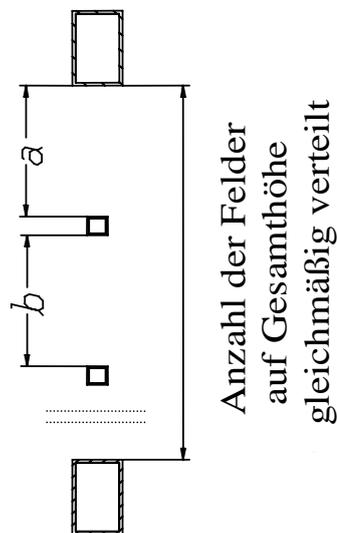


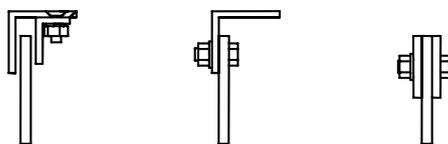
Bild 3.7: Horizontallage von Füllstäben
Quelle: Eigene Erhebung

Bei einer Blattfüllung (Bild 3.4) wird zwischen materialtypischen Bauarten unterschieden.

- Zu wählen sind Stahlbleche in verzinkter Form oder auch farbbeschichtet (2-Komponenten-lack oder Einbrennlackierung) bzw. Aluminium- oder Edelstahlblech, zusätzlich zwischen einem Glatt- und einem Lochblech (runde, ovale oder eckige Löcher).
- Alternativ werden spezielle Kunststoffplatten angeboten, z. B. Trespa. Diese UV-beständigen Werkstoffe basieren vorwiegend auf GFK. Die Platten sind vielfältig farblich gestaltbar. Besonders die Farbgestaltung sollte in einem CAD-Hochleistungssystem für den Metallbau bedienergerecht verfügbar sein.
- Glasscheiben, die aus Gefährdungsgründen (Bruch) aus Einscheibensicherheitsglas (ESG), teilvorgespanntem Glas (TVG) bzw. Verbundsicherheitsglas (VSG) auszuführen sind, kommen aus Kostengründen beim Zaunbau selten zum Einsatz.

Die Befestigungsmöglichkeiten dieser drei Füllelementalternativen zeigt Bild 3.8. Bei Schweißverbindungen steigert Verzug den Aufwand. Diese Problematik tritt auch bei Feuerverzinkung auf. Für Lochbleche kommen vorwiegend parallel gelochte Bleche zum Einsatz, um Lochverschneidungen an den Rändern zu vermeiden. Von Vorteil ist hierbei eine Datenbank von gelochten Blechen im verwendeten CAD-System. Trotz der individuellen Fertigungsmöglichkeit von Lochungen werden aus Kostengründen Lagerbleche verwendet.

Schraubverbindungen



Schweißverbindungen

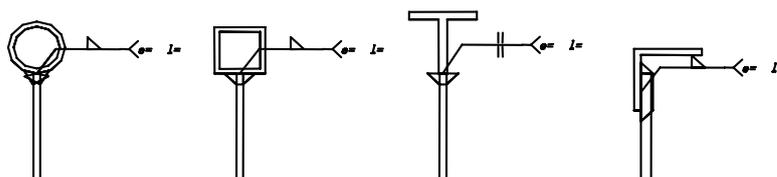


Bild 3.8: Befestigungen der Zaunfüllungen
Quelle: Eigene Erhebung

Den Abschluss der Konstruktion bilden die Zaunpfosten selbst.

In Anlehnung an die Zaunfelder wird das Pfostenprofil gewählt. Hierbei ist wie bei allen Querschnittswahlen darauf zu achten, dass handelsübliche Profile verwendet werden. Nicht nur Kostengründe, sondern auch Ausführungszeiten sprechen für eine derartige Vorgehensweise.

Nach der Festlegung des Pfostenprofils erfolgt die Bestimmung und Anordnung der Befestigungslaschen an den Pfosten sowie an das Rahmenelement. Es sollte hierbei im CAD-Programm die Möglichkeit offen gehalten werden, dass betriebsspezifische Laschenformen zur Wiederverwendung als Bibliothek abspeicherbar sind.

Der Laschenanschluss unter dem benötigten Winkel ergibt sich schon im Vorfeld durch die Festlegung des Grundrisses.

Die Entscheidung für eine Einfachlasche oder Doppellasje ist subjektiv. Das gleiche gilt für die Lage der Laschen, ob mittig oder außermittig (siehe Bild 3.9).

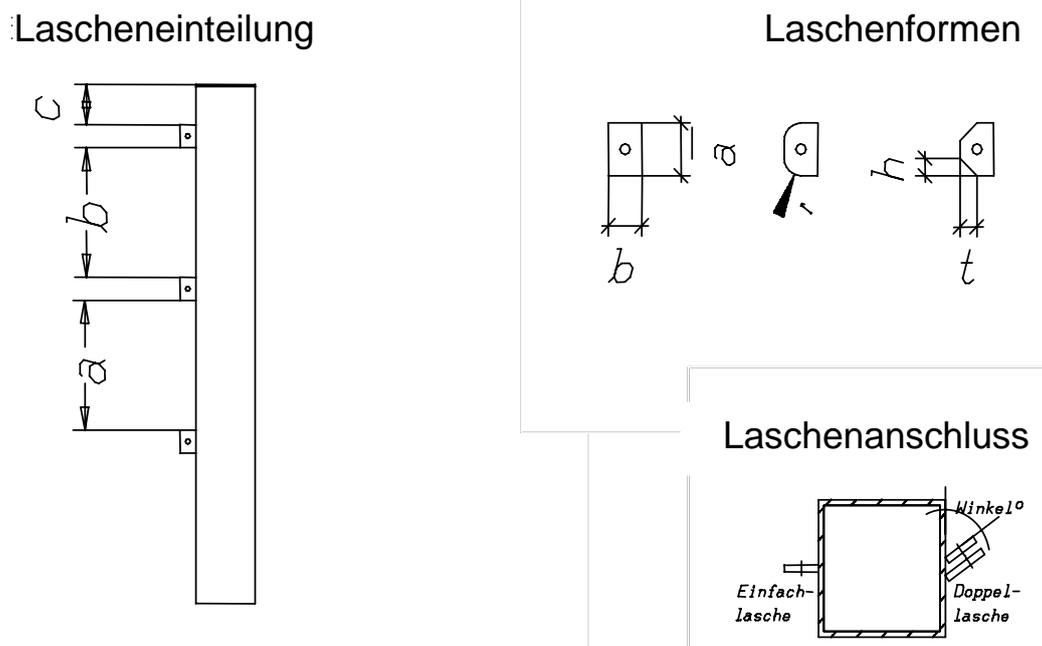


Bild 3.9: Lascheneinteilung, Laschenformen und Laschenanschlüsse
Quelle: Eigene Erhebung

Betonpfosten oder gemauerte Pfosten (siehe Bild 3.10) sind als Alternative zu den oben genannten Stahlpfosten in CAD-Systemen vorzusehen. Die Einteilung sollte schon bei den baulichen Gegebenheiten (siehe Bild 3.1) eingebbar sein. Die Laschenform bzw. deren Befestigung wäre, wie zuvor dargestellt, zu integrieren.

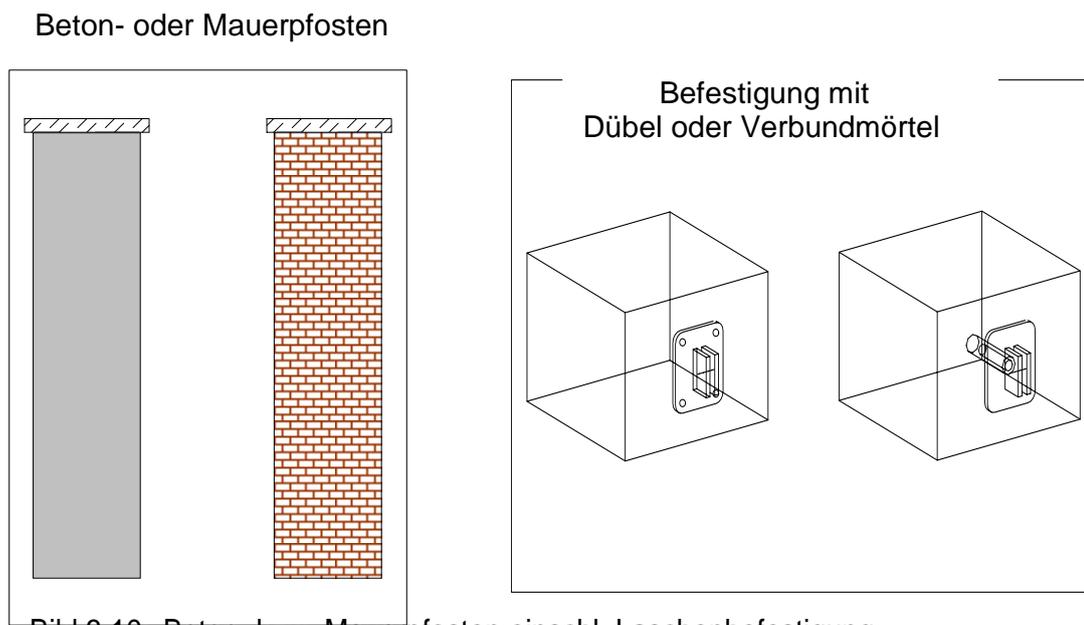


Bild 3.10: Beton- bzw. Mauerpfosten einschl. Laschenbefestigung
Quelle: Eigene Erhebung

Die erforderliche Stabilität gewährleistet der Fußpunkt. Der Pfosten als Kragarm hat am Fußpunkt ein Moment aufzunehmen. Daher ist der in einem Köcher eingespannte Pfosten die einfachste, aber auch durch den zusätzlichen Aufwand für den Maurer teurere Lösung. Alternativ kann der Fußpunkt preisgünstig mit einer ausreichend dimensionierten Platte und entsprechenden Schwerlastankern die auftretenden Lasten aufnehmen (siehe Bild 3.11).

Pfostenbefestigung

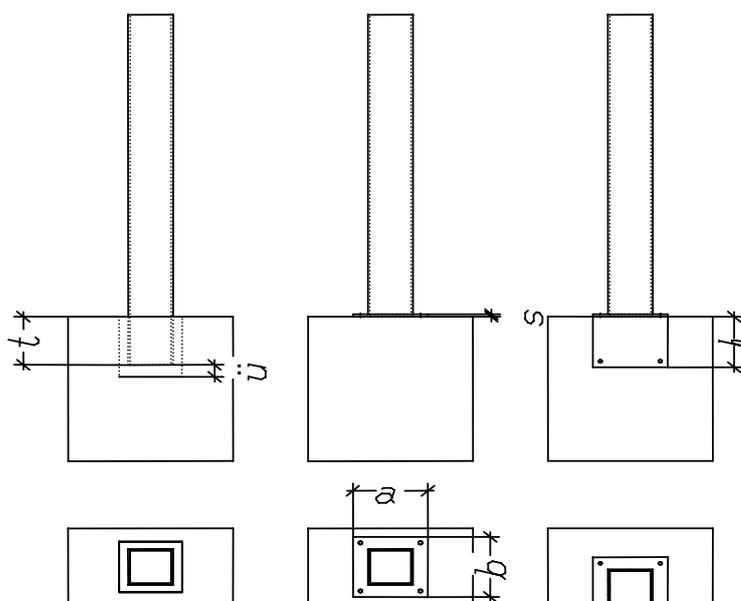


Bild 3.11: Zaunpfostenbefestigung
Quelle: Eigene Erhebung

Gartentüren und Gartentore des Metallbaus stellen spezifische Anforderungen, die selbst in CAD-Hochleistungssystemen noch nicht hinreichend gelöst sind. Herstellerspezifische Tür- und Torbeschlüge als konstruktiv aufwändige Teile werden nämlich für CAD bisher von den Beschlagherstellern nur als Grafikdateien in dxf- oder dwg-Format angeboten. Hierbei fehlt die 3-D Information, die das rechnerinterne Produktmodell, z. B. für automatische Verschraubung, benötigt.

Für eine CAD-Bibliothek mit 3-D Produktmodellen gängiger Beschlüge werden daher folgende Eigenschaften vorgeschlagen:

- Bohrungen für Befestigungsschrauben mit oder ohne Gewinde, einseitig oder beidseitig in einem Profil sowie die Löcher für den Griff und den Profilylinder sind bei der interaktiven Platzierung der Beschlüge automatisch in die Konstruktion einzufügen. Dies gilt auch für Schweißverbindungen von Scharnieren. Hier spricht man bei CAD-Programmen auch vom Vererben von Verbindungen. Voraussetzung hierfür ist stets die rechnerinterne 3-D Darstellung.
- Die Integration der Beschlüge ermöglicht gleichzeitig die automatische Ermittlung der Maße a und b ohne Mehraufwand (siehe Bild 3.12).

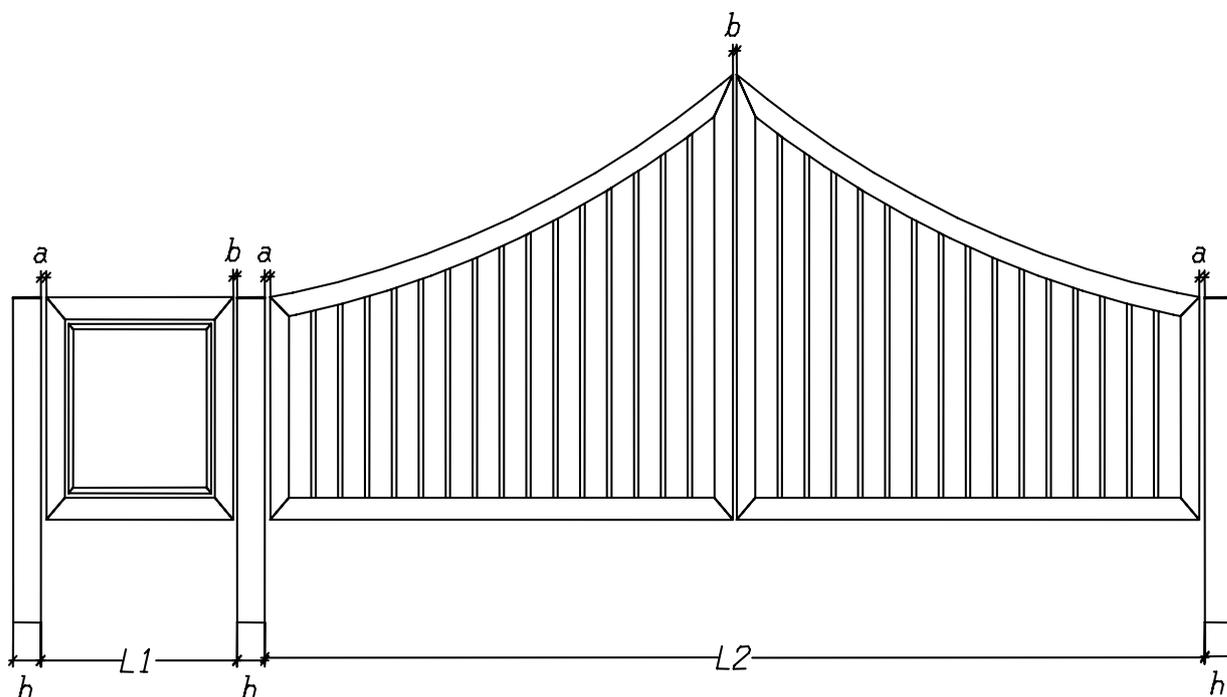


Bild 3.12: Gartentüre und Gartentor ohne Beschlag, mit Spiel a und b
Quelle: Eigene Erhebung

Zur Vervollständigung einer Gartentüre oder eines Gartentores müsste nach den Vorschlägen dieser Arbeit z. B. die nachfolgende Konstruktion (Bild 3.13) mit nur wenigen Klicks für Schloss, Riegel und Scharniere fertigungsreif detailliert sein.

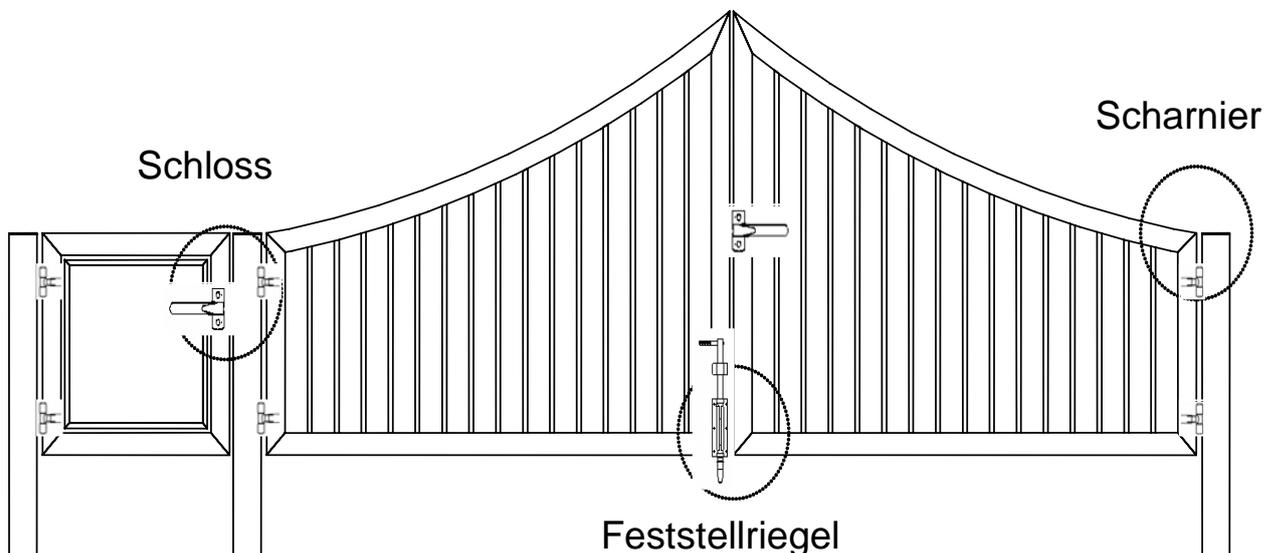


Bild 3.13: Gartentüre und Gartentor mit Beschlägen
Quelle: Eigene Erhebung

Beim Schloss ist aus einer Vielzahl von Ausführungsvarianten nach Kundenwunsch und Profil passend (Bild 3.14) auszuwählen. Dies geschieht, wie bisher schon in den CAD-Katalogen praktiziert, durch die Parameterangaben zum entsprechenden Makro und andererseits durch eine Fangfunktion mit Kollisionskontrolle, falls das Schloss sich nicht in das Profil einbauen lässt.

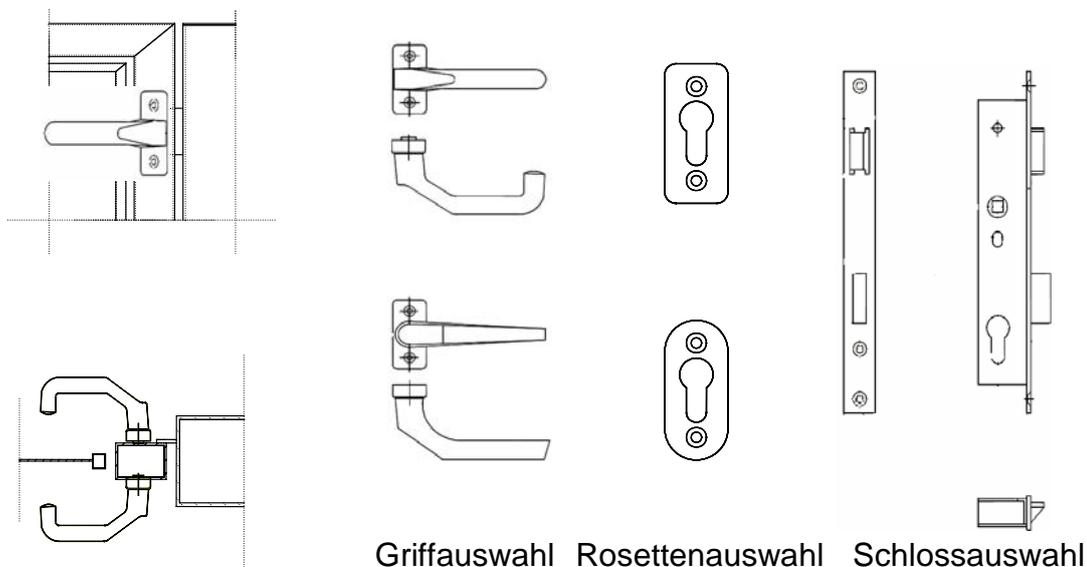


Bild 3.14: Detail `Schloss` und Katalogauswahl für Beschläge
Quelle: Firma Esco Baubeschlag, Ditzingen

Die Ausführung des Feststellriegels nach Bild 3.15 folgt den baulichen Gegebenheiten (Höhenversatz des Belages zur Unterkante Tor) sowie den vom Kunden erwünschten Schließmechanismen (automatischer Verschluss bei Torschließung oder separater Verschluss, z. B. mit einem Vorhängeschloss).

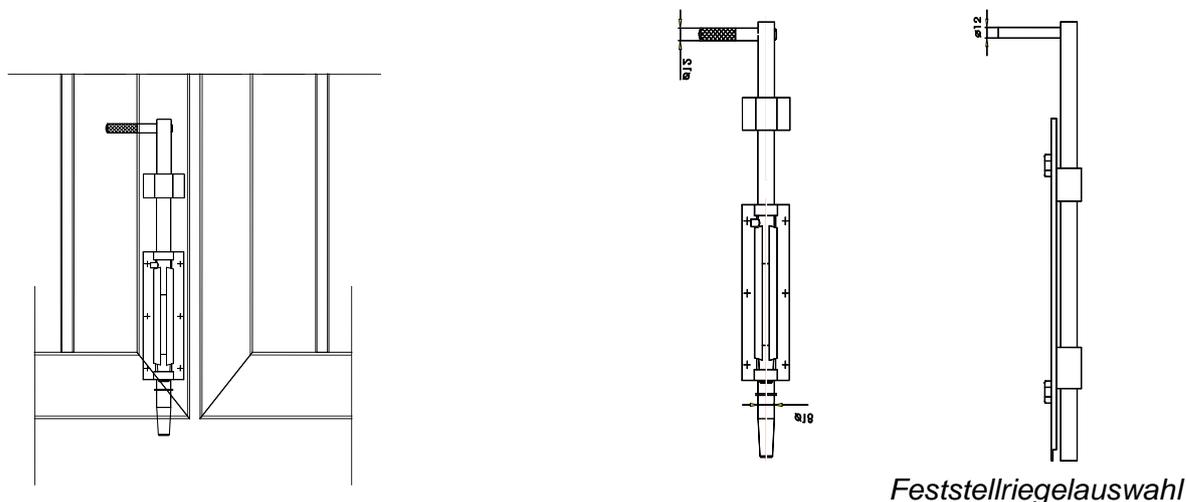


Bild 3.15: Detail `Feststellriegel` und Katalogauswahl für Beschläge
Quelle: Firma Esco Baubeschlag, Ditzingen

Die Fundamentgestaltung beeinflusst die Schließtoleranz. Einzelfundamente bewirken ungleichmäßige Setzungen zwischen dem Tür- oder Torelement sowie der Stütze. Dies beeinträchtigt auf Dauer die Schlossfunktion bis zur Funktionsuntüchtigkeit. Aus diesem Grund ist der Einbau von verstellbaren Scharnieren zu bevorzugen. Zusammenhängenden Fundamente mit gleichmäßigen Setzungen erlauben preisgünstige Anschweißbänder (siehe Bild 3.16).

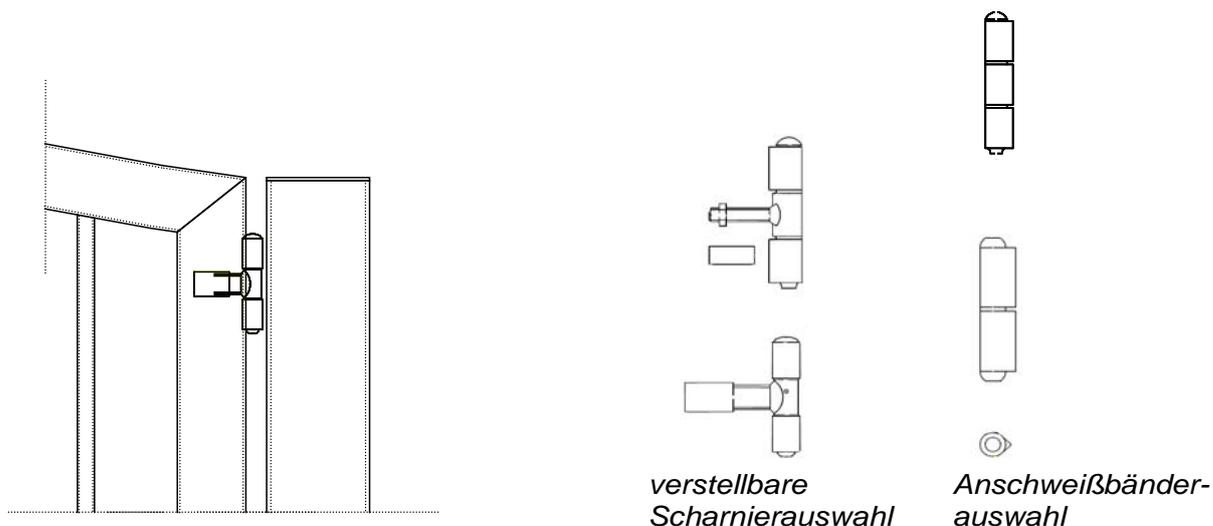


Bild 3.16: Detail `Scharnier` und Katalogauswahl für Beschläge
Quelle: Firma Esco Baubeschlag, Ditzingen

3.2 Treppen und Geländer

Treppen

Stahltreppen erfordern einen erheblichen, selbst von Fachleuten unterschätzten Planungs- und Konstruktionsaufwand. Dies beginnt beim Standsicherheitsnachweis für die Tragkonstruktion und setzt sich insbesondere bei der Ausführungszeichnung fort. Der typische Kleinbetrieb des Metallbaus ist für die Fertigung von Treppen eigentlich prädestiniert durch seine Flexibilität der Ausführungen und der durchschnittlichen Auftragsgröße. Die Erhebungen der Bilder 2.5 und 2.6 belegen jedoch den bescheidenen Umsatzanteil von nur 4% bzw. 2%. Für nicht spezialisierte Kleinbetriebe sind Treppen als komplexe räumliche Konstruktionen offensichtlich zu risikobehaftet. Erst durch Ausschluss von Konstruktions- und Fertigungsfehlern durch ein geeignetes CAD-Hochleistungssystem ist dieses Produktspektrum wirtschaftlich zu erschließen, bestens passend zu den sonstigen Stärken von Kleinbetrieben.

Zur Steigerung dieses Marktanteiles werden daher CAD Systeme benötigt, die eine große Vielzahl von Treppenausführungsmöglichkeiten als Bibliothek bieten. Die modulare Erstellung von Fertigungszeichnungen mit geeigneten CAD-Makros ist Grundlage für eine zeitsparende und somit Kosten sparende, fehlerfreie Ausführung.

In DIN 18065 [17] wird in die drei Treppenarten gerader Lauf, gewendelter Lauf und gerade und gewendelter Lauf unterteilt.

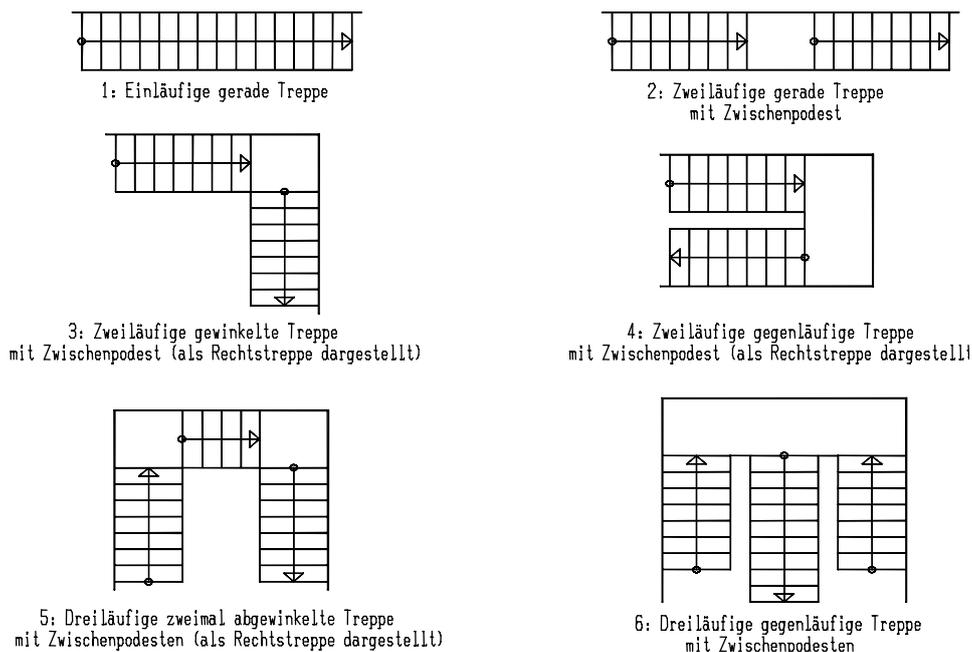


Bild 3.17: Treppen mit geraden Läufen
Quelle: DIN 18065

Die Grundrisse von Treppen sind entsprechend Bild 3.17 mit den baulich vorgegebenen geometrischen Gegebenheiten abzustimmen. Die Stockwerkshöhe, die Stufenbreiten bzw. die Winkelangaben bei abgewinkelten Treppen müssen als Eingabe genügen. Die Ermittlung der Podestgröße sollte automatisch erfolgen.

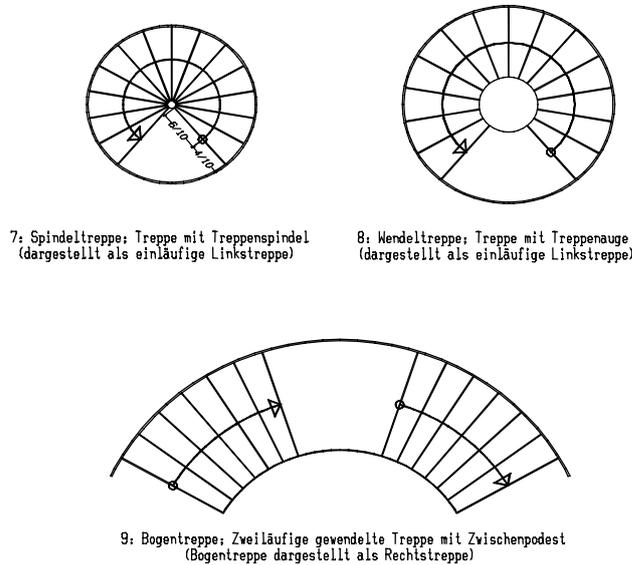


Bild 3.18: Treppen mit gewendelten Läufen
Quelle: DIN 18065 [17]

Ähnlich kompakt sind die Eingabedaten für gewendelte Treppen (Bild 3.18) zu gestalten. Die Stockwerkshöhe, die Innen- und Außenradien, die Stufenbreite, der Drehsinn, der Ein- und Austrittswinkel von gewendelten Treppen sind den vorliegenden baulichen Gegebenheiten und dem Kundenwunsch entsprechend anzugeben.

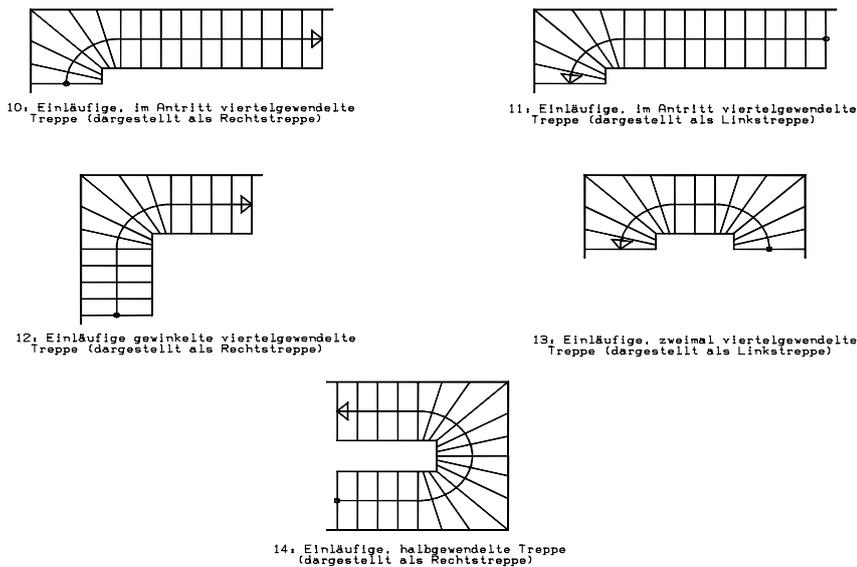


Bild 3.19: Treppen mit geraden und gewendelten Läufen
Quelle: DIN 18065 [17]

Mischformen nach Bild 3.19 kommen vorwiegend bei beengten örtlichen Gegebenheiten zur Ausführung.

Zu den in der DIN 18065 aufgeführten drei Treppenarten sind in Anlehnung an die 1. Treppenart Bild 3.17 4: noch Fluchttreppen von Bedeutung. Im Gegensatz zu sonstigen Treppenarten, mit deren Hilfe jeweils ein Stockwerk zu überwinden ist, erfolgt der Einsatz von Fluchttreppen (Bild 3.20) über mehrere Etagen. Die Wichtigkeit dieser Treppenart liegt begründet in den Sonderbauvorschriften (der VersammlungstättenVO §23 Abs.(1) [44] –VstättV-, der GaststättenbauVO §11 Abs. (1) [22] –GastBauV- oder der VerkaufsstättenVO §10 Abs. (1) –Vkv- [43]). Hierin ist geregelt, dass ein nicht zur Erde eben liegendes Geschoss über zwei voneinander unabhängigen Treppen zugänglich sein muss. Diese Regelung begründet bei vielen bestehenden Gebäuden einen Nachholbedarf. Aber auch bei Neubauten ist eine derartige Treppenanlage im Gegensatz zu einem geschlossenen Treppenhaus zumeist kostengünstiger.

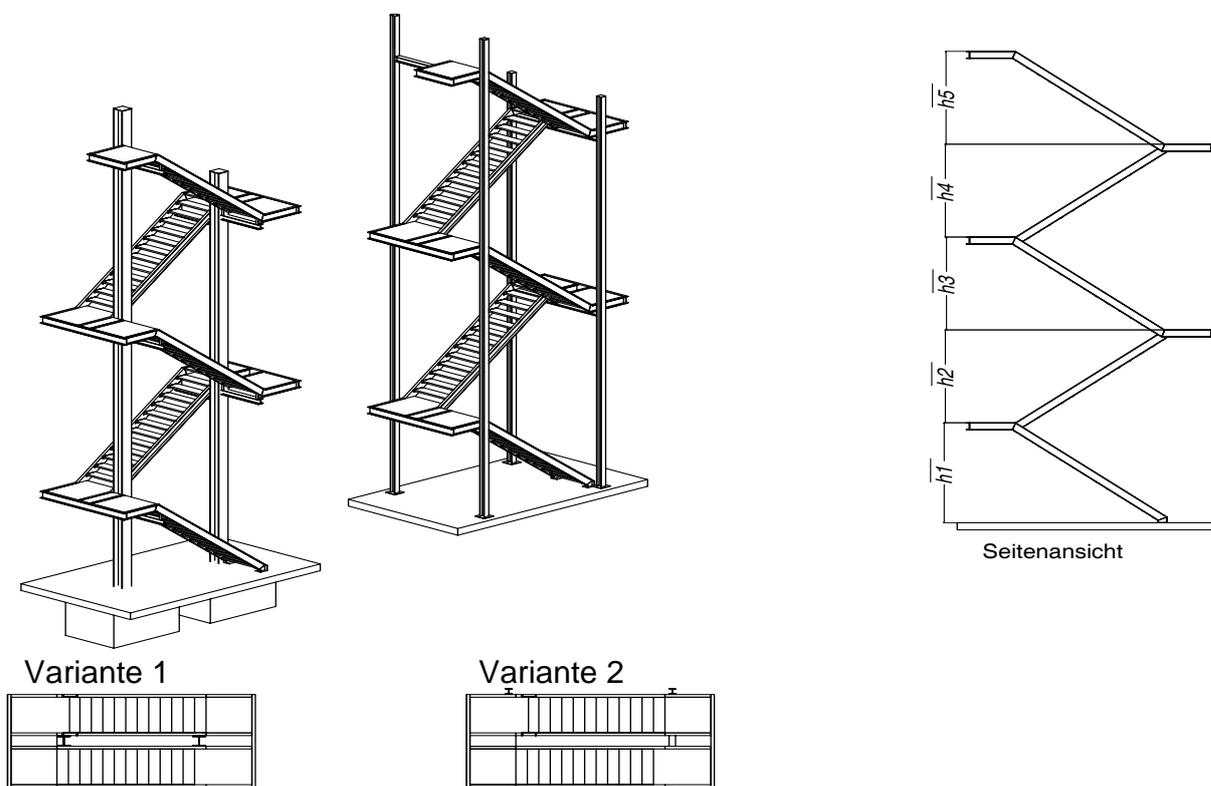


Bild 3.20: Fluchttreppenvarianten
Quelle: Eigene Erhebung

Die teilweise unterschiedlichen Stockwerkhöhen vor allem bei Altbauten machen es erforderlich, dass als Eingabeparameter der CAD-Makros für jede Etage eine individuelle Höhe angegeben werden kann.

Spindeltreppen (Bild 3.18 7:) sind bedingt durch ihre kompakte Geometrie besonders geeignet, um mehrere Stockwerke fußläufig zu erreichen.

Für alle Treppenarten, auch für Stahltreppen in DIN 24530 [19], gelten die folgenden Konstruktionsregeln, die programmintern automatisch zu berücksichtigen sind.

Nach höchstens 18 Stufen soll ein Zwischenpodest nach DIN 18065 Abs. 6.3.3 [17] angeordnet werden. Ausnahmen, wie diese in der VersammlungstättenVO unter §23 Absatz (9) [44] mit 14 Stufen vorgeschlagen werden, sind zu berücksichtigen.

Die nutzbare Treppenpodesttiefe muss mindestens der nutzbaren Treppenlaufbreite nach DIN18065 Abs. 6.3.2 [17] entsprechen.

Das Steigungsverhältnis 17/29 (Treppensteigung/Treppenauftritt) ist aufgrund von Sicherheitsregeln, der Bequemlichkeit und dem Schrittmaß eines erwachsenen Menschen, welches zwischen 59 cm und 65 cm liegt, einzuhalten. Dieses Schrittmaß ist bezogen auf die Treppenlauflinie, die im Gehbereich und somit fast ausschließlich in der Stufenmitte der Treppe liegt.

Das Schrittmaß wird mit nachstehender Formel aus DIN 18065 Abs. 7 [17]) ermittelt:
 $2 \cdot \text{Treppensteigung (s)} + \text{Treppenauftritt (a)} = 59 \text{ cm bis } 65 \text{ cm}.$

Eine Besonderheit ergibt sich bei Spindeltreppen (siehe Bild 3.18 7:) mit einer Aufteilung der Lauflinie von 6/10 zu 4/10 ausgehend von der Spindel.

Die DIN 18065 [17] für Treppen (siehe Bild 3.21) wird ergänzt durch Angaben in den jeweiligen Landesbauordnungen (LBO).

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	Gebäudeart	Treppenart	Nutzbare Treppenlaufbreite min.	Treppensteigung s2 max.	Treppenauftritt a3 min.
1	Wohngebäude mit nicht mehr als zwei Wohnungen ¹	Treppen, die zu Aufenthaltsräumen führen	80	20	234
2		Kellertreppen, die nicht zu Aufenthaltsräumen führen	80	21	215
3		Bodentreppen, die nicht zu Aufenthaltsräumen führen	50	21	215
4	Sonstige Gebäude	Baurechtlich notwendige Treppen (laut LBO)	100	19	26
5	Alle Gebäude	Baurechtlich nicht notwendige (zusätzliche) Treppen	50	21	21
¹ schließt auch Maisonette-Wohnungen in Gebäuden mit mehr als zwei Wohnungen ein ² aber nicht <14cm ³ aber nicht >37cm ⁴ Bei Stufen, deren Treppenauftritt a unter 26 cm liegt, muss die Unterschneidung u Mindestens so groß sein, dass insgesamt 26 cm Trittläche (a+u) erreicht werden. ⁵ Bei Stufen, deren Treppenauftritt a unter 24 cm liegt, muss die Unterschneidung u Mindestens so groß sein, dass insgesamt 24 cm Trittläche (a+u) erreicht werden.					

Bild 3.21: Anforderungen an Treppen
 Quelle: DIN 18065 Tabelle 1 [17]

Die Ausführung der Treppen erfolgt nach den vier Treppentypen Wangentreppe, Zweiholmtreppe, Einholmtreppe und Spindelstreppe. Nach der Eingabe der bereits erläuterten Geometrieparameter vervollständigen Detailangaben die Treppenkonstruktion.

Zuerst ist der Stufenwerkstoff (Bild 3.22) zu wählen, der für alle Treppentypen relevant ist.

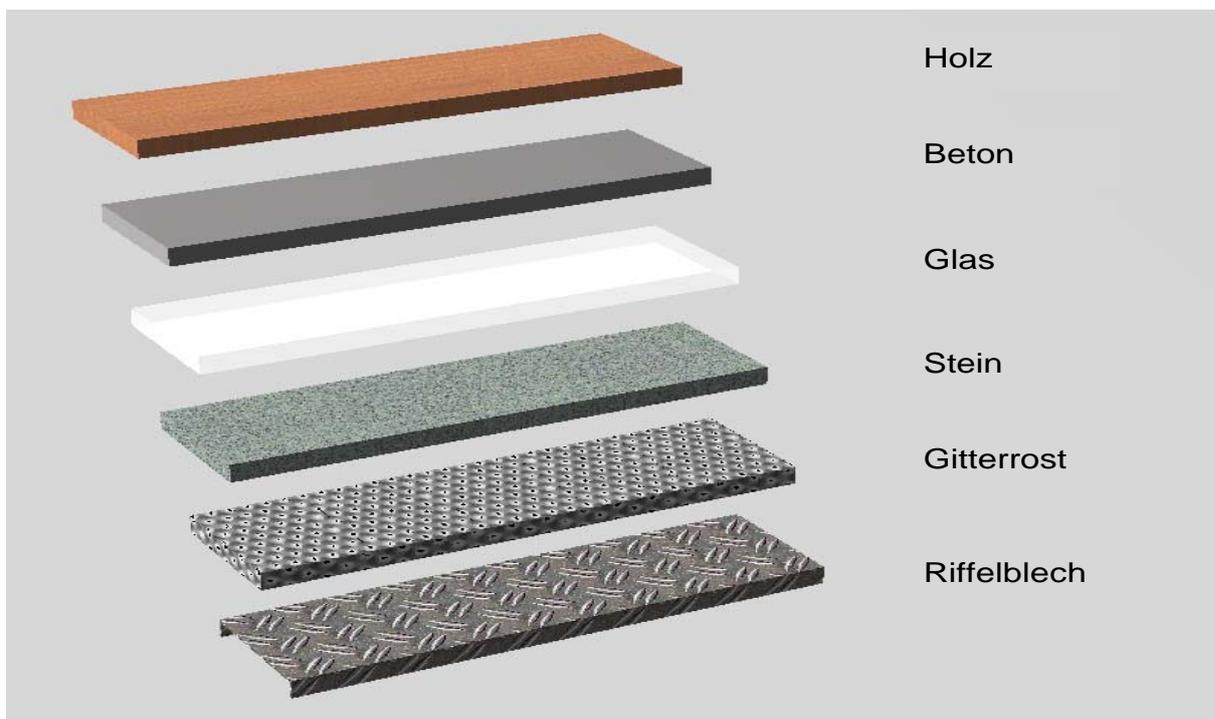


Bild 3.22: Stufenwerkstoffe
Quelle: Eigene Erhebung

Der erste detailliert zu untersuchende Treppentyp ist die Wangentreppe nach Bild 3.23 als häufigster Fall.

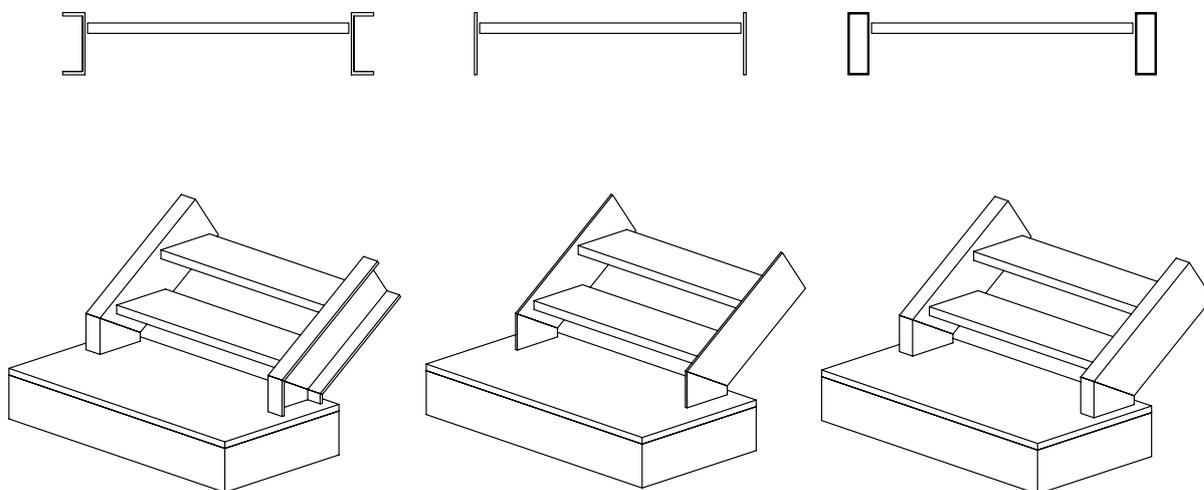


Bild 3.23: Wangentreppe
Quelle: Eigene Erhebung

Die Bilder 3.23 bis 3.25 zeigen geeignete Wangenprofile sowie Fuß- und Kopfanschlüsse im Detail.

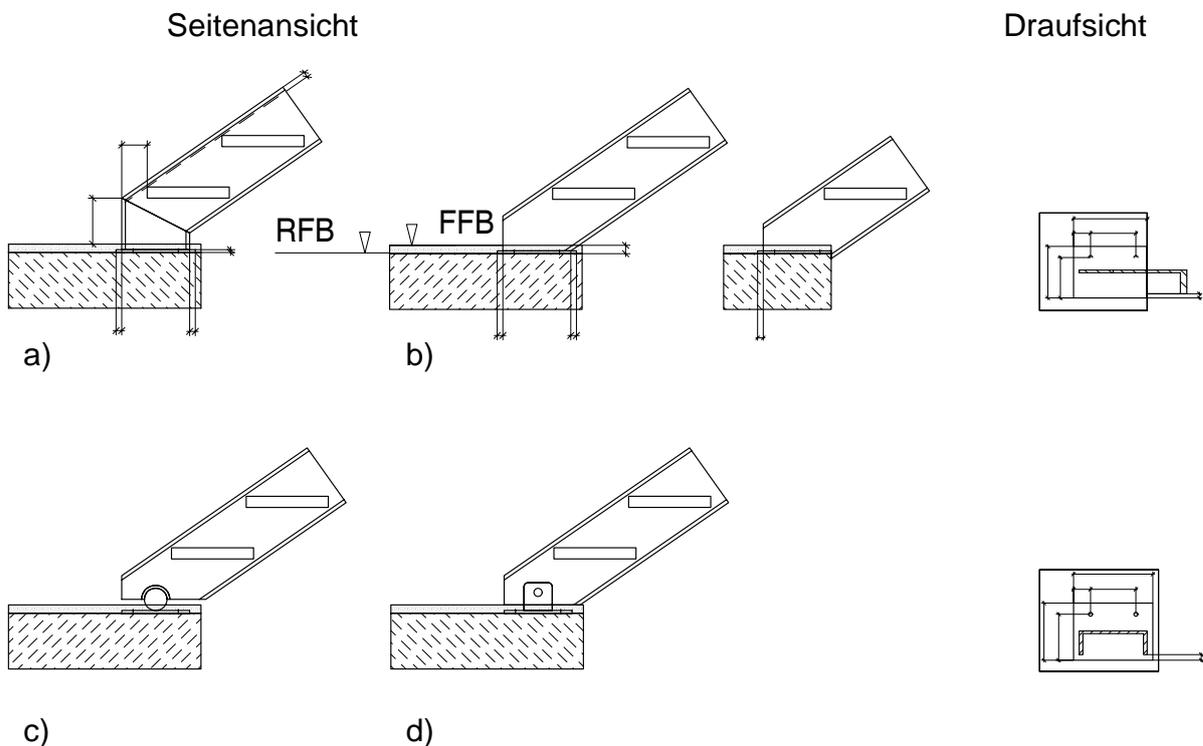


Bild 3.24: Fußanschluss von Wangentreppen
Quelle: Eigene Erhebung

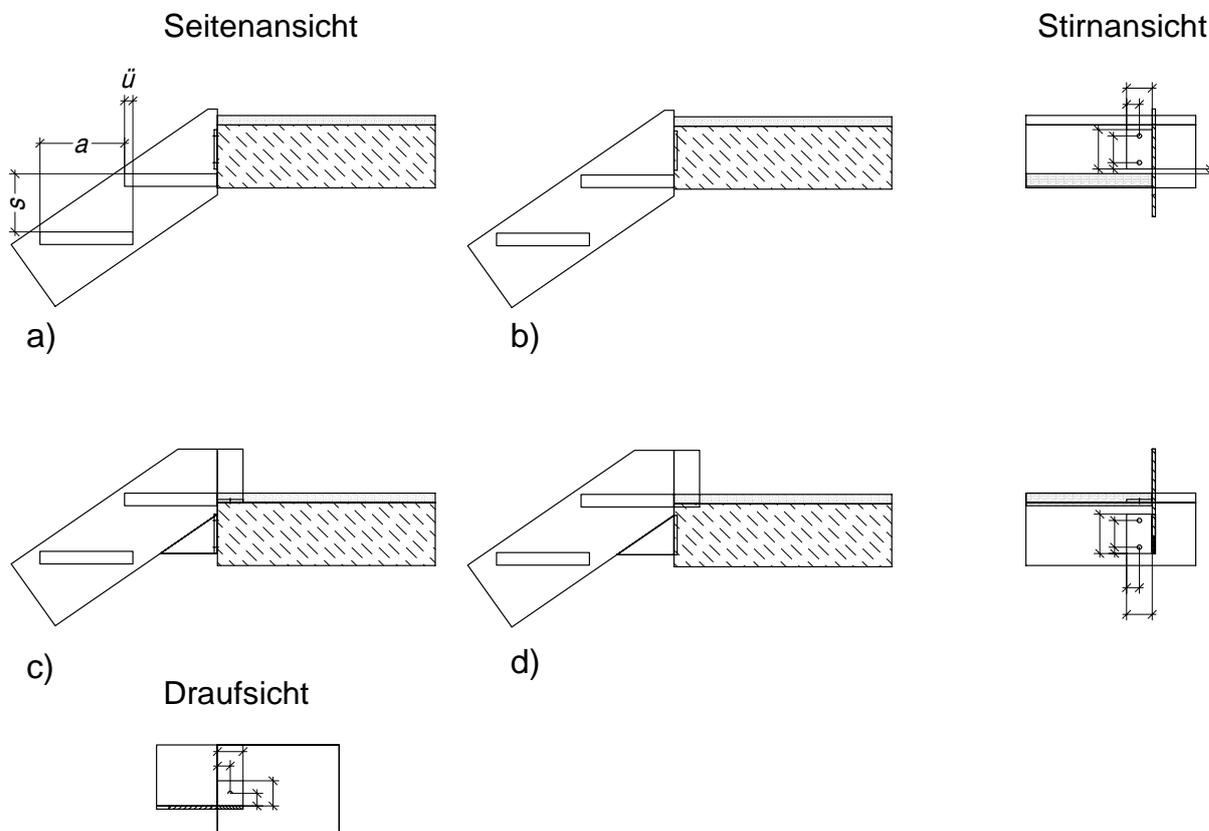


Bild 3.25: Kopfanschluss von Wangentreppen
Quelle: Eigene Erhebung

Beim Fuß- (Bild 3.24) wie beim Kopfanschluss (Bild 3.25) erfolgt durch das CAD-System die komplette Bemaßung. Dies gilt auch für Plattenüberstände die betriebs-spezifisch gehandhabt werden. Bei einer Verschweißung von Anschlusspunkten entfallen diese Angaben. Die Höhendifferenz zwischen dem Rohfußboden RFB und dem Fertigfußboden FFB (Bild 3.24) ist notwendig, da die direkte Auflage der Treppenkonstruktion auf den Fertigfußboden zu Baumängeln, wie Eindrücke im PVC-Belag, Druckstellen im Holzbelag oder Sprünge im Fliesenbelag, führen kann. Sollte dies der Kunde bzw. Architekt dennoch wünschen, sind besonders die Fußpunkte c und d gestalterisch zu bevorzugen. Die Wiederverwendung betriebs-spezifisch entwickelter Konstruktionsdetails für Fuß- und Kopfpunkte ist durch Übernahme in eine CAD-Bibliothek zu gewährleisten. Obwohl schon bei der Geometrie-eingabe das Programm den Treppenauftritt (a), die Treppensteigung (s) und die Unterschneidung (u) automatisch ermittelt, gibt es Gründe diese vorgeschlagenen Maße im Sonderfall interaktiv zu verändern, wie Normmaße von Treppenstufen, nicht erhältliche Stufenmaße oder zu lange Lieferzeiten. Eingegebene Maße sollen sofort am Bildschirm sichtbar werden.

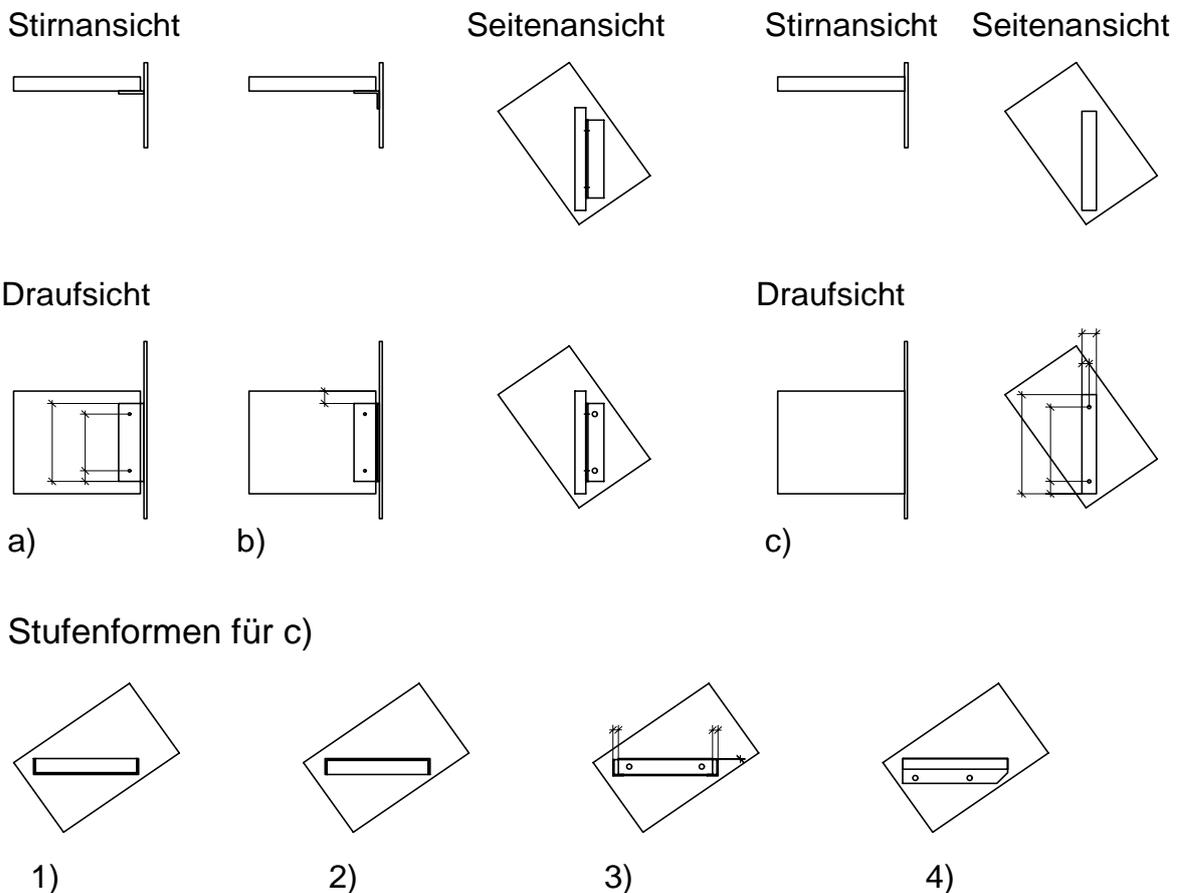


Bild 3.26: Stufenbefestigung von Wangentreppen
Quelle: Eigene Erhebung

Die drei Stufenbefestigungsmöglichkeiten a, b und c in Bild 3.26 gewährleisten den Einbau von jedem Stufenwerkstoff (siehe Bild 3.22). Bei der Befestigung c der Stufenform 4 handelt es sich um Gitterroststufen, die hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit und ihrer Geometrie einschließlich der Lochabstände, in DIN 24531 [20] festgelegt sind. Der zweite zu untersuchende Treppentyp ist die Zweiholmtreppe.

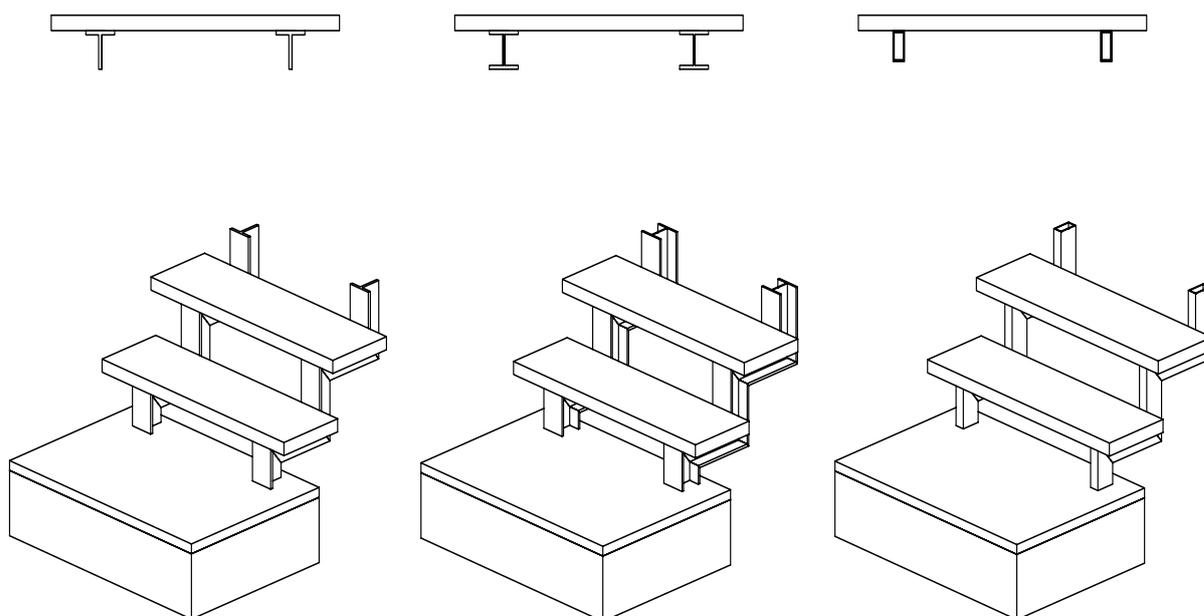


Bild 3.27: Zweiholmtreppe
Quelle: Eigene Erhebung

Die in Bild 3.27 dargestellten drei Profilvarianten sind, bedingt durch ihre ebenen Stufenauflagerflächen, besonders für diesen Treppentyp geeignet. Eine speziell anpassbare Stufenbreite gegenüber der bereits bei der Treppengeometrieingabe automatisch ermittelten Stufenbreite ist aus den gleichen Argumenten wie bei der Wandtreppe variabel einzugeben. Die dem Treppenlauf angepasste Tragholmgeometrie kann bei Zweiholmtreppen auch durch einen schräg verlaufenden Holm ersetzt werden. Hierzu wird auf den Tragholm eine zusätzliche Unterkonstruktion aufgesetzt (siehe Bild 3.28).

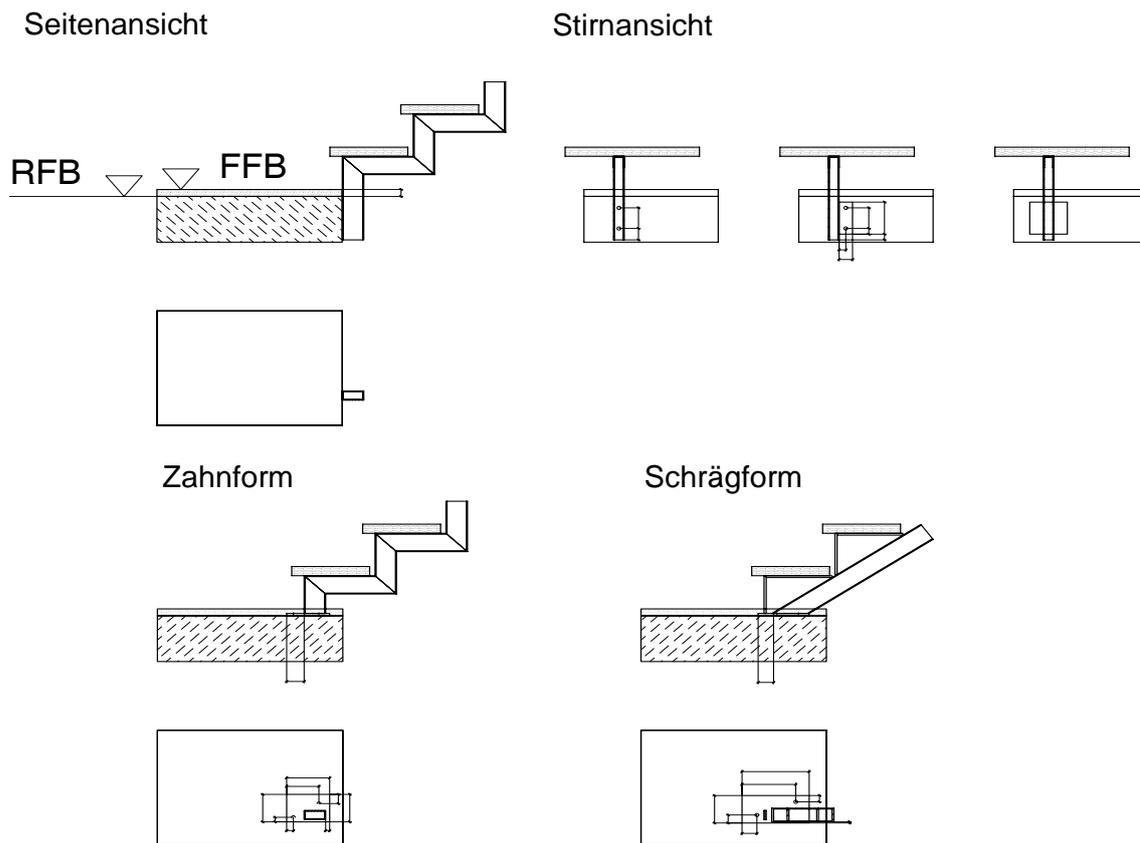
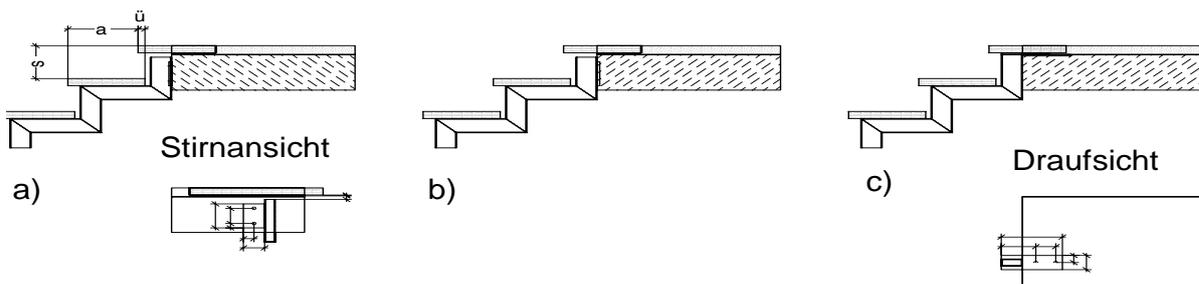


Bild 3.28: Fußanschluss von Zweiholmtreppen
Quelle: Eigene Erhebung

Variante 1

Seitenansicht



Variante 2

Seitenansicht

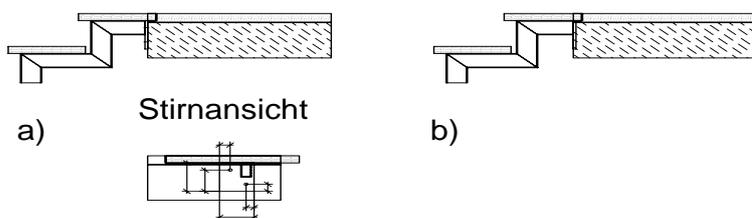
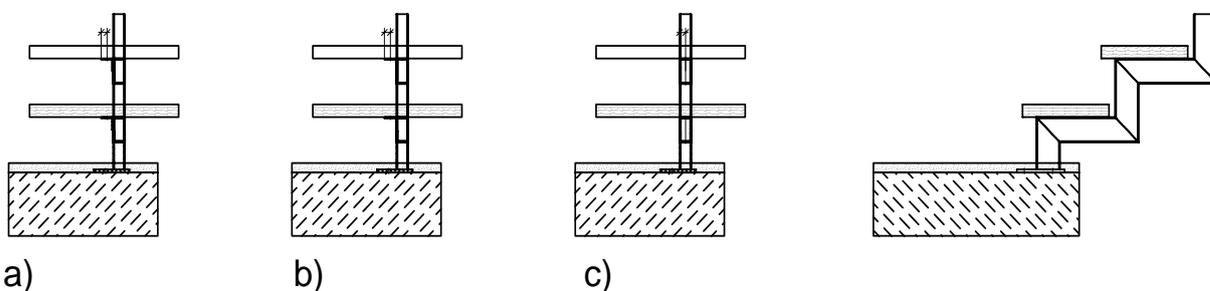


Bild 3.29: Kopfanschluss von Zweiholmtreppen
Quelle: Eigene Erhebung

Für die Kopf- und Fußanschlüsse der Zweiholmtreppe (siehe Bild 3.28 und 3.29) gelten die gleichen Randbedingungen wie für die Wangentreppe.

Zahnform



Schrägform

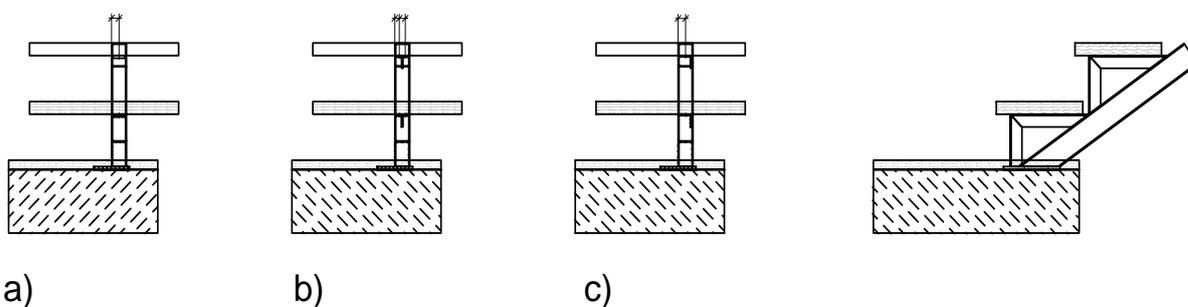


Bild 3.30: Stufenbefestigung von Zweiholmtreppen
Quelle: Eigene Erhebung

Für die Befestigung der Stufen ist die Stufenform maßgeblich, wie Bild 3.30 verdeutlicht. Bei der Zahnform ist die Befestigung mit zusätzlichen Laschen oder direkt auf dem Tragholm möglich. Sämtliche in Bild 3.22 aufgeführten Stufenwerkstoffe können entweder direkt oder mit einer Wanne oder Winkelkonstruktion aufgeschraubt oder aufgeschweißt werden. Dies ist auch für den in der Schrägform verlaufenden Tragholm zutreffend. Eine direkte Befestigung auf dem Tragholm ist bei dieser Variante naturgemäß nicht sinnvoll. Im Gegensatz zur Zahnform ist eine zusätzliche Unterkonstruktion erforderlich. Bei der Eingabe von Lochbildern ist darauf zu achten, dass die Zugänglichkeit bei Verwendung von Muttern bzw. bei dem Einsatz von selbstschneidenden Schrauben von unten gewährleistet ist. Je nach Treppenverlauf ist entweder die Zahnform bzw. die Schrägform kostengünstiger.

Der dritte Treppentyp ist die Einholmtreppe.

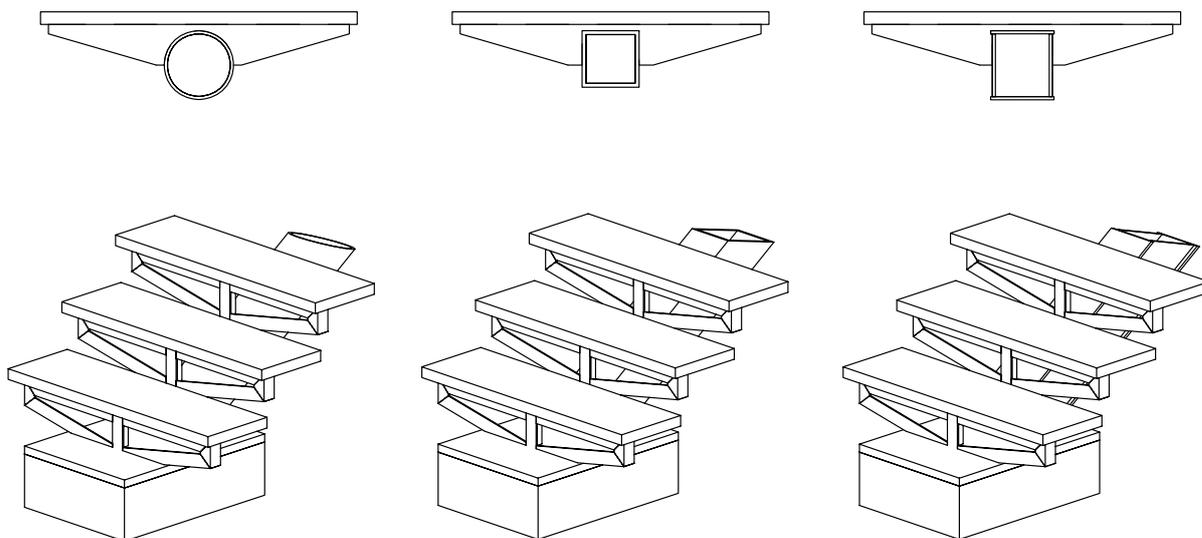
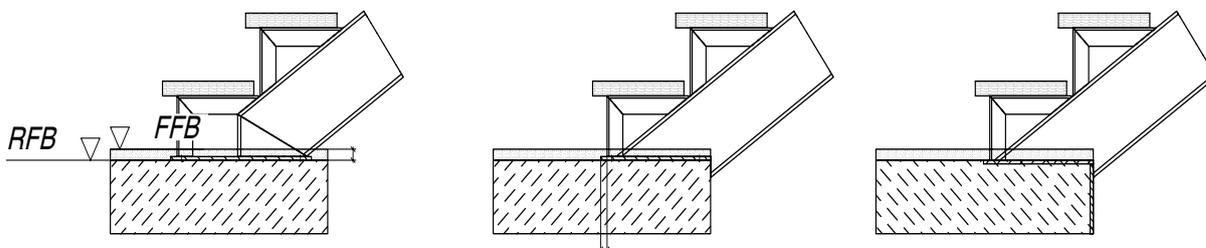


Bild 3.31: Einholmtreppe
Quelle: Eigene Erhebung

Die Einholmtreppe ist geprägt durch einen torsionssteifen Mittelholm. Die drei in Bild 3.31 aufgeführten Querschnitte Rundrohr, Quadratrohr und geschweißter Kasten sind hierfür besonders geeignet.

Seitenansicht



Draufsicht

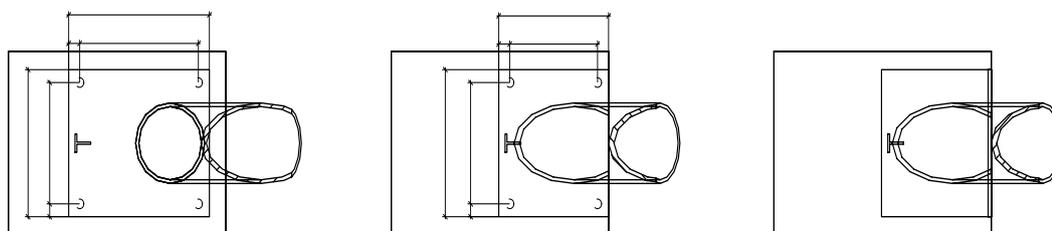


Bild 3.32: Fußanschluss von Einholmtreppen
Quelle: Eigene Erhebung

Seitenansicht

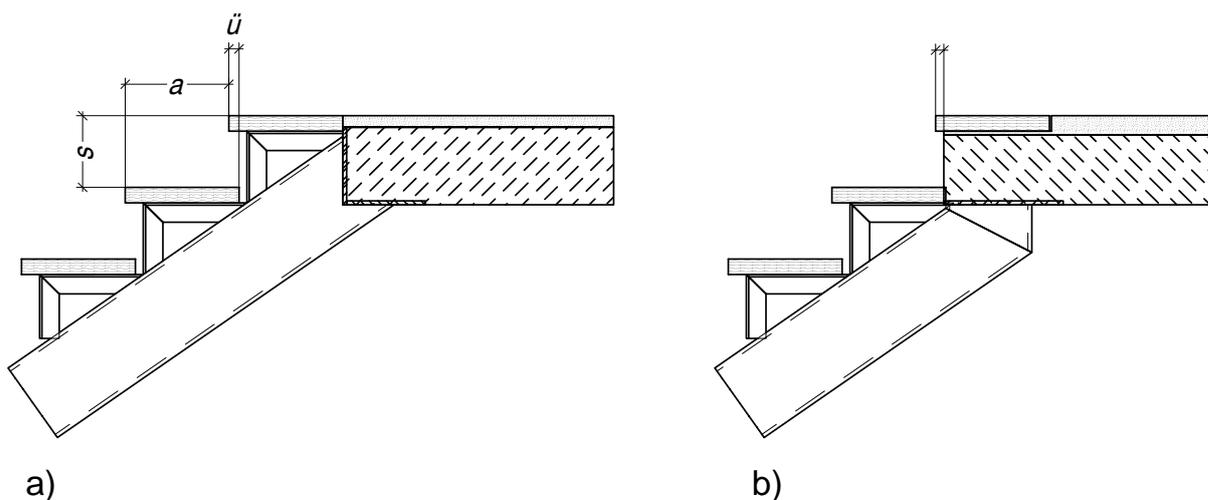


Bild 3.33: Kopfanschluss von Einholmtreppen
Quelle: Eigene Erhebung

Als Fußanschluss gibt es geschraubte wie geschweißte Ausführungen, siehe Bild 3.32. Wegen der einzuleitenden Kräfte ist beim Kopfanschluss (siehe Bild 3.33) generell eine geschweißte Ausführung zu wählen.

Stirnansicht

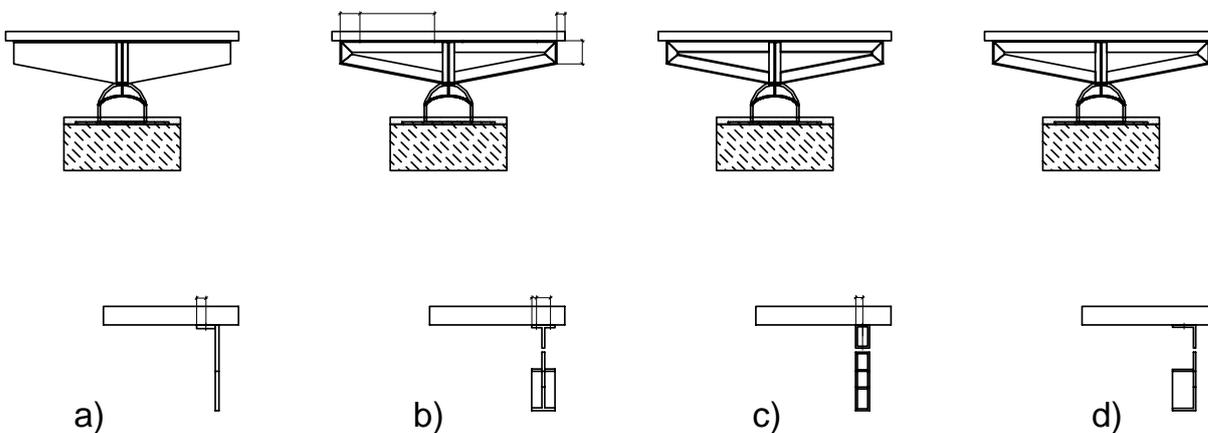


Bild 3.34: Stufenaufleger von Einholmtreppen
Quelle: Eigene Erhebung

Das Stufenaufleger ist bei der Einholmtreppe eine aufwendige Konstruktion. Die vier Varianten des Bildes 3.34 sind noch durch den Wegfall der vorderen senkrechten Strebe zu ergänzen. Dies ermöglicht eine durchgängige Profilansicht.

Der vierte Treppentyp ist die Spindeltreppe, in Bild 3.35 dargestellt.

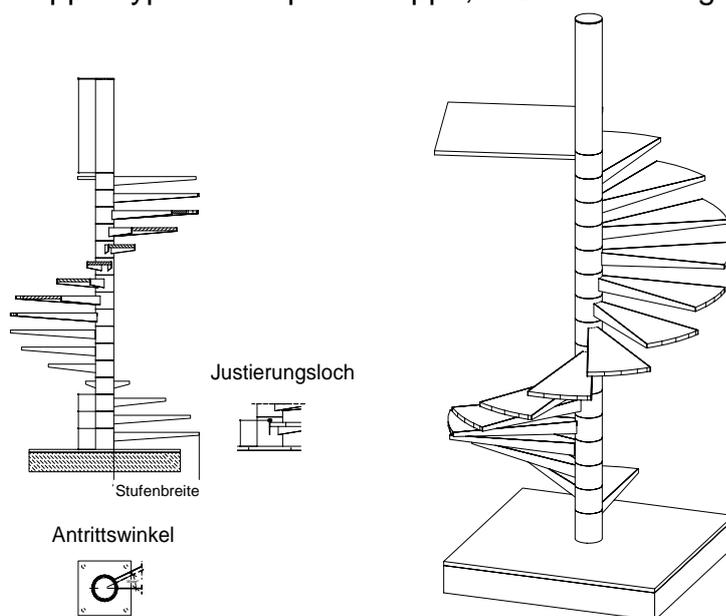


Bild 3.35: Spindeltreppe
Quelle: Eigene Erhebung

Die Spindeltreppe findet vorwiegend bei beengten Platzverhältnissen Anwendung. Die dargestellte Form zeigt eine Spindeltreppe mit geschraubten Stufen. Ihr Vorteil liegt bei der einfachen Verzinkung. Durch die automatische Angabe der Befestigungslöcher in der Spindel und einer Serienfertigung der Stufen ergeben sich verkürzte Fertigungszeiten, denen allerdings erhebliche Montagezeiten entgegen stehen. Eine zusammengeschweißte Treppenkonstruktion benötigt Verzinkungsbecken, die nur in wenigen Firmen vorhanden sind. Zusätzlich sind die Transportkosten nicht unerheblich. Diese Fragen erübrigen sich bei beschichteten Spindeltreppen. Die dargelegten Gründe sowie gestalterische Aspekte machen es programmtechnisch erforderlich, dass beide Varianten gefertigt werden können.

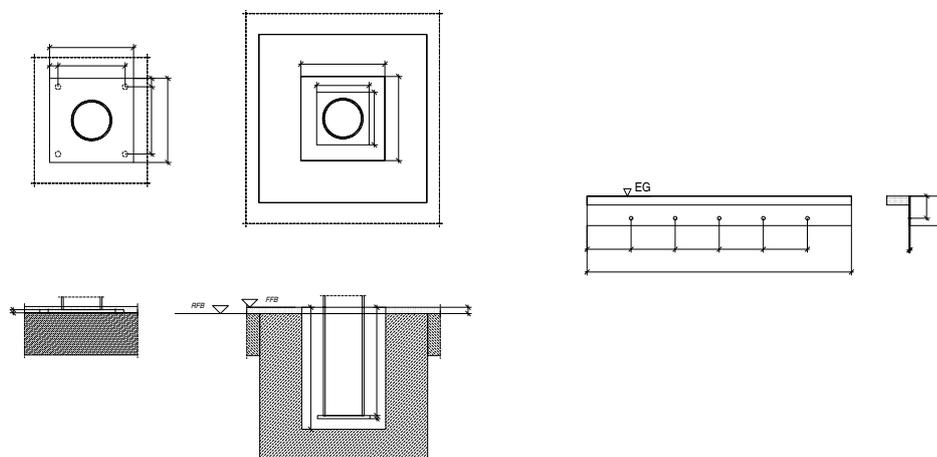


Bild 3.36: Fuß- und Kopfanschluss von Spindeltreppen
Quelle: Eigene Erhebung

Die Befestigung des Fußpunktes erfolgt entweder über eine Fußplatte oder durch eine Einspannung im Köcherfundament (siehe Bild 3.36).

Am Treppenaustritt ist eine Vorkehrung gegen Schwingungen zu treffen. Eine einfache Konstruktion hierfür ist eine Lasche am Podestausgang verbunden mit einer Schraubbefestigung an der Fassade.

In Bild 3.37 sind vier Stufenquerschnitte dargestellt, bei denen alle aufgeführten Stufenwerkstoffe nach Bild 3.22 eingesetzt werden können. Bei einer gekanteten Blechwanne ist die Verwendung von Riffelblech wie auch das Aufkleben eines Teppichs oder rutschfesten PVC-Belages möglich. Beim Querschnitt b können stahlartfremde Werkstoffe eingelegt werden. Ausführung c ist besonders zum Ausbetonieren geeignet, Variante d für Gitterroststufen. Holzstufen wie auch Steinstufen eignen sich für Auflager e. Die Stufen verlaufen von innen nach außen konisch. Aufgrund des kleinen Querschnitts an der Spindel ist diese keilförmige Ausführung erforderlich. Aus fertigungstechnischen Gründen muss der Stufenabschluss mit oder ohne Aufkantung segmentförmig herstellbar sein.

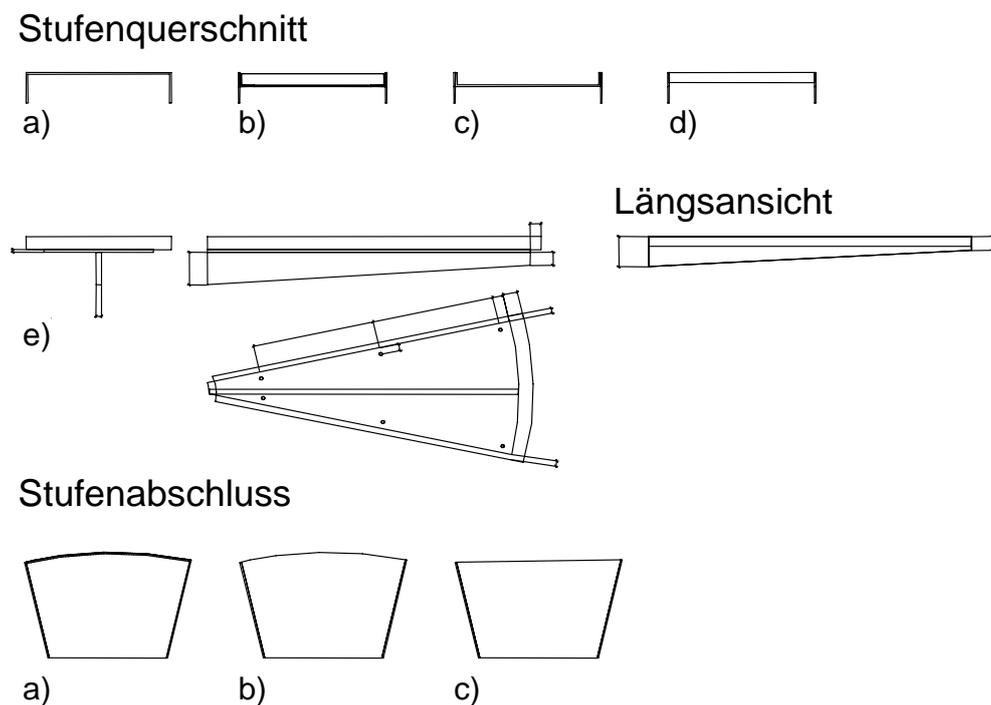


Bild 3.37: Stufenquerschnitt und Stufenabschluss von Spindeltreppen
Quelle: Eigene Erhebung

Bei einer modular aufgebauten CAD-Bibliothek mit Treppen-Makros ist zuerst die Wahl der Treppenart einschließlich ihrer Parameterwerte einzugeben. Danach erfolgt die Auswahl des Stufenwerkstoffes. Zuletzt sind Detailangaben zu machen. Falls diese zu Fertigungsproblemen führen, ist eine Warnmeldung sinnvoll.

Geländer

Mit Geländern wird in den betrachteten Kleinbetrieben ein Umsatzanteil von 27% und mit Balkongeländer 7% erwirtschaftet (siehe Bild 2.6), also ca. 1/3 des Gesamtjahresumsatzes. Derartige Produkte sind somit schon heute charakteristisch, während Treppen des vorigen Kapitels eine innovative Erweiterung des Produktspektrum darstellen, die erst durch CAD erschließbar ist. Der relativ hohe Umsatzanteil von Geländern rechtfertigt eine genauere Untersuchung dieser Produktgruppe, die zunächst trivial erscheint. Funktion und Gestaltungsvielfalt von Geländern könnten einer Innovation des Planungs- und Konstruktionsprozesses dieser Produktgruppe durch CAD entgegenstehen. Andererseits halten Fachleute gelegentlich Geländer für banale Produkte, für die der CAD-Einsatz von vorn herein nicht lohnt.

Eine Untersuchung des Innovationspotentials schafft hier Klarheit.

Geländer sichern vor Absturz. Nach DIN 1055-3 `Einwirkungen auf Tragwerke` Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten [12] sind in der Höhe des Handlaufs folgende horizontalen Nutzlasten anzusetzen.

0,5 KN/m bei Treppen der Kategorie A, B, F, H, T1 und Z

1,0 KN/m bei Treppen der Kategorie C1 bis C4, D, E1 u. E2, G, K, T2, Z

2,0 KN/m bei Treppen der Kategorie C5, E3 und T3

Nach der Arbeitsstättenrichtlinie `Schutz gegen Absturz und herabfallende Gegenstände` ASR 12/1-3 [3] sind an der Oberkante von Umwehrungen folgende Lasten anzusetzen:

0,3 KN/m für Umwehrungen in Bereichen oder an Verkehrswegen, die nur zu Kontroll- und Wartungszwecken begangen werden sowie an Steckgeländern.

0,5 KN/m für Umwehrungen an Bühnen oder Treppen und Laufstegen mit lotrechten Verkehrslasten von höchstens 5 KN/m².

1,0 KN/m für alle übrigen Umwehrungen.

Bei der Konstruktion ist darauf zu achten, dass es auch durch scharfkantige Elemente zu keiner erhöhten Verletzungsgefahr kommt. Abstehende Knieleisten an Richtungsänderungen von Verkehrswegen stellen z. B. eine Verletzungsgefahr dar.

Die unterschiedlichen Füllelemente, die Vielfalt der Pfostengestaltung und die Werkstoffe geben großen Gestaltungsspielraum, der auf das Umfeld wirkt.

Die geometrischen Vorgaben, die gesetzlich zum Schutze vor Absturz zu beachten sind, zeigen die beiden folgenden Tabellenblätter.

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zeile	Landesbauordnung	H1 (m)	Geländerhöhe		A3 (cm)	A4 (cm)	w5 (cm)	h6 (cm)	F7 (cm)	R8 (cm)
			H2 ≤12m (m)	H2 >12m (m)						
1	§ 33 Brandenburgische Bauordnung [10] Brandenburg 01.09.03	> 1	0,9	1,1	—	—	—	—	—	—
2	§ 36 Landesbauordnung [25] Berlin 01.11.97	> 1	0,9	1,1	≤ 12	—	≤ 4	—	—	—
3	§ 4 Allgemeine Ausführungs- verordnung des Wirt- schaftsministerium zur Landesbauordnung [1] Baden-Württemberg 30.05.96	> 1	0,9	—	—	—	—	—	—	—
4	§ 4 Kommentare (z.B. Simon/Busse) zur Landesbauordnung mit Bezug zur nicht mehr gültigen Durchführungs- verordnung [62] Bayern	>0,5	0,9	1,1	≤ 12	—	≤ 4	—	—	—
5	§ 35 Landesbauordnung [26] Bremen 17.12.02	> 1	0,9	1,1	—	—	—	—	—	—
6	§ 35 Hessische Bauordnung [24] Hessen 01.10.02	> 1	0,9	1,1	≤ 12	—	≤ 4	—	—	—
7	§ 34 Landesbauordnung [27] Hamburg 19.06.97	> 1	0,9	1,1	—	—	—	—	—	—
8	§ 37 Landesbauordnung [28] Mecklenburg- Vorpommern Juni 02	> 1	0,9	1,1	—	—	—	—	—	—

9	<p>§ 4 Allgemeine Durchführungsverordnung zur Bauordnung [2] Niedersachsen 11.03.87</p>	> 1	0,9	1,1	≤ 12	—	≤ 6	—	—	—
10	<p>§ 41 Bauordnung für das Land [5] Nordrhein-Westfalen 22.07.03</p>	> 1	0,9	1,1	—	—	—	—	—	—
11	<p>§ 38 Landesbauordnung [29] Rheinland-Pfalz 01.01.99</p>	> 1	0,9	1,1	—	—	—	—	—	—
12	<p>§ 43 Landesbauordnung [31] Schleswig-Holstein 01.03.00</p>	> 1	0,9	1,1	—	—	—	—	—	—
13	<p>§ 13 Technische Durchführungsverordnung zur Bauordnung für das [37] Saarland 18.10.96</p>	> 1	0,9	1,1	—	—	—	—	—	—
14	<p>§ 37 Sächsische Bauordnung [36] Sachsen 01.01.02</p>	> 1	0,9	1,1	—	—	—	—	—	—
15	<p>§ 41 Landesbauordnung [30] Sachsen-Anhalt</p>	> 1	0,9	1,1	—	—	—	—	—	—
16	<p>§ 3 Thüringer Bauordnung [40] Thüringen 03.06.94</p>	> 1	0,9	1,1	—	—	—	—	—	—

1 In, an und auf baulichen Anlagen sind Flächen, die im Allgemeinen zum Begehen bestimmt sind und unmittelbar an mehr als **H** (m) tiefer liegenden Flächen angrenzen, so zu umwehren, dass die Personen nicht abstürzen können.

2 Absturzhöhe **H**

3 In, an und auf Gebäuden, bei denen in der Regel mit der Anwesenheit von Kindern gerechnet werden muss, dürfen Öffnungen in Geländern, Brüstungen und anderen Umwehrungen mindestens in einer Richtung nicht breiter als **A** (cm) sein. Sie sind so auszubilden, dass Kinder das Überklettern erschwert wird.

4 _____

5 Waagrechter Zwischenraum zwischen Umwehrungen und der zu sichernden Fläche darf nicht größer als **w** (cm) sein.

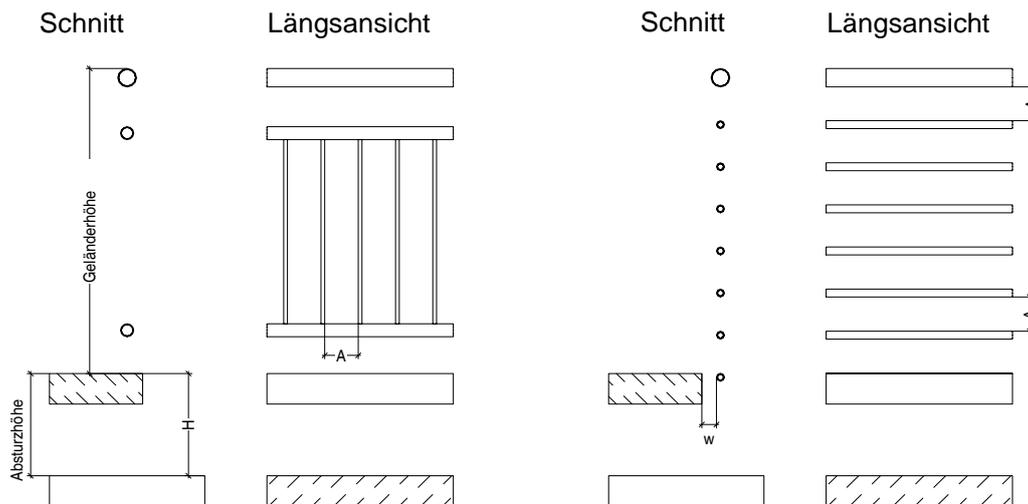


Bild 3.38: Gesetzliche Vorschriften für Umwehrungen im Wohnungsbau
Quelle: Vorschriften der einzelnen Bundesländer

Für die gesetzlichen Vorgaben (siehe Bild 3.38) lässt sich mit der tabellarischen Zusammenstellung für die einzelnen Bundesländer folgendes feststellen:

In vier Bundesländern sind die gesetzlichen Bestimmungen nicht in der Bauordnung, sondern in Allgemeinen Ausführungsverordnungen, Kommentaren, Allgemeinen Durchführungsverordnungen und Technischen Durchführungsverordnungen geregelt.

Nur im Bundesland Bayern wird schon ab einer Absturzhöhe von 0,5 m eine Umweh- rung gefordert. In den restlichen Bundesländern liegt diese Höhe bei 1,0 m und hö- her. Zusätzlich wird in fünf Bundesländern (Baden-Württemberg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Saarland und Sachsen) ab sechs Stufen eine Umweh- rung gefordert.

Nur im Bundesland Baden-Württemberg wird generell eine Geländerhöhe von 0,9 m gefordert, auch bei einer Absturzhöhe > 12 m.

In nur vier Bundesländern (Berlin, Bayern, Hessen und Niedersachsen) sind die Öff- nungen in Geländern sowie der waagrechte Abstand zwischen Umweh- rung und der zu sichernden Fläche geregelt. In Niedersachsen wird mit $w \leq 6$ cm ein größerer Ab- stand erlaubt im Gegensatz zu den drei anderen Bundesländern mit $w \leq 4$ cm.

Eine weitere gesetzliche Regelung, die Geländer betrifft, ist die Arbeitsstättenverord- nung siehe Bild 3.39 mit der erstellten Tabelle. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit erstellt Arbeitsstätten-Richtlinien [3], auf welche dann in der Arbeitsstät- tenverordnung [4] Bezug genommen wird und auch für öffentliche Gebäude zutrifft.

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zeile	Arbeitsstättenverordnung	H1 (m)	Geländerhöhe		A3 (cm)	A4 (cm)	w5 (cm)	h6 (cm)	F7 (cm)	R8 (cm)
			H2 ≤12m	H2 >12m						
1	Arbeitsstätten-Richtlinie Schutz gegen Absturz und herabfallende Gegenstände ASR 12/1-3	> 1	1	1,1	≤ 18	≤ 18	—	≤ 50	≥ 5	—

- 1 Absturzhöhe **H**
- 2 Absturzhöhe **H**
- 3 Lichter Abstand **A** von Umwehrungen mit senkrechten Zwischenstäben.
Bei Gebäuden, in denen mit dauernder oder häufiger Anwesenheit von Kindern gerechnet werden muss, können nach dem Baurecht der Länder geringere Abstände erforderlich werden.
- 4 Länge **A** der Öffnungsflächen in einer Richtung bei Umwehrungen mit anderen Ausfüllungen als senkrechte Zwischenstäbe oder einer oder mehreren Knieleisten.
- 5 _____
- 6 Abstand **h** zwischen Fuss- und Knieleiste, zwischen Knieleiste und Handlauf und ggf. zwischen Knieleiste und Knieleiste.
- 7 Mindesthöhe **F** von Fussleisten mit Ausnahme im Treppenverlauf.

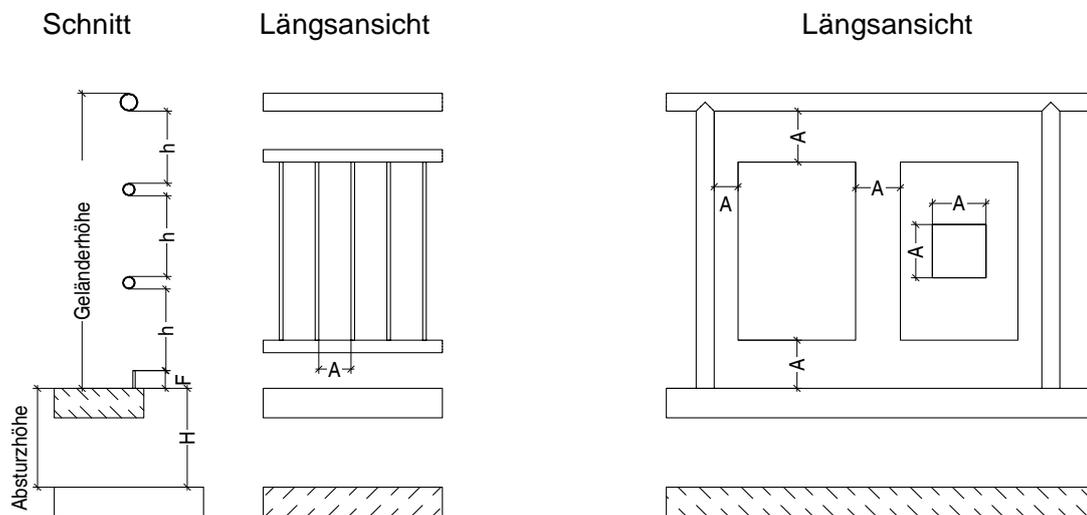


Bild 3.39: §12 Schutz gegen Absturz und herabfallende Gegenstände

Quelle: Arbeitsstätten-Richtlinie ASR 12/1-3 [3] zur Arbeitsstättenverordnung [4]

In der DIN 18065 [17] (siehe Bild 3.40 mit Tabelle) wird zusätzlich zu den gesetzlichen Vorschriften im Wohnungsbau (Bild 3.38) das Abstandsmaß des Handlaufs zu benachbarten Bauteilen festgelegt. Gleiches gilt für die Mindestmaße der Treppen- und Podestgeländer im Stufenbereich, für Geländer neben und über dem Treppenlauf.

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zeile	DIN 18065	H₁ (m)	Geländerhöhe		A₃ (cm)	A₄ (cm)	w₅ (cm)	h₆ (cm)	F₇ (cm)	R₈ (cm)
			H₂ ≤12m (m)	H₂ >12m (m)						
1	Wohngebäuden die nicht der Arbeitsstättenverord- nung unterliegen	—	0,9	1,1	≤ 12	≤ 12	≤ 6	—	—	≥ 5
2	Arbeitsstätten- verordnung	—	1	1,1	≤ 12	≤ 12	≤ 6	—	—	≥ 5

- 1 —
- 2 Absturzhöhe **H**
- 3 In Gebäuden, in denen mit der Anwesenheit von unbeaufsichtigten Kleinkindern zu rechnen ist, sind Treppengeländer so zu gestalten, dass ein Überklettern des Treppengeländers durch Kleinkinder erschwert wird.
Lichter Abstand **A** von Geländerteilen in eine Richtung. Dies gilt nicht für Wohngebäude mit nicht mehr als zwei Wohnungen.
- 4 Lichter Abstand **A** von der Unterkante des Treppengeländers zur Podestfläche.
Gemessen wird lotrecht.
- 5 Der Seitenabstand **w** von Treppenläufen und Treppenpodesten zu Wänden und/oder Geländern.
- 6 —
- 7 —
- 8 Seitenabstand **R** des Handlaufes von benachbarten Bauteilen.

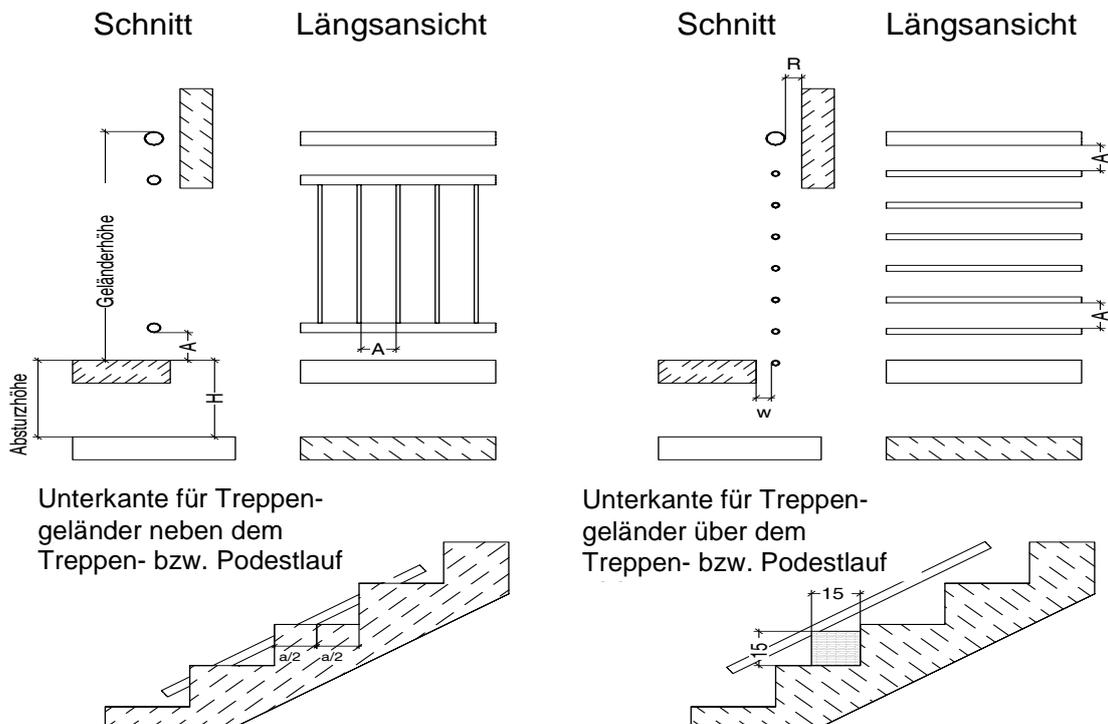


Bild 3.40: Gebäudetreppen
Quelle: DIN 18065 [17]

Zusätzlich zu dieser Vorschriftsvielfalt liegt für Geländer aus Stahl die DIN 24533 [21] vor. Diese Norm gilt jedoch nur für Betriebsanlagen der Hütten- und Walzwerke, des Bergbaus, der chemischen Industrie und für Kraftwerke.

Die Norm unterteilt in drei Geländerformen, siehe Bild 3.41 und 3.42.

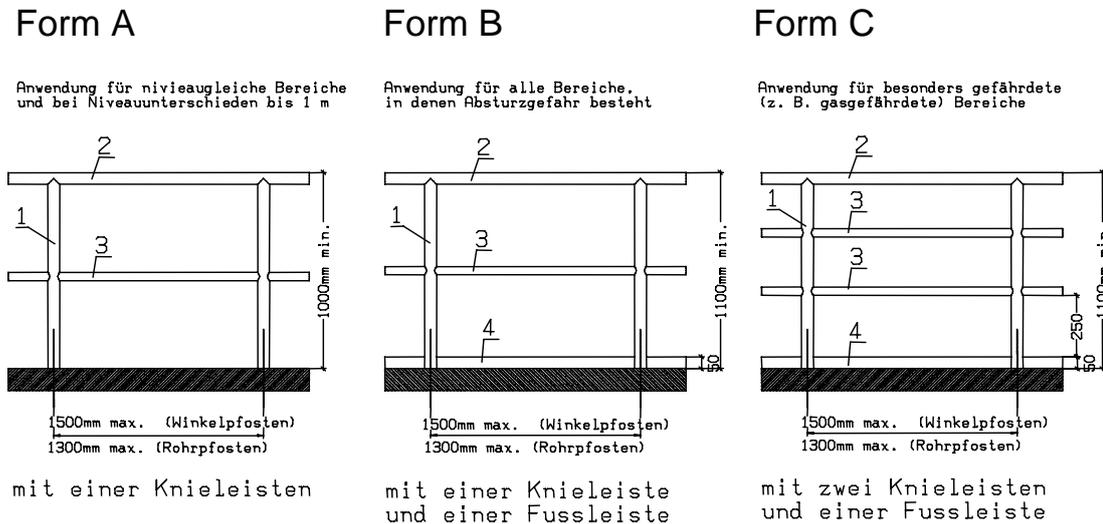


Bild 3.41: Geländergrundformen
Quelle: DIN 24533 [21]

Lfd. Nr.	Benennung	Mindestmass der Profile ¹ bei Horizontallast 2 bis					
		0,5 KN/m			0,3 KN/m		
		Rohr	Winkel	Kombination	Rohr	Winkel	Kombination
1	Pfosten	48,3x3,6	70x7	L 70 x7	42,4x3,2	60x6	L 60 x6
2	Handlauf	48,3x3,2	50x5	Ro 48,3x3,2	42,4x3,2	40x4	Ro 42,4x3,2
3	Knieleiste	26,9x2,6	40x4	FI 40 x8	26,9x2,6	30x4	FI 40 x6
4	Fußleiste	6 dick min.			6 dick		

1 Es können auch andere Kombinationen dieser Profile oder andere Profile mit mindestens gleichem Widerstandsmoment verwendet werden. Die angegebenen Rohrwanddicken dürfen bei Hohlprofilen nicht unterschritten werden.

2 Bei einer Horizontallast von 0,5 KN/m, einer Geländerhöhe von 1100mm und einem Pfostenabstand von 1300mm darf die Einspannstelle des Rohrpfostens 48,3mm x 3,6mm max. 55mm, bei den anderen Pfostenprofilen max. 200mm unterhalb der Trittebene liegen. Bei Horizontallasten über 0,5 KN/m müssen die Profile berechnet werden.

Bild 3.42: Mindestquerschnitte für Geländer in Stahl
Quelle: DIN 24533 [21]

Die landesspezifische Vielfalt an Vorschriften und ihrer Auswirkungen bedarf der Diskussion.

Die unterschiedlichen Gesetzesgrundlagen innerhalb der Bundesländer stellen besonders Metallbauer, die überregional in verschiedenen Bundesländern tätig sind, vor rechtliche Probleme. Zugleich sind diese Vorschriften für Wohngebäude mit nicht mehr als zwei Wohnungen nicht bindend. In Wohnbereichen ist daher die Gestaltung von Geländern unsystematisch und willkürlich, also für eine automatisierte CAD-Konstruktion mit mächtigen Makros relativ ungeeignet.

Die in der Arbeitsstättenverordnung festgelegte Handlaufmindesthöhe von 1 m, die sich aus der seit Jahrzehnten steigenden Körpergröße der Menschen entwickelt hat, sollte allgemein verbindlich werden. Diese Vorschrift wäre in Abstimmung mit den zuständigen Verbänden (Metallhandwerk) anzupassen.

Die Arbeitsstättenverordnung erlaubt Zwischenabstände von max. 18 cm bei Geländerfüllungen, allerdings mit dem ungenauen Zusatz:

Bei Gebäuden in denen mit dauernder oder häufiger Anwesenheit von Kindern gerechnet werden muss, können nach dem Baurecht der Länder geringere Abstände erforderlich werden.

Auch hier wird eine allgemein gültige Regelung angeregt.

Drei Geländerformen in der DIN 24533 [21] schaffen zusätzliche Verwirrung.

Die Vorschriften für Umwehrungen und Geländer bedürfen also einer systematischen Reform, die bundes- oder besser EU-weit einheitlich ist.

Ein CAD-Hochleistungssystem, das innovativ den gesamten Planungs- und Fertigungsprozess effizienter und fehlerfreier gestalten soll, muss daher für Geländer folgende Leistungen umfassen:

Vor Beginn einer Geländerkonstruktion mit CAD ist eine Architektenskizze oder das örtliche Aufmass erforderlich, um den zumeist ebenen Grundriss zu ermitteln.

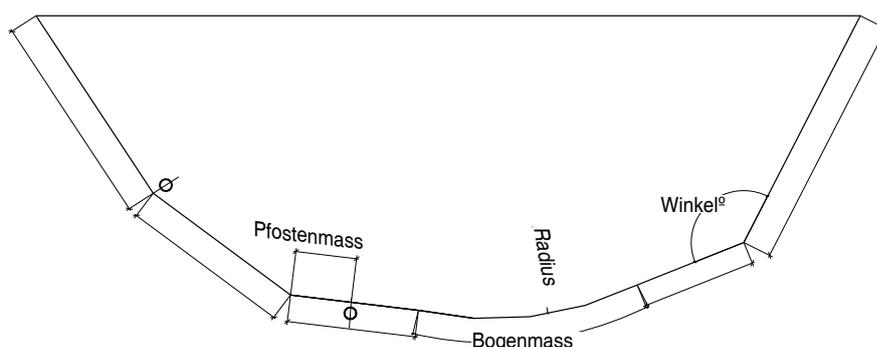


Bild 3.43: Grundrissermittlung für Balkon- und Brüstungsgeländer
Quelle: Eigene Erhebung

Dieser Grundriss wird über Einzellängen mit den entsprechenden Winkeln und bei Bögen mit Bogenmaßen bzw. Radien eingegeben (siehe Bild 3.43). Nach Festlegung der Grundrissgeometrie folgt die Pfosteneinteilung. Hierfür ist schon im Vorfeld abzuklären, welche der in Bild 3.46, 3.47 und 3.48 dargestellten Befestigungsarten gewünscht wird, denn sie hat Rückwirkungen auf die übrigen Gewerke und den Geländerverlauf. Bei Treppengeländern ist die seitliche Abwicklung der Stufen zu konstruieren (siehe Bild 3.44). Beim örtlichen Aufmaß ergeben sich aufgrund von Fertigungs- und Montageungenauigkeiten der Stufen unterschiedliche Einzelabstände (L_n). Über die Gesamtlänge (L) lässt sich ein Mittelwert für die Teilung festlegen. Danach ist fachkundig zu entscheiden, ob mit gleichmäßiger Teilung konstruiert werden darf, oder ob passend zu den einzelnen Toleranzabweichungen pro Stufe individuell konstruiert werden muss. Beim „Bauen im Bestand“, das für Kleinbetriebe ein wesentlicher Markt ist, ist das individuell zum Altbau passende Konstruieren nach Aufmaß die Regel. Gerade aus diesem Grund entscheidet sich der Bauherr bzw. der Architekt, einen lokalen Kleinbetrieb einzusetzen.

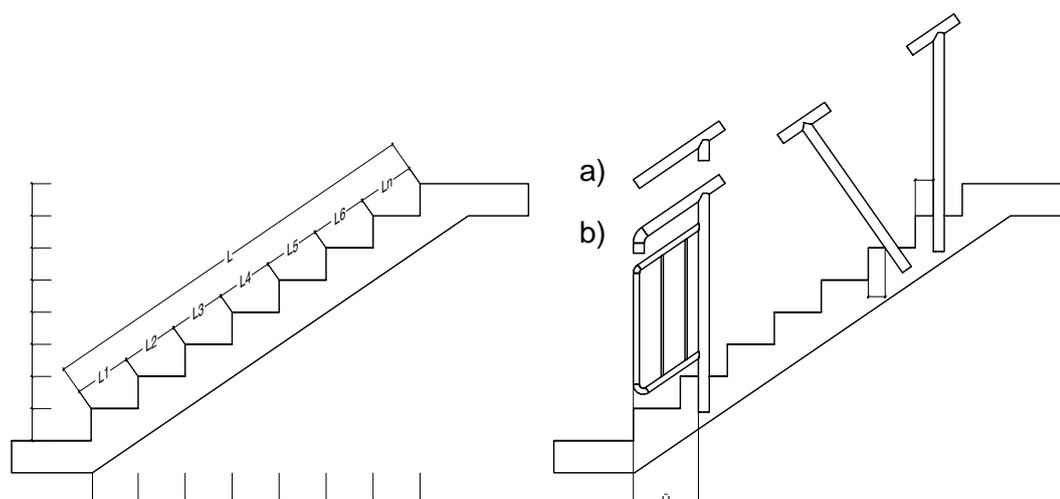


Bild 3.44: Treppenaufmaß für Geländer in der Ebene
Quelle: Eigene Erhebung

Die Pfostenstellung ist entweder senkrecht zum Treppengrundriss oder senkrecht zur Treppenschräge (siehe Bild 3.44). Für die Füllelemente ist der Überstand (\ddot{U}) vom Geländeranfang bis zum ersten Pfosten zu definieren. Die Form des Handlaufbeginns ist durch die Wahl der Variante a) oder b) zu ermitteln.

Treppen mit allgemeinem, nicht ebenen Verlauf, wie z. B. in Bild 3.45 dargestellt, erfordern einen höheren Eingabeaufwand bei Einsatz des CAD-Systems. Dafür allerdings sind die CAD-Ergebnisse absolut zuverlässig, so dass Fehler, Konventionstrafen und Referenzschädigungen ausgeschlossen werden.

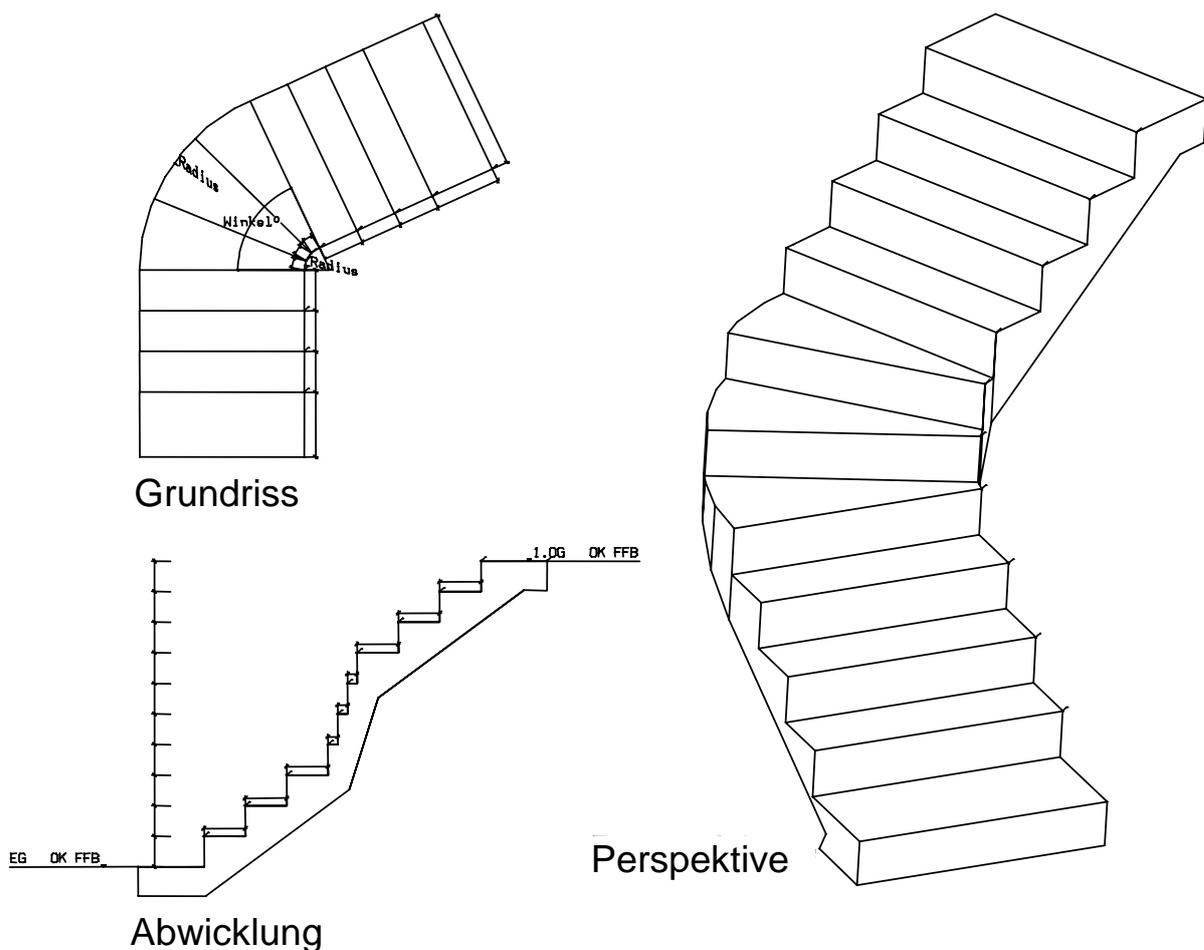


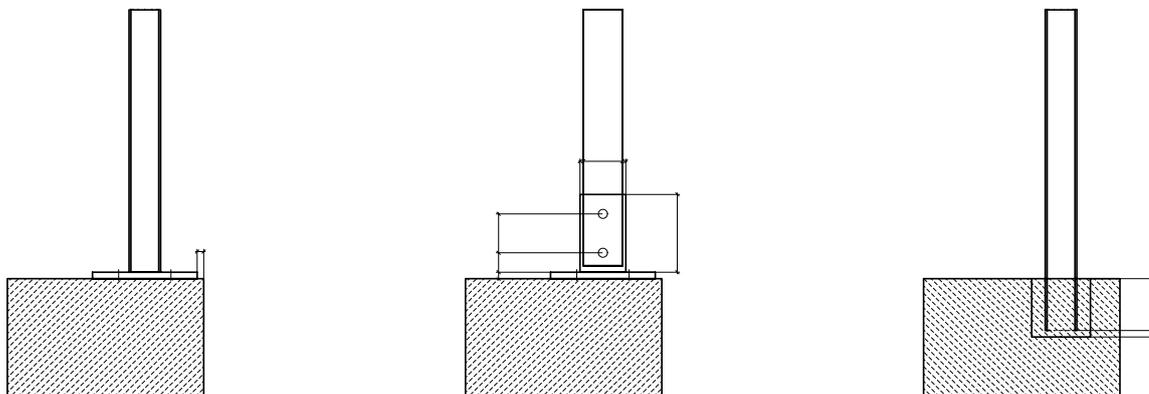
Bild 3.45: Treppenaufmaß für Geländer im Raum
 Quelle: Eigene Erhebung

In der Praxis werden als Aufmaß in komplexen Fällen entlang der Stufenauftrittspunkte weich biegsame Rohre (z.B. Kupferrohre) angepasst. Dieser Musterform entsprechend erfolgte bisher die handwerkliche Fertigung im Betrieb. Die mit Z-Koordinaten als Eingabe für das räumliche Arbeiten mit dem CAD-System wäre innovativ mit Laser- und Nivelliergeräten möglich. Diese werden preisgünstig inklusive digitaler Abstandsmessung inzwischen sogar in Baumärkten angeboten. Einige Anstreicher- und Tapezierbetriebe nutzen diese Lasertechnik sehr effizient für das Aufmass zur Angebotskalkulation. Diese Technik ist erwiesenermaßen also für Kleinbetriebe geeignet.

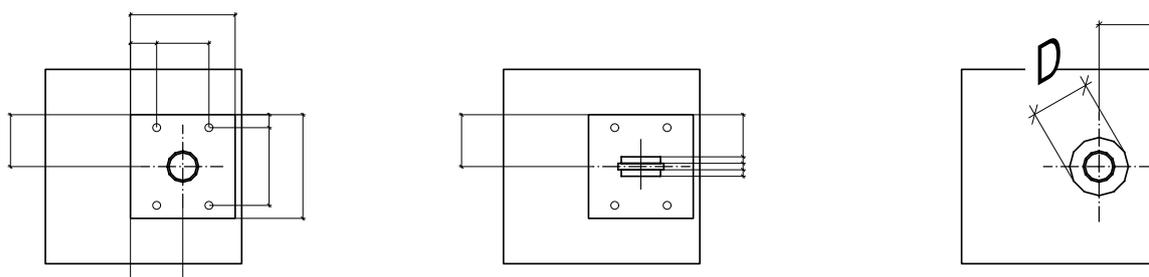
Das Aufmass des Geländers allein führt allerdings noch zu keiner Fertigungsmöglichkeit. Konsequenter wäre es, nur über eine CNC gesteuerte Maschine (Rohrbiegemaschine oder Walze) Handlauf, Obergurt und Untergurt eines Geländers direkt aus dem CAD-Produktmodell abzuleiten.

Die Befestigung von Geländerpfosten ist zwischen drei grundsätzlichen Befestigungsarten zu wählen, nämlich auf, außen seitlich oder unter der Absturzkante (siehe Bilder 3.46 bis 3.48).

Seitenansicht



Draufsicht



Fussplatte

Fussplatte mit Laschen

Köcher

Bild 3.46: Befestigung auf Stufe, Wange oder Podest

Quelle: Eigene Erhebung

Die vier verschiedenen Varianten in Bild 3.47 zeigen die Vielfalt der Anbindungsmöglichkeiten. Einbetonierte Anschweißplatten bedingen Montagenähte deren Qualität tendenziell schlechter ist als die Qualität von Werkstattnähten, was sich besonders bei verzinkten Konstruktionen als Qualitätseinbuße herausstellt. Eine große Problematik bei der Befestigung von Geländerpfosten ist die Nichterfüllung gesetzlich vorgeschriebener Lastannahmen für Geländer. Laut Goldelius [53] verstoßen 80% aller Geländer gegen diese Vorschriften. Dübelhersteller stellen den Anwendern ihrer Produkte deshalb Bemessungsprogramme zur Verfügung. Firma Hilti besitzt z. B. ein spezielles Nachweisprogramm für Geländerpfosten.

Seitenansicht

Draufsicht

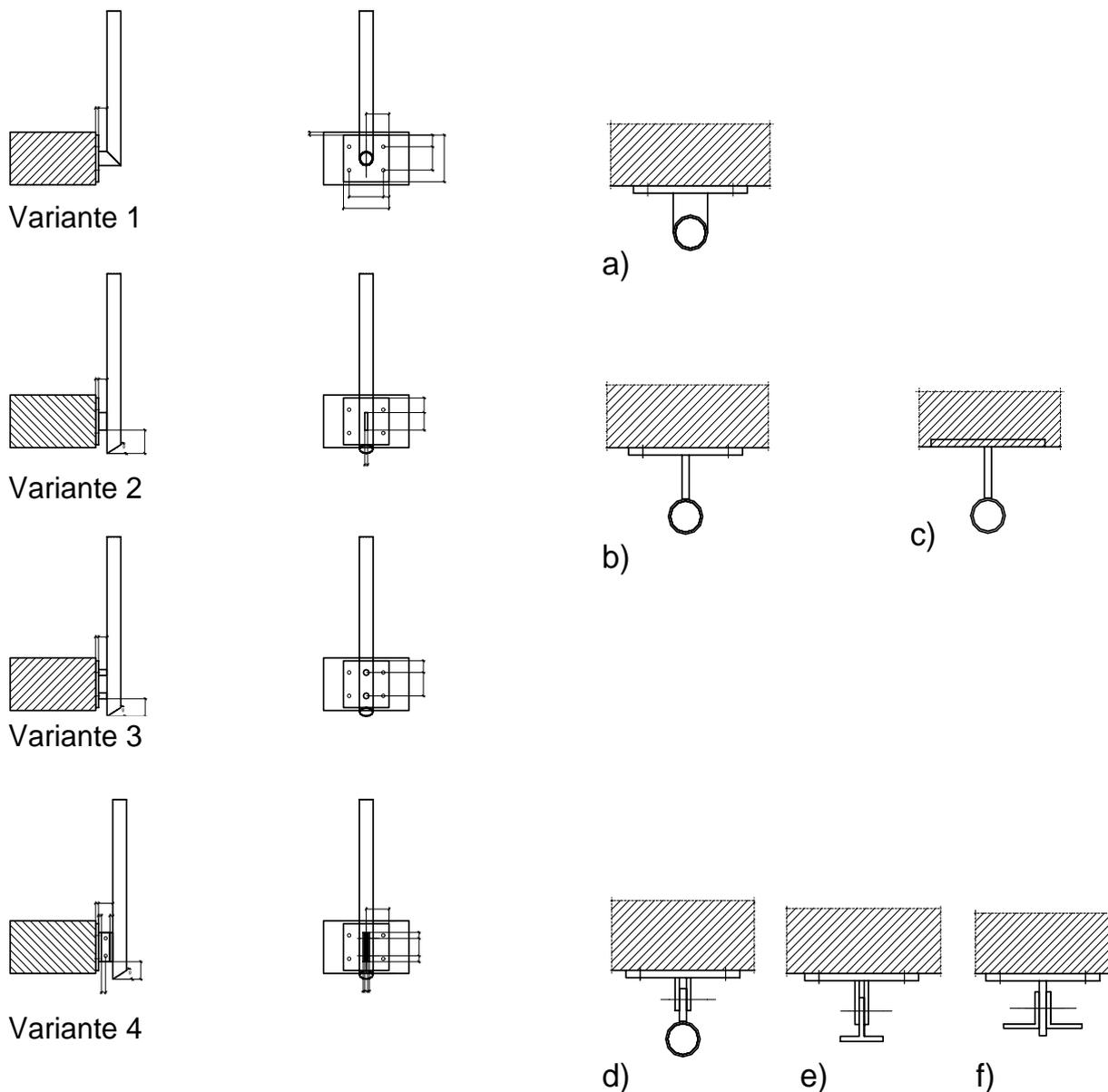
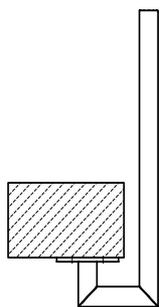


Bild 3.47: Befestigung seitlich außen an der Absturzkante
Quelle: Eigene Erhebung

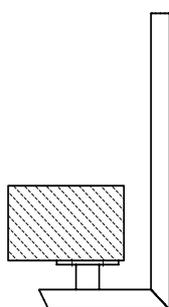
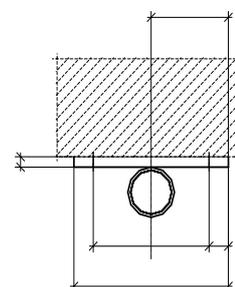
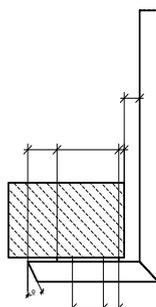
Mit einer Befestigung dieser Bauart nach Bild 3.48 lassen sich statische Probleme leichter lösen. Dies liegt an den bauaufsichtlich erforderlichen Mindestrand- und dübelabständen, die sich bei dieser Konstruktionswahl fast immer einhalten lassen. Verwehrbleche oder Dachrinnen werden nicht durchbrochen, Feuchtigkeitsisolierungen nicht beschädigt. Ein Nachteil liegt -subjektiv- an der Ästhetik. Die erforderliche Überkopfmontage erhöht allerdings den Arbeitsaufwand durch Gerüst und Sicherheitsvorkehrungen.

Seitenansicht

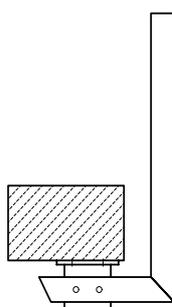
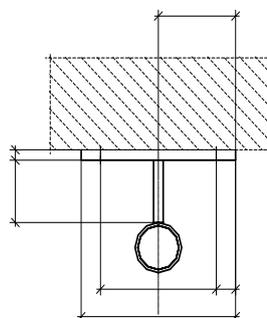
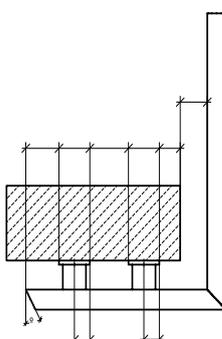
Draufsicht



Variante 1



Variante 2



Variante 3

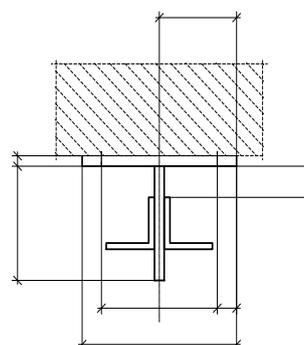
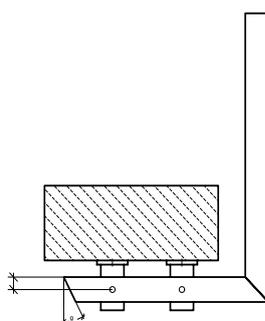
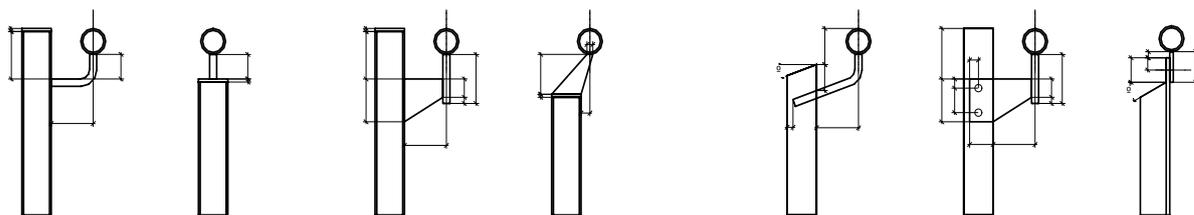


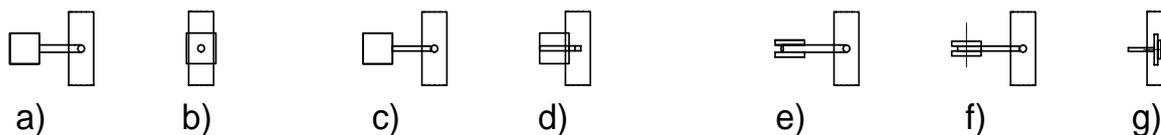
Bild 3.48: Befestigung unter der Absturzkante
Quelle: Eigene Erhebung

Die Ausführung des Geländerpfostenkopfes beeinflusst die Handlaufführung. Der Anschluss des Handlaufes wird entweder in den Pfostenabschluss integriert (siehe Beispiele des Bildes 3.49) oder der Handlauf wird seitlich am Geländerpfosten vorbei geführt (siehe Beispiele des Bildes 3.49).

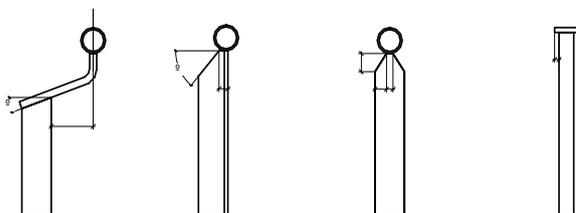
Seitenansicht



Draufsicht



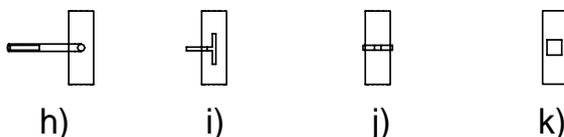
Seitenansicht



Rohrquerschnitt



Draufsicht



Vollquerschnitt



Bild 3.49: Pfostenkopf mit Handlauf und Profilquerschnitten
Quelle: Eigene Erhebung

Als Pfostenquerschnitte werden fast ausschließlich die aufgeführten Rohr- und Vollquerschnitte verwendet. Für den Handlauf ist ein `greiffreundlicher` Querschnitt zu wählen, damit er im Gefahrenfall fest zu umklammern ist. Kreis-, Oval- oder stark gerundete Rechteckquerschnitte mit einem Durchmesser von mindestens 4 cm und maximal 7 cm sind ergonomisch richtig. Ovale Querschnitte sind als Sonderprofile relativ teuer. Eine Alternative bieten Holzhandläufe auf Stahlunterkonstruktion, siehe Variante k.

Geländerfüllungen tragen zum Erscheinungsbild des Geländers bei und sichern vor Absturz.

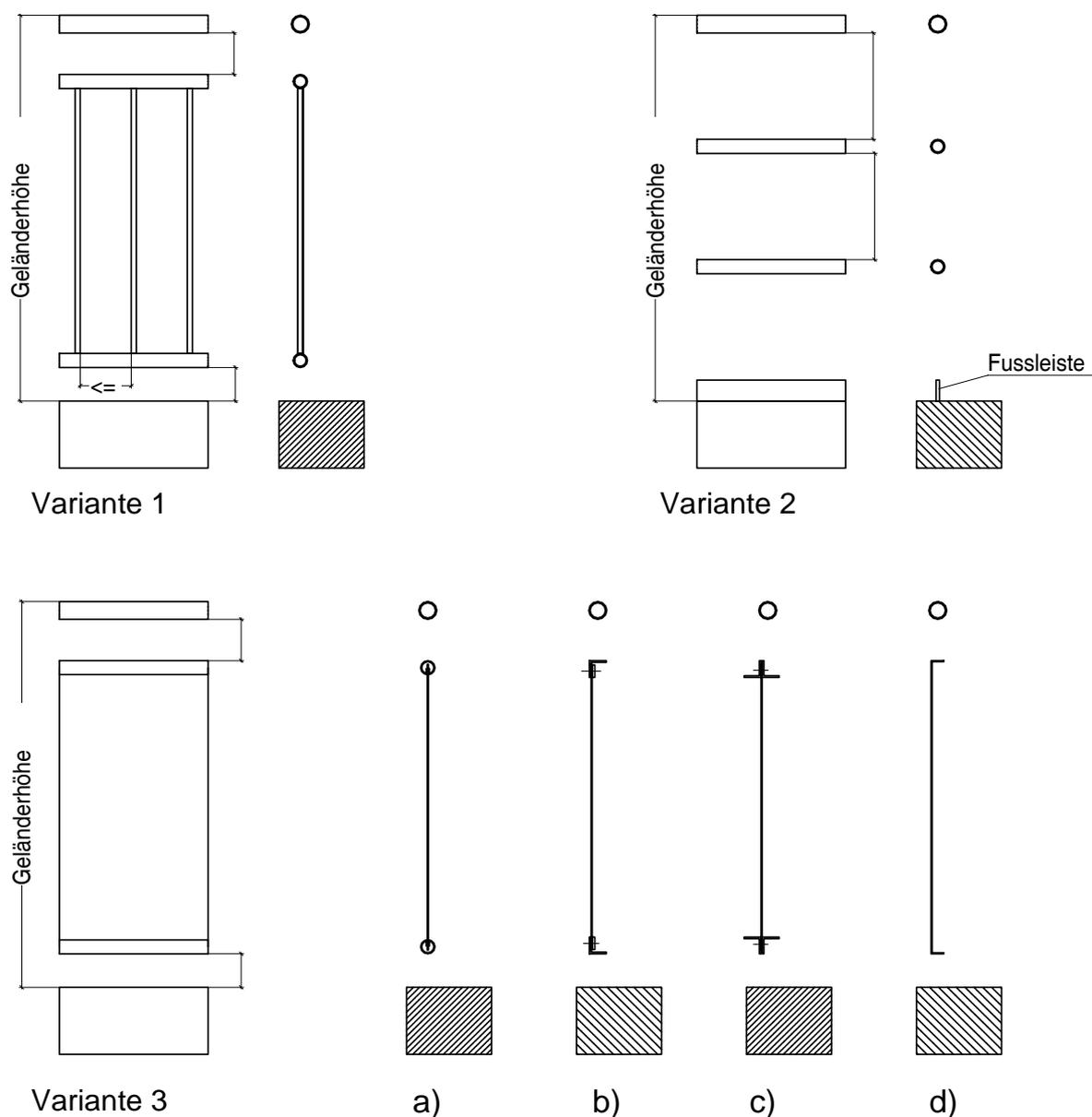


Bild 3.50: Geländerfüllungen
Quelle: Eigene Erhebung

Bei Variante 1 des Bildes 3.50 werden senkrechte Stäbe mit beliebigen Profilquerschnitten eingebaut. Bei Variante 2 handelt es sich ursprünglich um Industriegeländer. Mit mehreren horizontal verlaufenden Stäben wird diese Form auch im Wohnungsbau genutzt. Als Variante für Füllungen werden auch gespannte Stahlseile verwendet, zu denen einige Hersteller (z.B. Fa. Stahl) Seilspanner für 3-D CAD als dxf- Dateien zur Verfügung stellen. Da diese Dateien als Produktmodell-Schnittstelle nicht ausreichen, sind sie für die Stücklistenenerstellung ungeeignet.

Seile können nur gerade gespannt werden. Bei gebogenem Geländerverlauf sollte das CAD-Programm also warnen. Durch das Spannen des Seiles werden zusätzliche Kräfte auf die Geländerpfosten eingeleitet. Die Variante 3 in Bild 3.50 ermöglicht den Einsatz von Materialien wie Blechen in Einfassprofilen z. B. Loch- und Glattblech aus Stahl, Edelstahl oder Aluminium. Mit den Rahmeneinfassungen wird der Einsatz von Kunststoff (z.B. Fa. Trespa) oder Glaselementen möglich. Beim Einbau von Glas ist die TRAV [38] zu beachten. Einscheibensicherheitsgläser (ESG) sind verboten, da sie bei Glasbruch keine Resttragfähigkeit besitzen. Es sind also ausschließlich Verbundsicherheitsgläser (VSG) zu verwenden.

Befestigungsarten von Geländerfüllungen werden in Bild 3.51 aufgezeigt.

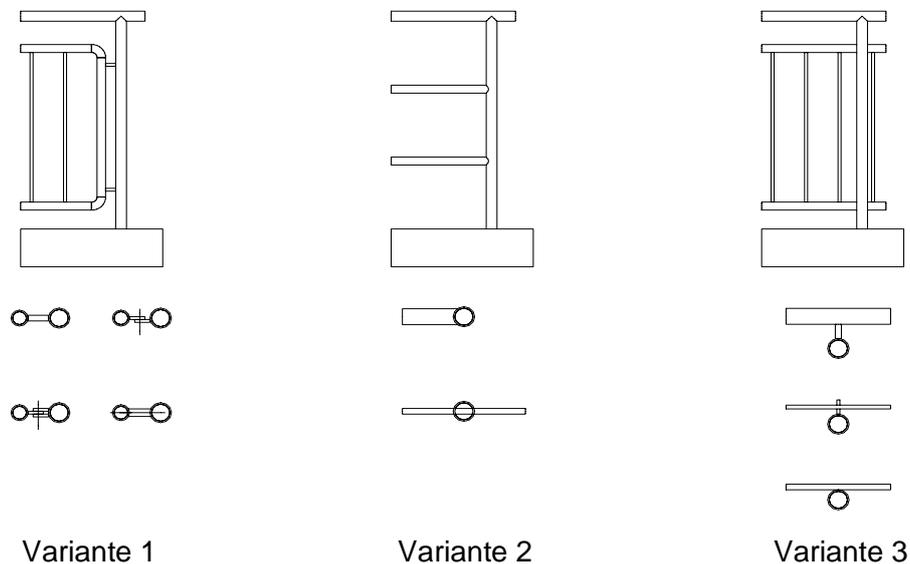


Bild 3.51: Befestigungsarten von Geländerfüllungen
Quelle: Eigene Erhebung

Geländerkonstruktionen stellen Metallbauer vor zwei Probleme.

Als erstes ist die Befestigung der Geländerpfosten [53] zu nennen. Kostengründe verleiten zur Verwendung von nicht zugelassenen Dübeln. Bei ordnungsgemäßer Ausführung werden die Fußplatten mitunter zu groß oder die geforderten Dübelrandabstände sind nicht einzuhalten. Konsequenterweise wäre ein engerer Pfostenabstand zu wählen, was aber zu Auftragsverlust aus ästhetischen Gründen oder zusätzlichen Kosten führt.

Zweitens ist die ETB-Richtlinie `Bauteile, die gegen Absturz sichern` [7] speziell für die Geländerfüllungen fachkompetent zu berücksichtigen, inklusive Befestigung. Für Kunststoff- und Glasfüllungen bieten die Produzenten hierzu Belastungstabellen mit den notwendigen Wandstärken bei allseitigem Linienauflager für gegebene Spannweiten.

3.3 Vordächer und Wintergärten

Vordächer

Das Kapitel Glasbau soll anhand von ersten Pilotunternehmen kleine Metallbauunternehmen dazu ermutigen, generell als Innovation ihr Produktspektrum bis hin zum mittleren Glasbau und Stahlbau wirtschaftlich erfolgreich zu erweitern. Wie die folgenden Bilder nämlich beweisen, ist durch ein Gewerke übergreifendes CAD-Hochleistungssystem gerade in kleinen Firmen mit technisch gut ausgebildeten Führungs- und Arbeitskräften mit spezifischer CAD-Ausbildung ein für kleine Bauunternehmen neues, umfassendes Leistungsspektrum betriebssicher abzudecken. Aufträge, die bisher nur mittleren und großen Unternehmen vorbehalten waren, sind nun bei entsprechender Ausbildung und geeigneten CAD-Werkzeugen kostengünstiger und wettbewerbsstärker von kleinen Firmen zu leisten, die in ihrem regionalen Umfeld bei Akquisition, Fertigung mit heimischen Arbeitskräften, kurzen Wegen und alltäglichem Bauherrenkontakt entscheidende Standortvorteile bieten.

Innovative Erschließung eines umfassenden Leistungsspektrums mit CAD-Generallisten bedeutet auch, dass kleine Firmen nicht nur als „ausgequetschte“ Subunternehmer Teillösungen erbringen, sondern Generalunternehmer werden können. Generalunternehmer haben sich im Bauwesen zumeist als überlebensfähiger erwiesen. Vor diesem Hintergrund ist das Kapitel so gestaltet, dass es in Grenzen für kleine Firmen als Lehrbuch für die Innovation „umfassendes Produktspektrum“ dient.

Wie nachfolgend veranschaulicht, stellt das Produktspektrum kleiner Metallbauunternehmen umfassendere Leistungsanforderungen an eine CAD-System, als es z. B. bei größeren Stahlbauunternehmen der Fall ist. Ein für kleine Metallbauunternehmen geeignetes CAD-Hochleistungssystem muss daher auf gleich hohem Automatisierungsgrad den Stahlbau, Schlosserprodukte, Verkleidungen, Isolierungen, Zukaufteile und ihre Anschlüsse und eben auch Dachkonstruktionen liefern.

Systeme mit geringer Automatisierung und geringer Durchgängigkeit, d. h. ohne automatische Stücklisten, Werkstattzeichnungen und NC-Daten, sind nach Erfahrung des Autors bei diesem sehr umfassenden Produktspektrum zu eingabeintensiv und fehleranfällig.

Die Praxiserfahrung im eigenen Unternehmen mit einem CAD-Hochleistungssystem waren hingegen so positiv, dass sie Anlass zu dieser Arbeit gaben. Die Gestaltungsvielfalt von Vordächern kann auf drei Grundformen zurückgeführt werden (siehe Bild 3.52).

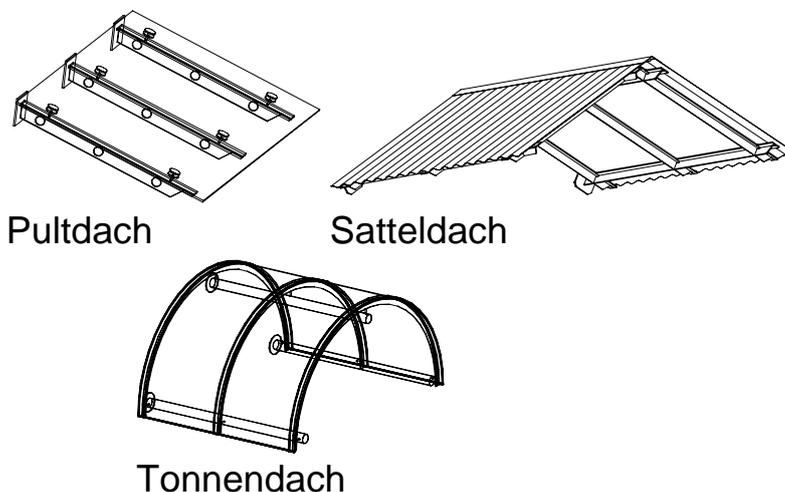


Bild 3.52: Vordachgrundformen
Quelle: Eigene Erhebung

Vordächer über Eck oder an gebogene oder segmentförmige Wände kommen in der Praxis nur sehr selten vor, d. h. Wandanschlüsse von Vordächern sind eben. Als Dachbeläge sind linienförmig gelagert bei allen drei Dachformen ausführbar. Bei der Pult- und Satteldachform sind alternativ Punktlagerungen möglich, allerdings nur für zweiachsig tragfähige Grundmaterialien. Bleche sind ungeeignet, da deren Tragfähigkeit je nach Auflagerabstand zu einem nicht mehr sinnvollen Gewicht führt. Trapezbleche oder Wellbleche besitzen nur Tragfähigkeit in einer Richtung. Sicherheitsgläser werden deshalb besonders häufig verwendet.

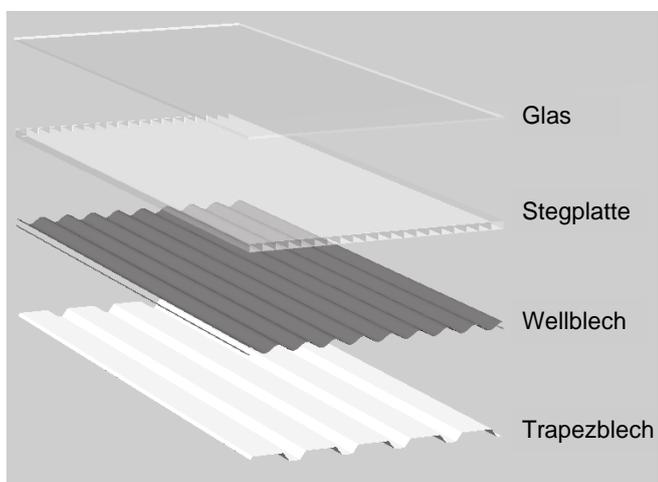


Bild 3.53: Vordachbelagformen
Quelle: Eigene Erhebung

Zur Bestimmung der Glasart (siehe Bild 3.53) (ESG oder VSG aus TVG) und der Glasstärke sind die `Allgemeine baurechtliche Zulassungen`, des Deutschen Institut für Bautechnik in Berlin (dibt) [38] zu berücksichtigen. Speziell für linienförmig gelagerte Verglasungen ist die TRLV [39] maßgebend. Das Bundesland Baden-Württemberg hat über seine Landesstelle für Bautechnik [42] einen Verzicht auf Zustimmung im Einzelfall für bestimmte Verglasungskonstruktionen erlassen.

Bei technisch sinnvollen Überschreitungen helfen Formblätter, eine vereinfachte Zulassung im Einzelfall über die Landesstelle für Bautechnik einzuholen. Bei häufiger Anwendung ist eine `Allgemeine baurechtliche Zulassung` beim `dibt` einzuholen bzw. bei den obersten Baubehörden der Länder einzusehen. Die Transparenz, Alterungsbeständigkeit und Weiterentwicklung der Sicherheitsgläser hinsichtlich ihres Bruchverhaltens und der Erhöhung der Bruchfestigkeit wird zu einem vermehrten Einsatz dieses Werkstoffes auch in kleinen Baufirmen führen.

Kunststoffe (siehe Bild 3.53) erfüllen aufgrund ihrer Schlagfestigkeit, Alterungsbeständigkeit, Lichtdurchlässigkeit bis zu 89%, Witterungsbeständigkeit (durch UV-Coextrusion auf der Oberfläche) und Verformbarkeit, z. B. als Tonnendach, die Voraussetzungen, die an einen Vordachbelag gestellt werden. Alle vier aufgeführten Belagformen aus Kunststoff sind handelsüblich. Vorwiegend kommen Polycarbonate und Acrylgläser zum Einsatz, die durch ihre Farbgebung die Kundenwünsche erfüllen.

Well- oder Trapezbleche (siehe Bild 3.53) bieten geringes Eigengewicht, Korrosionsbeständigkeit und preisliche Vorteile. Vor allem Aluminium findet deshalb vermehrten Einsatz.

Ein wesentliches Konstruktionselement für Vordächer mit Glas sind Halterungen, die nachfolgend besprochen werden.

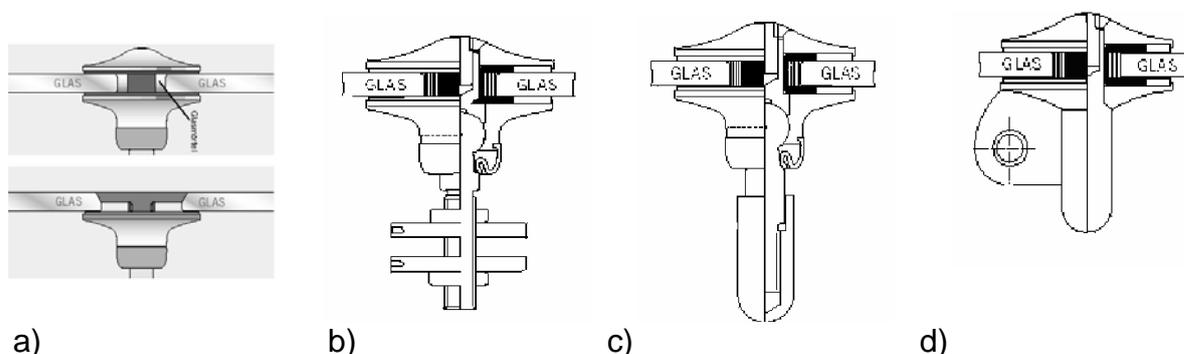


Bild 3.54: Glaspunktaufleger
Werkbild Fa. Dorma Rodan, Ennepetal

Für Punktauflagerbefestigungen werden wie in Bild 3.54, Variante a, ersichtlich, Senkkopfhalter oder aufgeschraubte Punkthalterklemmen verwendet. Bei Variante b werden die Punkthalter mit der Unterkonstruktion verschraubt, bei c sind Gewindehülsen mit der Unterkonstruktion zu verschweißen. Punkthalter der Variante d werden mit einer Unterspannung oder einer Abspannung verbunden. Industrielle übliche Punkthalter haben eine `Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung` in Verbindung mit einer entsprechenden Glasvariante.

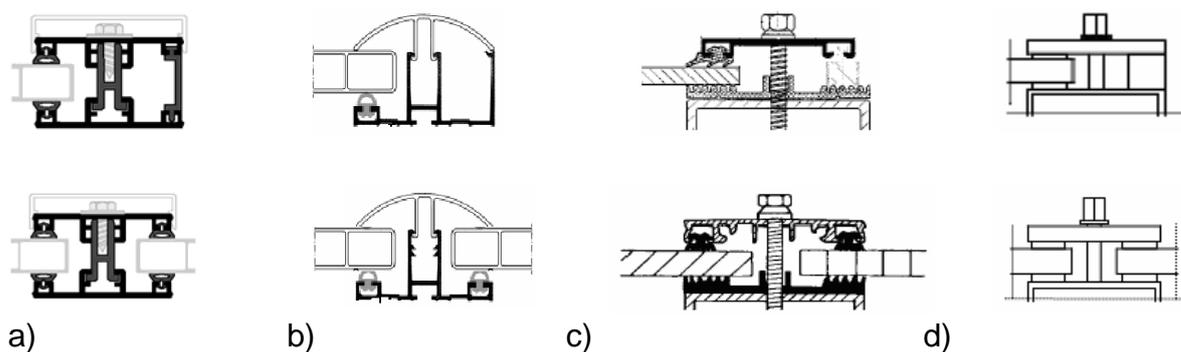


Bild 3.55: Linienauflager
Werkbild Fa. ALWO Oberprofilssysteme, Düsseldorf

Neben Punkthaltern werden für die Glaskonstruktion auch Linienauflager, z. B. nach Bild 3.55 verwendet. Linienauflager bestehen üblicherweise aus Aluminiumprofilen, die auf einer Unterkonstruktion befestigt werden. Die Strangpressprofile haben eine geeignete Querschnittsform für die Abdichtungen. Im Bild 3.55 sind in der oberen Reihe Endprofile und in der unteren Reihe Zwischenprofile von speziellen Linienauflagern aufgezeigt, die auf Unterkonstruktionen befestigt werden. Sie können auch in Riegel und Pfosten direkt integriert sein. Bild 3.55 zeigt auch zu den Profilen passende Deckleisten, z. T. mit unsichtbarer Verschraubung. Als Unterkonstruktionen können z. B. Flachstahl- (Bild 3.55 d) oder U-Stahlleisten entsprechend genutzt werden. Für die Tragkonstruktion sind Werkstoffe wie Stahl (vorwiegend verzinkt), Edelstahl oder Aluminium geeignet. Als Auflager dienen einseitig klebbare EPDM-Dichtungsbänder, zur Abdichtung ggf. auch Silikonwerkstoffe als so genannte „Nassverglasung“.

Wird kein Glas verwendet, kommen für die flächigen Elemente andersartige Befestigungen zum Einsatz, die in Bild 3.56 dargestellt sind.

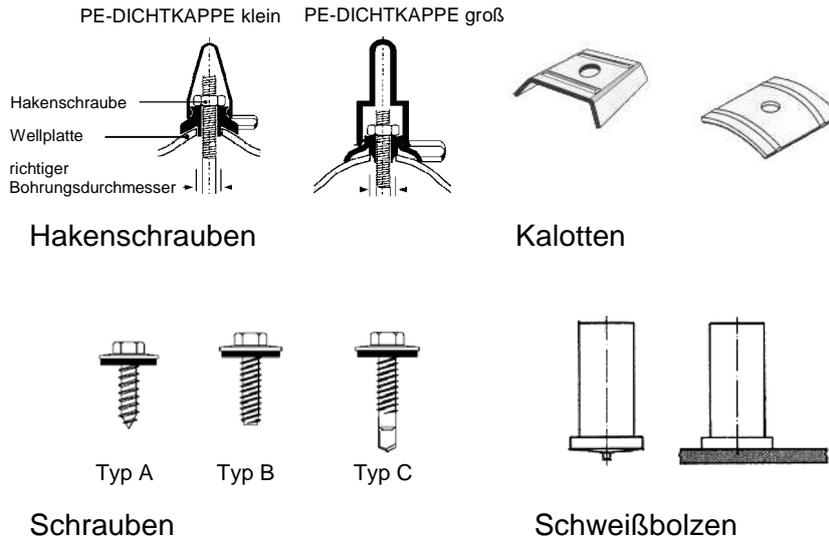


Bild 3.56: Befestigungen

Werkbild Fa. Degussa, Düsseldorf, Fa. ALWO, Düsseldorf
und Fa. Soyer, Wörthsee

Hakenschrauben dienen zur Befestigung von Wellprofilen. Sie sind einfach zu handhaben, aber von geringer Ästhetik. Kalotten sind speziell für die Befestigung von Trapez- und Wellblechen geeignet, da sie durch verteilte Lastenleitung den Belag nicht beschädigen und durch eine aufvulkanisierte Neoprenemanschette auf der Innenseite für eine ordnungsgemäße Abdichtung sorgen. Aus Korrosionsgründen kommen auch Schweißbolzen, vorwiegend aus Edelstahl, zum Einsatz.

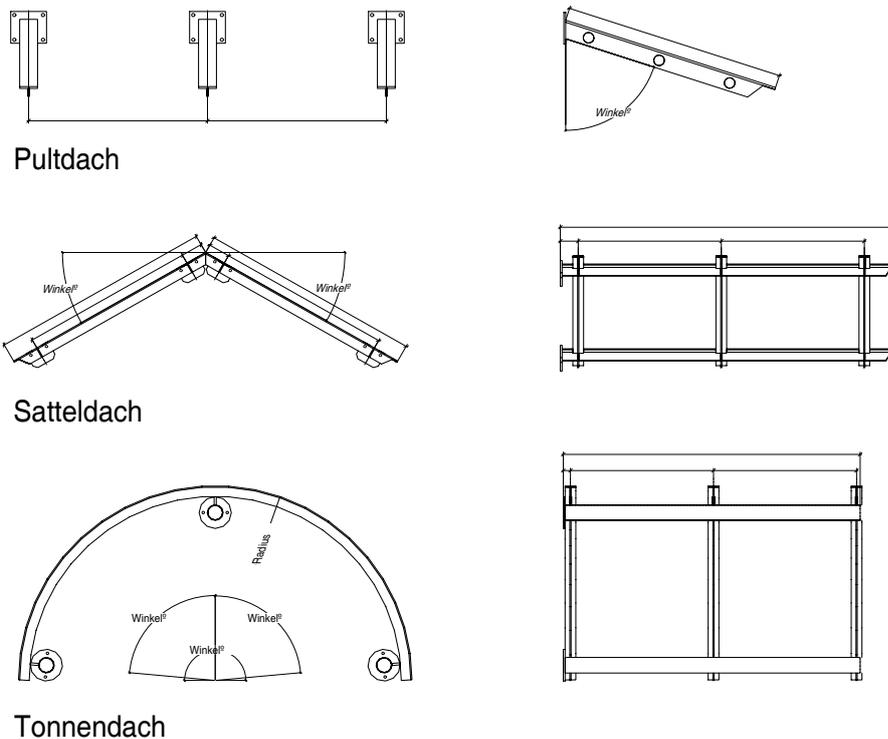


Bild 3.57: Dacharten und ihre Geometriedaten

Quelle: Eigene Erhebung

Die Charakterisierung der grundsätzlichen Arten von Vordächern dient dazu, im Folgenden eine Bibliothek hierfür geeigneter CAD-Konstruktionsmethoden als Makros herzuleiten. Derartige Makros helfen im Rahmen von CAD-Hochleistungssystemen die Vordächern innewohnende Konstruktionslogik systematisch zu erfassen. Der Konstruktionsprozess wird dadurch auf innovative Art automatisiert. Bei allen späteren Anwendungen der entsprechenden Makros steigt so die Konstruktionsgeschwindigkeit sehr deutlich, gleichzeitig werden Fehlermöglichkeiten ausgeschlossen. Eigene Berufserfahrung des Verfassers im genannten Unternehmen mit praxisrelevanten CAD-Konstruktionsmethoden bestätigen eine Verbesserung der Konstruktionsgeschwindigkeit bis um den Faktor 10 gegenüber traditioneller Konstruktionsweise. Die Fehlerquote der Ergebnisse lag regelmäßig bei Null.

Für Vordächer wird als Pflichtenheft für Entwickler von CAD-Methoden, z. B. Diplomanden der Bauinformatik, folgende Vorgehensweise vorgeschlagen:

Nach der Wahl der Dachart aus einem Auswahlmenü sind z. B. beim Pultdach nach Bild 3.57 die Einteilung der Auflager sowie die Vordachbreite in einem Leitbild einzugeben. Zusätzlich ist die Einteilung von eventuellen Quersprossen (Riegeln) zu ermöglichen. Falls Punktlager zur Ausführung kommen, ist deren Lage maßlich zu definieren. Für Satteldächer sind zusätzliche Dachneigungen einzugeben. Beim Tonnendach ist noch der Gesamtradius mit entsprechendem Öffnungswinkel festzulegen sowie die Lage der einzelnen Auflagerträger mit Winkelangabe.

Die Profilquerschnitte unter Bild 3.58 sind aufgrund ihrer ebenen Auflageflächen für Linien- wie auch für Punktlager geeignet.

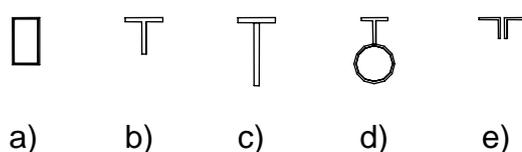


Bild 3.58: Profilquerschnitte
Quelle: Eigene Erhebung

In Abstimmung mit den örtlichen Gegebenheiten (Betonuntergrund, Mauerwerksanschluss, Isolierputz und dgl.) ist die Art der Befestigung zu wählen. Wie schon bei den Geländern erfolgt auch die Befestigung von Vordächern nach Erfahrungswerten. Die rechtlichen Risiken, auf die sich hierbei ein nicht genügend ausgebildeter Metallbauer bisher „einlässt“, wurden bereits auf Seite 17 erläutert.

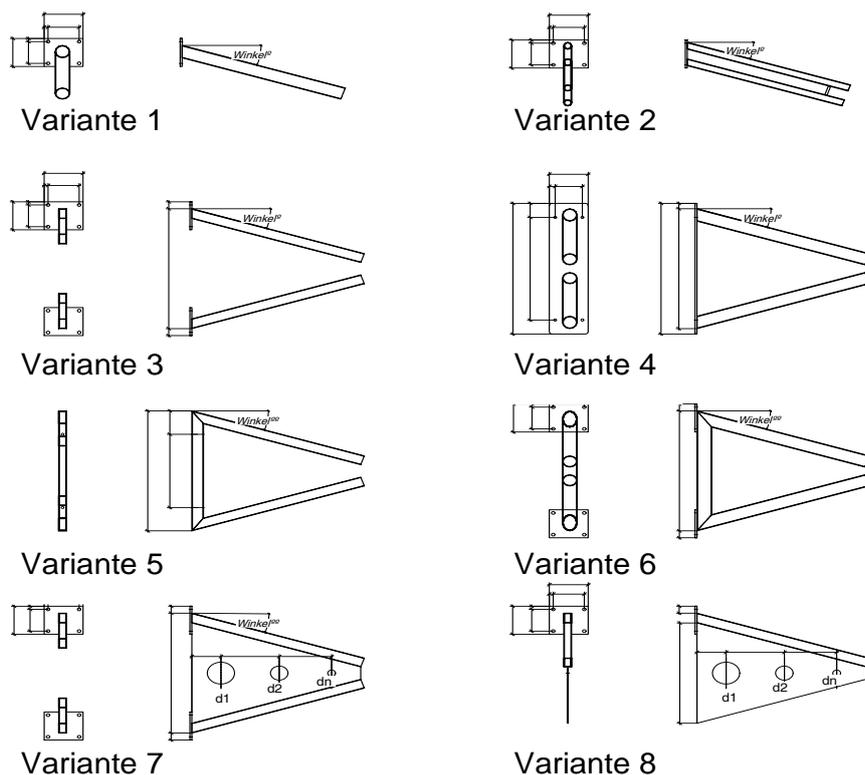


Bild 3.59: Auflagervarianten
Quelle: Eigene Erhebung

Besonders bei Variante 1 und 2 des Bildes 3.59 müssen sehr hohe Zugkräfte vom Gebäude abgetragen werden. Mit dieser Makrovariante lassen sich auch durch die Eingabe eines rechten Winkels Auflager für Sattel- und Tonnendächer konstruieren. Bei der Variante 8 ist darauf zu achten, dass bei zu dünnen Blechstärken unschöne bis unzulässige Beulfelder entstehen können.

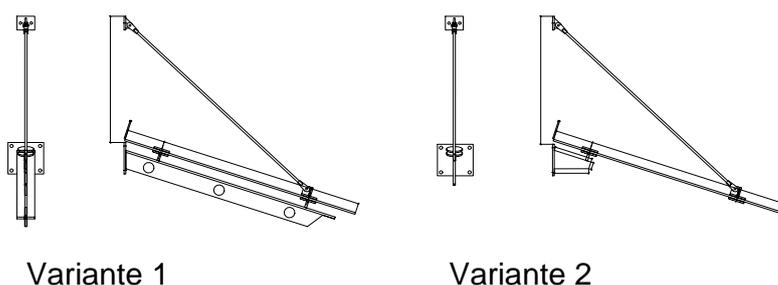


Bild 3.60: Abgespannte Auflager
Quelle: Eigene Erhebung

Die Weiterentwicklung bei den Punkthaltern führte dazu, dass abgespannte Vordachkonstruktionen (siehe Bild 3.60) ohne Verletzung der Dachhaut auszuführen sind. Zugleich verlagert sich die Tragkonstruktion in den Raum über dem Dachbelag und ermöglicht durch günstigere Hebelarme auch bei weniger tragfähigen örtlichen Gegebenheiten (Altbauten) schlanke Konstruktionen. Für die Abspannungen stehen industrieübliche Systeme für Zugstäbe (z. B. Fa. Rodan oder Besista) zur Verfügung.

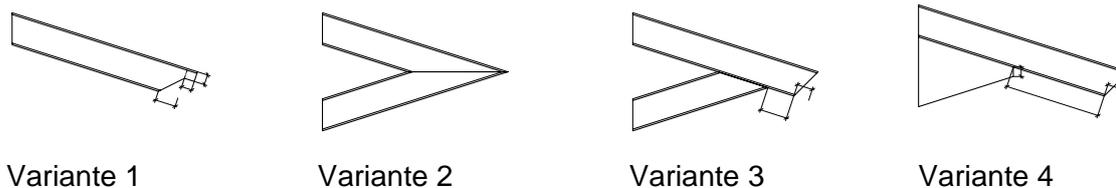


Bild 3.61: Auflagerendenausbildung
Quelle: Eigene Erhebung

Auflagerenden für Kragträger bzw. abgespannte Auflagerträger sind in Variante 1 nach Bild 3.61 unterschiedlich zu verschneiden. Die Varianten 2 und 3 definieren als Pflichtenheft die Anschlüsse und Verschneidungen für unterspannte Auflagerträger. Bei der Variante 4 sind die Maße für Kragträger mit integrierten Blechfüllungen festzulegen. Durch die zusätzliche Eingabe von Bohrungen in den Auflagerträgern nach Bild 3.57 und die Varianten mit Blechfüllungen nach Variante 7 und 8 in Bild 3.59 stehen die praxisrelevanten Gestaltungsmöglichkeiten zur Verfügung.

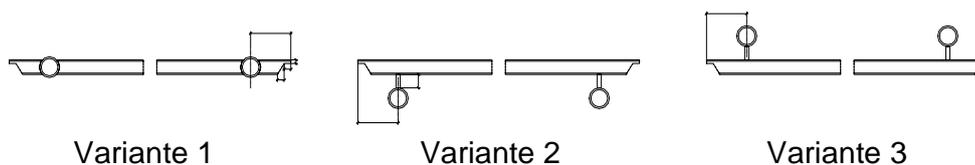


Bild 3.62: Quersprossenanschluss
Quelle: Eigene Erhebung

Wie Bild 3.57 zeigt, müssen nicht immer Quersprossen eingebaut werden. Doch schon die vielfältigen Möglichkeiten des Dachbelages erfordern aufgrund ihrer teilweise nur einachsigen Tragfähigkeit zusätzliche Unterkonstruktionen. Hierbei kann nach Variante 1 in Bild 3.62 die Dachhaut oberhalb oder unterhalb der Tragkonstruktion befestigt werden je nach Art der Auflager (siehe Bilder 3.59 und 3.60). Zusätzlich zur Positionierung der Quersprossen im Gesamtsystem sind die Profildenden noch konstruktiv zu gestalten.

Unabhängig von der Gestaltungsvielfalt bei Vordächern hat sich durch die Erhebungen gezeigt, dass mit den drei Vordachgrundformen nach Bild 3.52 das wesentliche Ausführungsspektrum von Kleinunternehmen im Metallbau abgedeckt wird. Für die Ermittlung der erforderlichen Verbindungsmittel sollten einfache statische Programme in die CAD-Methoden integriert werden. Mehrere Dübelhersteller bieten Bemessungsprogramme für ihre Produktpalette an, die mit den ermittelten Schnittgrößen die korrekte Dübelauswahl treffen. Diese Bausteine sind in die CAD-Bibliothek der Konstruktionsmakros mit vertretbarem Aufwand bei der Entwicklung einzubetten und z. B. über einen Wartungsvertrag fortlaufend für alle Kunden zu aktualisieren.

Wintergärten

Kleine Baufirmen, die Entwurf und Herstellung von Vordächern sicher beherrschen, dürfen mit großer Erfolgsaussicht ein ähnliches, aber komplexeres Produktspektrum angehen, die Wintergärten (Bild 3.63).

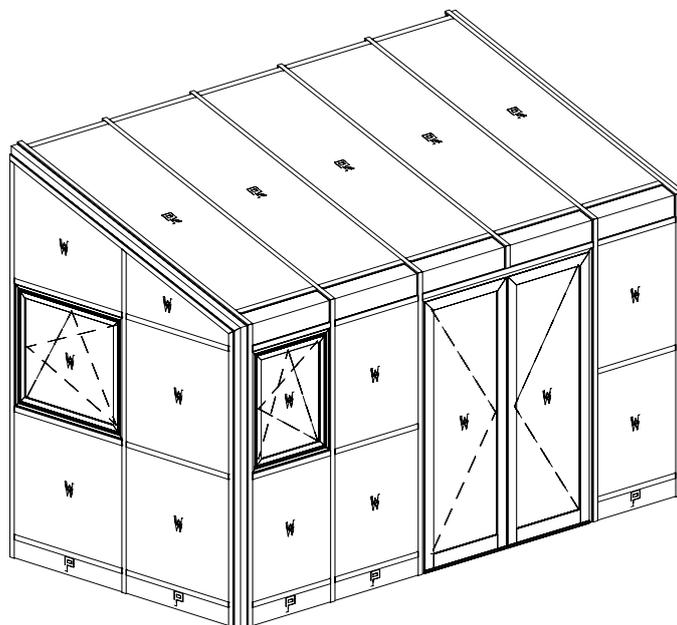


Bild 3.63: Typischer Wintergarten
Werkbild Fischer Stahl- und Metallbau, Illertissen

Der Wintergarten-Verband e. V. in Rosenheim hat in seinem `Ratgeber Wintergarten` [67] den folgenden Materialsystemvergleich für Wintergärten vorgestellt (Bild 3.64).

	Alu	Stahl	Kunststoff	Holz	Holz/Alu
Verhalten bei Feuer	-	-	-	+	+
Verarbeitbarkeit	++	+	+	+	+
Tragfähigkeit	+	++	-	+	+
Preis	-	+	+	+	+
Haltbarkeit	++	+	+	+	++
Pflege	++	-	++	-	++
Wärmedämmung	--	-	+	++	++
Verhalten bei Feuchtigkeit	++	o	++	o	++

Bild 3.64: Materialsystemvergleich für Wintergärten
Quelle: Ratgeber Wintergarten [67]

Der Systemvergleich bestätigt die Ergebnisse der in dieser Arbeit durchgeführten Befragung von Metallbaubetrieben, dass fast ausschließlich Aluminium für Wintergärten verwendet wird.

Die Pfosten–Riegel–Konstruktion und die Rahmenkonstruktion bilden die beiden statischen Systeme, die als Konstruktionsprinzipien dienen. Bei den Metallbauunternehmen ist die Riegel-Pfosten-Konstruktion sehr verbreitet, da die Profilhersteller hierfür ausgereifte Systeme mit Schulungsunterlagen anbieten.

Ein Rahmentragwerk kommt vorwiegend dann zur Ausführung, wenn seitens des Kunden große Öffnungen, z. B. für Türen, gewünscht werden. Hierbei ist neben der grundsätzlichen Tragfähigkeit auch auf die Verformung zu achten um schwer gängige oder nicht funktionsfähige Öffnungselemente sowie Glasspannungen, die bis zum Glasbruch führen können, zu vermeiden. Bei großen Spannweiten kommt Stahl als Unterkonstruktion zum Einsatz, um die erforderlichen Profilquerschnitte gering zu halten.

Die Untersuchungen in zwei Metallbaubetrieben haben gezeigt, dass bisher keine Wintergarten-Typen verwendet werden. Nur etwa 10% aller Wintergärten glichen sich in ihrer Grundkonstruktion. Diese Zahlen ergaben sich allerdings bei nicht repräsentativen Erhebungen in Kleinbetrieben des Metallbaus und sind nicht auf Mittelbetriebe zu übertragen. Hier bietet sich zukünftig aber z. B. mit sehr leistungsfähigen CAD-Methoden eine grundsätzliche Innovation an. Der Profilsystem-Hersteller Schüco lässt beispielsweise komplette Typen von Wintergärten mit individueller Variationsmöglichkeit bis ins Detail als CAD-Methode formulieren, um den anwendenden Baufirmen und Konstruktionsbüros sowie Verkaufingenieuren eine hocheffiziente und sichere Hilfe zu bieten.

Die Möglichkeit von CAD-Hochleistungssystemen hausinterne Konstruktionsdetails als Makrobibliothek zur Wiederverwendung zu speichern, bietet erhebliche Zeiteinsparpotentiale. Über Leitbilder gesteuert können die hinterlegten Daten von Profilen, Blechen, Isolationen, Verbindungsmittel und Befestigungselementen variiert werden. Besonders Blechkanteile mit den entsprechenden Ausklinkungen und Bohrungen sind zeitaufwendige Konstruktionsaufgaben, die sich durch interaktive CAD-Konstruktionsmethoden wesentlich effizienter lösen lassen.

Auf dieser innovativen Basis können auch kleine Firmen wirtschaftlich Detailzeichnungen professioneller Qualität und Klarheit erstellen, wie die folgenden Bilder 3.65 bis 3.68 belegen.

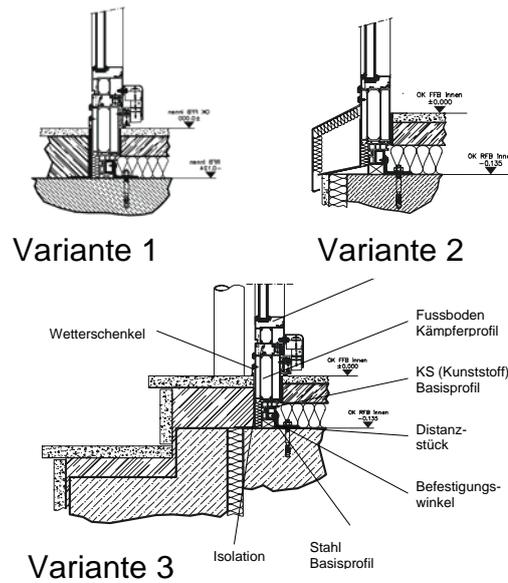


Bild 3.65: Fußpunktanschluss
 Werkbild Firma Butzbach Metallbau, Illertissen

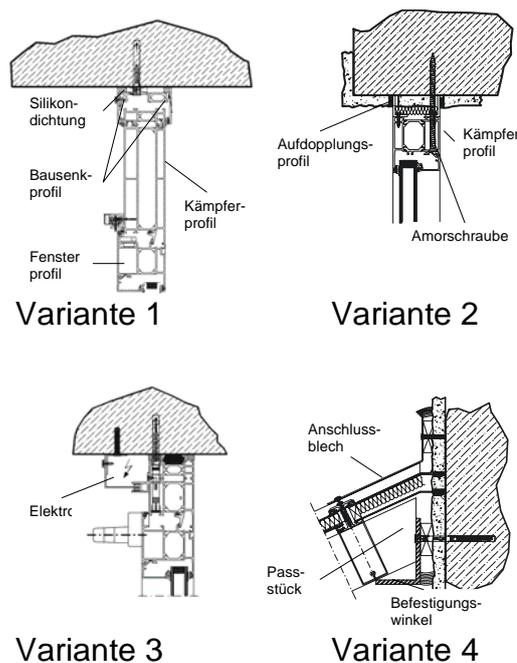


Bild 3.66: Wandanschlussvarianten
 Werkbild Firma Butzbach Metallbau, Illertissen

Durch Bausenkprofile wird in Variante 1 (siehe Bild 3.66) Gebäudeverformungen Rechnung getragen. Variante 2 mit `Amorschraube` kann sowohl für Beton als auch Mauerwerk eingesetzt werden. Variante 3 zeigt einen Elektrokanal als spezielle Detailkonstruktion. Pfosten-Riegel-Konstruktionen werden typisch nach Variante 4 angeschlossen. Der durchgehende Befestigungswinkel mit Passstücken für die Dachriegel ermöglicht den Transport und die Montage des in der Werkstatt vormontierten kompletten Dachfeldes. Dies verkürzt die Montagezeit.

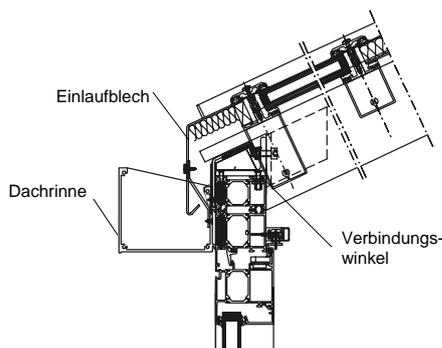


Bild 3.67: Traufanschluss
 Werkbild Firma Butzbach
 Metallbau, Illertissen

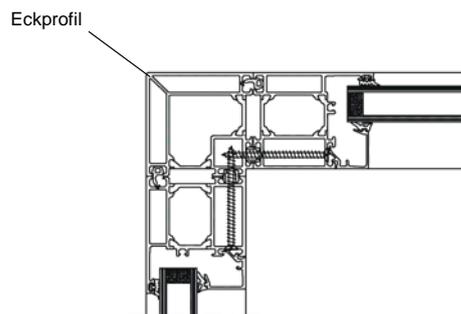


Bild 3.68: Eckausbildung
 Werkbild Firma Butzbach
 Metallbau, Illertissen

Bild 3.67 zeigt eine typische Variante eines Traufanschlusses Bild 3.68 eine Eckausbildung.

Von großem Vorteil für kleine Firmen ist die CAD-Leistung, nach Eingabe des gewünschten Glasaufbaus automatisch die Felder der Konstruktion fachgerecht mit dem notwendigen profilspezifischen Einstand zu verglasen, die Toleranzen und Winkeltoleranzen zu prüfen und eindeutige, bestellfertige Glaslisten mit Draufsicht und Schnittzeichnungen der Gläser automatisch zu generieren wie in Bild 3.69.

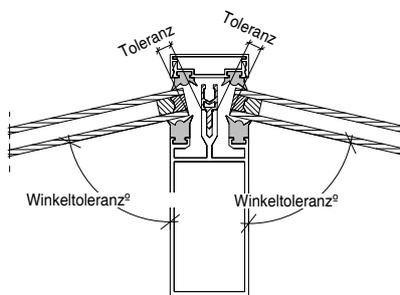


Bild 3.69: Glastoleranz
 Werkbild Firma Fischer Stahl- und Metallbau, Illertissen

Weiterhin helfen automatisch erstellte Perspektivzeichnungen, die durch den Aufdruck „W“ (Wall), „P“ (Panel) und „R“ (Roof) sichtbar gemachten Gläser im richtigen Feld zu montieren (siehe Bild 3.63).

Für alle aufgezeigten Konstruktionsdetails bieten die Profilverhersteller firmenspezifische Lösungsvorschläge an. Die hier durchgeführten Untersuchungen haben ergeben, dass jedes Metallbauunternehmen meist nur einen Profilverhersteller bevorzugt. Dies liegt in dem vorhandenen Maschinenpark, in langjährigen Erfahrungen und im Einarbeitungsaufwand in neue Systeme, aber auch in den nicht unerheblichen Mindermengen-Aufpreisen und Mengenrabatten für herstellereinspezifische Einbauteile begründet.

Ein preislich sehr wichtiger Bestandteil von Wintergartenkonstruktionen ist die Verglasung. Zur Wahl stehen Einscheiben-Sicherheitsgläser (ESG), teilvorgespannte Gläser (TVG, geringere Bruchfestigkeit) und Kombinationen mit Verbund-Sicherheitsglasscheiben (VSG). Als Isoliergläser bieten sie den erforderlichen Wärme- und Schallschutz. Eine durchsichtige Edelmetall-Beschichtung auf der raumseitigen Scheibe, der so genannten `Low-E` (low emissivity = geringes Emissionsvermögen) mindert zusätzlich Wärmeverluste.

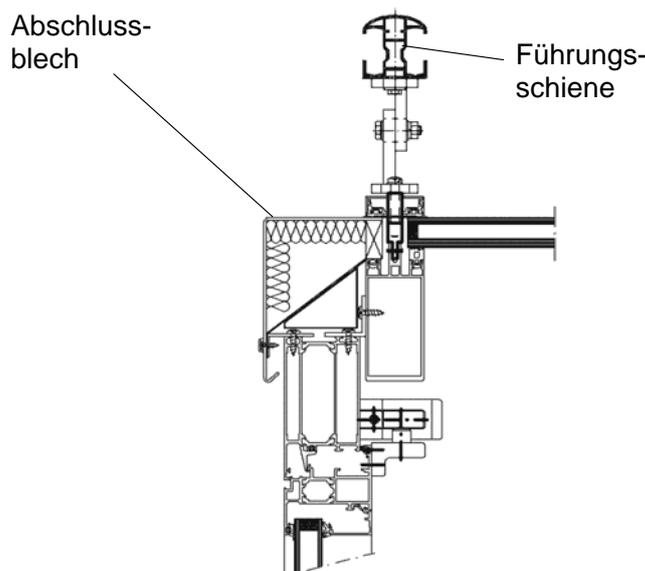


Bild 3.70: Einbauteil für die Beschattung
Werkbild Firma Butzbach Metallbau, Illertissen

In der Gesamtkonstruktion ist konstruktiv schlüssig das Zubehör zu integrieren. Hierzu gehören z. B., wie in Bild 3.70 dargestellt, Führungsschienen für die Beschattung. Die hierfür erforderlichen Bohrungen bzw. Konstruktionselemente sind bis ins Detail in der Gesamtkonstruktion zu berücksichtigen, damit automatische Fertigung der Komponenten und zuverlässige Fehlerfreiheit der konstruktiven Ausführung gewährleistet werden. Dies trifft auch auf Steuerungen für den Sonnenfühler, Dämmungsschalter, Regensensor, Windfühler und die Lüftungsregelung zu. Weiteres Zubehör sind Belüftungen. Entsprechende Konstruktionsdetails für Ventilatoren etc. sind durch die Hinterlegung in einer CAD-Bibliothek als 3-D Modell relativ einfach an die entsprechende Stelle zu platzieren. In CAD-Hochleistungssystemen bringen die 3-D Bibliothekselemente ihre Befestigungen mit und erledigen automatisch die fertigungstechnischen Konsequenzen in den Nachbarelementen, d. h. sie ergänzen dort Bohrlöcher und Nähte.

Ein Wintergartenkonstrukteur verwendet bei CAD-Hochleistungssystemen also folgende Leistungsmodule.

- Freie Geometriegestaltung des Wintergartens aufbauend auf geeigneten Typenmakros (siehe Bild 3.71).

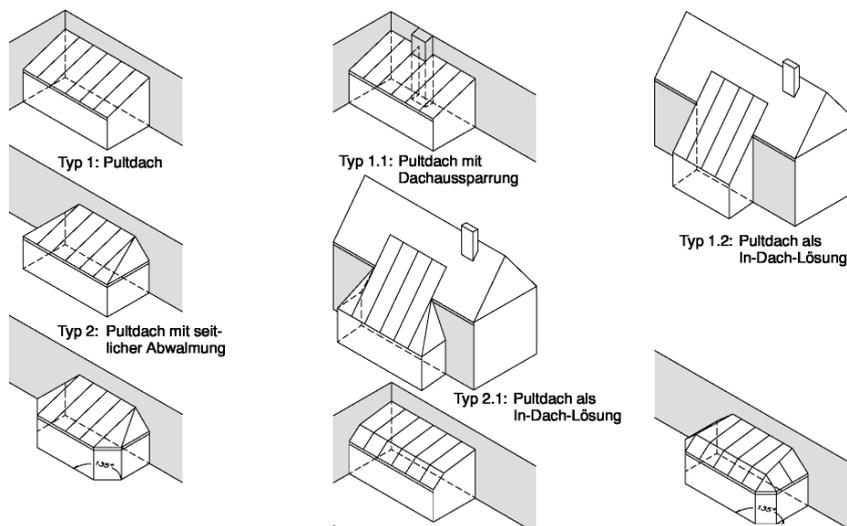


Bild 3.71: Typenmakros von Wintergärten
Werkbild Firma Schüco, Bielefeld

- Verwendung von systemspezifischen Fußpunkten, Wandanschlüssen, Traufanschlüssen und Eckausbildungen mit projektbezogener Anpassung (siehe Bilder 3.65 bis 3.68).
- Eingabe und ggf. Änderung von Fenster- und Türöffnungen, Fenster- und Türtypen mit den Beschlägen (siehe Bild 3.72).

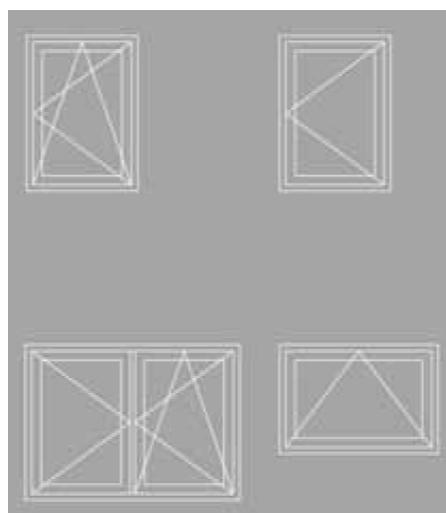
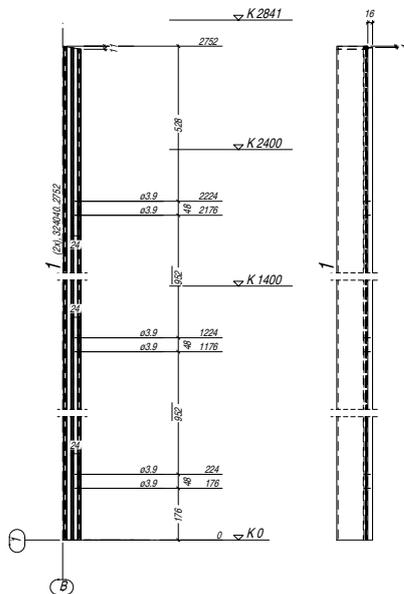


Bild 3.72: Fenstertypen mit Beschlag
Werkbild Firma Schüco, Bielefeld

- Automatische Erstellung von Stück- und Schraubenlisten, siehe Bild 3.73.

Bild 3.73: Stück- und Schraubenliste
Werkbild Firma Fischer Stahl- und Metallbau, Illertissen

- Automatische Zeichnungserstellung für die Fertigung (Bild 3.74) einschließlich der Informationsübertragung auf CNC-Maschinen (Bild 3.75).



** Stückliste für eine Liefer- Pos. 1 TOTAL 2X Ausführen **

Nr.	Tr.	Pos.	Benennung	Stk.	Profil	Material	Länge	Gewicht	Bem.
1	1	1	Posten	1	324040	ALUMINIUM	2732		



Bild 3.75: CNC-Doppelgehrungssäge
Werkbild Firma Schüco, Bielefeld

Bild 3.74: Fertigungszeichnung
Werkbild Firma Fischer
Stahl- und Metallbau, Illertissen

- Eine realistische 3-D Darstellung für den Kunden bzw. Projektanten und die Monteure (siehe Bild 3.63).

3.4 Allgemeine Stahltragkonstruktion

Durch geeignet ausgebildete Führungskräfte bzw. Inhaber können kleine Baufirmen mit CAD-Hochleistungssystemen erfolgreich und wirtschaftlich sinnvoll in den Markt allgemeiner Stahlkonstruktionen vordringen. Hierunter ist jegliche Art von Bauteilen, die aus Form- und Stabstählen, Rohren und Blechen zusammengebaut werden, zu verstehen. Zumeist übernimmt die Stahlkonstruktion dabei eine tragende Funktion (ständige Last), d. h. sie trägt eine von außen wirkende Belastung (Verkehrslast) ab. Die folgenden Beispiele dokumentieren typische Fälle des Anwendungsspektrums, das sich innovativen, kleinen Firmen erschließen lässt, wie am Fall der Firma Fischer, Illertissen, belegt.

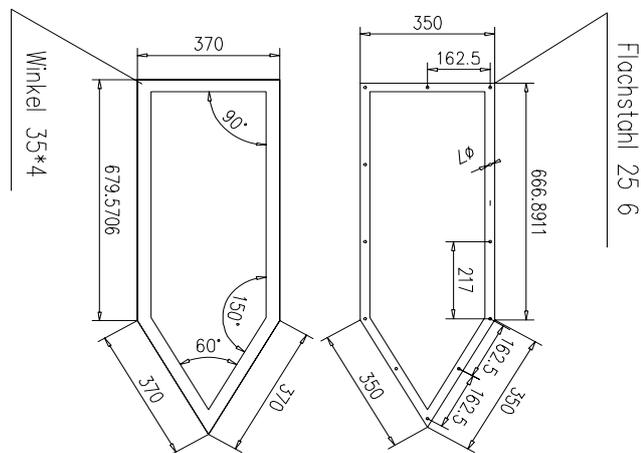


Bild 3.76: Abdeckung

Quelle: Firma Fischer Stahl- und Metallbau, Illertissen

Der in Bild 3.76 links dargestellte Winkelrahmen dient als Einfassungszarge für eine Bodenöffnung. Mit dem rechts dargestellten Flachstahlrahmen wird ein Abdeckblech als Absturzsicherung auf den Winkelrahmen verschraubt.

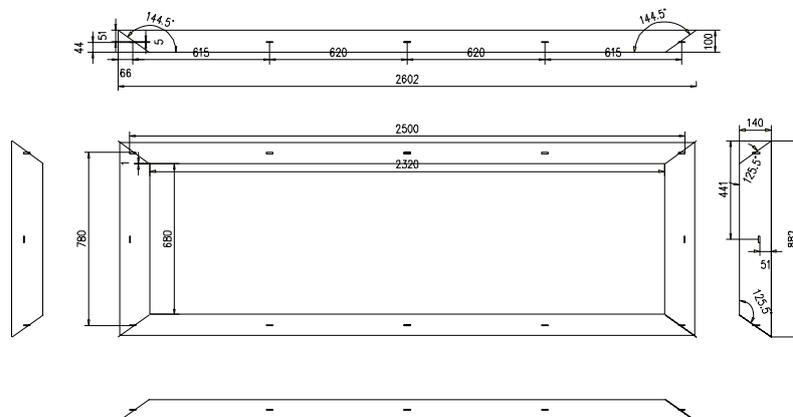


Bild 3.77: Fixierahmen

Quelle: Firma Fischer Stahl- und Metallbau, Illertissen

Mit dem Einlegen des in Bild 3.77 dargestellten Rahmens erfolgte die Fixierung eines Bremsenprüfstandes in einer bestehenden Montagegrube einer Kfz-Werkstätte.

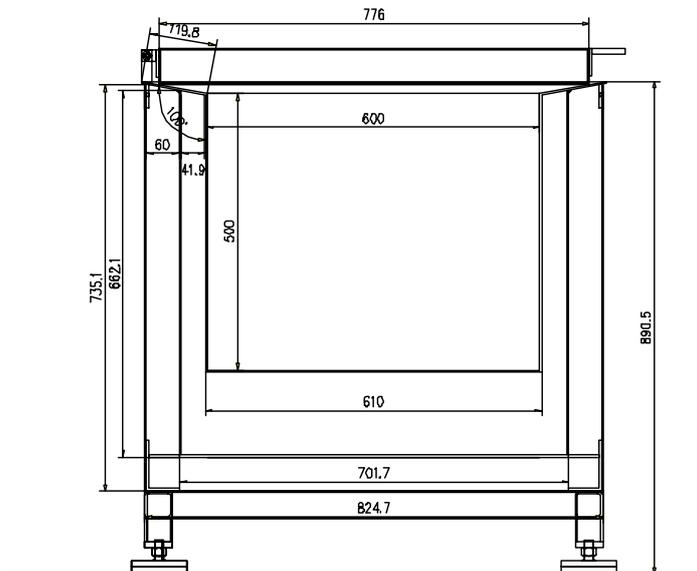


Bild 3.78: Bonderbehälter
Quelle: Firma Fischer Stahl- und Metallbau, Illertissen

Der in Bild 3.78 dargestellte Behälter dient zur Lagerung von Gleitmitteln. Eine allseitige Isolierung mit einem zusätzlichen Verkleidungsblech und einem oberseitigen Deckel schützt vor starker Hitzeeinwirkung der Gleitmittelflüssigkeit. Konstruktiv stellen derartige Objekte keine anderen Anforderungen als Stahltragwerke mit Fassadenelementen.

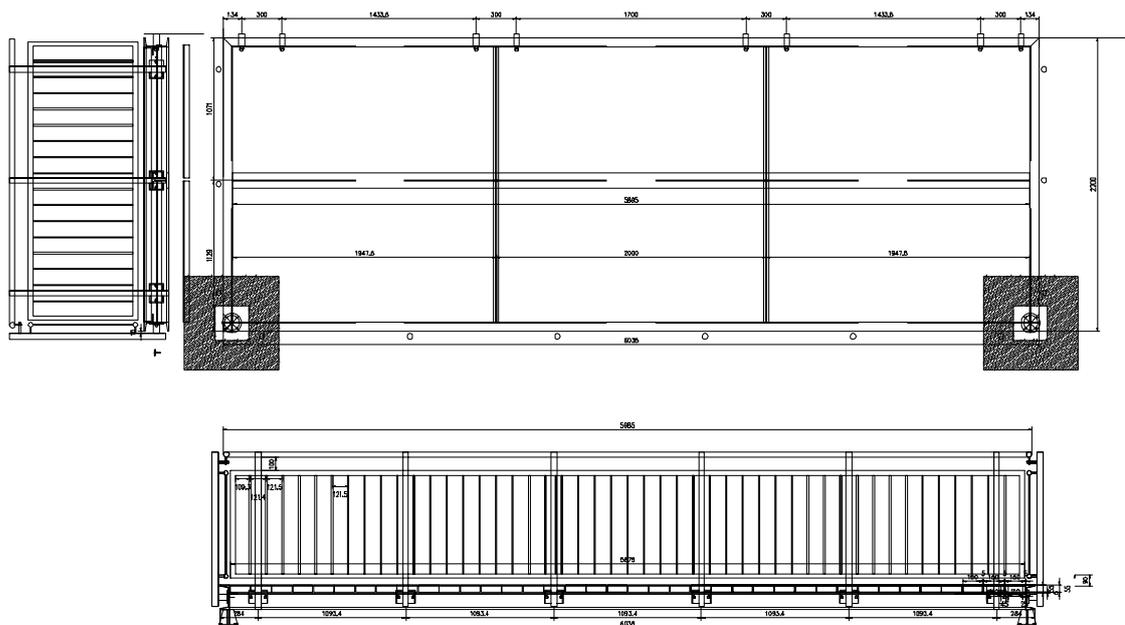


Bild 3.79: Balkontragkonstruktion mit Geländer
Quelle: Firma Fischer Stahl- und Metallbau, Illertissen

Der in Bild 3.79 ausgeführte Balkon dient der Wertsteigerung eines Mehrfamilienhauses mit neuer Dachwohnung.

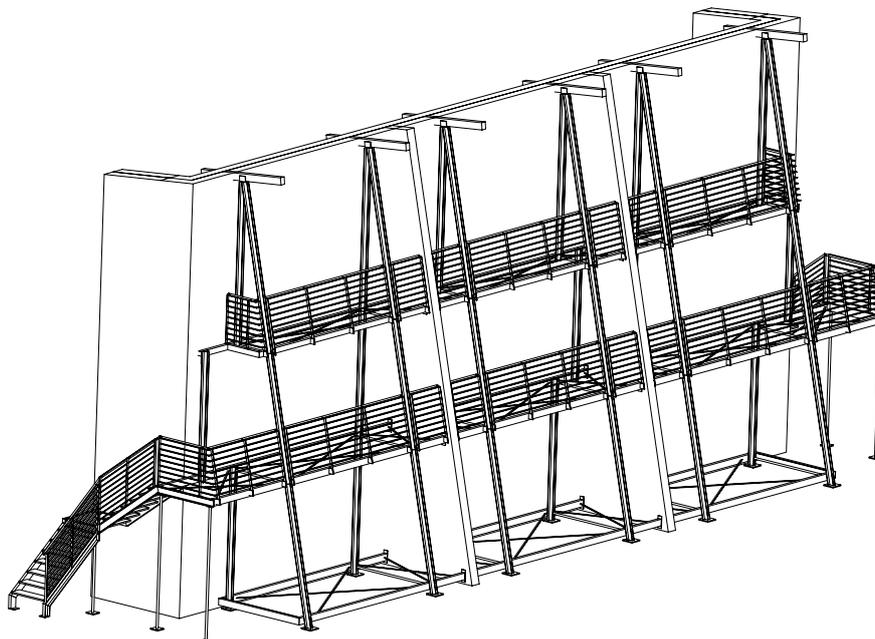


Bild 3.80: Balkon für Mehrfamilienhaus
Quelle: Firma Fischer Stahl- und Metallbau, Illertissen

Bei einem Mehrfamilienhaus nach Bild 3.80 kam dem Balkon die zusätzliche Aufgabe des Fluchtweges zu, den die Baubehörde einforderte.

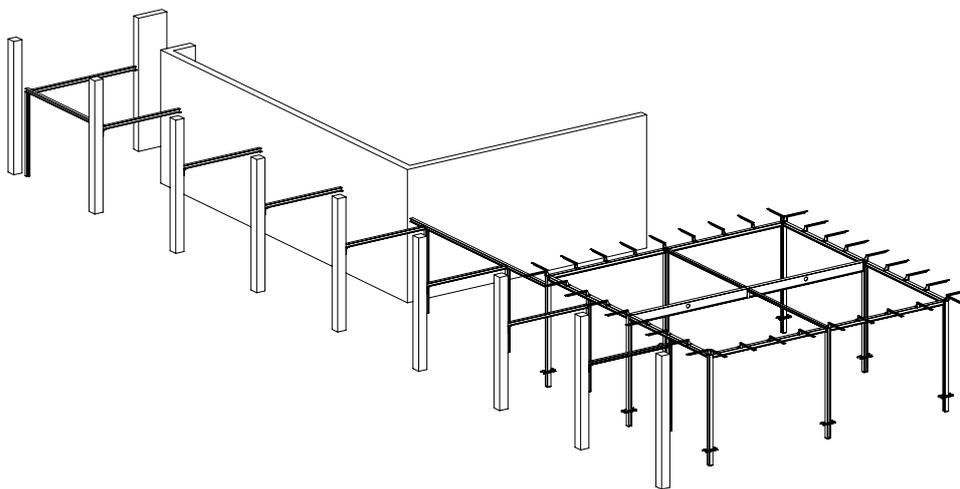


Bild 3.81: Büroanbau
Quelle: Firma Fischer Stahl- und Metallbau, Illertissen

Ein besonders überschaubares Beispiel des diskutierten Spektrums zeigt Bild 3.81. Die Stahlunterkonstruktion dient als tragendes Skelett für einen Büroanbau mit einem Verbindungsgang zwischen zwei bestehenden Gebäuden. Wesentlich komplexere Stahltragwerke, die das Spektrum „nach oben offen“ abrunden, wurden bereits zu Beginn der Arbeit vorgestellt.

3.5 Fassaden und Dächer

Fassaden und Dächer runden das Leistungsspektrum kleiner Metallbauerfirmen ab. Schon in der Planungsphase ist es von offensichtlichem Vorteil, wenn Stahltragkonstruktion und Fassaden bzw. Dachkonstruktionen aus einer Hand geplant und hergestellt werden. Die Gewährleistung des Gesamtobjektes und die Detailabstimmung der entsprechenden Konstruktionsübergänge sprechen auch finanziell und juristisch für ganzheitliche Planung und Herstellung.

Auch für Fassaden und Dächer sind laut Bauvorlagenverordnung Konstruktionszeichnungen zu erstellen. Für flächige Bauelemente, z. B. Stahltrapezbleche, wird hierfür in der DIN 18807 Teil 3 Absatz 4.1 [18] auf die Erfordernis von Technischen Unterlagen hingewiesen, d. h.

- Profilbezeichnung, Nennblechdicke und Lieferlänge nach DIN 18807 Teil 1 und Teil 2
- Verbindungselemente mit Typbezeichnung und Anordnung
- Detailzeichnungen der Unterkonstruktion für Trapezprofile, Achsabstände, Werkstoff und Ausbildung der Auflager, Gefälle sowie Details des Längs- und Querrandes der Verlegefläche
- Detailzeichnungen der Öffnungen in den Verlegeflächen einschließlich der erforderlichen Auswechslungen für z. B. Lichtkuppeln, Dachentwässerungen oder Rauch- bzw. Wärmeabzugseinrichtungen
- Detailzeichnungen von Aufbauten oder Abhängungen, z. B. von Rohrleitungen, Kabelbündeln oder Unterdecken

In Verbindung mit der DIN 18807 hat der Industrieverband zur Förderung des Bauens mit Stahlblech e. V. [35] eine Richtlinie für die Montage von Stahlprofiltafeln für Dach-, Wand- und Deckenkonstruktionen erarbeitet. Die Unterlagen, die im Vorfeld zu erstellen sind, dienen demnach nicht nur zur Überprüfung der zur Ausführung kommenden Konstruktionselemente durch den Prüfstatiker, sondern auch zur Genehmigung durch den Kunden, der Detaillierung der verschiedenen Anschlüsse und Übergänge, der Bestellung der erforderlichen Konstruktionselemente, der Fertigung von Kantteilen vor der Montage und letztlich auch als Montagepläne.

Metallfassaden und -dächer sind durch Konstruktionsdetails nach Bild 3.82 und 3.83 charakterisiert.

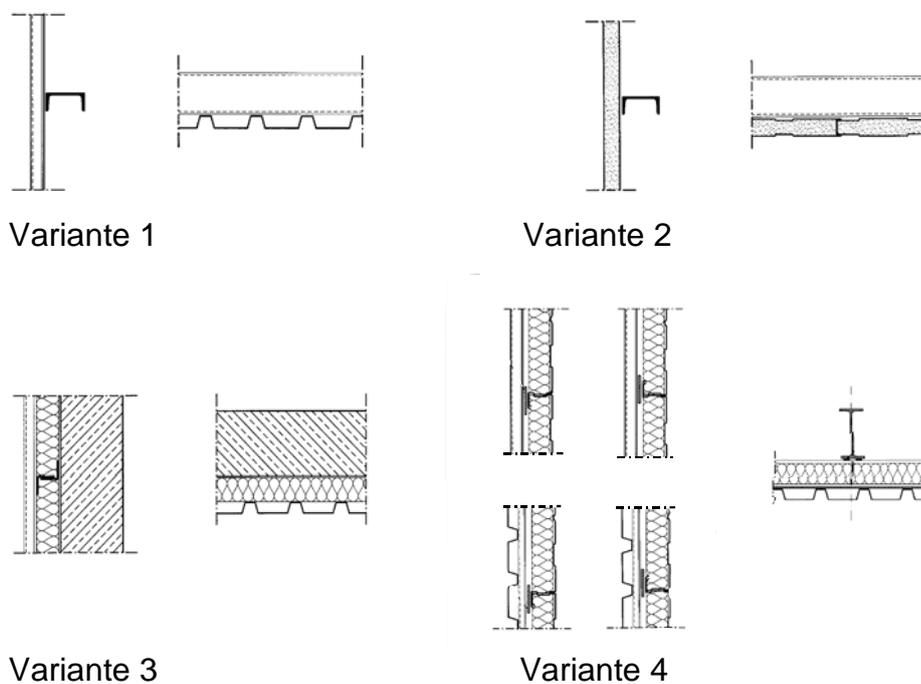


Bild 3.82: Charakteristische Fassadendetails im Metallbau
 Quelle: Firma Eitle Dachdeckerei, Burlafingen

Die Variante 1 in Bild 3.82 ist ein einschaliger, ungedämmter Trapezblechaufbau. Bei den Variante 2 bis 4 handelt es sich um gedämmte Fassaden.

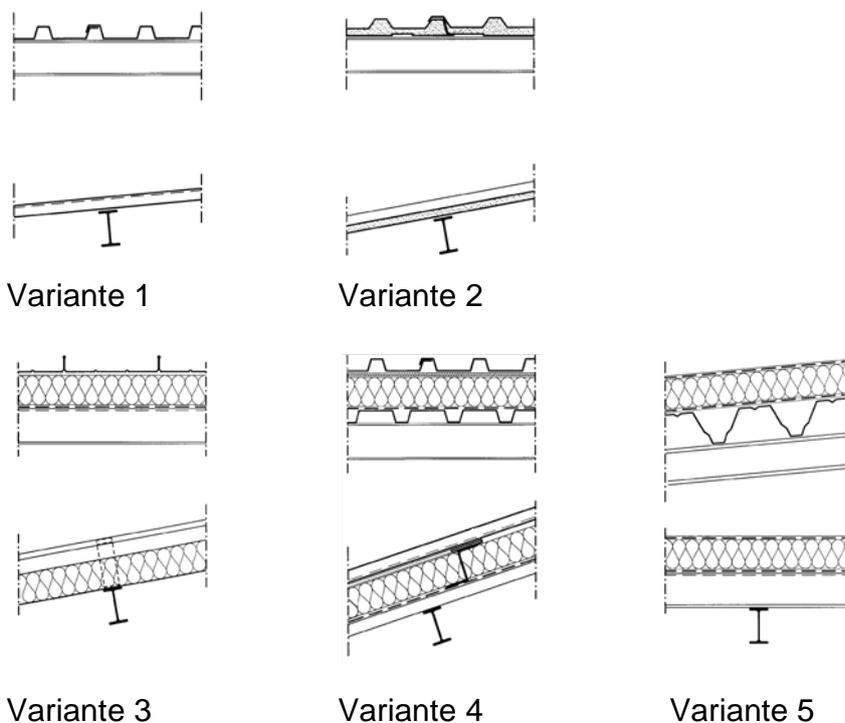


Bild 3.83: Charakteristische Dachdetails im Metallbau
 Quelle: Firma Eitle Dachdeckerei, Burlafingen

Variante 1 des Bildes 3.83 zeigt den einschaligen ungedämmten Dachaufbau. Die Varianten 2 bis 5 sind Warmdachkonstruktionen.

Zeichnungsunterlagen dieser Details werden von den Bauelement-Herstellern, z. B. Hoesch, als dxf- oder dwg-Dateien zur Verfügung gestellt. Für CAD-Hochleistungssysteme sind diese Dateien nicht zu verwenden, da nur 3-D Produktmodelle genügend Information für die Konstruktionslogik und die automatische Erstellung sämtlicher technischer Unterlagen bieten. Bei Neubauten wie bei Altbauten muss daher mit den 3-D Bauelementbibliotheken für Dach und Wand, die in führenden CAD-Systemen enthalten sind, 3-D Produktmodelle passend konstruiert werden. Bei Umbauten ist zudem eine Bestandsaufnahme durchzuführen, um diese dann anschließend auf dem CAD-System abzubilden.

Vor der Eingabe der einzelnen Flächen sind im Vorfeld folgende Daten und Fakten zu ermitteln:

Belagaufbau einschließlich sämtlicher Profilquerschnitte, die seitens des Planers in Abstimmung mit dem Bauherrn und Statiker gefordert sind (siehe Bild 3.82 und 3.83).

Profiloberfläche mit

- Farbe außen und innen (alle RAL-Töne bzw. herstellerspezifisch)
- Beschichtung

DU [Dünnband]	vorwiegend innen	ca. 10 µm
SL [Schutzlack]	alle Farbtöne	ca. 10 µm
PE [Polyester]	preisgünstig	ca. 25 µm
Plastisol	für Lebensmittel	ca. 50 µm
PVDF	für aggressive Medien	ca. 60 µm
Hart PVC	z. B. bei Säure	ca. 85 µm
- Beschichtungsdicke 10 µm – 300 µm
(Bestätigung durch Hersteller einholen)
- Perforation Akustikprofil mit eingelegten Dämmplatten
 Antikondensatbeschichtung

Profillage, positiv oder negativ

Profilierungsrichtung

Zusatzverschiebungen am Auflageranfang und -ende

Zuschnitt von Randelementen aus Standardgrößen

Erforderliches Strecken und Stauchen durch CAD gestützte Ermittlung von Streck- und Stauchmaßen

Anzahl von Abstandhaltern für zweischaligen Aufbau sowie Soghalter für Folien-dächer (Stücklisten)

Je verlegter Trapezblechtafel die statisch und konstruktiv erforderliche Anzahl und Schraubenart (siehe Bild 3.84)

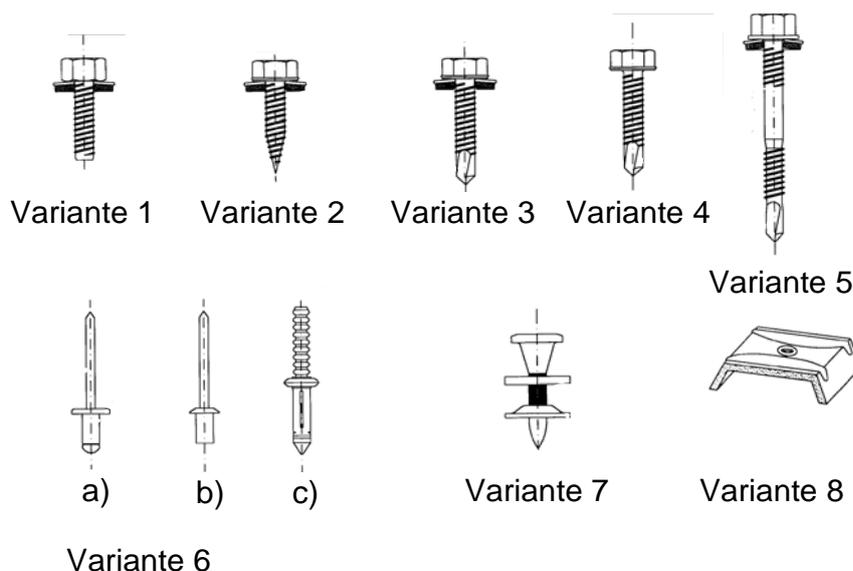


Bild 3.84: Typische Verbindungselemente für Dach und Wand im Metallbau
Quelle: IFBS [35]

Die Varianten 1 und 2 eignen sich für Befestigungen auf Stahlunterkonstruktionen. Dabei ist die Variante 2 nur für Klemmlängen ≤ 3 mm zu verwenden. Die Varianten 3 und 4 werden beim gegenseitigen Verschrauben von Profilblechen eingesetzt. Die Variante 4 dient zur Befestigung von Trapezblechen mit Bauteilen. Bei Sandwich-elementen wird Variante 5 verwendet. Die drei unter der Variante 6 aufgeführten Nietarten dienen der Verbindung von Blechen untereinander. Als Montagebefestigung auf Stahlunterkonstruktionen bzw. eingelegten Stahlteilen in Betonfertigteilen wird vielfach der Setzbolzen nach Variante 7 verwendet. Kalotten nach Variante 8 wirken Last verteilend auf den Profilblechobergurt (verhindert Beschädigungen). Sie dichten durch auf der Innenseite aufvulkanisiertes Neoprene ab.

Mit den beschriebenen Blechen und den o. g. Verbindungsmitteln sind die variantenreichen Details im Metallbau zu gestalten. Die Prinzipien dieser Details sind anschaulich, z. B. in den Richtlinien des Industrieverbandes zur Förderung des Bauens mit Stahlblech (IFBS), und Hersteller-Handbüchern dargestellt. Ein CAD-Hochleistungssystem, das im Metallbau wirtschaftlich einsetzbar sein soll und das Leistungsspektrum kleiner Metallbaufirmen abdecken will, muss folglich alle Konstruktionsaufgaben der folgenden IFBS-Details durch CAD-Methoden und Makros unterstützen. Als Eignungstest für die Brauchbarkeit eines CAD-Systems in kleinen Firmen kann durchaus sinnvoll die Summe der Arbeitszeit eines CAD-Konstrukteurs am Bildschirm angesehen werden, der all diese Details fertigungsreif konstruiert und dazu die technischen Unterlagen und Zeichnungen ausgeben lässt. Im Selbstversuch brauchte der Verfasser dazu während der Lernphase 2 Tage.

Unterschiedlichste Kanteile die aus konstruktiven Gründen (statische Unterkonstruktionen oder Witterungsschutz) bei der Sockelausbildung (Bild 3.85), einem Öffnungselement (Bild 3.86), einer Attikaausbildung (Bild 3.87), einer Lisenenausbildung (Bild 3.88) oder einer Eckausbildung (Bild 3.89) erforderlich sind, stehen in einem CAD-Hochleistungssystem in einer Makrobibliothek zur Verfügung.

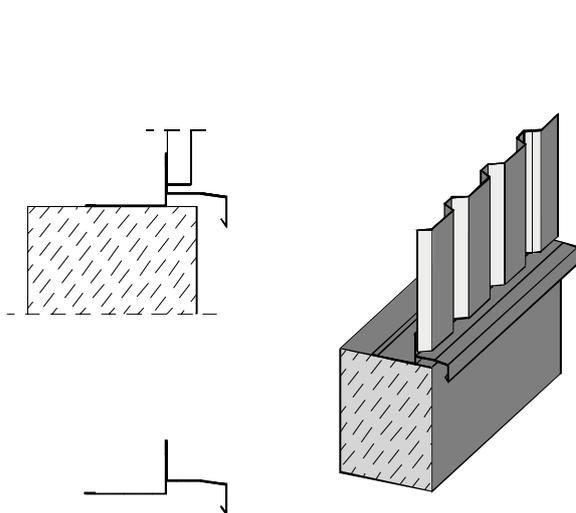


Bild 3.85: Sockelausbildung
Quelle: Firma Fischer
Stahl- und Metallbau, Illertissen

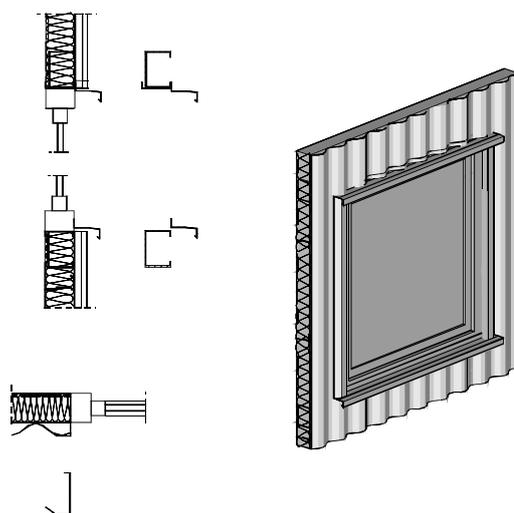


Bild 3.86: Fensteröffnung: Fenstersturz, Fensterbank und Fensterleibung
Quelle: Firma Fischer
Stahl- und Metallbau, Illertissen

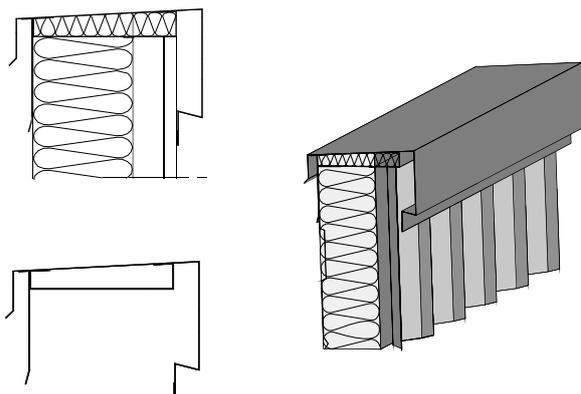


Bild 3.87: Attikaausbildung
Quelle: Firma Fischer
Stahl- und Metallbau, Illertissen

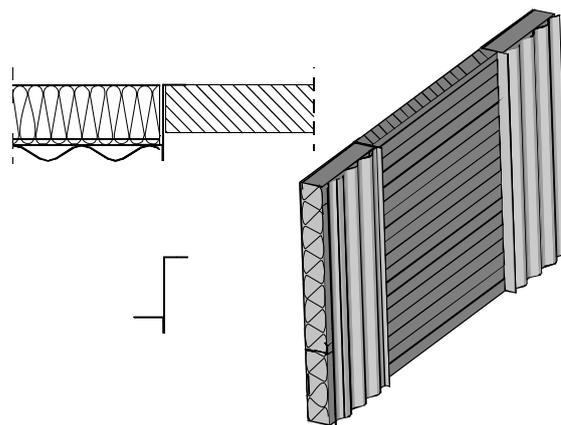


Bild 3.88: Lisenenausbildung
Quelle: Firma Fischer
Stahl- und Metallbau, Illertissen

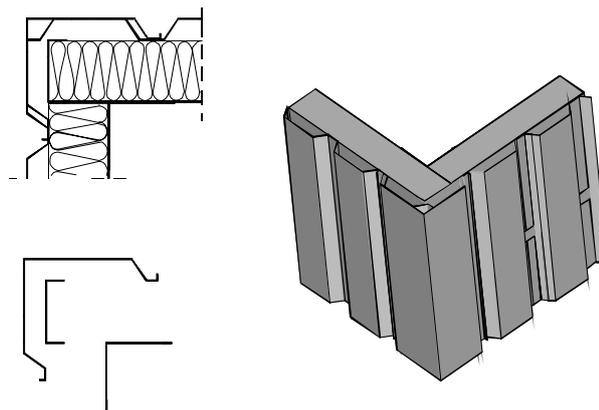
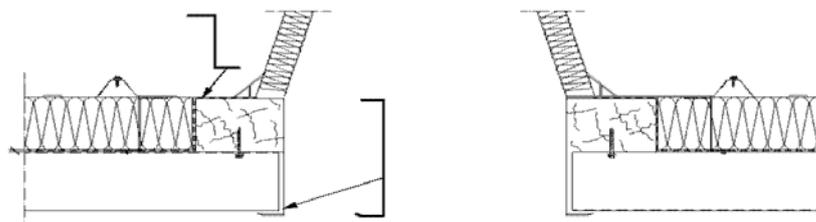
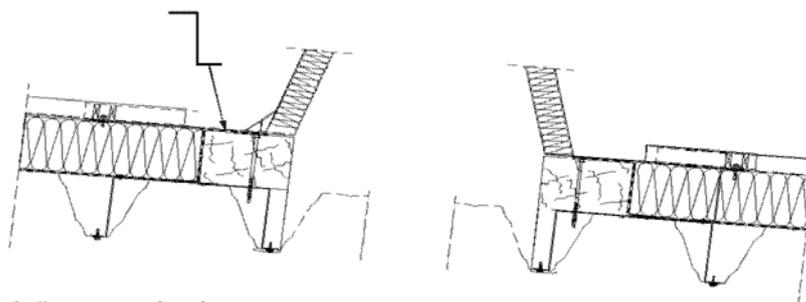


Bild 3.89: Eckausbildung
Quelle: Firma Fischer Stahl- und Metallbau, Illertissen

Bei größeren Dachausschnitten, verursacht durch Lichtkuppeln, oftmals auch gleichzeitig RWAs oder Lichtbändern sind Last abtragende Unterkonstruktionen einzubauen (siehe Bild 3.90).



Querschnitt



Längsschnitt

Bild 3.90: Aussteifungszargen im Dach
Quelle: Firma Eitle Dachdeckerei, Burlafingen

Die Einfassung besteht aus einer Sichtblende und einer umlaufenden, tragenden Holzbohle. Diese Art der Ausführung ist häufig wiederkehrend. Bei durchgehenden Lichtbändern wird die Bohle oftmals durch einen Stahlwechsel ersetzt und mit einem Druckriegel oder einer Pfette kombiniert.

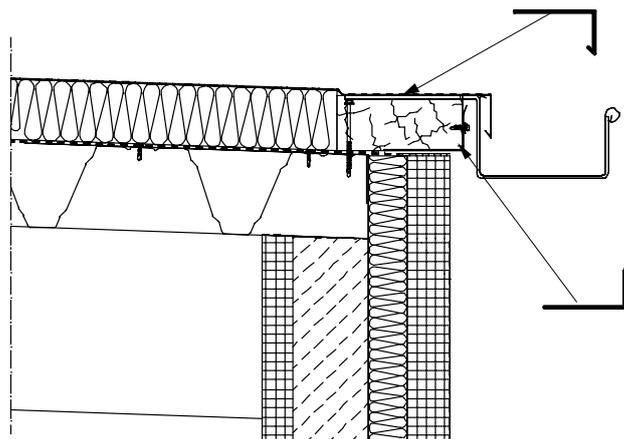


Bild 3.91: Außenliegende Dachrinne
Quelle: Firma Eitle Dachdeckerei, Burlafingen

Außen liegende Dachrinnen (siehe Bild 3.91) mit Einlaufblechen benötigen schnelle Anpassungsfähigkeit an den Konstruktionsaufbau und fordern flexible Änderungsmöglichkeiten innerhalb der abgelegten Makros.

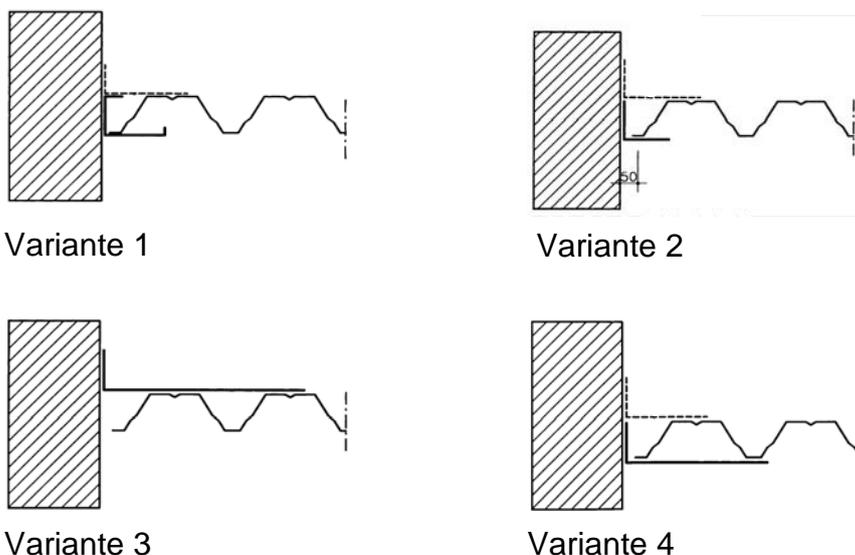


Bild 3.92: Randversteifungen
Quelle: Firma Eitle Dachdeckerei, Burlafingen

Als Auflager für Dachbeläge sind laut der Richtlinie unter 9.2.6 und in Verbindung mit der DIN 18807 Teil 3 Abschnitt 4.3 vier aufgeführte Varianten (siehe Bild 3.92) möglich. Hierbei wird gleichzeitig den statischen Erfordernissen Rechnung getragen. Bei allen Varianten dient das obenliegende Kantenteil zusätzlich als Anschluss für den weiteren Dachaufbau.

3.6 Komplettbau

Die vorigen Kapitel zeigen auf, dass eingeschränkte Konstruktionsmöglichkeiten Grenzen bei der praktischen Umsetzung verursachen. Basierend auf dieser Problematik ergibt sich für kleine Metallbauunternehmen ein begrenztes Leistungsspektrum. Dies führt einerseits zur Ausführung von Kleinaufträgen und andererseits treten sie nur als Subunternehmer auf, die nur mit Teilleistungen beauftragt werden. Damit aber erfüllen sie den zentralen Kundenwunsch des Bauherrn, ein Gebäude voll funktionsfähig aus einer Hand zu erhalten, grundsätzlich nicht. Profitable Phasen der HOAI, wie z. B. der Erarbeitung von Werkstattzeichnungen, bleiben somit ungenutzt.

Gelingt es aber, wie hier vorgeschlagen, universitär die Unternehmensnachfolge umfassend auszubilden und durch leistungsstärkende Innovationen, wie z. B. CAD-Hochleistungssysteme und CNC-Fertigung, für den primären Markt stark zu machen, dann werden kleine Metallbauunternehmen für den Komplettbau aus einer Hand ungemein wettbewerbsfähig. Dies gilt vor allem für den lokalen Markt in der Region des Firmenstandorts, in der sich der Unternehmer naturgemäß bestens auskennt. An Effizienz unternehmensintern und an lokaler Marktkennntnis nicht zu übertreffen, können mit den genannten Innovationen die kleinen Firmen des Metallbaus große Marktanteile im Bereich des Komplettbaus übernehmen, die bisher nur großen Bauunternehmen vorbehalten waren.

Die entscheidenden unabdingbaren „Leistungsverstärker“ bei diesem Prozess sind umfassende CAD-Hochleistungssysteme. Aus der Sicht der Bauinformatik werden daher diese Gewerke übergreifenden Schlüsselsysteme näher betrachtet und die zukünftigen konzeptionellen Anforderungen diskutiert.

Die Chancen durch zunehmende Leistungsstärke der Informations- und Kommunikationstechnologie und insbesondere der CAD-Hochleistungssysteme wurden schon 1999 in der Fachzeitschrift Stahlbau [61] für den Komplettbau aufgezeigt.

Grundlage für die zuverlässige, schnelle und qualitätssichernde Planung eines Bauobjektes ist die so genannte rechnerinterne Produktmodellierung, die sämtliche objektorientierte Produktinformationen bereitstellt. Der Kommunikationsbedarf der verschiedenen technischen, kaufmännischen und administrativen Anwendungsprogramme erfordert einen funktionstüchtigen Produktdatenaustausch. Die auf diesem Gebiet bestehenden Defizite wurden von der internationalen Normungsorganisation ISO erkannt und führten 1986 zur Entwicklung der Normenreihe ISO 10303, bekannt unter dem Namen STEP (Standard for the Exchange of Produkt Model Data).

In seiner Dissertation `Ein Produktmodell für den Komplettbau` hat Hörenbaum [54] bei der Bewertung der ISO 10303 die Merkmale dieser Norm hervorgehoben. Der derzeitige Umfang der Norm sowie inhaltliche Schwächen [54] geben dieser Norm im Bauwesen nur geringe Zukunftsaussichten.

1995 wurde deshalb für das Bauwesen die International Alliance for Interoperability (IAI) gegründet [56]. Die IAI hat weltweit derzeit ca. 650 Mitglieder. Sie erkannte, dass die bisher praktizierte Form des Datenaustausches in der Regel keine gemeinsame Nutzung von Informationen über die engen Grenzen der am Bau beteiligten Fachdisziplinen hinaus erlaubt. Die verschieden gelagerten Interessen und Ziele, rechtliche Aspekte und die mangelnde Kommunikation zwischen den Akteuren der Bauindustrie erschweren zusätzlich die gemeinsame Datennutzung.

Der Verfasser kann diese Problematik mit folgenden Beobachtungen an seiner langjährigen Berufspraxis bestätigen:

- Viele Informationen gehen während der Abstimmung zwischen den Planungsbeteiligten verloren oder können nicht effektiv an die Beteiligten der Nutzungsphase übergeben werden.
- Jedes Datenaustauschproblem hat direkten Einfluß auf die Baukosten und auf die Effektivität der Arbeit der Beteiligten.
- Zusätzliche Kosten entstehen für notwendige Nachbearbeitung und Wiedereingabe von verlorenen Daten und für daraus folgende Planungs- oder Ausführungsfehler.

Die IAI versucht daher ein umfassendes Projektmodell zur gemeinsamen Datennutzung im Bauwesen zu konzipieren. Dieses Modell beruht auf Industry Foundation Classes (IFC). Ein Produktmodell ist ein Informationsmodellschema, das alle relevanten Informationen über ein Produkt abbilden kann [64]. Dazu wird das gedankliche Produkt in Einheiten zerlegt, so genannte Entities. Den Entities sind ihre Eigenschaften in Form von Attributen zugeordnet. Die Entities werden miteinander hierarchisch verknüpft zu Komponenten. Ein Produktmodell muss aus baupraktischen Erfordernissen genügend flexibel sein, d. h. es darf dem Prozessmodell keine starren Planungsszenarien vorschreiben. Insbesondere ist eine flexible Zusammenarbeit mit örtlich und inhaltlich wechselnden Bearbeitern in strategischen Allianzen (z. B. Statik und CAD-Detaillierung) zu ermöglichen.



Bild 3.93: Vision: Rechnergestützte Koordination statt Chaos
Quelle: IAI [56]

Das in Bild 3.93 dargestellte Grundmodell der IAI wurde durch Hörenbaum verfeinert und folgendermaßen bei der Umsetzung seiner Ergebnisse [54] erweitert.

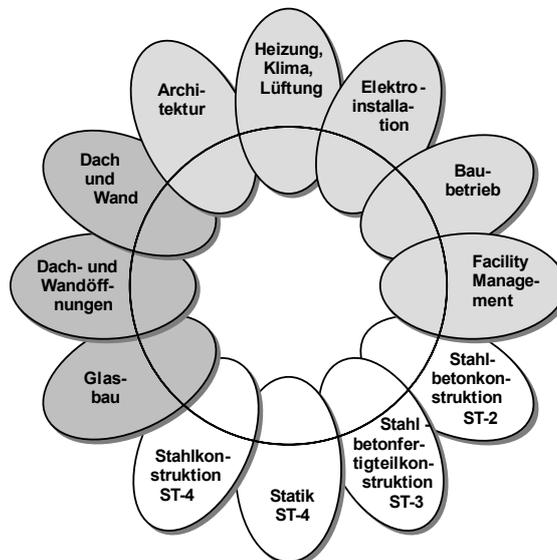
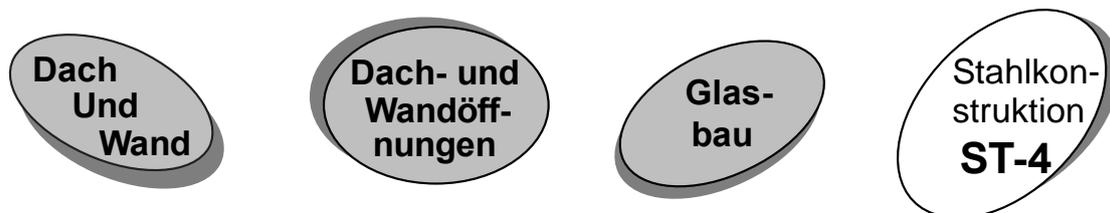


Bild 3.94: Erweitertes Datenmodell
Quelle: Ein Produktmodell für den Komplettbau [54]

Die dunkelgrauen Felder in Bild 3.94 zeigen die in der Dissertation Hörenbaum [54] erarbeiteten Domänenmodelle für den Komplettbau. Die hellgrauen Felder zeigen die Gewerke der sich zur Zeit in Bearbeitung befindlichen Domänen und die weißen Felder sind absehbar notwendige Komplettierungen, darunter ST4 Stahlkonstruktion. Es fällt auf, dass die Schwerpunkte des klassischen Bauwesens also noch gar nicht bearbeitet wurden.

Speziell für den Metallbauer sind entsprechend den Untersuchungsergebnissen dieser Arbeit, zur Berücksichtigen der Leistungsspektren von Metallbaufirmen, folgende Objekte in der untersten Ebene, dem Resource-Layer der IFC-Modellierung, zu ergänzen.

**Domain
Applications Layer**



Resource Layer

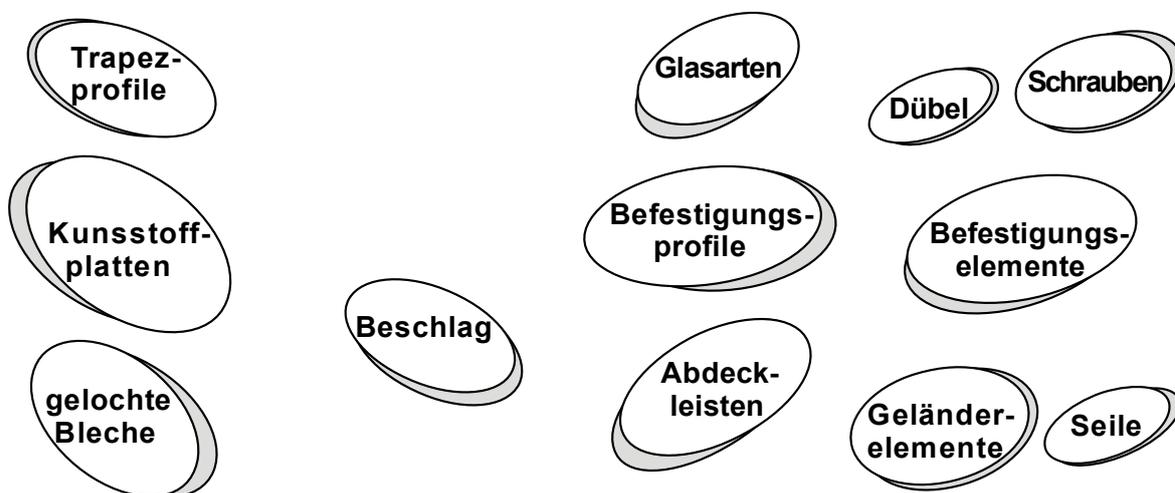


Bild 3.95: Resource-Layer für den Metallbau
Eigene Erhebung

Die im Resource-Layer in Bild 3.95 aufgeführten Objekte sind teilweise domainübergreifend. Diese Forderung wird unterstrichen durch die Innovationsintensität der Komponenten, Halbzeug und Verbindungsmittel. Sie suchen domainübergreifende Kunden. Ein einheitlicher Datenaustausch ermöglicht Konstrukteuren, Produkte selbstständig in ein Projekt zu integrieren ohne hierbei auf den Softwareanbieter angewiesen zu sein.

Die Untersuchungen von Hörenbaum [54] zeigen, dass die Produktmodellierung mit der von IAI entwickelten IFC-Produktmodellbildung zumindest als gedankliches Modell zukunftsweisend ist. Deshalb müssten eigentlich die Bestrebungen zur Vereinheitlichung der Produktdatenerfassung der unter Bild 3.95 aufgeführten Resource-Layer verstärkt werden. Ein Praxisproblem dabei ist sicherlich die aufwändige 3-D Erfassung der marktgängigen Produkte.

Die Produktmodellierung mit IFC beruht im Gegensatz zur Modellierung mit STEP nämlich auf 3-D Objekten und erfordert somit anfänglich einen höheren Implementierungsaufwand. Dafür ist dann aber auch eine automatische Weiterverarbeitung und Auswertung des Produktmodells möglich, z. B. automatisch erstellte Werkstattzeichnungen und CNC-Informationen für Fertigungsautomaten.

Ein derart umfassendes Produktmodell wird naturgemäß von Generalunternehmern gefordert und eingesetzt.

Aber auch in Kleinbetrieben steigt, wie Pegels [61] festgestellt hat, aufgrund sich rapide verbreitender Kommunikations- und Informationsmöglichkeiten der Bedarf nach integrierfähigen Prozessschritten auf Basis eines umfassenden Produktmodells. Die in der Arbeit untersuchten, modulhaft aufgebauten Leistungsspektren könnten durch entsprechende Teilproduktmodelle aus verschiedenen Softwarehäusern kommen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Entwicklung eines praxistauglichen umfassenden Produktmodells, bezogen auf ein ganzheitliches Facility Management, nach bisheriger Erfahrung noch mehrere Jahrzehnte dauern wird. Konkurrierend dazu ist zu beachten, dass die Hersteller von Bausoftware ihre CAD-Systeme mit proprietären Lösungen Gewerke übergreifend erweitern. Es ist abzusehen, dass diese Entwicklungen deutlich effizienter zu nutzen und wesentlich früher marktreif sind, wobei sie offenbar Ansätze der IAI aufgreifen.

So wie die Vereinheitlichung beim Datenaustausch für die Zukunft von großem Nutzen ist, ist es auch höchst sinnvoll die Gestaltung der Nutzungsoberfläche in einer Norm zu fassen. Dies hätte für Kleinbetriebe in der Baubranche folgende Vorteile:

- Das Erlernen von neuen Programmen wird durch eine gleich bleibende Nutzungsoberfläche erleichtert.
- Die Einarbeitungszeit auch bei nur gelegentlicher Nutzung reduziert sich durch eine immer wiederkehrende Logik.

3.7 Statik als Leistungsmerkmal kleiner Baufirmen

Entsprechende Ausbildung des Firmeninhabers vorausgesetzt kann die Vordimensionierung von Bauteilen das bisherige Leistungsspektrum kleiner Firmen des Metallbaus Effizienz steigernd ergänzen. Im Folgenden werden daher konkrete Fälle und ihre Grenzen zur Präzisierung diskutiert.

Die Aufstellung von Standsicherheitsnachweisen wird in sämtlichen Landesbauordnungen in §12 bzw. §13 gefordert. Die Handhabung erfolgt innerhalb der einzelnen Bundesländer sehr unterschiedlich. Zur Verbesserung dieser Situation wurde durch die Bauministerkonferenz im November 2002 eine Musterbauordnung [34] vorgelegt. Im § 66 `Bautechnische Nachweise` sind zur Aufstellung von Standsicherheitsnachweisen nur Bauingenieure und Architekten berechtigt, die in entsprechenden, von den einzelnen Bundesländern geführten Listen eingetragen sind. Einige Bundesländer verlangen, dass alle Standsicherheitsnachweise von einem Prüflingenieur oder bei niedrigem Schwierigkeitsgrad von einem Sachverständigen zu überprüfen sind. Dieses `Vier-Augen-Prinzip` ersetzt den Nachweis der beruflichen Qualifikation eines Standsicherheitsnachweisaufstellers § 68a Abs. 4 Bauordnungsregulierungsgesetz (BODerG) [6].

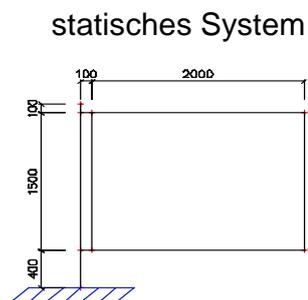
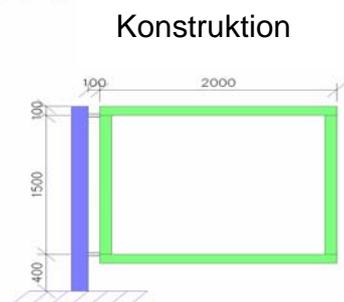
Nach Aussage befragter Prüflingenieure nahm in den letzten Jahren der Baukrise die Qualität der zur Prüfung vorgelegten Unterlagen ab. Durch branchenspezifische Bau-Software und eine Ausbildung, wie diese im Kapitel 4.2 untersucht und erläutert wird, ist dem entgegenzuwirken.

Die Ausbildung zum Bauingenieur ist also auch für Metallbauer anzustreben. Parallel dazu muss ein Metallbaumeister oder –techniker mit innovativen Hilfsmitteln lernen die geforderten Konstruktionen im Vorfeld zu planen. Hierzu wurde untersucht, welche Schritte hinsichtlich des Standsicherheitsnachweises für diese Berufsgruppe relevant sind:

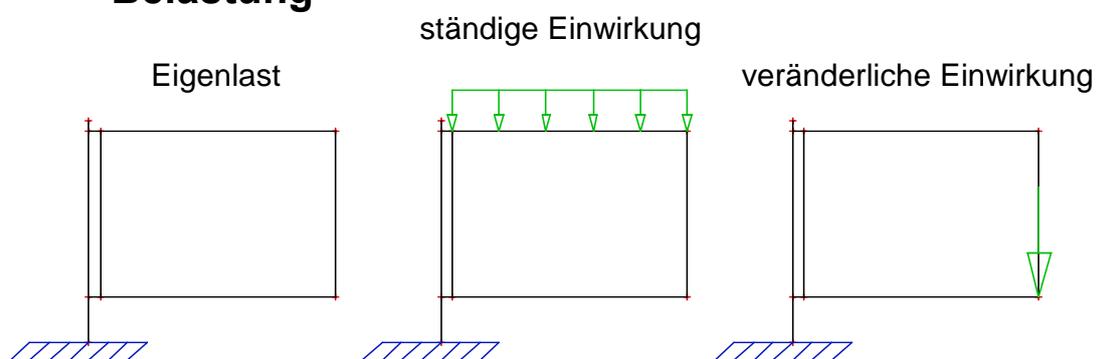
- Auswahl des Konstruktionsbauteiles entsprechend dem Leistungsspektrum
- Ermittlung des statischen Systems
- Ermittlung der Lastannahmen nach DIN 1055 Teil 1,3,4 u. 5 [11][12][13][14]
- Berechnung der Ausnutzung der einzelnen Konstruktionselemente bei Einhaltung der Standsicherheit
- Berechnung der Verformung zur Vorbeugung konstruktiver Mängel
- Berechnung der Auflagerreaktionen zur Festlegung von Verbindungsmitteln bzw. zur Weitergabe an die Vorgewerke (Maurer oder Zimmerer)

Statisches System Zäune, Gartentüren und Gartentore

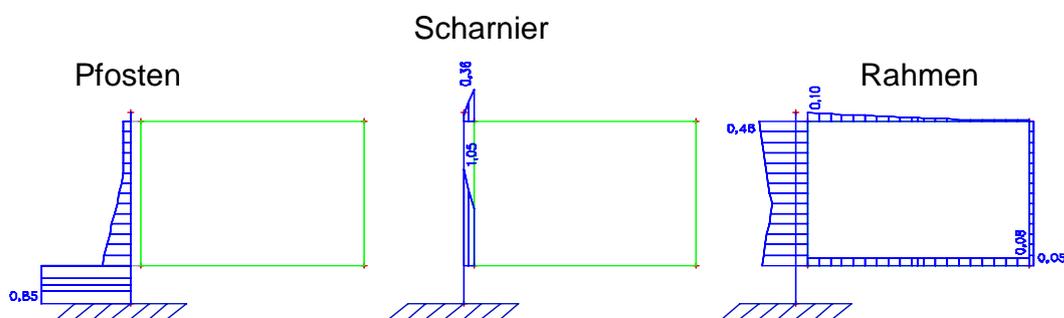
Bauteil



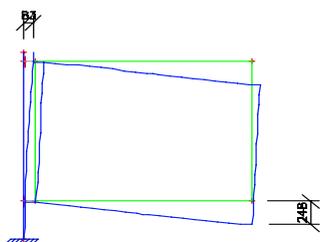
Belastung



Berechnungsergebnisse



Verformung



Auflagerreaktion

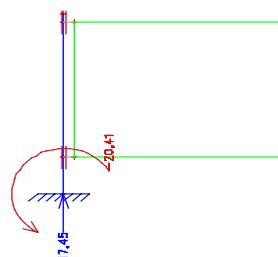


Bild 3.96: Statik-Grundlagen zu Gartentoren
Quelle: Eigene Erhebung

Zunächst wird als überschaubares Fallbeispiel das bereits im Kapitel 3.1 konstruktiv erläuterte Spektrum von Zäunen, Gartentüren und Gartentoren diskutiert.

Das statische System, die Belastungen, Ausnutzungen, Verformungen und Auflagerreaktionen sind im Bild 3.96 für dieses Spektrum zusammengestellt.

Bei der Rahmenverformung ist auf eine verbleibende, ausreichende Bodenfreiheit zu achten und trotz der Pfostenverformung eine ordnungsgemäße Schließfunktion zu gewährleisten.

Die ermittelten Auflagerreaktionen sind an den Fundamenthersteller (Maurer) weiterzuleiten. Für den Dübelanschluss des Pfostens stehen Bemessungsprogramme der Hersteller zur Verfügung, die gleichzeitig die Materialstärke der Fußplatte mitdimensionieren.

Das Spektrum von Treppen stellt bereits höhere Anforderungen (siehe Bild 3.97). Das statische System in Bild 3.97 zeigt die gerade, einläufige Treppe, mit zwei Wangen bzw. zwei Holmen.

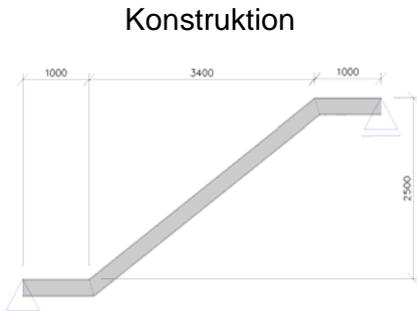
Die Dimensionierung von Einholmtreppen, Wendeltreppen, Spindeltreppen oder mehrgeschossigen Treppen mit Unterkonstruktion erfordert ein Fachwissen über Randbedingungen (z. B. Windangriff, ungünstigste Lastangriffe, Stabilisierungskräfte, Torsionskräfte, Fundamentdimensionierung etc.). Hierfür ist Ingenieurwissen auf höherem Niveau nötig.

Die veränderliche Einwirkung ist der DIN 1055-3 [12] Tab.1 Zeile 18, 19 und 20 zu entnehmen. Die zu erwartenden Verformungen vermitteln dem berufserfahrenen Ingenieur die Schwingungsanfälligkeit der gewählten Treppenkonstruktion. Diese ist bei der Begehung von Treppen von Bedeutung für das `Wohlbefinden von Personen`.

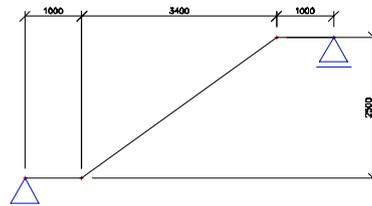
Handläufe werden entsprechend Bild 3.98 berechnet und bemessen.

Statisches System gerader einläufiger Treppen

Bauteil



statisches System



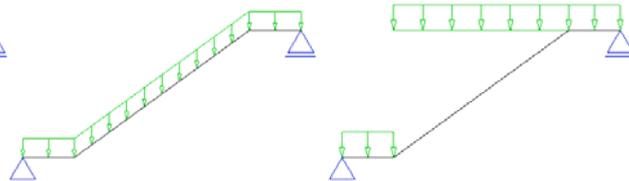
Belastung

ständige Einwirkung

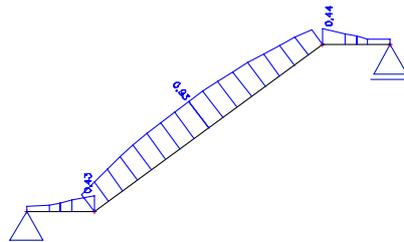
Eigenlast



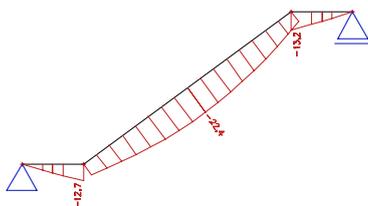
veränderliche Einwirkung



Berechnungsergebnisse



Verformung



Auflagerreaktionen

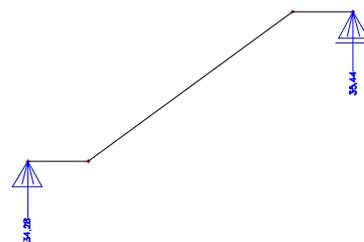
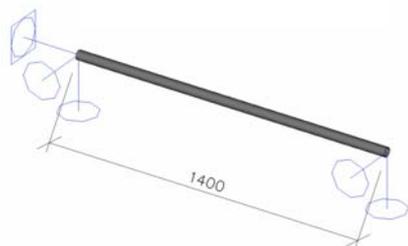


Bild 3.97: Statik-Grundlagen zu geraden einläufigen Treppen mit Podest
Quelle: Eigene Erhebung

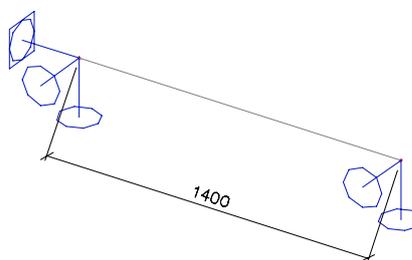
Statisches System Handläufe

Bauteil

Konstruktion

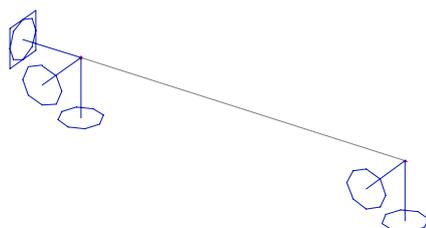


statisches System

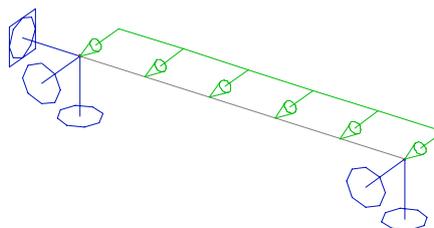


Belastung

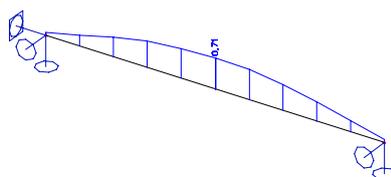
Eigenlast



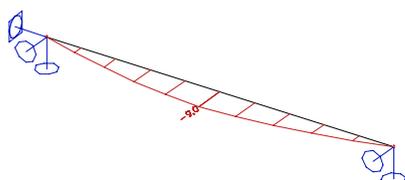
veränderliche Einwirkung



Berechnungsergebnisse



Verformung



Auflagerreaktion

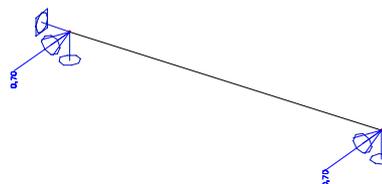
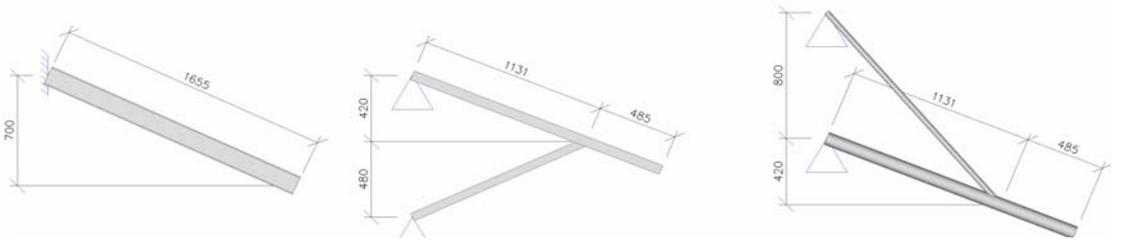


Bild 3.98: Statik-Grundlagen zu Handläufen
Quelle: Eigene Erbung

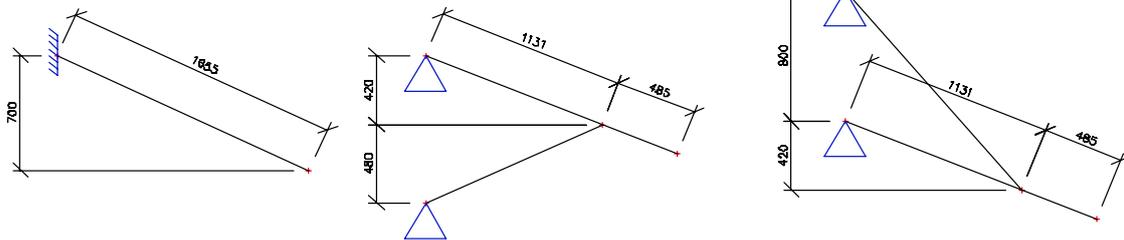
Statisches System Vordächer

Bauteil

Konstruktion

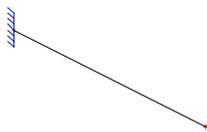


statisches System

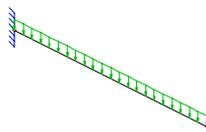


Belastung (Streckenlast)

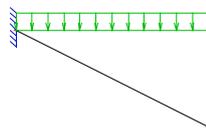
Eigenlast



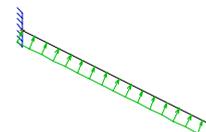
ständige Einwirkung



veränderliche Einwirkung

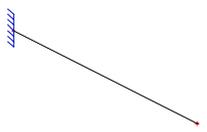


veränderliche Einwirkung

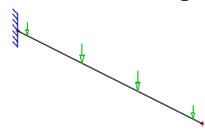


Belastung (Punktlast)

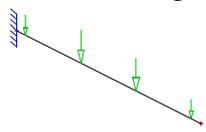
Eigenlast



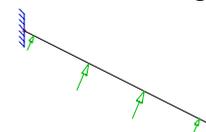
ständige Einwirkung



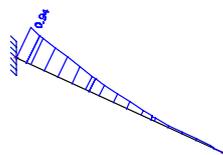
veränderliche Einwirkung



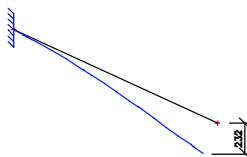
veränderliche Einwirkung



Berechnungsergebnisse



Verformung



Auflagerreaktion

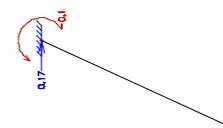


Bild 3.99: Statik-Grundlagen zu Vordächern
Quelle: Eigene Erhebung

Die Vorgehensweise bei der Bemessung von Vordächern und deren Belastungsarten ist in Bild 3.99 gezeigt.

Die Belastung setzt sich zusammen aus:

- Der Eigenlast aus den verwendeten Bauteilen
- Der ständigen Einwirkung bestehend vorwiegend aus dem Dachbelag wie z. B. Glas, Blech (Wellblech) und dgl.
- Der veränderlichen Einwirkung aus Schnee siehe DIN 1055-5 [14] und dem Wind (siehe DIN 1055-4) [13]

Das Eigengewicht bei Vordächern liegt vorwiegend unterhalb der entgegen wirkenden Windlast, die nach DIN 1055-4 6.3.2 und Abschnitt 6.3.1 Bild 12 anzusetzen ist. Die Folge hieraus ist, dass bei abgehängten Konstruktionen die Zugstangen mit Druck belastet werden und entsprechend zu dimensionieren sind. Weiterhin wechselt die Belastung von Befestigungselementen von Druck auf Zug.

Bei Glaseindeckungen gibt es einen Erfahrungsrichtwert für die Verformung von $l/300$. Für Glasscheiben, die zur Zeit mit einer maximalen Länge von 5,9 m gefertigt werden können, entspricht dieser Erfahrungswert der maximalen Durchbiegung von 15 mm die die TRLV [39] vorgibt. Für Glasscheiben mit einer Länge von < 3 m ist laut TRLV [39] eine maximale Durchbiegung von $l/200$ zulässig. Dieser zulässige Wert führte jedoch in der Praxis vereinzelt zu Glasrissen. Basierend auf dieser Erkenntnis sollte die Durchbiegungsbeschränkung für die Auflagerkonstruktion von $l/300$ zur Vermeidung von Glasschäden nicht überschritten werden.

Für den Bereich der Statik ist festzuhalten, dass sich die Ausbildung zum Bauingenieur für den Metallbauer als sehr vorteilhaft erweisen würde. Die o. g. Untersuchungen haben jedoch ergeben, dass dies bisher nur selten der Fall ist, da Bauingenieure nicht befugt sind, Metallbauer auszubilden und somit nicht in die Handwerksrolle für dieses Gewerk eingetragen werden. Der Großteil aller Kleinbetriebe im Metallbau ist den Handwerkskammern angegliedert. Dieses strukturelle Hindernis ist zukünftig sachlich noch unberechtigter als bisher.

4 Schlussfolgerungen aus der Marktentwicklung

Kleine Metallbauunternehmen haben durch die absehbaren technischen Entwicklungen und Innovationen sowie die möglichen Verbesserungen im Bildungswesen solide Marktchancen für die kommenden Jahrzehnte. Durch das mit technischen Innovationen und Bildung erweiterte Kompetenzspektrum und die für kleine Unternehmen typische Effizienz stehen ihnen im regionalen Markt im Industrie- und Bürobau, beim Bauen im Bestand, bei Umnutzungen und Sanierungen profitable Tätigkeitsfelder offen. Während mittlere und große Bauunternehmen vorwiegend im Preiskampf mit globalen Wettbewerbern aus Niedriglohnländern der erweiterten EU werden bestehen müssen, genügt kleinen Firmen der regionale Markt, in dem sie sich bestens auskennen. Nachteile im Lohnniveau können durch Effizienz und Kompetenz ausgeglichen werden.

In diesen regionalen Märkten können die kleinen Betriebe bis in den „Komplettbau aus einer Hand“ vordringen, der bisher nur größeren Unternehmen vorbehalten war. Die Faszination dieser Marktchancen darf aber nicht den Blick dafür verstellen, dass diese mögliche Entwicklung zwingend an zwei Bedingungen gebunden ist, die erst noch erfüllt werden müssen.

1. Das Bildungswesen, insbesondere der Technischen Hochschulen, muss zukünftigen geschäftsführenden Inhabern und leitenden Ingenieuren die notwendige innovative Kompetenzbreite und das innovative Kompetenzniveau vermitteln. Dies bezieht sich auf den technischen wie auch auf den kaufmännischen Bereich.
2. Die Bauinformatik muss in Form von CAD-Hochleistungssystemen mit angeschlossener CNC-Fertigung die notwendige Effizienz und Qualitätssicherheit als Leistungsverstärker ermöglichen. Das erweiterte Leistungsspektrum, welches sich hieraus ergibt, ist ein fundamentaler Baustein bei der Zukunftssicherung von Kleinbetrieben des Metallbaus.

4.1 Innovation durch Bauinformatik

Im vergangenen Jahrhundert wurde menschliche Körperkraft mehr und mehr durch Maschinenkraft ersetzt, was in vielen Ländern die Basis zu wirtschaftlichem und sozialem Wohlstand der breiten Bevölkerung schuf. Angesichts der typischen Entartung der Bevölkerungspyramide in den wirtschaftlich erfolgreichen Ländern wird es nun notwendig, dass auch die geistige Schaffenskraft der arbeitenden Bevölkerung durch „Maschinen“ verstärkt wird. Wenn immer weniger Menschen im Arbeitsleben immer mehr Menschen außerhalb des Erwerbslebens finanzieren müssen, zumal bei Erhalt des heutigen Sozialniveaus, dann geht dies nur über Steigerung der Kompetenz und Effizienz der arbeitenden Bevölkerung.

Innerhalb weniger Jahrzehnte hat sich mit der extrem schnellen Entwicklung und Verbreitung der Computertechnologie ein Werkzeug entwickelt, um auf dem Gebiet der Technik die geistige Schaffenskraft von Menschen hocheffizient zu verstärken. Komplementär zur Computertechnologie wuchs die Informatik und Softwareindustrie. Hierbei hat zum Thema dieser Arbeit die Bauinformatik zumindest auf dem Gebiet der CAD-Hochleistungssysteme und der vernetzt-kooperativen, rechnergestützten Arbeitsprozesse eine Schlüsselstellung. Hier kann der Verfasser dieser Arbeit auf ein Jahrzehnt persönlicher beruflicher Erfahrung als Inhaber einer kleinen Stahl- und Metallbaufirma zurückgreifen. Nur durch Einsatz eines kontinuierlich weiter entwickelten CAD-Hochleistungssystems konnte der Verfasser die Effizienz und Leistungsstärke entwickeln, alle unternehmerischen Aufgaben des Betriebes allein zu lösen. Wo in mittleren Unternehmen personalstarke Teams mit spezialisierter Ausbildung eingesetzt werden, war im kleinen Betrieb als Vorreiter der Branche in innovativer Weise die Erledigung aller technischen und kaufmännischen Arbeiten durch eine Person möglich.

Durch das eingesetzte CAD-Hochleistungssystem wurde die Auftragsakquisition entscheidend unterstützt. Als Referenzen konnten von einfachen bis zu komplexen Bauwerken mit CAD erstellte Perspektivzeichnungen den Interessenten vorgelegt werden, die in dieser Beratungsqualität niemand von einer kleinen Firma erwartet hatte. Dieser Leistungsbeweis führte überdurchschnittlich häufig zu Auftragserteilung, d. h. das Verhältnis von Angeboten zu Aufträgen betrug 4:1. Branchenüblich ist ein Verhältnis von 10:1, d. h. die Angebotseffizienz war durch den innovativen CAD-Einsatz um den Faktor 2,5 besser als bei traditionellen Wettbewerbern. Innovative Unternehmer setzen innovative Investitionen für ihren Unternehmenserfolg ein.

Diese Effizienz, gleichzeitig verbunden mit einem überzeugenden Kompetenzbeweis, setzte sich bei der Auftragsklärung fort. Nach Auftragserteilung wurde nämlich für einfachste bis schwierigste Objekte stets zunächst eine Serie von detaillierten CAD-Perspektivzeichnungen erstellt, die dem Bauherrn und ggf. seinem Architekten realitätsgetreu das zukünftige Bauwerk verständlich vor Augen führte. Zum abschließenden Klärungsgespräch beim Kunden wurden auf dem mitgebrachten Notebook die Änderungswünsche des Kunden live durchgeführt und mit Perspektiven dokumentiert. Nach endgültiger Auftragsklärung wurden in dieser Auftragsphase die vereinbarten Planunterlagen gegenseitig unterzeichnet. Nachträge, die sich im Nachhinein ergaben, wurden problemlos vergütet, da die Vertragsgrundlagen eindeutig dokumentiert und unterzeichnet waren. Zeitraubende Gerichtsprozesse wurden gänzlich überflüssig. Die Fertigung konnte vollständig vom traditionellen Auslegen der Konstruktion und von passendem Schlossern der Einzelteile am probemontierten Bauteil umgestellt werden auf industrielle Einzelfertigung nach CAD-Einzelteilzeichnung. Dies war eine geradezu revolutionäre Innovation gegenüber der Tradition von Schlossereien. Zum Teil war deshalb erhebliche Überzeugungsarbeit in der Fertigung zu leisten, dass ohne Auslegen der Konstruktion in der Werkstatt und Anpassen der Teile untereinander und am Bestand die nach CAD-Zeichnungen gefertigten Einzelteile auf der Baustelle ohne Nacharbeit passen werden. Durch die hohe Passgenauigkeit verbunden mit einer auffallend sauberen Ausführungsoptik erwarb die Firma bezüglich der Produktqualität einen sehr guten Ruf. Dieser eröffnete wiederum etwas Spielraum in der Preisgestaltung bei einem zunehmend härteren Markt mit extremem Preiskampf wirtschaftlich angeschlagener Wettbewerber.

Dieses durch Innovation insgesamt sehr erfreuliche Bild soll durch nachfolgend hergeleitete Kritikpunkte und konzeptionelle Verbesserungs- und Entwicklungsvorschläge zu CAD-Hochleistungssystemen nicht geschmälert werden. Im Gegenteil, die Vorteile durch Einsatz innovativer Technologie sind auf Basis eines Jahrzehnts persönlicher Arbeitserfahrung noch erheblich zu steigern.

Entwickler hochkomplexer Software erarbeiten vor Beginn der Programmierung an einem Pflichtenheft. Sie haben verständlicherweise nur minimale praktische Erfahrung in dem Anwendungsgebiet, welches sie entwickeln. Somit erhält die Informationsquelle einen Stellenwert mit höchster Priorität. Besonders Detailwissen, welches sich aus der praktischen Tätigkeit im Laufe der Jahre entwickelt, führt zu Lösungen, die die technischen, kaufmännischen aber auch menschlichen Randbedingungen berücksichtigen.

Über viele Feldversuche, die Pilotanwender und Anwender finanziell und personell kritisch belasten, kommt man so dem eigentlich anzustrebenden Ziel spiralig näher. Die Nutzung von CAD-Hochleistungssystemen für den Fortschritt in der Branche bedarf einer wissenschaftlichen Untersuchung mit Berufserfahrung. Nur so können Schwachstellen im System aufgedeckt und die Weiterentwicklung zielstrebig fortgesetzt werden.

Angesichts des zukünftig überwiegenden Bauens im Bestand in den Wohlstandsländern der EU ist die Bestandsaufnahme mittels 3-D Laserscannen eine vorrangig wichtige Eingabeform. Daran haben die CAD-Entwicklungsbüros offenbar noch nicht gedacht oder aber zumindest die Bedeutung nicht erkannt und umgesetzt. Dabei beruhen Konstruktionsfehler, die trotz des Einsatz von CAD-Hochleistungssystemen auftreten, zumeist darauf, dass die in sich fehlerfreie CAD-Konstruktion nicht in den bauseitigen Bestand passt oder mit anderen Zulieferungen kollidiert.

Die in CAD-Systemen heute für Neukonstruktionen angebotenen Eingabemöglichkeiten mit räumlichen Rastern (Achsen, Reihen und Koten), die zur exakten Platzierung von Bauteilen dienen, bewähren sich und sind ausgereift. Zur Nachbildung bauseitig vorhandener räumlicher Geometrie sind diese Eingabeformen aber ebenso aufwendig wie fehleranfällig, also unwirtschaftlich. Zum Vorteil nicht nur der kleinen Metallbauunternehmen muss zukünftig die Eingabe des Bestandes durch die räumliche Aufnahme mittels Nahbereichsphotogrammetrie bzw. terrestrischem Laserscannen erfolgen. Nur diese Verfahren sichern methodisch die exakte Übereinstimmung des rechnerinternen 3-D Modells mit der bauseitigen Wirklichkeit. Menschliche Fehler sind bei direkter Übergabe vom Scansystem zum CAD-System ausgeschlossen, da der Transfer ohne menschliches Zutun erfolgt, somit also auch mit einer hohen Genauigkeit verbunden ist. Diese zukunftsweisende und in der Praxis hoch bedeutenden Integrationsform von gegenseitig abhängigen Informationsdaten wird auch beim Informationsaustausch zwischen den Hauptgewerken und den Vor- und Nachgewerken übersehen. Selbst Gewerke übergreifende CAD-Hochleistungssysteme, die Stahlbau, Holzbau, Glasbau, Metallbau und ansatzweise auch Massivbau umfassen, müssen an vor- und nachgelagerte Softwaresysteme sowie Softwaresysteme mit Zulieferungscharakter effizient und verlustfrei koppeln können.

Hier ist es interessant zu beobachten, dass die Entwickler von Branchensoftware mit weltweiter Bedeutung durch Firmenkooperationen z. B. versuchen, Statik, Stahlbau und Massivbau in ein CAD-System mit einheitlicher Benutzungsoberfläche und konsistentem Produktmodell zu integrieren (Tekla).

So weit von außen zu erkennen, werden bei dieser Integration proprietäre Schnittstellen verwendet, die im Bauwesen leistungsfähiger und verlustfreier sind als z. B. STEP oder IAI.

So bald diese Integration praxistauglich ausgereift ist, kann im Metallbau rechnergestützt mit einem einzigen, zentralen Produktmodell methodisch konstant und widerspruchsfrei nach dem Prinzip der Einmalspeicherung gearbeitet werden. Änderungen in der Statik führen dann rechnergestützt zu entsprechenden Änderungen in der Konstruktion, z. B. zu neuer Profilwahl, und umgekehrt. Auch der Schritt vom Komplettbau inklusive Fundament und Massivbau zum Generalübernehmer für sämtliche Gewerke aus einer Hand wird dann softwareseitig effizient genug unterstützt.

Konsequenterweise muss die Zulieferindustrie, die z. B. Fassadenelemente, Beschläge, Sonderprofile, Füllungen, Verbindungsmittel etc. anbietet, sich dieser Innovation des Marktes anschließen. Begleitend zu den primären Produkten wird der Markterfolg von Zulieferfirmen vermehrt davon abhängen, dass sie auch softwarekompatible 3-D Produktmodelle für CAD-Hochleistungssysteme bereitstellen und mitliefern. Die notwendige Fachkompetenz zur sachgerechten Verwendung dieser Zulieferkomponenten kann in CAD-Methoden eingebettet werden. Der Schulungsaufwand bei Einführung innovativer Zulieferteile ist dann nicht mehr prohibitiv, zusätzlich werden Fehlanwendungen weniger wahrscheinlich. Wichtig bleibt festzuhalten, dass durch CAD-Methoden der Wissenstransfer und der Kompetenzaufbau im Wesentlichen durch Software erfolgt, also effizienter ist als umfassende Schulungen von Einzelpersonen.

Ansatzweise hat die Zulieferindustrie diese existenzsichernde Chance erkannt und entsprechende Softwareentwicklung begonnen. Eine genügend effiziente und verlustfreie produktmodellierete Informationsübergabe an CAD-Hochleistungssysteme mit entsprechender „Intelligenz“ ist bis heute aber nicht erreicht. Nur Unternehmer der Zulieferindustrie, die den Marktanforderungen von Metallbauern zukunftsweisend nachkommen wollen, arbeiten an dieser Art von Informationsbereitstellung. Durch die häufigen und raschen Produktinnovationen ist die Zulieferindustrie gefordert, diese Daten zentral für alle potentiellen Anwender und Kunden softwareseitig zu entwickeln und zu aktualisieren. Metallbauer sind weder fachlich noch wirtschaftlich in der Lage, diesen Informationspool selbst zu erstellen. Das Entwickeln sowie die Pflege produktmodellorientierter Zulieferteile bleibt Aufgabe des entsprechenden Industriezweiges. Die Entwicklung und Bereitstellung zu produktbegleitender Software muss dort stattfinden, wo die höchste Produktkompetenz vorliegt.

Die Produktkompetenz wird dann möglichst umfassend durch Kopieren entsprechender CAD-Methoden im Markt verbreitet, nicht durch zeitraubende Schulungen. Der Marktmechanismus für Zulieferer gilt grundsätzlich auch für staatliche Einrichtungen, wenn die Kriterien von Effizienz und Kompetenz gültig bleiben sollen. Wenn schon Zulieferer Anwendungs- und Bemessungsregeln für ihre Produkte als Softwarebausteine bereitstellen, damit der Markt ihre Produkte sachgerecht einsetzen kann, so sind auch staatliche Einrichtungen gefordert ihre Vorschriften, Verordnungen und Richtlinien so aufzubereiten, dass diese problemlos in produktmodellorientierte CAD-Hochleistungssysteme an den richtigen Stellen zu integrieren sind. Die dazu erforderliche Struktur und gedankliche, stringente Logik hätte eine ungemein positive Wirkung auf Landesbauordnungen, DIN-Vorschriften und Richtlinien von Fachverbänden bis hin zu den Technischen Baubestimmungen [23]. Durch die Häufigkeit von Änderungen bei Richtlinien und im Verordnungswesen, wie z. B. einer fortwährenden Anpassung der einzelnen Bundesländer an die Musterbauordnung, ist die Anwendung mittels traditioneller Verfahren durch hoch belastete Inhaber von kleinen Firmen im Bauwesen nicht sichergestellt, wie in Kapitel 2 beschrieben. Erst wenn methodisch die bewährten Verfahren von Software-Updates auch von staatlichen Stellen und Fachverbänden aufgegriffen und genutzt werden, kann der Kompetenztransfer mit einer Sicherheit und Effizienz erfolgen, wie sie die nächsten Generationen unter schwierigeren Bedingungen brauchen werden. Im Grunde sind geänderte und aktualisierte Bauvorschriften nichts anderes als Software-Updates, allerdings in zumeist außerordentlich ineffizienter Form, die die zügige Verbreitung durch hohen Einführungsaufwand behindert oder de facto verhindert.

Den Entwicklungsbüros für Bausoftware ist weiterhin nicht hinreichend klar, welche Bedeutung die gleichzeitige Bearbeitung eines geplanten Bauobjekts durch viele Fachleute in unterschiedlichen Büros und Firmen an verschiedenen Standorten hat. Bei den heutigen extrem kurzen Planungszeiten, die der Markt bei gleichzeitiger Forderung nach Fehlerfreiheit über Konventionalstrafen erzwingt, müssen schon bei mittleren Aufträgen mehrere Ingenieure gleichzeitig parallel in gleichen und in verschiedenen Gewerken an einem Planungsauftrag arbeiten. Diese Ingenieure sitzen praktisch nie gemeinsam in einem Büro, sondern weit verteilt an verschiedenen Standorten in teilweise kooperierenden Firmen. Konventionell entsteht dabei eine für das Bauwesen typische, sehr hohe Fehlerquote an den Schnittstellen zwischen den einzelnen Bearbeitern.

Erfahrene Prüflingenieure suchen vor allem hier nach Fehlern und werden fündig. Die Arbeiten der einzelnen Ingenieure in sich sind hingegen fast durchweg fehlerfrei.

Aus diesem Dilemma, das zu Insolvenzen von Planungsbüros beiträgt, kann der DFG-Forschungsschwerpunkt SPP 1103 in den nächsten Jahren heranzuführen [55].

Die untersuchte Problematik „Kooperativ-verteilte Planungsprozesse im Konstruktiven Ingenieurbau“ zeigt speziell in dem von Weckmann und Pegels bearbeiteten Teilprojekt [66] einen zukunftsweisenden Weg für alle Gewerke des Komplettbaus auf, insbesondere auch für kleine Betriebe des Metallbaus. Dieses Ziel wird im Thema des Vorhabens deutlich herausgestellt: „Benutzungsoberfläche und Wrapper für verteilt-kooperative Planungsprozesse im Komplettbau“.

Wie die praktische Betriebserfahrungen des Verfassers mit den persönlich intensiv eingesetzten CAD-Systemen belegen, fehlen bei der Alltagsarbeit noch folgende CAD-Leistungen:

- Speziell entwickelte Bauteile bzw. Baugruppen der einzelnen Firmen müssen derart bibliothekhaftig abgelegt werden können, damit sie bei Bedarf bildhaft aufzurufen sind und durch entsprechende Maßeingabe den Konstruktionswunsch schnell und genau wiedergeben.
- Kurzfristige und unerwartete Änderungen die sich auf der Baustelle ergeben sind aus Kostengründen schnellstens abzuklären. Whiteboards würden oftmals mittels einer vernetzt-kooperativen Online-Verbindung eine sofortige Problemerkennung und entsprechend eine schnelle und korrekte Problembhebung ermöglichen. Konstruktionsänderungen sowie Nachforderungen, die sich hieraus ergeben, können dokumentiert werden und sind zusätzlich durch den Verantwortlichen (Planer oder Bauherrn) mittels digitalisierter Unterschrift abzuzeichnen.
- Zur Klärung bestimmter Zeichnungsdateien fehlt in CAD-Hochleistungssystemen eine Art `Support-Button`. Dieser ermöglicht über das Internet eine kurzfristigste Datenübermittlung an den oder die Verantwortlichen, damit auftretende Probleme schnell und fehlerfrei gelöst werden können.

4.1.1 Konzeption einer zielgruppengerechten CAD-Nutzungsoberfläche

Auf die Konzeption einer zielgruppengerechten CAD-Nutzungsoberfläche haben folgende Randbedingungen bestimmenden Einfluss:

- „Intelligenzgrad“ des CAD-System
- Branchenspezifische Benutzerstruktur und -denkweise
- Anpassungsfähigkeit des CAD-System an die stark unterschiedlichen Benutzerfähigkeiten und -anforderungen (Ingenieure, Meister, Facharbeiter, Lehrlinge)

In einer Veröffentlichung der Universität Tübingen [51] wurde die Abhängigkeit bei Arbeiten mit einem CAD-System vom Vorwissen, der Häufigkeit der Benutzung und der Komplexität der Anwendung in einem räumlichen Koordinatensystem dargestellt (Bild 4.1).

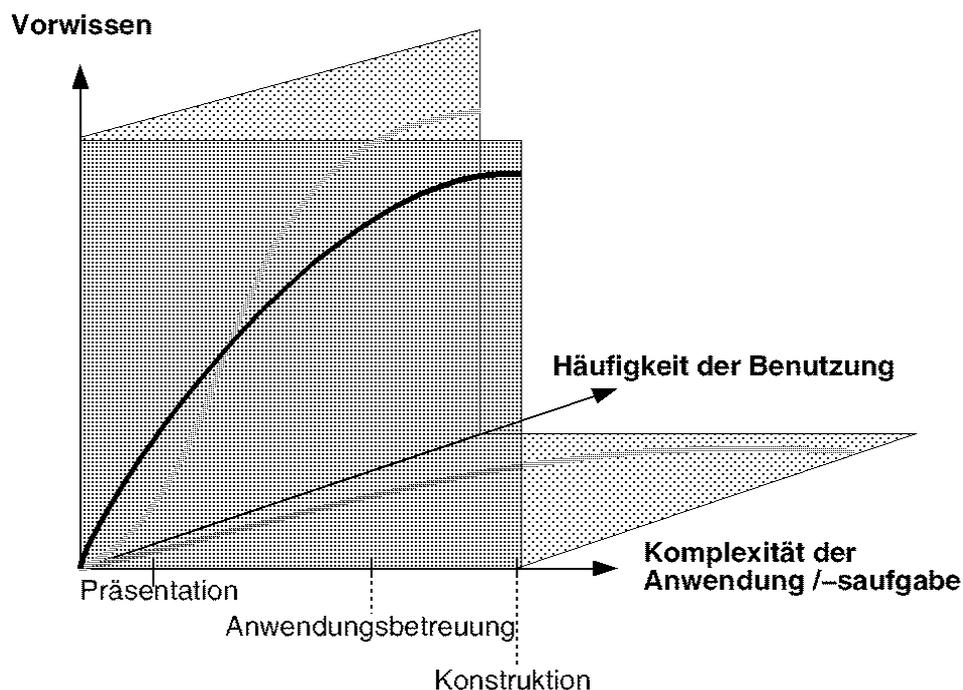


Bild 4.1: Abhängigkeit zwischen verschiedenen Aspekten Industrieller CAD-Systeme
Quelle: Universität Tübingen Fachbereich Informatik [51]

Unter Berücksichtigung dieser Beeinflussungsfaktoren wird nachfolgend für Kleinbetriebe im Metallbau eine geeignete Nutzungsoberfläche konzipiert.

Zu Beginn einer jeden Konstruktion ist ähnlich zu einem Schriftfeld eine Liste mit Auftragskopfdaten auszufüllen (Bild 4.2).

Die Eintragungen dienen als primäre organisatorische Dokumentation für den Auftraggeber und den Auftragnehmer. Eventuell auftretende Probleme oder vorgenommene Änderungen sind diesen Eingaben schriftlich zuzuordnen.

Die Mitarbeiter sind sofort über die Kopfdaten des Bauvorhabens informiert, vermeiden so Fehler bei der Eintragung ihrer Daten in die Stundenzettel und verwenden bei Barcodekarten die korrekte Kostenstelle.

Bauherr	<input type="text"/>	Auftragsnummer	<input type="text"/>
Bauvorhaben	<input type="text"/>	Datum	<input type="text"/>
Bauteil	<input type="text"/>	gez	<input type="text"/>
Bauort	<input type="text"/>	Änderung	Vermerk <input type="text"/>
			Datum <input type="text"/>

Bild 4.2: Auftragskopfdaten

Quelle: Eigene Erhebung

Vorgaben über Inhalt und Ausführung eines Schriftfeldes sind in der DIN 6771-1 [15] festgehalten. Je nach Zeichnungsart (Übersichts-, Werkstatt- und Einzelteilzeichnung) ist das Schriftfeld mit den notwendigen Informationen angepasst. Die Auftragskopfdaten des CAD-Systems haben die genormten Schriftfeldarten zentral nach dem Prinzip der Einmalspeicherung und Erfassung mit den Kopfinformationen zu versorgen.

Nach der Erfassung der Kopfinformationen eines Bauvorhabens muss ein für kleine Betriebe geeignetes CAD-System über eine Bildauswahl (Bild 4.3) sein Leistungsspektrum übersichtlich geordnet anbieten.

Piktogramme auf das Wesentliche reduziert, leicht verständlich und identifizierbar führen und begleiten den Anwender.

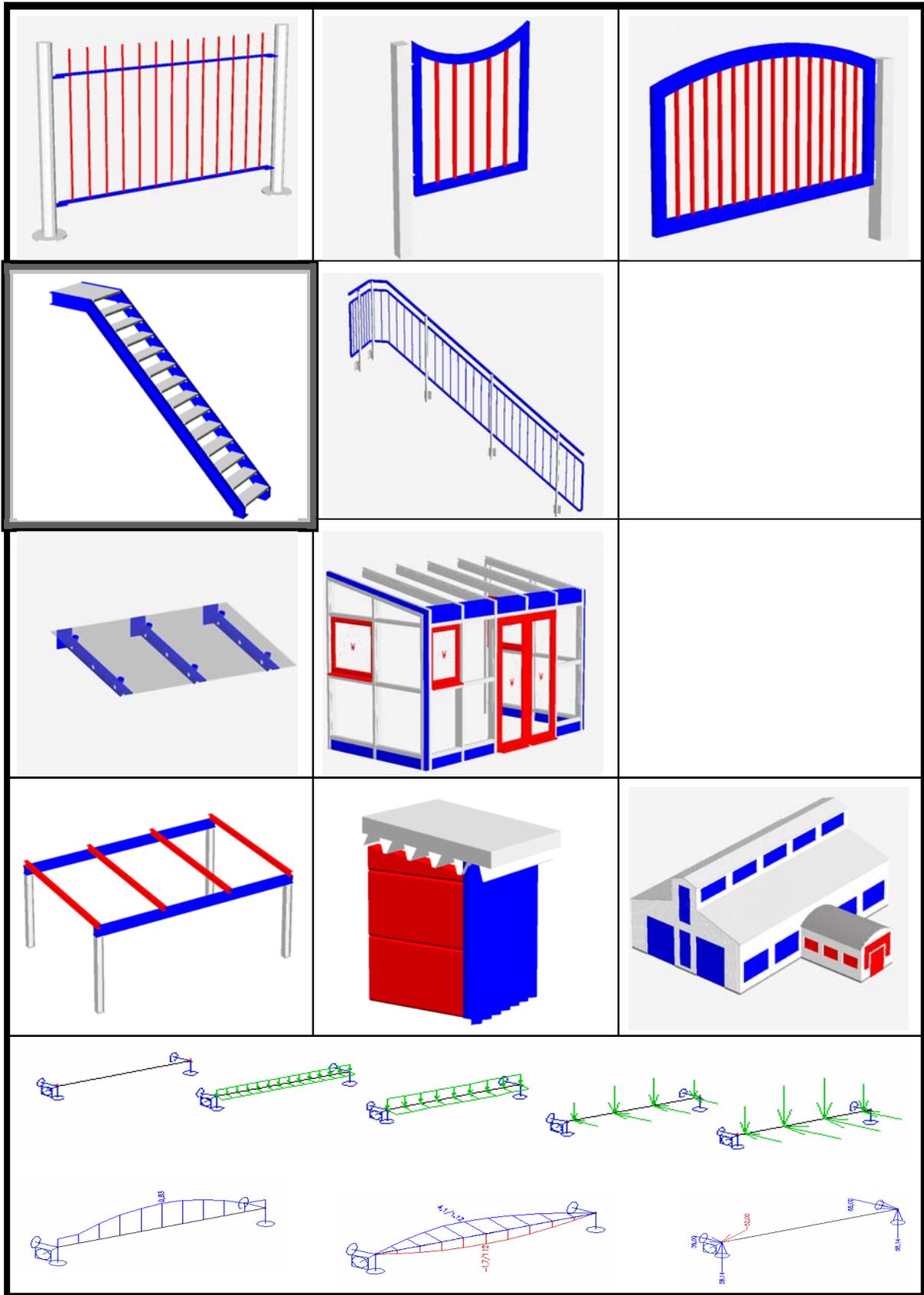


Bild 4.3: Piktogramm des CAD-Leistungsspektrums für den Metallbau
 Quelle: Eigene Erhebung

Das im Kapitel 3.7 `Statik` beschriebene Modul wird schon im ersten Piktogramm aufgeführt. So wird dem Anwender schon vor Zeichnungsbeginn dieses zeitlich vorrangige Statik-Werkzeug an die Hand gegeben.

Zur Beschreibung des über Piktogrammfolgen geleiteten Anwenderweges wird die Konstruktion einer Treppe gewählt. Treppen sind besonders typische Objekte für kleine Betriebe des Metallbaus.

Normen	Verordnungen	Zulassungsbescheide	Richtlinien	Fachliteratur Fachfirmen
DIN 1055-3	Landesbauordnung			Stahltreppen Julius Hoffmann Stuttgart
DIN 18065	VersammlungsstättenVO			Stahltreppen Ursula Klaus Klaus Siegel DVA Stuttgart
DIN 24530	Gaststättenbau VO			Treppen in Stahl HansGladischefski Klaus Halmburger Bauverlag Berlin
DIN 24531	Verkaufsstätten VO			

Bild 4.4: Tabellen für Normen, Vorschriften, Zulassungsbescheide, Richtlinien und Fachliteratur bzw. Fachfirmen für Treppen
Quelle: Eigene Erhebung

Die laufende Pflege der unterschiedlichen Vorgaben der Landesbauordnungen die ständigen Veränderungen der gesetzlichen Grundlagen, konstruktive Hilfsmittel, Fachliteratur und Fachfirmen (siehe Bild 4.4) ist für Kleinunternehmen ein prinzipielles Struktur- und Qualitätsproblem. Vernetzt-kooperative Kommunikationsmöglichkeiten mit zentraler Erfassung durch den branchenerfahrenen CAD-Hersteller könnte das Problem der erstmaligen Zusammenstellung und vor allem der ständigen Aktualisierung wirtschaftlich sinnvoll für die gesamte Branche lösen. Das Informationsinteresse einerseits und wirtschaftliche Aspekte andererseits bilden eine erfolgsversprechende Basis für eine Zusammenarbeit über die vorgeschlagene Plattform.

Nach den Informationen des Anwenders über relevante Richtlinien und zu beachtende Änderungen soll die konzipierte Benutzeroberfläche entsprechend Bild 4.5 die grundsätzlichen Bauformen von Treppenanordnungen zur Wahl anbieten.

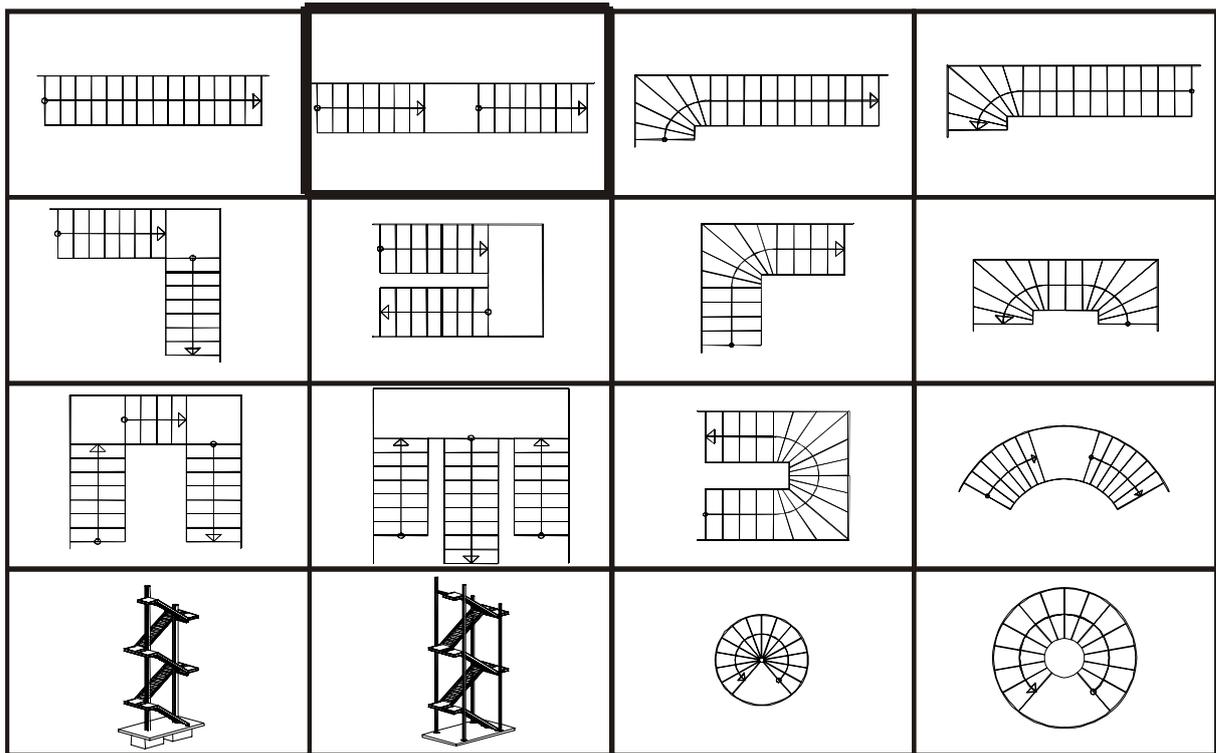


Bild 4.5: Piktogramm, Treppenordnungen
 Quelle: DIN 18065 und Eigene Erhebungen

Gesetzliche Vorgaben, bauliche Gegebenheiten und preisliche Vorstellungen des Bauherrn helfen dem Anwender bei der Auswahl der Treppenart.

Im Piktogramm Bild 4.5 wird die weitere Vorgehensweise mittels symbolischer Darstellungen vorgeschlagen. Die interaktive Auswahl eines Bildes führt dann über weiter spezialisierte Piktogramme zu einer Näherung an das angestrebte Konstruktionsdetail (z. B. Bild 4.6) des Bauvorhabens. Auf Text beschränkte Wahl könnte zu Missverständnissen oder allgemeinen Verständnisproblemen führen. Ein zusätzlicher Vorteil besteht in einer internationalen Nutzung aus Bildern aufgebauter Programmführung. Die Übersichtlichkeit und eine rasche Realisierung der bildlichen Darstellung bestimmen im Markt die Wertigkeit des CAD-Systems.

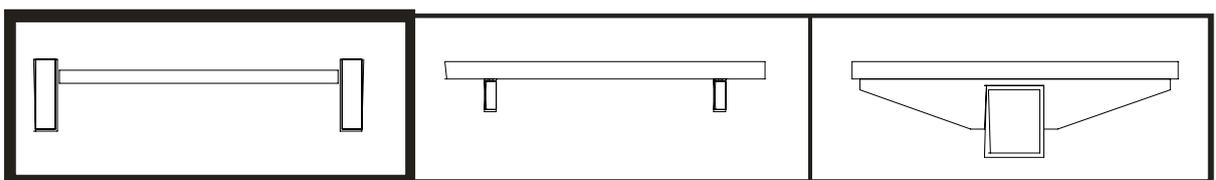


Bild 4.6: Piktogramm zu Bauformen von Treppen
 Quelle: Eigene Erhebung

Am Ende des Piktogrammdurchlaufes steht das Leitbild für die konkret gewählte Treppenform des Bauvorhabens (siehe Bild 4.7). Derartige Leitbilder können programmtechnisch durch so genannte Widgets verwirklicht werden, den Bauelementen von GUI-Builder (Graphical User-Interface Builder) [65]. Sie vereinfachen den Entwurf des Layouts einer Benutzungsschnittstelle durch Ein- und Ausgabeelemente entsprechend einem Baukasten. Sie ermöglichen durch eine Vielzahl von Ein- und Ausgabeelementen das graphische Erscheinungsbild von Leitbildern am Bildschirm interaktiv zu gestalten. Widget`s sind dabei leere, aber strukturierte Funktionen, die erst später bei der Anwendung mit Bedeutungen belegt werden. Sie werden auch als X-Fenster bezeichnet.

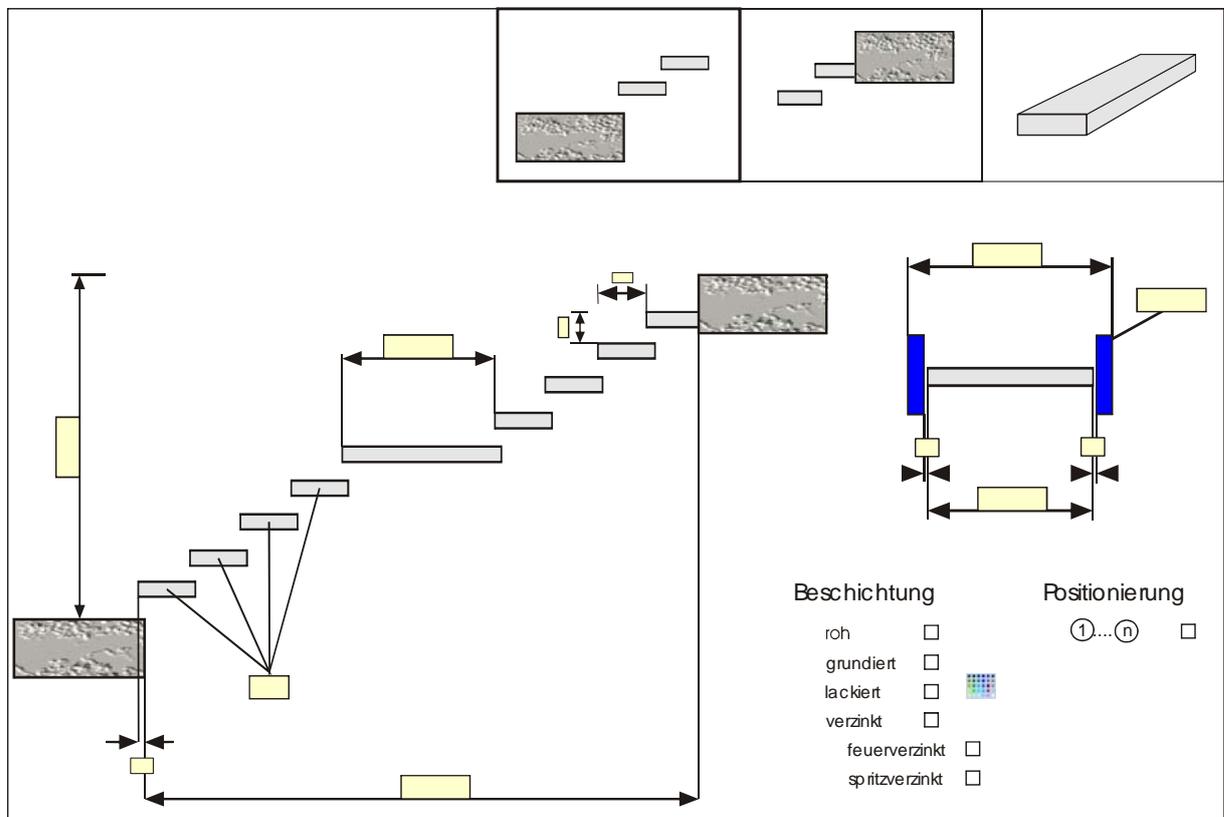


Bild 4.7: Leitbild „Gerade einläufige Wangentreppe mit Zwischenpodest“
Quelle: Eigene Erhebung

Eine 3-D Darstellung der Konstruktion (siehe Bild 4.8) innerhalb des Leitbilds hilft dem Konstrukteur, alle Konstruktionsschritte räumlich mitzuverfolgen. Ein aktives Leitbild, das sich entsprechend den Eingaben des Konstrukteurs fortlaufend anpasst und im 3-D Bild auch für Laien verständlich darstellt, hilft entscheidend bei der für Kleinbetriebe typischen Auftragsklärung während und durch die Konstruktion.

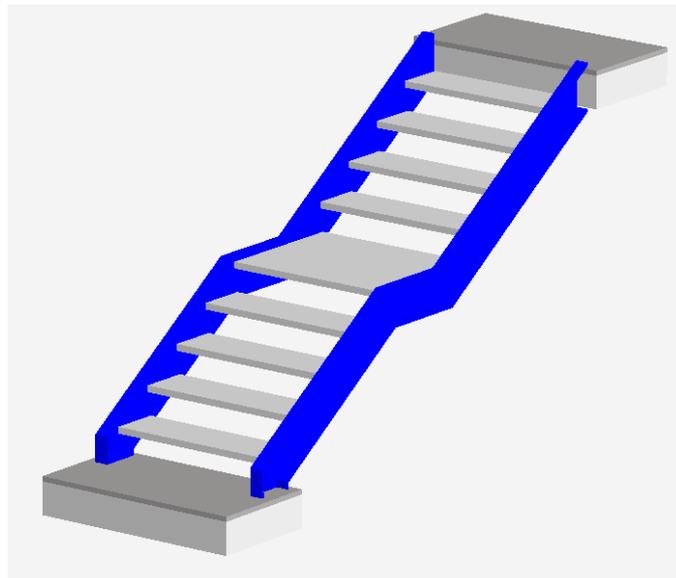


Bild 4.8: Treppe in 3-D Darstellung
Quelle: CAD-System BOCAD

In Leitbildern sind verschiedene Eingabemöglichkeiten beispielhaft dargestellt, siehe Bild 4.9. Formale Fehler, wie z. B. die Eingabe eines Textes anstelle einer Zahl, werden sofort angezeigt.

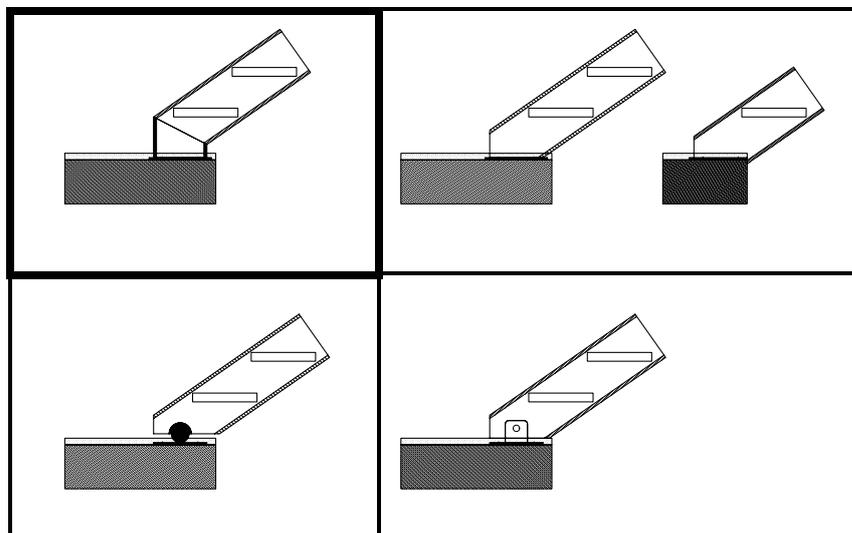


Bild 4.9: Treppenfußanschlüsse, interaktive Wahl
Quelle: Eigene Erhebung

Nach Wahl der grundsätzlichen Bauform aus Bild 4.9 erscheint das entsprechend detaillierte Leitbild mit allen Eingabemöglichkeiten (Bild 4.10).

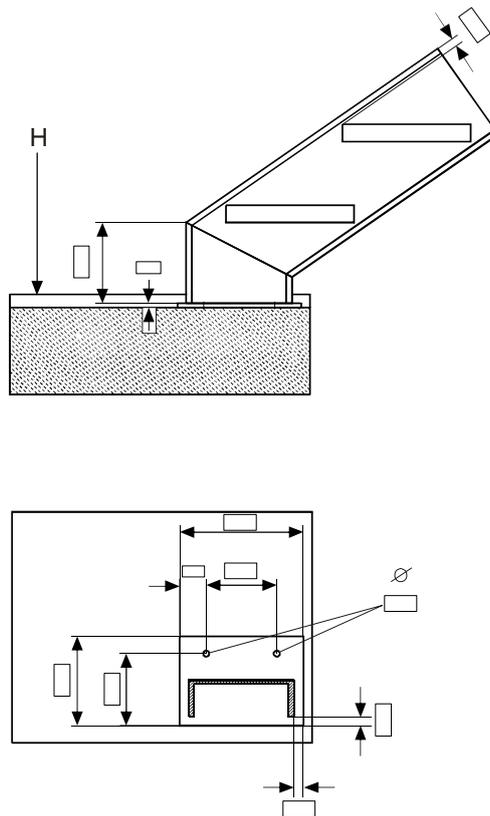


Bild 4.10: Leitbild für Treppenfußbemaßung
Quelle: Eigene Erhebung

Leitbilder bestehen aus Widgets. Dabei ist das übergeordnete Leitbild, Bild 4.7 ein Behälter-Widget [41], das einzelne spezielle Widgets anordnet und verwaltet. 2-D Widgets sind für die Eingabe von Maßen und Zahlen besonders geeignet. Bei der im untersuchten CAD-System gewählten Eingabemöglichkeit sind die Leitbilder getrennt von der eigentlichen Konstruktion. Dies hat den Vorteil, dass in den Leitbildern zugunsten guter Lesbarkeit die Proportionen der dargestellten Bauteile vom Entwickler des Leitbilds so gewählt werden können, dass für die Eingabe von Detailmaßen in Eingabefelder stets genügend Platz bleibt.

Im Folgenden werden weitere Verbesserungen der Benutzungsoberfläche von branchenspezifischen CAD-Systemen vorgeschlagen, die im Rahmen der Alltagsarbeit kleiner Betriebe erkannt worden sind.

Eine wichtige Leistung wäre es, wenn neue, zusätzliche Konstruktionsmodule vom Anwender firmenspezifisch entwickelt und in das CAD-System ergänzend eingebettet werden könnten. Diese innovativen Konstruktionsmodule, die zu Fertigungs- und Mitbewerbersvorteilen führen, sind auch in die Widgets (Leitbilder) einzubinden. Hierfür sind entsprechende, in das CAD-System integrierte Tools erforderlich. Marktgängige CAD-Systeme sind in diesem Punkt unpraktikabel leistungsschwach.

Diese Tools, die eine Sammlung von Objekten zur Gestaltung einer graphischen Benutzeroberfläche sind, müssten programmtechnisch als X-Tools zur Verfügung stehen. Dies würde bedeuten:

- Profile werden einheitlich nach allgemein gültigen Regeln erfasst und rechnerintern verarbeitet.
- Eingabefelder für Maße wirken sofort nach Eingabe eines Maßes auf die Abmessung des entsprechenden Bauteils.
- Eingabefelder für Bohrungen und Verbindungsmittel wirken wie die vorgenannten Felder.
- Neue Produkte, die auf den Markt kommen , z. B. Hoesch Fassadenbauteile oder Schüco-Glasprofile, werden vom CAD-Hersteller zentral eingepflegt.

Der intelligenten Eingabe und Benutzerführung von CAD-Hochleistungssystemen müssen ebenso intelligente, automatisch hergeleitete Ausgaben folgen. Nachstehende Vorschläge beruhen auf Praxiserfahrungen kleiner Betriebe:

- 3-D Darstellungen des Bauvorhabens mit beliebigem Kamerastandort unterstützen das Vorstellungsvermögen des Auftraggebers. Sie erleichtern Laien und Fachleuten das Bauteilverständnis und verkürzen somit die Einarbeitung und die Fertigung in der Produktion. Bei der Montage wird sofort der Gesamtzusammenhang der Konstruktion ersichtlich (siehe Bild 4.11 a).
- Die Erstellung der Stücklisten für die Bestellung bzw. als Unterlage bei der Rechnungsstellung und Nachkalkulation hat automatisch zu erfolgen (siehe Bild 4.11 d).
- Einzelteilzeichnungen, die für die Bestellung, den Zuschnitt bzw. zur Einzelfertigung benötigt werden, sind optional herleitbar (siehe Bild 4.11 c).
- Werkstattzeichnungen, die den Zusammenbau der Einzelteile mit den entsprechenden Verbindungen und Bemaßungen darstellen, werden automatisch hergeleitet (siehe Bild 4.11 b).

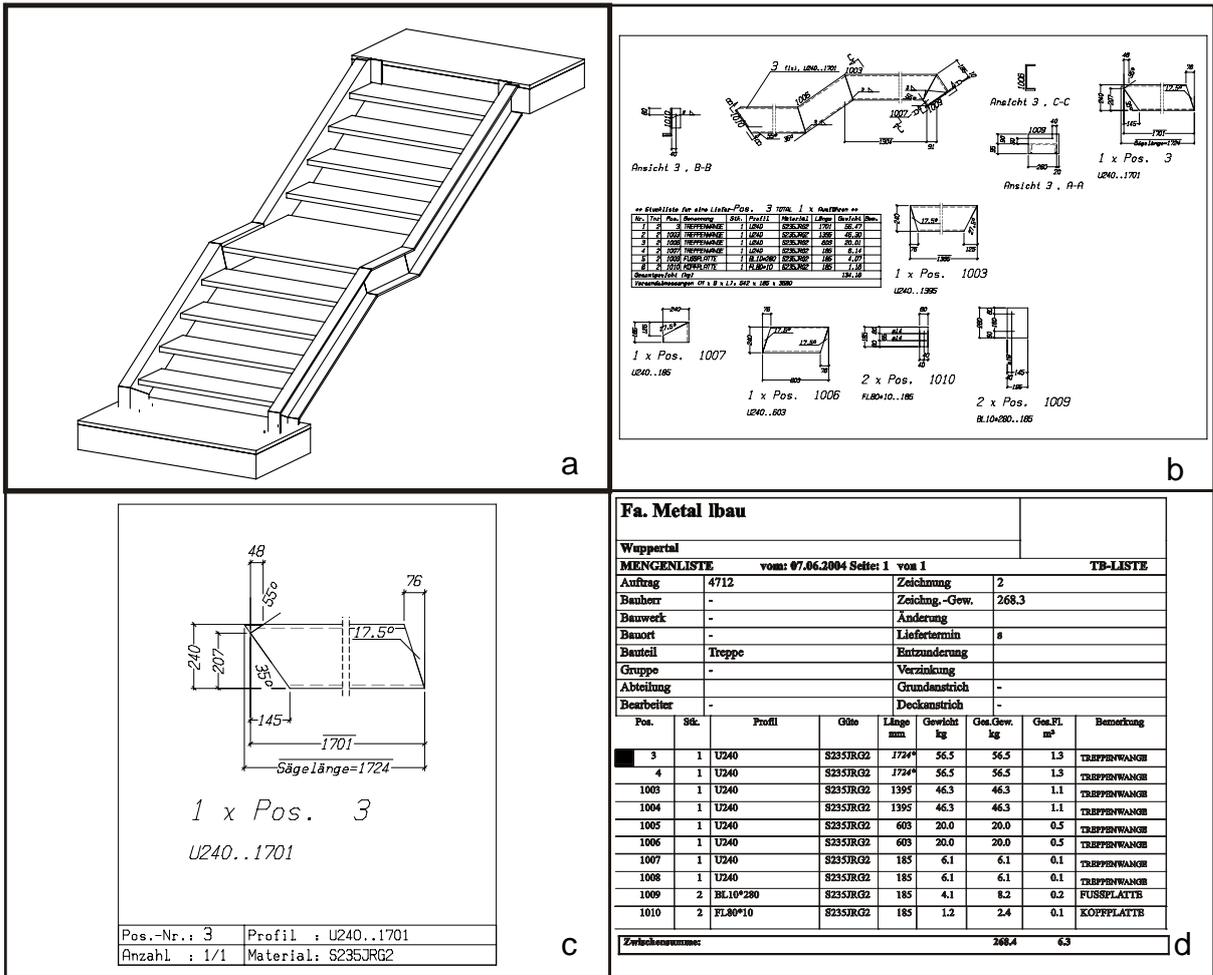


Bild 4.11: Zeichnungs- und Listenarten zu Treppen
Quelle: CAD-System BOCAD

Im Rahmen globaler, weltweiter Zusammenarbeit vieler Betriebe und für den weltweiten Einsatz branchenspezifischer CAD-Systeme sollte zumindest im stark zeichnungsorientierten Bauwesen die Benutzungsoberfläche bildlich gestaltet werden, also textfrei und sprachfrei. In Ausnahmefällen sind jedoch Texteingaben nicht zu umgehen, z. B.:

- Beschichtungen (nicht Farbtöne) lassen sich nur bedingt bildlich darstellen. Für das Verzinken gibt es beispielsweise bisher kein internationales Symbol. Die Beschichtungsmöglichkeiten und vor allem deren Bezeichnungen sind international unterschiedlich.
- Die Blattgrößen von Zeichnungsflächen sind im Deutschen in der DIN 6771-6 [16] festgelegt. Die unterschiedlichen Druckmöglichkeiten der einzelnen Anwender und die unterschiedlichen Formate anderer Länder erfordern spezielle Anpassungen (siehe Bild 4.12).

Auch Dohrenbusch [49] hat in seiner Diplomarbeit darauf hingewiesen, dass in Leitbildern und Widgets keine länderspezifischen Bezeichnungen sein dürfen. Nicht vermeidbare Texte sind auf Schaltflächen zu integrieren, die sich automatisch den Text aus einer Datenbank für das jeweilige Land laden. In den Piktogrammen des Bildes 4.12 müssten sich z. B. aufgeführte Blattgrößen A0 bis A1 den entsprechenden Ländern anpassen und die Bezeichnungen automatisch austauschen. Für die Ausgabe der Werkstattzeichnungen sind unterschiedliche Blattgrößen und Maßstäbe in einem zusätzlichen Piktogramm zu ermöglichen. Einzelteilzeichnungen und Stücklisten können in Deutschland auch ohne zusätzliche Schaltfläche direkt in DIN A4 noch ausgegeben werden. Generell ist bei der Auswahl von Symbolen eine länderübergreifende Verständigung anzustreben. Als Anlehnung dienen die Icons von Microsoft als dominanter Industriestandard.

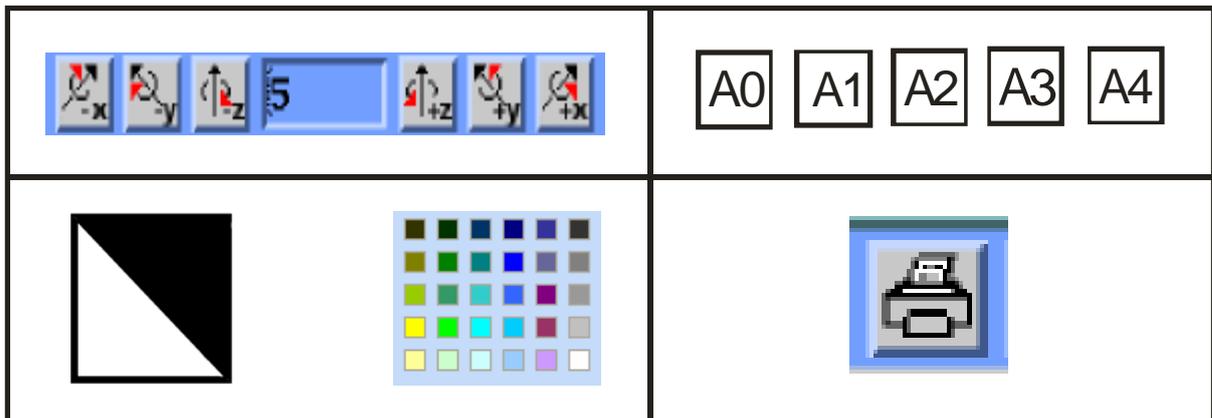


Bild 4.12: Weitgehend text- und sprachfreie, international verständliche Piktogramme
Quelle: BOCAD, Microsoft, eigene Erhebung

Diese zielgruppengerechte Gestaltung einer Nutzungsoberfläche für den Metallbauer ermöglicht erstmalig den umfassenden Einsatz in der Branche auf allen Personalebene vom Ingenieur bis zum Lehrling. Die marktgängigen CAD-Hochleistungssysteme bieten demgegenüber eine unüberschaubare Vielzahl von Funktionen an, die selbst geübte Anwender nur bedingt einsetzen, da bestimmte Möglichkeiten nur ab und zu benutzt werden. Voraussetzung zur Nutzung ist jedoch das Wissen über die Existenz der Leistung, deren Wirkungsweise und deren Bedienung. Es ist ein Gleichgewicht zu schaffen zwischen der Belastung des Benutzers und der Komplexität der Systemoberfläche [51]. Einfache Systeme führen zu Frustrationen durch ständig wiederholte banale Einzelschritte und komplexe Systeme führen zu einer Überforderung.

4.1.2 Ein Software-Gesamtkonzept für Kleinbetriebe

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung ist der Projektträger für das ICSS (Integriertes Client-Server-System) für das virtuelle Bauteam.

Das Projektziel ist die Entwicklung eines unternehmensübergreifenden IuK-System (Informations- und Kommunikationssystem) für das Bauplanungsgeschehen mit koordinierter Zusammenarbeit und Informationsaustausch in einem Projekt über eine beliebige Distanz on-line aber auch zeitweilig off-line. Das integrierte Client-Server-System soll folgende Komponenten enthalten.

- Ein Informationslogistiksystem als zentrale Einheit des ICSS
- Ein Projektmanagementsystem mit dynamischem Workflow
- Ein Bauwerksmodellserver (IFC/STEP-basierter Produktmodellserver)
- Ein Dokumentenserver
- Ein Vertragsmodellserver

Bei den untersuchten Kleinbetrieben des Metallbaus ergibt sich aufgrund der begrenzten Zusammenarbeit mit Architekten (siehe Seite 16) keine Notwendigkeit zur Integration in einen kompletten Bauablauf mit einer Vielzahl von Baubeteiligten. Allerdings zwingen mitunter Betriebsvergrößerungen bzw. Veränderungen in der Produktpalette zu einer verstärkten Zusammenarbeit. Hierbei sprechen mehrere Gründe für eine Integration der Software zwischen dem Architekten und der Fachfirma, z. B.

- Zeitersparnis durch Nutzung moderner Informations- und Kommunikationsmöglichkeiten
- Mängelminimierung durch einheitliche Planunterlagen
- Schnelle und genaue Anpassung bei Änderungsmaßnahmen
- Bereits in der Vorplanungsphase zeichnerische Integration von Informationen seitens der Fachfirmen (Problem der Verrechnung über HOAI)

Diese Argumente könnten eine gesteigerte Effektivität im Bauablauf erwarten lassen. Für die hier diskutierten zukunftsweisenden CAD-Systeme ist ebenfalls eine derartige Kommunikationsmöglichkeit mit anderen Systemen von grundlegender Bedeutung.

Da bisher alle Versuche in Forschung und Praxis scheiterten im Bauwesen allgemein gültige und gleichzeitig praktikable Produktmodell-Schnittstellen zu entwickeln, werden im Metallbau hilfsweise die stark mangelbehafteten Autocad Dateiformate verwendet. Dxf- und dwg-Dateien gestatten die Informationsübertragung von geometrischen Figuren (z. B. Linien, Kreise etc.) ausreichend, weitere Produktinformationen gehen verloren. Dies gilt für die 2-D wie auch die 3-D Darstellung. Für die Integration in ein Software-Gesamtkonzept fehlt bei dieser Übertragungsart jedoch eine Vielzahl von Informationen.

Intelligente CAD-Systeme der Hochleistungsklasse basieren demgegenüber auf einer objektorientierten Konzeption mit Produktmodellen. Die allgemein gültige Definition des Begriffes `Objekt` lautet: Objekte sind im Sinne der Modellierung Gegenstände und Sachverhalte der realen Welt und besitzen eine eigenständige Identität (Objektinstanz), die es von anderen Objekten unterscheidet. Die Eigenschaften von Objekten werden durch Attribute ausgedrückt und die Methoden beschreiben ihr Verhalten [57]. Der Grundgedanke bei dieser so genannten Produktmodellierung ist die Vererbungsbeziehung. Hierbei werden Attribute und Methoden einer Superklasse an die Subklasse vererbt. Daraus resultiert, dass die in der Planungsphase vom Architekten eingearbeiteten Informationen der Konstruktion an alle Baubeteiligte lückenlos weitergeleitet werden können. Dies führt zu einer Fehlerminimierung und Zeitersparnis bei der Informationsübermittlung. Die Integration der vorab erstellten Planunterlagen mit den darin einzuarbeitenden Gewerken wie Heizung-Sanitär-Lüftung (HSL) und Elektroinstallationen, auch dem Metallbau, wurde im Kapitel 3.6 mit den Schnittstellen ICF und STEP diskutiert.

Der Idealfall für Praktiker wäre die Einbindung von Fachfirmen schon in der Planungsphase. Da der Architekt vorwiegend für den Bauherrn bzw. zur Genehmigungseingabe Zeichnungen erstellen muss und der Metallbauer zusätzlich Fertigungspläne für die Ausführung benötigt, könnten sich hieraus Synergieeffekte ergeben durch Vermeidung von Doppelarbeit. Auch bei Änderungsmaßnahmen sind Vorteile erkennbar. Dies erfordert jedoch ein Frühwarnsystem (akustisch und/oder visuell am Bildschirm) das alle Beteiligten auf eine Änderungsmaßnahme hinweist. Zu dieser Problematik läuft seit dem Jahre 2000 ein 6 jähriges Forschungsprojekt der DFG (Deutschen Forschungsgemeinschaft e. V. Bonn) im Schwerpunktprogramm 1103 [55].

Als Beispiel für eine im Metallbau typische Änderungsmaßnahme mit überwachendem Koordinierungsbedarf sei hier ein vom Bauherrn neu definierter Bodenaufbau diskutiert, der eine neue Steigungshöhe bei der Treppenanlage verursacht. Neben dem Bauherrn müssen dann auch der Maurer bzw. Zimmerer, Bodenleger und Treppenbauer diese Information rechtzeitig und rechtssicher erhalten.

Die betriebswirtschaftlichen Aspekte von Kleinbetrieben werden oft von Halbtagskräften und dem Steuerberater mit erledigt. Die Architektursoftware und CAD-Konstruktionssoftware könnten dazu Primärdaten liefern.

Die direkte Verbindung zwischen Architektur- und Betriebswirtschaftssoftware wird durch den Datenaustausch mit GAEB (Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen) angestrebt. Dabei handelt es sich um einen rein nationalen Datenaustausch mit begrenztem Einsatz in großen Baufirmen. Eine Europäische Anpassung über CEN (Comité Européen de Normalisation), aber auch eine anschließende internationale Einbindung über ISO (International Organization for Standardization) wird seitens des GAEB zur Zeit stark forciert.

Die vom Verfasser durchgeführten Untersuchungen in Kleinbetrieben des Metallbaus haben jedoch ergeben, dass fast immer für jede Position im Leistungsverzeichnis eine spezifische Beschreibung vorliegt. Dies hat zur Folge, dass die Einbindung in eine betriebsinterne Betriebswirtschaftssoftware nicht praktikabel ist. Jede Position wäre mit den kalkulierten Lohn-, Material-, Fremdleistungs- und Gemeinkosten neu zu ermitteln. Es ergeben sich keine Vorteile durch vordefinierte Textbausteine in einem Leistungsverzeichnis, wenn die Anwendungshäufigkeit gering ist.

Diese Situation ist günstiger beim Einsatz einer branchenspezifischen, firmenspezifisch ergänzten, CAD-Software. Für bestimmte häufige Konstruktionen mit Leitbildern und automatischen Konstruktionsmethoden sind wirtschaftlich sinnvoll vorab Einzelpreise zu ermitteln, die in einem Kalkulationskatalog abzulegen sind. Aus der Summe der mit CAD konstruierten Bauteile ergeben sich dann die Angebotspreise, die in Kleinbetrieben häufig aus nur einer Position bestehen.

Eine wesentliche Erleichterung wäre eine on-line Verbindung zu den Lieferanten. Dadurch würden, basierend auf den sich automatisch erstellenden Stücklisten, auch die aktuellsten profilbezogenen Einkaufspreise in die Kalkulation eingehen.

Gleichzeitig kann durch Information über die Lieferzeit, z. B. bei Sonderprofilen oder nicht lagermäßigen Werkstoffen, eine verbindliche Aussage über den Ausführungszeitpunkt gemacht werden. Die Schnittstelle `Datanorm` soll diese Kommunikation innerhalb der unterschiedlichen Artikel zwischen Lieferant und Kunde ermöglichen.

Die Problematik besteht allerdings darin, dass jeder Lieferant hierzu unterschiedliche Artikelnummern führt, die von Datanorm erfasst werden müssen. Diese unterschiedlichen Artikelnummern stehen jedoch in keinerlei Beziehung zu den normierten Profilbezeichnungen in den einzelnen CAD-Stücklisten. Eine automatische Aktualisierung der Preise ist so also nicht möglich. Der Unternehmer ist auf die zuletzt durchgeführte, meist veraltete, Preiseingabe zum entsprechenden Material angewiesen. Dies kann sich bei ständig veränderten Materialpreisen erheblich auf den Angebotspreis niederschlagen, was mitunter zu einer Kostenunterdeckung führt. Die Untersuchungen dieser Arbeit haben ergeben, dass Unternehmer von Kleinbetrieben weder die Zeit haben noch die Bereitschaft zeigen, eine ständige Aktualisierung von Materialpreisen selbst vorzunehmen. Durch die Schaffung einer normierten Zuordnung zwischen Artikelnummer und Profilbezeichnung (einschließlich Werkstoff) will der Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e. V. über die Schnittstelle BMEcat dieses Problem lösen.

Betriebswirtschaftliche Software als Baustein für ein Gesamtkonzept speziell für den Metallbau steht beispielsweise durch die Firmen PROMET und KOMET zur Verfügung. Stammdaten wie Kundenstamm, Personalstamm, Lieferantenstamm und Materialstamm würden bei Einbeziehung von Architektursoftware und von CAD-Software durch Wiederverwendung ein schlüssiges Konzept ergeben. Eine permanente zeitnahe Verfolgung der Kostenentwicklung von der Angebotsphase über aktuelle Zwischenergebnisse bis hin zur Endabrechnung und Nachkalkulation würden möglich.

Bei Einbindung in ein FM (Facility Management) wäre eine ganzheitliche Lösung auch für Kleinbetriebe nicht ausgeschlossen.

4.1.3 Einführung von CAD-Hochleistungssystemen in Kleinbetrieben

Grundlage für dieses Kapitel ist die VDI-Richtlinie 2216 [41] `Datenverarbeitung in der Konstruktion – Einführungsstrategien und Wirtschaftlichkeit von CAD-Systemen`. Hiernach erfolgt die Einführung in mehreren Phasen. Dieses Konzept wird nachfolgend speziell auf Kleinunternehmen des Metallbaus abgestimmt.

Planungsphase 1 ist die Analyse

Der erste Schritt ist die Aufnahme aller relevanten Unternehmensdaten zur Ermittlung der IST-Situation.

Zu Beginn ist die Marktlage des Unternehmens zu beurteilen. Durch die Einführung eines CAD-Hochleistungssystems wird eine qualifiziertere Akquisition ermöglicht und somit die Marktposition gefestigt oder gar ausgebaut. Immer mehr Planer arbeiten mit CAD-Systemen und stellen die Planunterlagen als Dateien zur Verfügung. Die Erwartungshaltung bezüglich der Integration unterschiedlichster Gewerke wird immer größer und erfordert die Zusammenarbeit über geeignete Schnittstellen. Auch Kleinbetriebe müssen den wachsenden Kunden- und Architektenwünschen gerecht werden.

Die Beurteilung der Konkurrenz ist ein weiteres Bewertungskriterium. Nach den Untersuchungen dieser Arbeit nutzen doch schon einige Kleinbetriebe CAD vorwiegend als Zeichenhilfe ohne produktorientierte Modellierung. Wenige Kleinbetriebe nutzen CAD-Hochleistungssysteme mit Zeiteinsparung bei der automatischen Zeichnungserstellung und bei automatischer Positionsermittlung sowie Fehlervermeidung in der Fertigung und der anschließenden Montage.

Mitunter sind bereits NC gesteuerte Maschinen im Einsatz. Dies beginnt bei Rohrbiegemaschinen und setzt sich bei Brennschneidmaschinen und Säge-/Bohrzentren fort. CAD-Hochleistungssysteme können NC-Maschinen automatisch mit den individuellen Steuerdaten der Bauteile, z. B. über die weit verbreitete, praxistaugliche Schnittstelle NC-DSTV, versorgen.

Der zweite Schritt führt zur Untersuchung nach den betrieblich, individuell unterschiedlichen Anforderungen.

Inwieweit ist die Einbindung in betriebsinterne und betriebsexterne Softwareprogramme erforderlich? Bei betriebsinternen Programmen handelt es sich um betriebswirtschaftliche Datenerfassungen. Eine ständige Kostenerfassung von Beginn der Angebotsphase bis zur Schlussrechnung einschließlich der Nachkalkulation ist mitunter vorhanden. Die Integration von Stücklisten führt hierbei zur Vermeidung von Übertragungsfehlern und zu einer kurzfristigen Materialkostenermittlung. Betriebsexterne Programme werden von Planern eingesetzt. Da nur 34% aller Aufträge laut Untersuchung mit Architekten ausgeführt werden, liegt das Hauptaugenmerk auf der individuellen Betriebsstruktur mit einer entsprechenden Bewertung. Beschläge, Sonderprofile, Verbindungsmittel oder Füllmaterialien müssen im CAD-System enthalten sein.

Welche Leistungsspektren muss das CAD-System abdecken? Hierzu dient das erstellte Leistungsspektrum vom Kapitel 3 mit einer für Kleinbetriebe spezifischen Bewertung.

Welche Benutzeroberfläche ist erforderlich?

Welche Produktstrategie verfolgt die Software? Inwieweit ist das CAD-System auf den Metallbau spezialisiert und an die Denkweise angepasst?

Der dritte Schritt ist die Analyse der CAD-Systeme, die auf dem Markt angeboten werden.

Dieser Schritt ist speziell für Einsteiger mit großen Problemen verbunden. Fachzeitschriften (Der Stahlbau, Metallbau), Sammeln von Prospekten, Messebesuche (Internationale Handwerksmesse, Cebit), und der Besuch bei CAD-Anwendern in der gleichen Branche ermöglichen grundsätzlich eine Marktübersicht. Einzelne Unternehmer sind hier dennoch meist überfordert, obwohl das Anforderungsprofil relativ genau definiert werden kann, behaupten viele Anbieter fälschlicherweise den Bedürfnissen des Metallbaus in Gänze gerecht zu werden. Eine neutrale Beratung für Metallbauer könnte in den Innungen, beim Metallhandwerk, dem Fachverband Metall, den Handwerkskammern und der Industrie- und Handelskammer liegen. Diese legen sich aus grundsätzlichen Erwägungen aber nicht auf konkrete Anbieter fest und bleiben so für die unternehmerische Entscheidung fast wertlos. Externe Beratung durch Fachprofessoren, z. T. öffentlich gefördert, war in mehreren bekannten Fällen rundum erfolgreich für die beratenen Kleinbetriebe.

Der vierte Schritt führt zu einer Wirtschaftlichkeitsanalyse.

Die Einschätzung der Nutzenpotentiale lässt sich in drei Bereiche unterteilen.

Die Produktivitätssteigerung: Sie ergibt sich durch die Übernahmemöglichkeit von zugelieferten CAD-Zeichnungen, durch kürzeren Zeichnungsaufwand wegen modularer und branchenspezifischer Bauteileingabe, durch die Ablagemöglichkeit von betriebsspezifischen Konstruktionsdetails und die daraus resultierende effiziente Wiederverwendung bei der Ansteuerung von NC-Maschinen. Die Übersichtlichkeit der Zeichnungsunterlagen führt zu kürzeren Nebenzeiten in der Fertigung und ist verbunden mit Fehlervermeidung durch detaillierte Angaben. Genaue und übersichtliche Zeichnungen unterstützen bei der Montage das rasche Erkennen des Gesamtzusammenhanges, so dass Montagefehler vermieden werden.

Die Kosteneinsparung: Die vorgenannte Produktivitätssteigerung ermöglicht eine bessere Auslastung, weil kostenträchtige Fehler schon in der Planungsphase vermieden werden. Eine detaillierte Kostenermittlung im Materialeinkauf nutzt die präzisen CAD-Stücklisten des konkreten Bauvorhabens.

Die Qualitätserhöhung: Sie beginnt bei der Akquisition und ist mitunter ausschlaggebend für die Beauftragung. Detaillierte Zeichnungsangaben führen in der Fertigung zu einer erhöhten Genauigkeit. Bereits gefertigte Bauteile sind geordnet dokumentiert. Produktmodellorientierte CAD-Hochleistungssysteme sichern bei fehlerfreier Bedienung eine fehlerfreie Ausführung auch der Dokumentation.

Die Ermittlung des Nutzenpotentials führt wegen der unterschiedlichen Wertung der einzelnen Faktoren zu einer individuellen Gesamtbewertung einzelner Kleinbetriebe. In der zweiten Planungsphase wird eine Kostenaufstellung durchgeführt, der sich ein Kosten-/Nutzenvergleich anschließt. Dies führt dazu, dass das Nutzenpotential mit der entsprechenden Währungseinheit zu bewerten ist. Unterschiedliche Kostenansätze der einzelnen Potentiale führen zu einer individuellen Wertermittlung.

Planungsphase 2 ist die Bewertung und Entscheidung

Der erste Schritt dieser Phase ist die Auswahl von Anwendungsbereichen und die Bewertung von Systemalternativen.

Kann das CAD-System die im Anforderungsprofil zusammengestellten Bedürfnisse erfüllen und wird firmenspezifischen Anforderungen genügend Rechnung getragen? Je genauer das Anforderungsprofil, um so detaillierter können die angebotenen Programme geprüft werden.

Ein Benchmarktest gibt Aufschluss über die individuelle Nutzungsmöglichkeit. Immer wiederkehrende Konstruktionen, die mittels CAD erstellt werden sollen, geben Aufschluss über die Leistungsfähigkeit der geplanten Innovation.

Die Möglichkeit und der Bedarf von Kommunikation über Schnittstellen ist zu prüfen. Die Kompatibilität eines gesamten Kommunikationsnetzes ist im OSI (Open Systems Interconnection)-Schichtenmodell international definiert.

Welche Art von Schulungsmöglichkeiten werden angeboten? Nur individuelle Schulungstermine, vor allem bei längeren Ersts Schulungen, sind in einem Kleinunternehmen praktikabel. Konflikte, die sich aus Entfernungsgründen zwischen Systemhaus und Anwender ergeben, sind durch flexible Gestaltung der Schulungsorte zu kompensieren. Vorwiegend bei Weiterbildungen bietet die moderne IuK, wie im Kapitel 4.2.4 untersucht, eine Vielzahl von Möglichkeiten.

Der zweite Schritt dieser Phase ist die Klärung personeller Fragen.

Ist die Belegschaft generell bereit und in der Lage für einen CAD-Einsatz? Beispielzeichnungen können die Belegschaft für die neue Form der Arbeitsunterlagen gewinnen. Vorteile, die sich durch die CAD-Einführung ergeben, wie 3-D Zeichnungen, übersichtliche Zuschnittlisten, detaillierte Maßangaben und eine genau definierte Verbindungsmittelangabe, leisten zusätzliche Überzeugungsarbeit.

In einem Kleinbetrieb ist zu klären, ob der Unternehmer oder ein Mitarbeiter der hauptsächliche Anwender sein wird. Voraussetzung hierfür ist die Ausbildung, der Kenntnisstand über Metallbau und branchenspezifisches Detailwissen. Die persönlichen Untersuchungen im eigenen Kleinbetrieb haben ergeben, dass Mitarbeiter, die bereits einige Jahre in der Fertigung tätig waren, als CAD-Konstrukteure besonders geeignet sind. Ihre Erfahrungen bezüglich des Maschinenparks, betriebsüblicher Profilwahl, Transport- und Montagemöglichkeiten und Unternehmerstrategie bilden gute Voraussetzungen. Bei der Wahl eines Mitarbeiters stellt sich besonders in Stoßzeiten die Frage, inwieweit die Bereitschaft zu Überstunden vorhanden ist. Speziell in Kleinbetrieben ist auch abzuklären, dass diskussionslos die Bereitschaft des CAD-Anwenders zur Arbeitsteilung von Büro und Werkstatt je nach Arbeitslage besteht.

Zur Vermeidung von Betriebsstörungen im Betriebsablauf wegen fehlender Planunterlagen ist es besonders wichtig, eine zweite Person soweit einzuschulen, dass zumindest fertige Pläne ausgedruckt bzw. ausgeplottet werden können.

Der dritte Schritt dieser Phase 2 ist die Bewertung der Wirtschaftlichkeit.

Hierbei wird unterteilt in einmalige Kosten und laufende Kosten.

Einmalige Kosten sind der Anschaffungspreis für die Soft- und Hardware, die Installationskosten und eventuell Leitungskosten. Auch geeignete Räumlichkeiten mit dem hierfür notwendigen Mobiliar sind zu berücksichtigen. Erfahrungswerte der Systemanbieter zeigen den Schulungsaufwand auf, welcher sich aus den Schulungskosten und den Personalkosten zusammensetzt.

Laufende Kosten bestehen vorwiegend aus den Personalkosten, die sich später durch den CAD-Einsatz kompensieren sollen. Weiterbildungskosten ergeben sich z. B. beim Kauf neuer Module. Die Hardwarebetreuung läuft in Kleinbetrieben meist parallel mit der gesamten EDV Betreuung. Bei der Softwarebetreuung hat sich jedoch die Notwendigkeit des kontinuierlichen, vertraglich gesicherten Supports bestätigt. Ein Stillstand in der Konstruktion verursacht durch unfachmännischen oder gar nicht vorhandenen Support je nach Konstruktionsfortschritt erheblich mehr Kosten als die Supportkosten, die bei manchen Anbietern auch mit neuen Updates verbunden sind. Papier und Strom sind ebenso in Ansatz zu bringen. Zum Schluss sind die Miet-, Verzinsungs- und Abschreibungskosten auf den entsprechenden Berechnungszeitraum umzulegen.

Den so ermittelten Kosten ist das in Euro bewertete Nutzenpotential gegenüberzustellen. Diese Wertung ist so betriebsspezifisch, dass als Hilfsmittel der im Anhang aufgestellte Fragekatalog beigelegt wird.

Planungsphase 3) umfasst die Einführung des gewählten CAD-Systems im Betrieb

Schlüsselkriterium der erfolgreichen CAD-Einführung in Kleinbetrieben ist es, auch die Mitarbeiter in der Fertigung und Montage von den Vorteilen zu überzeugen.

Ist der Unternehmer eines Kleinbetriebes selbst auch der CAD-Anwender, ist die Durchsetzungsfähigkeit günstig. Andernfalls hat er seinem Mitarbeiter am CAD-Arbeitsplatz erweiterte Kompetenzen einzuräumen. Dies bezieht sich besonders auf Entscheidungen zu Konstruktionsdetails, für die es unterschiedliche Lösungen gibt. Ständige Gängelung und Diskussion hierüber mit dem Mitarbeiter würden die CAD-Einführung blockieren. Die Geschäftsleitung und die Mitarbeiter in der Fertigung sind gefordert, dem CAD-Pilotanwender und seinem ständigen Lernprozess ausreichend Verständnis und kooperative Zusammenarbeit entgegenzubringen.

Parallel zu seiner Arbeit am Computer hat der Anwender die Aufgabe, den Support der Alltags-Software zu organisieren und bei eventuellen Störungen der Hard- oder Software die entsprechende Fachfirma zu informieren.

Beim grundsätzlichen Ablauf ist zu planen und zu organisieren, inwieweit vorhandene Planunterlagen des Architekten oder des Statikers übernommen werden können. Der CAD-Anwender muss seine Möglichkeiten nutzen, effizient statt manueller Hilfsmittel datenverarbeitungstechnische Hilfsmittel einzusetzen. So können der Fertigung hilfreich z.B. 1:1 Zeichnungen (Naturgrößen) zur Verfügung gestellt werden. Die Möglichkeit zur integrierten Betriebsdatenerfassung kann sinnvoll sein. Insbesondere die Dokumentation der Aufträge ist anzulegen.

Aufgabe des Unternehmers ist die zyklische Überprüfung der Wirtschaftlichkeit des CAD-System und des Anwenders.

4.2 Bildungswesen, Innovation der Aus- und Weiterbildung

Aus- und Weiterbildung werden beeinflusst von globalen politischen Randbedingungen. Das Bildungswesen mit Lehre, Wissenschaft und Forschung erfordert angesichts der entartenden Alterspyramide in Deutschland mindestens eine Verdoppelung des staatlichen Etats. Nur so ist die Jugend wenigstens durch bessere Ausbildung und durch innovative Forschung für noch höhere Belastungen und Herausforderungen stark zu machen, als sie die Generationen seit 1945 zu meistern hatten. Die erforderlichen Mittel sind nach Wegfall konventioneller Kriege in der EU durch Streichung entsprechenden Militärs bei weitsichtiger Gesamtpolitik durchaus aufzubringen.

Neben der o. g. Verstärkung und Innovation der Ausbildung für den Unternehmer Nachwuchs ist ebenfalls die berufsbegleitende Ausbildung im Dualen System für Facharbeiter weiter zu verbessern. Facharbeiter müssen zukünftig je nach Marktlage in wechselnden Baugewerken einsetzbar sein. Daraus folgt eine Neuausrichtung der Ausbildung von Facharbeitern zu Generalisten zumindest innerhalb einer Branche. Facharbeiter durch breiten Einsatzbereich bei schwankenden Markteinflüssen wirtschaftlich in Lohn und Brot halten zu können, ist eine funktionstüchtigere Lösung als Rechtsansprüche, die Unternehmen in die Insolvenz treiben. Auch die Gewerkschaften hätten in der Neuausrichtung der Facharbeiter-Ausbildung ein sehr sinnvolles Ziel, das offenbar bisher nicht mit aller Konsequenz erkannt wird.

Da das Bildungswesen für die Innovation kleiner Unternehmen von dominanter Bedeutung ist, werden die weiteren Aspekte bis hin zu Ausbildungsinhalten und praxis-konformer Gestaltung nachfolgend im Detail erörtert.

4.2.1 Unternehmer

In Kleinbetrieben sind es fast ausschließlich die Unternehmer selbst, die die Entscheidung für oder gegen die Einführung einer CAD-Lösung treffen. Dazu müssen sie genügend von dieser für sie neuen Technologie verstehen.

Generell gilt es daher im Vorfeld abzuklären, wie der Unternehmer an diese Art der Produktmodellierung und Zeichnungserstellung herangeführt wird.

Unternehmer im Metallbau beschäftigen sich schon seit mehreren Jahren zwangsläufig aus Kunden- und Konkurrenzgründen mit dieser neuen Technologie. Zumindest besitzen die meisten Kleinunternehmer schon eine gewisse Vorstellung, um was es sich bei CAD-Systemen handelt. Einige Kleinbetriebe arbeiten quasi als Vorzeigebetriebe mit CAD der verschiedenen Leistungsklassen.

Folgendes Anwendungsspektrum ist in diesen Betrieben zu beobachten:

Einfachste Zeichnungshilfen basieren auf einer Auto-Cad Version, mit welcher vorwiegend geometrische Figuren zu zeichnen sind, vorwiegend zweidimensional. In einigen Fällen werden auf diese Applikationen Module aufgesetzt, die die gängigen Profile im Metallbau und eventuell Verbindungsmittel darstellen können.

Zulieferer von Profilsystemen, z. B. Schüco, bieten hauseigene CAD-Lösungen an, welche jedoch ausschließlich herstellerspezifisch beschränkt nutzbar sind.

In besonders seltenen Fällen kommt eine CAD-Lösung zum Einsatz, die auch die praxisüblichen, komplexen Aufgaben bewältigen kann. Diese Systeme werden hier CAD-Hochleistungssysteme genannt. Voraussetzung für die Verwendung derartiger Programme ist hochqualifiziertes Personal sowie ständige Nutzung.

Da mit den ersten beiden Lösungen nur sehr eingeschränkt befriedigende Ergebnisse zu erzielen sind und im dritten Fall die Voraussetzungen bei Kleinbetrieben selten vorliegen, ist das Ziel dieser Arbeit, eine für Hersteller und insbesondere CAD-Nutzer gewinnbringende Lösung zu konzipieren, die auf Lebenserfahrung gestandener Metallbauer beruhen.

Unternehmer in Kleinbetrieben sind vorwiegend Meister. Um zur CAD-Ausbildung dieser Unternehmer fundierte Fakten und Trends zu erkennen, wurde u. a. der Leiter des Geschäftsbereiches `Berufsbildungs- und Technologiezentrum` der Handwerkskammer Ulm eingehend befragt.

Danach gehören Meister des Metallbaues zu einer der führenden Zielgruppen für den Einsatz von CAD. Sie sind genau die Personengruppe, die in Ihrem zukünftigen Berufsleben entweder als Angestellte oder als Selbstständige sich mit dieser Thematik beschäftigen müssen. Die Verordnung über die Meisterprüfung im Metallbauer-Handwerk (Metallbauermeisterverordnung [33]) schreibt vor, dass ein `Meisterprüfungsprojekt` zu erstellen ist. Zeitgemäß gestaltet, wäre dieses Projekt CAD-gestützt durchzuführen.

In der o. g. Handwerkskammer werden auch Installateur- und Heizungsbauer- sowie Elektromeister ausgebildet. Diese Chance aufgreifend soll das Projekt übergreifend auf folgende Art gelöst werden:

Eine benachbarte Fachhochschule für Architektur stellt ein 3-D Architekturprogramm (ArchiCAD) zur Verfügung sowie darin das Produktmodell eines Rohbaus. Sämtlich oben erwähnten Gewerke, die an der Meisterschule unterrichtet werden, sind in diesem Produktmodell noch nicht enthalten. Dieses so genannte `leere` Haus ist nun von den zukünftigen Meistern als Projekt unter Einsatz des CAD-Systems zu vervollständigen.

Für den betreffenden Metallbauer sind dann alle für ihn relevanten Metallbauarbeiten, die an einem Haus anfallen, zu planen, also im Innenbereich die Treppengeländer und im Außenbereich die Balkongeländer, das Eingangsvordach, die Gartentür, das Gartentor und der Gartenzaun.

Bei dem vorgesehenen Zeitrahmen von max. 8 Arbeitstagen ist allerdings die Projektbearbeitung bis zur Erstellung der kompletten Zeichnungen nicht zu bewältigen.

Die momentan gültigen Lehrpläne sehen jedoch keine ausreichenden Schulungszeiten vor, die die Einarbeitung in CAD-Programme ermöglichen, damit die Forderung nach einer Zeichnungserstellung erfüllt werden kann. Das Erlernen der notwendigen Grundkenntnisse würde den zur Verfügung stehenden Zeitrahmen sprengen.

Bedauerlicherweise ist auf der anderen Seite festzustellen, dass der Zeichenaufwand für sich wiederholende Bauteile und Baugruppen viel zu groß ist. Besonders CAD-Hochleistungssysteme sind gefordert, das Leistungsspektrum modular mit geeigneten Baugruppen-Makros aufzubauen.

Vorbildlich und zukunftsorientiert ist die o. g. Ausbildung im Bundesgesetzblatt, Schwerpunkt `Konstruktion`, geregelt [33]. Hierin wird der Entwurf, die Planung sowie die Kalkulation für ein vollständiges Projekt gefordert.

Zusätzlich ist noch das detaillierte Anfertigen eines Teilstückes vorgesehen.

Der Grundgedanke macht zweifelsohne Sinn, Projekte für die Meisterprüfung vorzugeben, die praxisbezogen einem Kundenwunsch entsprechen. Es ist jedoch festzustellen, dass die erforderlichen Rahmenbedingungen (Zeitkontingent und EDV-Lösungen) noch nicht vollständig ausgereift bzw. gegeben sind.

Die Untersuchung führt zu der Erkenntnis, dass eine schlüssige Meisterausbildung von folgenden drei Phasen geprägt sein muss.

1. In der Entwurfsphase benötigt der Meister einfache statische Berechnungen, die die statische Zulässigkeit seines Konstruktionsvorschlags prüfen. Die Fälle sollten sich auf eine einfache Biegeträgerberechnung einschließlich Verformungsermittlung sowie eine einfache Stützenberechnung beschränken. In Einzelfällen wäre eine speziellere Berechnung, wie z. B. bei einem Gartentor, notwendig. Auf eine spätere statische Berechnung durch autorisierte Statiker wird natürlich nicht verzichtet. Eine Statik-Ausbildung in einem Meisterlehrgang würde den Gesamtrahmen bei weitem sprengen.
2. Für die Planungsphase sollte vorzugsweise ein branchenspezifisches CAD-Hochleistungssystem für die Ausbildung der Meister verwendet werden. So wird der zukünftige Marktstandard vorweggenommen.
3. Der Lehrplan zur Kalkulation sollte auf der unter 2. erstellten Stückliste mit entsprechender Schnittstelle zur Angebotskalkulation beruhen.

Hindernisse auf dem Weg zu dieser Zielvorstellung werden im Laufe der nächsten Jahre abgebaut. Derzeit allerdings sind die auf dem Markt befindlichen Programme entweder nicht leistungsfähig genug, um Metallbauern in ihrem Alltag einen Großteil an Konstruktionsarbeit abzunehmen oder die Komplexität der Programme verhindert den flächendeckenden Einsatz in Kleinbetrieben.

4.2.2 Mitarbeiter

Als Kleinbetriebe werden in dieser Arbeit Firmen mit 1 – 19 Mitarbeitern bezeichnet. Zur näheren Untersuchung der Mitarbeiterstruktur wird folgende Unterteilung vorgenommen.

1. Kleinstbetriebe mit 1 – 9 Beschäftigten
2. Kleinbetriebe mit 10 – 19 Beschäftigten

1. Kleinstbetriebe

In Kleinstbetrieben erledigt der Unternehmer üblicherweise selbst die Arbeitsvorbereitung. Je nach Betriebsgröße arbeitet er zudem persönlich auch in der Produktion mit. Bei dieser Konstellation werden nahezu alle Ausführungsunterlagen vom Unternehmer selbst erstellt.

Dadurch beginnt bei diesen Betriebsgrößen die Einbeziehung von Mitarbeitern in ein CAD-System erst beim Lesen fertiger CAD-Zeichnungen. In der Praxis ist bei einem Betriebswechsel von Mitarbeitern das Lesen und Verstehen der firmenspezifischen Ausführungsunterlagen immer wieder neu zu lernen. Jeder Unternehmer hat seine eigene Art und Weise, wie er die Arbeitsvorbereitung gestaltet. Das Zeichnen mit oder ohne Lineal, die Bemaßung sämtlicher Teile einschließlich von Kontrollmaßen oder nur die Bemaßung der Außenmaße (hierbei muss der Mitarbeiter selbst Maße errechnen) und auch die Schriftart eröffnen eine Vielzahl von Gestaltungsmöglichkeiten. Diese Unterschiede fordern einen Lernprozess, zu dem jeder Mitarbeiter gezwungen wird.

Die Praxis zeigt, dass es innerhalb der Mitarbeiterschaft sehr große Unterschiede gibt. Die Bereitschaft zum lebenslangen Lernen ist leider nicht generell vorhanden. Gleichzeitig ist nicht gewährleistet, dass derjenige, der gut und einigermaßen gerne lernt, auch derjenige ist, der die an ihn gestellte Aufgabe auch handwerklich am besten umsetzen kann. Um mit wenigen Worten gestellte Aufgaben zu erklären, sind leicht verständliche Unterlagen erforderlich. Diese wiederum müssen in relativ kurzer Zeit zu erstellen sein, damit der Zeichenaufwand nicht unverhältnismäßig groß wird. Um ein zutreffendes, praxiskonformes Bild von den Fähigkeiten verfügbarer Mitarbeiter im Metallbau zu geben und das „Umlernen“ dieser Mitarbeiter für tiefgreifende Innovationen zu beurteilen, wird dies an folgenden konkreten Beispielen von Aufträgen typischer Kleinbetriebe diskutiert.

Auch das Zeichnen von Naturgrößen 1:1 ist heute in der Praxis gebräuchlich, aber nicht mehr wirtschaftlich beherrschbar.

Es gibt Kunden, die das zu kaufende Produkt in Originalgröße sehen wollen. Nur so erhält der Kunde mit konventionellen Mitteln eine Vorstellung von der Konstruktion. Wenn zudem der Konstrukteur eine Aufgabe konventionell nicht lösen kann, müssen Einzelteile in der Werkstatt angepasst werden.

Die Erstellung dieser Naturgrößen erfolgt vorwiegend auf dem Hallenboden, da die Originalgröße meistens nicht mehr auf ein Zeichenbrett passt.

Bei Beharren auf den geschilderten, konventionellen Zeichnungsarten treten so erhebliche Mängel auf, dass den Mitarbeitern keine berufliche Zukunft geboten werden kann. Dies geht erst bei Einsatz geeigneter CAD-Systeme. Welche Systeme für Mitarbeiter im Metallbau geeignet und berufssichernd sein können, wird nachfolgend diskutiert. Die elementarsten CAD-Systeme liefern lediglich Zeichenhilfen, sind also ohne branchenspezifische „Intelligenz“, die den menschlichen Arbeitsaufwand reduziert. Da relativ preisgünstig und gebräuchlich, werden sie zunächst vorgestellt, bevor die auf Dauer zukunftssträchtigen CAD-Hochleistungssysteme vorgestellt werden, um die Anforderungen an Mitarbeiter zu erörtern.

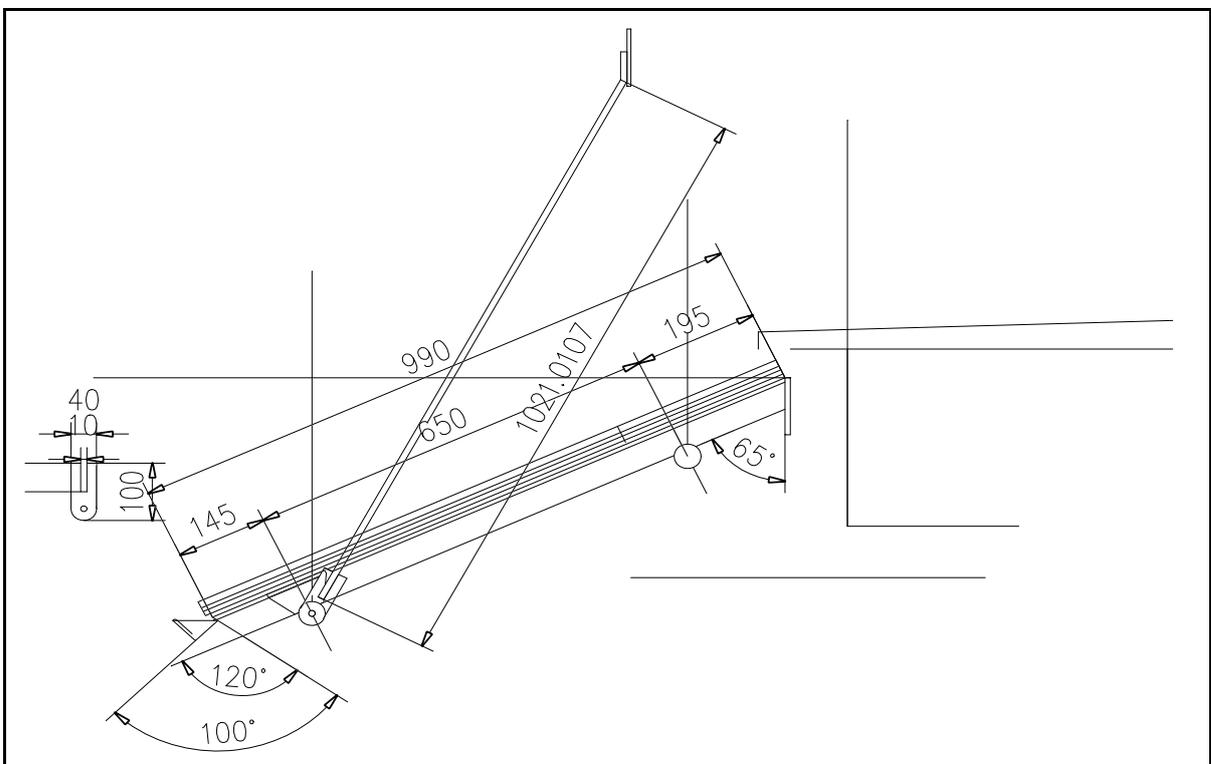


Bild 4.14: Seitenansicht eines Vordaches für den CAD-Systemvergleich
Quelle: Auto Cad

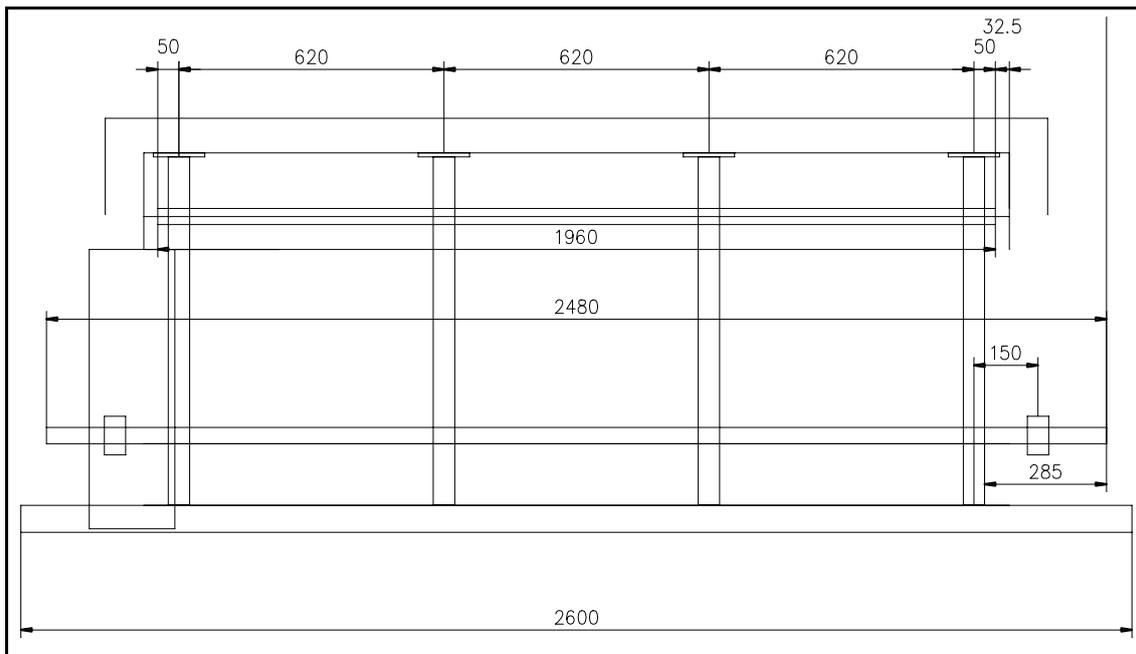


Bild 4.15: Draufsicht eines Vordaches für den CAD-Systemvergleich
Quelle: Auto Cad

Die in den Bildern 4.14 und 4.15 vorliegende Darstellungsform unterstützt den Mitarbeiter schon erheblich mehr als konventionelle Handzeichnungen beim Verständnis für das auszuführende Produkt. Sie entspricht weitgehend einer sorgfältigen Zeichnungserstellung, wie man sie vom Zeichenbrett her kennt. Es ergibt sich dadurch auch eine nur geringfügige Umstellung von der gewohnten Zeichenbrettdarstellung zur neueren CAD-Darstellung, vorausgesetzt, dass im Kleinbetrieb überhaupt ein Zeichenbrett zuvor im Einsatz war.

Wichtige Punkte, die die Fertigung durch den Mitarbeiter erleichtern, sind in den mit elementaren CAD-Systemen erstellten Zeichnungen enthalten, nämlich:

- Eine genaue Bemaßung bezogen auf geeignete Funktionskanten der Konstruktionselemente
- Alle zur Produktion notwendigen Maße. Wegfall zeitaufwendiger Nachfragen
- Profilangaben eines jeden einzelnen Bauteils
- Andeutung baulicher Gegebenheiten. Zum Verständnis für den Anbau der Konstruktion auf der Baustelle an bauseits vorhandene Teile
- Problemlos Vervielfältigen der Planunterlagen für alle Mitarbeiter und den Planer mit elektronischer Übermittlung per Internet. Damit erübrigt sich ein ständiges Weiterreichen des Plans zur Fertigungsstätte und verschiedenen Büros, wenn mehrere Firmen mit dem gleichen Auftrag beschäftigt sind.

In der Praxis auch des Verfassers hat sich jedoch gezeigt, dass der Zeitaufwand zur Erstellung der Zeichnungsunterlagen mit elementaren CAD-Systemen den zuvor diskutierten Handzeichnungen etwa gleich ist, geübte CAD-Zeichner vorausgesetzt. Diese fehlen oft in Kleinbetrieben. Wegen der für die Mitarbeiter aufgeführten Vorteile werden allerdings grundsätzlich CAD-Unterlagen empfohlen.

Der Verfasser ist im eigenen Unternehmen als Pilotanwender der Branche schon vor ca. 10 Jahren gemeinsam mit seinen Mitarbeitern einen konsequenten, erfolgversprechenderen Weg gegangen. Es wurde das erste verfügbare CAD-Hochleistungssystem des Stahl- und Metallbaus eingesetzt. Dieses bot den Mitarbeitern schon damals folgende Möglichkeiten und Chancen:

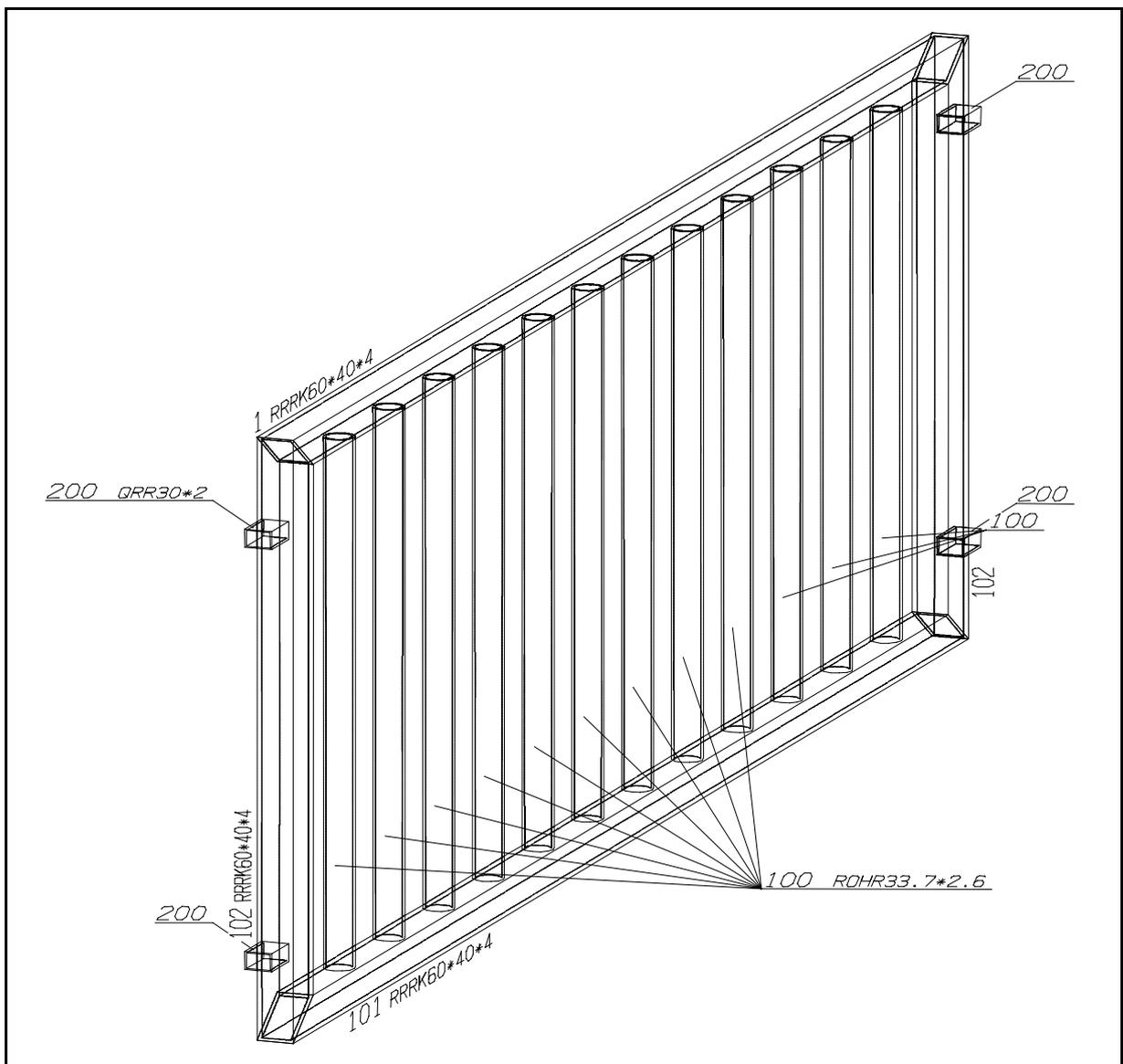


Bild 4.16: Perspektive als durchsichtiges Drahtmodell für den CAD-Systemvergleich
Quelle: BOCAD

Bei CAD-Perspektiven oder Dimetrien, wie in Bild 4.16 als „Nebenprodukt“ von CAD-Hochleistungssystemen dargestellt, erhält der Mitarbeiter sofort einen Überblick und somit Verständnis für die einzelnen Bauteile des zu fertigenden Produkts.

Hieraus resultieren kurze Verständigungszeiten verbunden mit einem zeitlich verkürzten Erklärungsaufwand.

Durch die Positionierung und Profilbeschreibung wird unmittelbar klar, wo welches Teil anzubauen ist.

Die Nachfragen beim Konstrukteur reduzieren sich nahezu vollständig. Dies bringt nicht nur Kostenersparnis, sondern gewährleistet auch ein Weiterarbeiten, wenn, wie im diskutierten Fall, der Unternehmer als CAD-Konstrukteur zeitweise nicht erreichbar ist bzw. die Zeichnungen nachts erstellt.

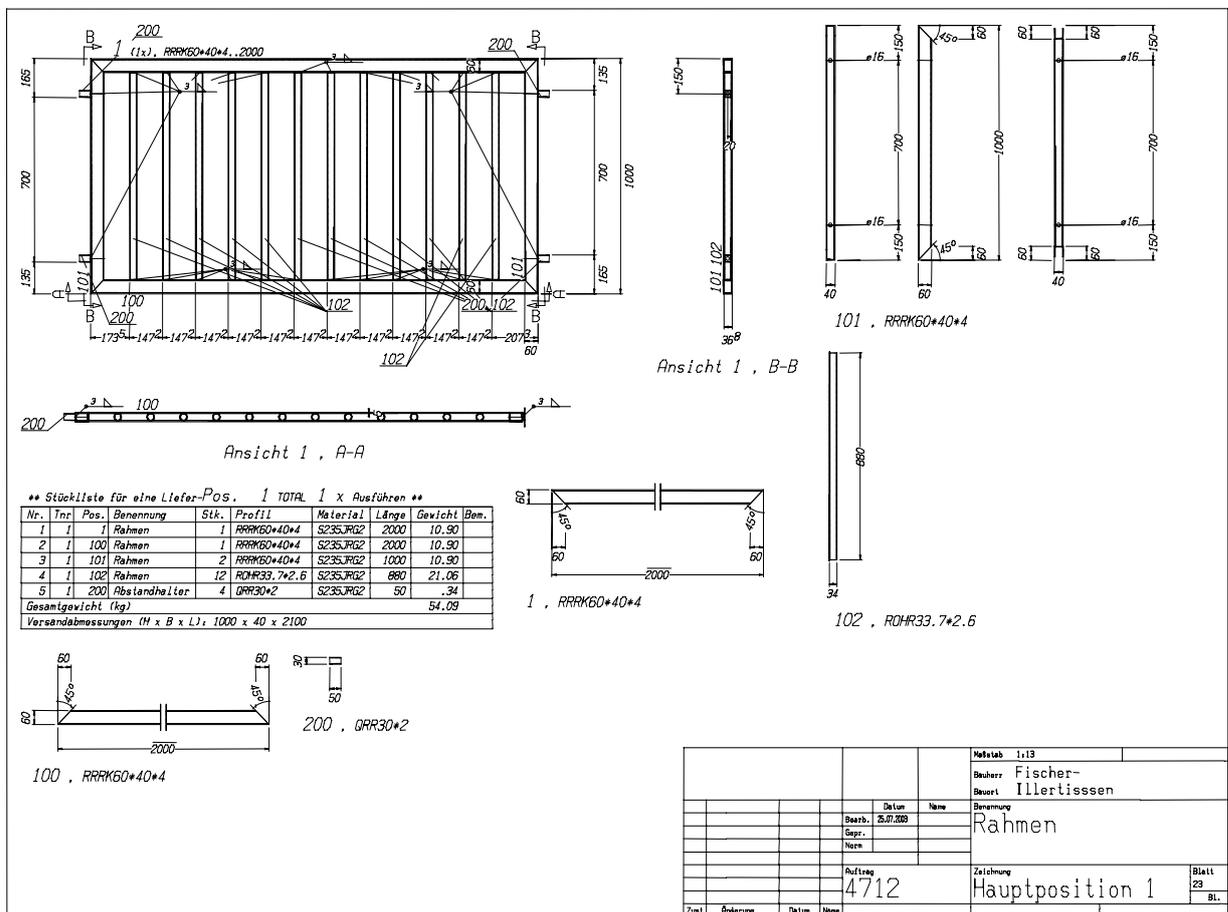


Bild 4.17: Automatisch erstellte Werkstattzeichnung für den CAD-Systemvergleich
Quelle: BOCAD

Dienen Dimetrien wie Bild 4.16 vorwiegend zur Auftragsklärung, so sind automatisch erstellte Werkstattzeichnungen (Bild 4.17) von CAD-Hochleistungssystemen die entscheidende, umfassende Arbeitsunterlage. Hierin ist alles wesentlich in prägnanter kompakter Darstellung lückenlos enthalten.

Zur Fertigung sind auf der Werkstattzeichnung (Bild 4.17) alle erforderlichen Angaben dargestellt. Im Vergleich zum elementaren CAD-System werden hier die Maße und sonstigen Angaben, automatisch nach Konstruktionseingabe, vom Programm selbst ermittelt.

Sämtliche Profilquerschnitte sind funktional auf ihre Örtlichkeit bezogen.

Die Zusammenstellung der Querschnitte ist in einer Stückliste zur besseren Arbeitseinteilung bei der Lagerentnahme sowie beim Zuschnitt in die Zeichnung automatisch eingeführt.

Alle erforderlichen Maße und Schnitte sind angegeben.

Details verdeutlichen in größerem Maßstab.

Ein Schriftdfeld ist automatisch vorhanden mit Angaben über Bauherr, Bauteil, Bauvorhaben, Datum, Auftragsnummer und Beschichtung.

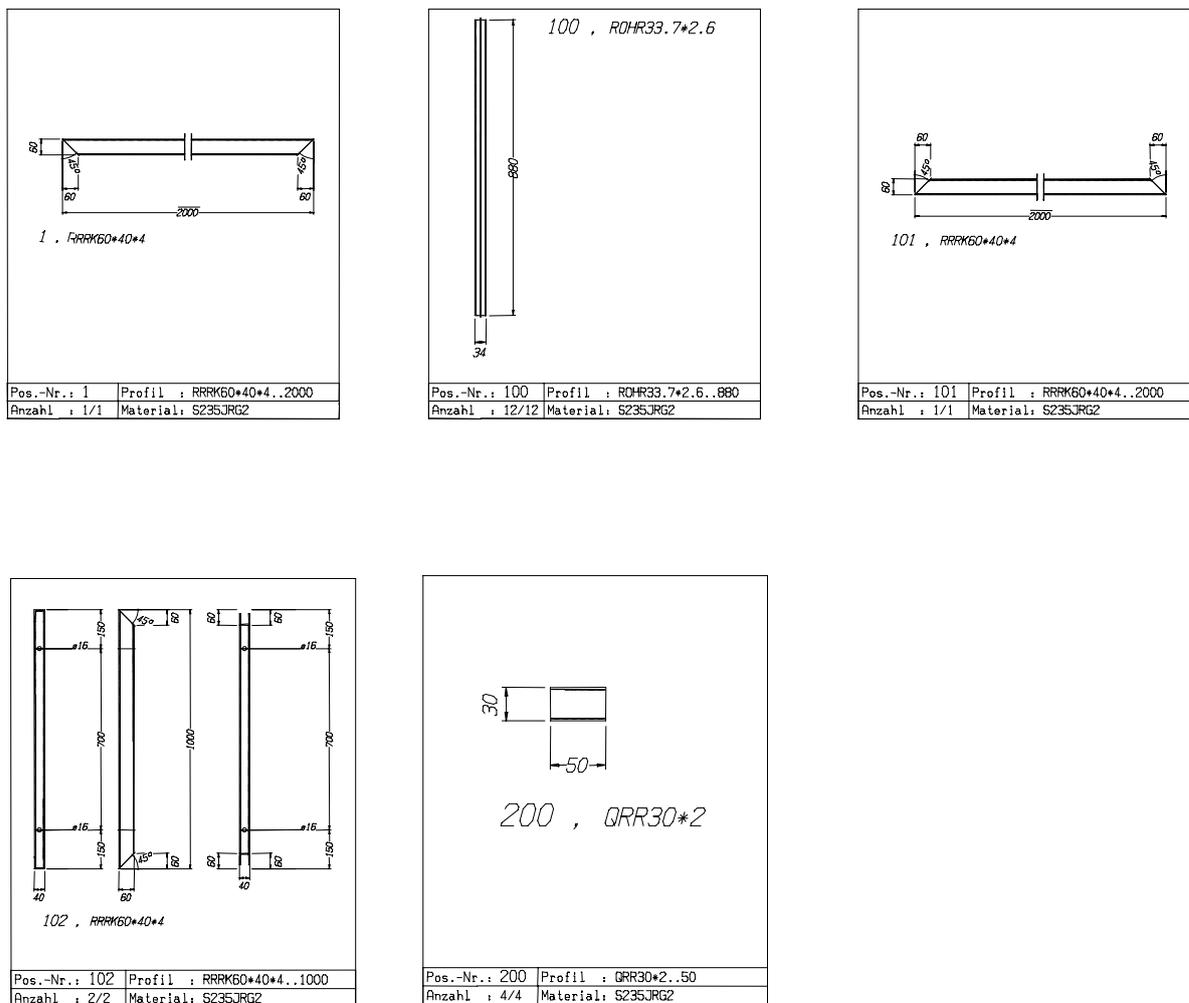


Bild 4.18: Automatisch erstellte Einzelteilzeichnungen für den CAD-Systemvergleich
Quelle: BOCAD

Besonders bei aufwendigeren Konstruktionen sind die in CAD-Hochleistungssystemen optionalen Einzelteilzeichnungen (Bild 4.18) sehr hilfreiche Planunterlagen, die automatisch aus dem Produktmodell abgeleitet werden. Diese optionalen Zeichnungen bieten folgende Zusatzvorteile:

Der Zuschnitt kann profilbezogen und materialsparend zusammengestellt werden. (Siehe auch nachfolgende Stückliste die diese Arbeit noch zusätzlich unterstützt.)

Mitarbeiter, die als Hilfskräfte oder als Auszubildende beschäftigt sind, können durch die besonders einfache Lesbarkeit dieser Zeichnungen ohne größeres Risiko eingesetzt werden.

Die Arbeitsteilung unter unterschiedlich qualifizierten Mitarbeitern steigert die Effizienz im Betrieb.

Firma Metallbau								
Bergische Universität Wuppertal								
MENGENLISTE		vom: 16.05.2005		Seite: 1 von 1		TB-LISTE		
Auftrag	007	Zeichnung	1					
Bauherr	Dissertation	Zeichng.-Gew.	54.1					
Bauwerk	Gartenzaun	Änderung						
Bauort	Wuppertal	Liefertermin	-					
Bauteil	Zaunfeld	Entzunderung						
Gruppe	-	Verzinkung						
Abteilung		Grundanstrich	-					
Bearbeiter	-	Deckanstrich	-					
Pos.	Stk.	Profil	Güte	Länge mm	Gewicht kg	Ges.Gew. kg	Ges.Fl. m ²	Bemerkung
 1	1	RRRK60*40*4	S235JRG2	2000	10.9	10.9	0.4	H-Riegel
 100	1	RRRK60*40*4	S235JRG2	2000	10.9	10.9	0.4	H-Riegel
 101	2	RRRK60*40*4	S235JRG2	1000	5.5	10.9	0.4	V-Riegel
 102	12	ROHR33.7*2.6	S235JRG2	880	1.8	21.1	1.1	Füllstab
 200	4	QRR30*2	S235JRG2	50	0.1	0.3	0.0	Abstandhalter
Zwischensumme:						54.1	2.3	
Gesamtsumme:						54.1	2.3	

Bild 4.19: Automatisch erstellte Stückliste für den CAD-Systemvergleich
Quelle: BOCAD

CAD-Hochleistungssysteme leiten aus dem Produktmodell automatisch sämtliche Stücklistenarten ab, unter anderem:

Bezogen auf die Positionen

Bezogen auf die zur Verwendung kommenden Profile

Besonders bei der Einführung von CAD-Hochleistungssystemen sind die Mitarbeiter zunächst sehr unsicher, oft auch skeptisch. Sie stellen sich die Frage, ob und wie sie mit dieser Vielzahl von Planunterlagen zurechtkommen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass das Verständnis und die Akzeptanz derartiger Planunterlagen in kürzester Zeit durch die Mitarbeiter vorhanden ist. Sämtliche erforderlichen Angaben zur selbstständigen Fertigung liegen ihnen z. B. bei Werkstattzeichnungen vor. Schon vor Fertigungsbeginn ist das Endprodukt eindeutig durch Perspektivzeichnungen geklärt. Vielen Konstrukteuren, bei Kleinbetrieben also zumeist den Unternehmern selbst, ist nicht bewusst, wie sehr sie sich schon selbst über einen längeren Zeitraum mit dem Objekt des Auftrags beschäftigt haben. Der damit verbundene Wissensvorsprung ist erheblich. Umso wichtiger ist dann eine rasche und eindeutige Produktbeschreibung für den Mitarbeiter, der das Produkt herstellen soll.

Die Wissensweitergabe an die Mitarbeiter findet bei diesen Betriebskonstellationen fast ausschließlich im Betrieb statt. Zwischen Mitarbeiter und Unternehmer ist nur abzuklären, welche Planunterlagen unter welchen Gegebenheiten notwendig und welche überflüssig sind.

2. Kleinbetriebe (ca. 10 - 19 Beschäftigte)

Im Vergleich zu Kleinbetrieben wird in Kleinbetrieben neben dem Unternehmer auch ein Mitarbeiter in die Arbeitsvorbereitung miteinbezogen. Diese Arbeit kann bei derartigen Betriebsgrößen vom Unternehmer nicht mehr alleine bewältigt werden.

Der Unternehmer, der sich für eine derartig innovative Umstrukturierung in seinem Betrieb entscheidet, muss sich zuerst mental darauf einstellen, dass er einen sehr betriebsrelevanten Bereich größtenteils oder sogar komplett an einen Mitarbeiter abgibt.

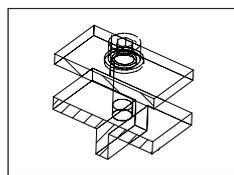
Für den Unternehmer sind bei der Mitarbeiterauswahl für diesen Aufgabenbereich folgende Punkte wichtig:

Ist der Mitarbeiter grundsätzlich bereit, sich intensiv bis in die Freizeit mit einem CAD-Programm zu befassen und damit zu arbeiten?

Bleibt der Mitarbeiter bereit, auch in der Produktion mitzuarbeiten, wenn es die Betriebsabläufe erfordern?

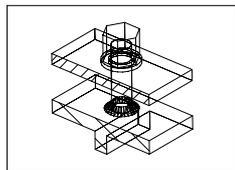
Die Kompetenzabgabe setzt gut begründetes Vertrauen voraus. Ein Mitarbeiter, der schon mehrere Jahre im Betrieb beschäftigt ist, erfüllt diese Voraussetzung am ehesten.

Grundsätzlich sollte die betriebliche Konstruktionsbearbeitung am Bildschirm mit den Möglichkeiten (Bild 4.20) der anschließenden Fertigung in der Produktionsstätte genau abgestimmt werden.



einfaches
Gewindeschneiden

oder



Bolzenschweißen
mit Spitzenzündung

Langjährige Mitarbeiter verfügen dazu über folgendes Wissen:

- Die individuellen betrieblichen Einsatzmöglichkeiten des vorhandenen Maschinenparks sind bekannt.
- Die Auswahl von Profilen und Verbindungen wird durch das Betriebsumfeld beeinflusst.
- Die Kenntnis über die Montage- und Transportmöglichkeiten bezüglich Einheitsgrößen sowie Verbindungsanforderungen und –möglichkeiten.

Bild 4.20: Bildliche Zusatzangaben für den CAD-Systemvergleich
Quelle: BOCAD

Eine frühzeitige Einbeziehung und Begeisterung der Mitarbeiter ist maßgebend für die nachhaltige Akzeptanz und Teamarbeit. Auch der Mitarbeiter in der Fertigung hat gute Ideen, die in die Konstruktionsmethoden einzuarbeiten sind.

Wichtig für Kleinbetriebe ist die Bereitschaft der Mitarbeiter zu Überstunden. Stoßzeiten dürfen sich nicht als Personalproblem erweisen. So muss z. B. eine Materialbestellung am frühen Morgen erfolgen, damit die Lieferung rechtzeitig im Hause ist. Dazu muss am Vortag die Konstruktion fertig gestellt werden. Diese Situation kann sich auch am Wochenende ergeben. Im globalen Wettbewerb macht diese Flexibilität die Arbeitsplätze sicher, auch wenn Gewerkschaften Anderes wünschen.

Besonders in der Einführungsphase eines neuen CAD-Systems besteht ein erheblicher Schulungsaufwand. Es ist innerbetrieblich im Vorfeld zu klären, wie diese Zeiten den Mitarbeitern zu vergüten sind.

Es wäre von großem Vorteil, wenn schon in der Ausbildung der Berufsschule (siehe nächstes Kapitel) die Grundkenntnisse eines CAD-Systems für den Metallbau vermittelt werden könnten.

Eine spätere Weiterbildung von Mitarbeitern zum Meister (siehe voriges Kapitel), wie auch bei den meisten Unternehmern, wird in Zukunft spezielle CAD-Schulungseinheiten für den Metallbau anbieten müssen.

Schulungsmöglichkeiten für Mitarbeiter werden unter Kapitel 4.2.4 erörtert.

Für Mitarbeiter, die eine derartige Weiterbildung anstreben, ergeben sich zusammenfassend folgende positiven Aspekte:

Das zusätzliche `know how` ist mit Motivation und einem gesteigerten Ansehen im Betrieb verbunden. Diese persönliche Wertsteigerung kann man nicht durch finanzielle Anreize ersetzen. Eine Produktivitätssteigerung ist nicht selten die Folge.

Die Weiterbildung, finanziert durch den Betrieb mit Büro, Hard- und Software, führt zur Erweiterung der persönlichen Berufsqualifikation.

Das Aneignen eines derartigen Spezialwissens, kann sich ggf. bei Einstellungsgesprächen zu einem wesentlichen Wettbewerbsvorteil herauskristallisieren.

Das Ergebnis der Ausbildung ist für Mitarbeiter, Kollegen, Unternehmer und vor allem für den Fortbestand der Firma als ausgesprochen vorteilhaft zu bewerten.

4.2.3 Innovation der Ausbildung an Berufsschulen, Fachhochschulen und Universitäten

Berufsschulen

Nach der Berufswahl und einer Ausbildungsplatzzusage gehen vorwiegend junge Menschen im deutschen dualen System zur theoretischen Wissensvermittlung in Berufsschulen. Zum ersten Mal werden ihnen gezielt berufsspezifische Kenntnisse vermittelt. Angesichts des Beharrungsvermögens von Bildungseinrichtungen an Alt-hergebrachtem stellt sich die Frage, ob in den Berufsschulen die entscheidenden, zukunftsrelevanten Kenntnisse vermittelt werden, zu denen CAD-Kenntnisse sicher zählen.

Als Grundlage für die Untersuchung von CAD Schulungsmöglichkeiten im Bereich Metallbau wurden Vertreter der Berufsschule Illertissen im Fachbereich Metall befragt und die relativ neuen Lehrplanrichtlinien für Berufsschulen [32] untersucht.

Im Bereich Metallbauer/Metallbauerin wird eine Unterteilung in folgende Unterrichtsfächer vorgenommen:

Instandhaltung, Fertigungstechnik, Bauelemente, Stahlbau, Metall- und Leichtmetallbau, Metallgestaltung und Karosserie und Aufbauten.

In der Jahrgangsstufe 12/13 werden dann drei Schwerpunkte gesetzt.

Konstruktionstechnik, Metallgestaltung und Nutzfahrzeugbau/ Fahrzeugkonstruktion.

Inhalt dieses Lehrplanes in den Schwerpunkten Konstruktionstechnik und Metallgestaltung sind insbesondere Bauzeichnungen, Konstruktionszeichnungen, Stahlbauzeichnungen, Systemzeichnungen, Gesamtzeichnungen und Teilzeichnungen. Die Lehrplaninhalte der Fachklassen Metallbau zeigen, dass in der Ausbildung ein großer Wert auf die Zeichnungserstellung gelegt wird (siehe Bild 4.21). „Lernfeld 6, Herstellung von Konstruktionen aus Profilen.“

Metallbauer/-in

Lehrplanrichtlinien

BAUELEMENTE

Jahrgangsstufe 11

Lernfeld 6	60 Std.
Herstellen von Konstruktionen aus Profilen	
Zielformulierung	
<p>Die Schülerinnen und Schüler planen die Herstellung von Konstruktionen aus Profilen. Dazu lesen, erstellen und ändern sie Zeichnungen. Sie gehen auf spezielle Kundenwünsche ein und erstellen Planungsunterlagen nach Maßaufnahme.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler organisieren Fertigungsabläufe und ermitteln die technologischen Daten auch mit Hilfe von Anwenderprogrammen. Sie beachten die Verträglichkeit unterschiedlicher Werkstoffe hinsichtlich der elektrischen Spannungsreihe und wählen Möglichkeiten für einen passiven und aktiven Korrosionsschutz aus.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler berechnen die für die Konstruktion notwendigen Größen und wählen unter ökonomischen und technologischen Gesichtspunkten Werkstoffe, Profile und Fertigungsverfahren aus.</p> <p>Sie entwickeln Beurteilungskriterien und bestimmen Prüfverfahren und Prüfmittel. Sie prüfen die ausgeführten Arbeiten und bewerten, diskutieren und dokumentieren die Ergebnisse.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler beachten die Bestimmungen des Arbeits- und Umweltschutzes, insbesondere im Umgang mit elektrischen Maschinen.</p>	
Inhalte	
<p>Gesamtzeichnungen</p> <p>Fertigungszeichnungen</p> <p>Materiellisten, Arbeitspläne, technologische Daten, Normteile</p> <p>Anwenderprogramme</p> <p>Profile aus unlegierten und legierten Stählen, Aluminium</p> <p>Maschinelles Trennen</p> <p>Schutzgasschweißen, Schweißparameter</p> <p>Schweißnahtbeurteilung und -nachbehandlung</p> <p>Arbeitsschutz beim Schweißen und beim Umgang mit technischen Gasen</p> <p>Gefügeaufbau</p> <p>Gefügeveränderung durch Wärmeeinwirkung</p> <p>Spannungsarmglühen</p> <p>Kalt- und Warmrichten</p> <p>Korrosionsarten</p> <p>Normen</p>	

Bild 4.21: Lehrplanausschnitt für Auszubildende im Metallbau

Quelle: Bayerisches Staatsministerium, Abteilung Berufliche Schulen [32]

Die befragten Abteilungsleiter und Fachlehrer der genannten Berufsschule sind überzeugt, dass CAD-Lösungen im Metallbaubereich in der heutigen Zeit absolut notwendig sind.

Die Befürchtungen der Lehrerschaft reichen von dem nicht ausreichenden Schulungszeitraum während der Ausbildung bis zu dem angeblich zu beschränkten Hintergrundwissen, welches sie selbst für eine CAD-Schulung mit Hochleistungssystemen brauchen.

Die Fachlehrer haben zudem Bedenken, dass das Rechnen für die Auszubildenden hierbei zu stark in den Hintergrund gedrängt werden. Als Beispiel wurde der Gartenzaun angesprochen, bei dem sich die Frage nach der Anzahl der Felder stellt, wenn die Anzahl der Pfosten bekannt ist. Diese Frage würde sich bei einem CAD-Hochleistungssystem mit branchenspezifischen Makros nicht stellen. Dies widerspreche dem etablierten Lehrstoff. Auch die grundlegenden Kenntnisse über das technische Zeichnen von Hand werden für unverzichtbar gehalten bis in Details, wie die Anwendung der verschiedenen Strichstärken (muss gelehrt werden) das Lesen und Verstehen von einfachen 3-D Darstellungen und die Fähigkeit zu deren selbständigem Zeichnen und die Erstellung einer Stückliste von den Grundzügen her.

Die Fachlehrer vertraten die Meinung, dass die auf dem Markt speziell für den Metallbau genutzten CAD-Programme nicht in die Berufsausbildung von Metallbauern zu integrieren seien. Lediglich mit einer Auto Cad Version zum rechnergestützten Zeichnen würden alle Auszubildenden in Grundzügen geschult, unabhängig vom Fachbereich.

Es wird vorgeschlagen, die sechs im Lehrplan aufgeführten Zeichnungsarten zur Vereinfachung auf maximal drei Zeichnungsarten (Übersichtszeichnung, Werkstattzeichnung und Einzelteilzeichnung) zu reduzieren. Dann ist erreichbar, dass nach der Lehrzeit jeder Auszubildende die Fähigkeit besitzt, technische Zeichnungen zu lesen. Ein fachspezifischeres Denken ist an den Berufsschulen notwendig. Einfache, allgemeine Strichzeichnungen mit normgerechten Bemaßungen sind im Metallbau nicht zukunftsweisend.

Das Argument, dass durch CAD das Lehrfach `Rechnen` an Wertigkeit verliert, scheint vorgeschoben. Gerade durch den Einsatz von CAD sollen Rechenfehler reduziert werden. Die Praxis zeigt täglich, welche Kosten durch Rechenfehler entstehen.

Je tiefergreifender sich das Gespräch mit Lehrern der Berufsschule entwickelte, desto deutlicher kam zum Vorschein, dass besonders die älteren Lehrkräfte das Erlernen von CAD-Hochleistungssystemen sich nicht mehr zutrauen.

Die Angst vor dem `Neuen` ist der wahre Grund, weshalb derartige Systeme nicht geschult werden. Besonders innovative Unternehmer von Kleinbetrieben des Metallbaus, die diese Techniken für sich als zukunftsweisend betrachten, sind dadurch benachteiligt.

Ein Zielkonflikt zwischen innovativen Kleinbetrieben und traditionsbehafteten Berufsschulen ohne Innovationsdruck wurde eklatant ersichtlich.

Fachhochschulen, Universitäten

Kleinbetriebe des Metallbaus können sich als Mitarbeiter in der Regel keinen Dipl. Ing. (FH) oder Dipl. Ing. (Univ.) leisten. Dies liegt an zwei Gründen:

Falls die Betriebsgröße oder die Betriebsstruktur überhaupt einen technischen Mitarbeiter mit Vollzeitstelle erforderlich macht, so wäre die Ingenieurausbildung für einen Großteil der Alltagsarbeiten als überqualifiziert zu betrachten.

Bei einem durchschnittlichen Jahresgewinn vor Steuern von ca. 80.000 € und einer durchschnittlichen Beschäftigtenzahl von ca. 10 Mitarbeitern lässt sich unschwer erkennen, dass angesichts jährlicher Lohnkosten von 70.000 € – 75.000 € ein Diplomingenieur nicht finanzierbar ist.

Die einzige, über viele Jahre bereits bewährte Möglichkeit liegt in der Ausbildung des Betriebsinhabers zum Diplomingenieur.

Die Ausbildung zum Ingenieur bieten in Deutschland 68 Fachhochschulen [46] und 53 Universitäten [46] für den Fachbereich `Bauingenieurwesen` an.

Lehre und Forschung zum Thema CAD ist an Fachhochschulen und Universitäten nach Aussage befragter Hochschullehrer üblich. Inwieweit dabei CAD-Hochleistungssysteme in der Ausbildung zum Einsatz kommen ist nachfolgend beschrieben.

An Hochschulen überwiegt die Meinung, dass nur CAD-Grundlagen zu vermitteln sind. Vor diesem Hintergrund wird fast ausschließlich auf Auto Cad geschult.

Zusatzmodule für den Stahlbau, z. B. Profilbibliotheken oder für den Massivbau, z. B. Wanddarstellungen ermöglichen eine Bearbeitung mit der gleichen Benutzungsoberfläche.

CAD-Hochleistungssysteme werden an einigen Hochschulen bei der Bearbeitung von Studien- oder Diplomarbeiten in den speziellen Fachgebieten `Stahlbau, Massivbau oder Holzbau` verwendet.

Als Ergebnis der Untersuchungen dieser Arbeit wird empfohlen, dass als Mindeststandard im Vertiefungsstudium im Fachbereich `Stahlbau, Massivbau und Holzbau` die Möglichkeit zur Schulung an einem CAD-Hochleistungssystem gegeben sein muss.

4.2.4 Adäquate Lehrmittel

„Lebenslanges Lernen“ ist für Unternehmer und Mitarbeiter von Kleinbetrieben im globalen Wettbewerb und speziell angesichts der ungünstigen deutschen Bevölkerungspyramide die entscheidende Möglichkeit, durch Effizienz und Qualität weiterhin Wohlstand zu erarbeiten. Die extreme zeitliche Arbeitsbelastung von Kleinunternehmern sowie die Lernprobleme auch der jungen Mitarbeiter in diesen Unternehmen machen es ratsam, wirksamere Lehrmittel zu entwickeln.

Bei Auszubildenden, die nach erfolgreichem Schulabschluss noch zweieinhalb oder meistens sogar noch dreieinhalb Jahre die Berufsschule besuchen, zeigt sich sehr oft ein erhebliches Desinteresse für althergebrachtes Lernen. Dies ist sogar bei der Weiterbildung zum Meister oder Techniker zu beobachten.

Weiterbildung wird dann nur deswegen erwogen, um durch die zusätzliche Qualifizierung eine höhere Entlohnung zu erreichen.

Es muss also durch adäquate Lehrmittel das grundsätzliche Interesse an Aus- und Weiterbildung so geweckt werden, dass statt „erzwungenem“ Lernen ein interessiertes Lernen stattfindet.

Die heutige Informationstechnologie eröffnet mit E-Learning neue Lehrmittel und Lehrmethoden, die dem lebenslangen Lernen neben der beruflichen Arbeit sehr entgegen kommen. Die Informationstechnologie gestattet in der Lehre nämlich etwas grundsätzlich Neues. Jeder kann lernen, wo und wann er will bzw. wenn er Zeit dazu hat. Dazu werden drei technische Lösungen angeboten:

- Rechnergestützte Schulung wie CBT (Computer-Based-Training) [48]
- Online-Schulung wie WBT (Web-Based-Training) [48]
- E-Learning-Portal [48]

Bei rechnergestützter Schulung wird z. B. mit Multimedia DVD's die Schulung zum Lernenden transportiert. Durch Sprache und bildliche Animation auf dem Bildschirm bietet dieses kostengünstige Lehrmittel orts- und zeitunabhängiges Lernen, man spricht auch von asynchronem Lernen. Diese Form erfüllt alle drei didaktischen Funktionen, nämlich Wissen vermitteln, Übungen anbieten und Übungen auswerten. Interaktiv kann der Lernende den Verlauf der Darbietung des Lehrstoffes individuell beeinflussen. Das entspricht genau den Anforderungen, die für Kleinbetriebe typisch sind. Wenn schon Lernen erforderlich ist, dann darf der Schulungszeitpunkt und -ort nicht fixiert sein. Die vorhandene Betriebsflexibilität ist so auch auf die Schulung zu übertragen.

Noch flexibler als Lehrmittel auf DVD ist die Online-Schulung über das Internet, die eine Kombination von synchronem und asynchronem Lernen erlaubt.

Anonymisierte Lernerfolgskontrollen verhelfen dabei zu einer realistischen Selbsteinschätzung. Hierdurch entfallen Bloßstellungen, was sich wiederum positiv auf die Lernbereitschaft auswirkt.

Vorteile der Online-Schulung speziell für Kleinbetriebe liegen in folgenden Punkten:

Die Installation von Software und von Updates im Betrieb entfällt.

Programmprobleme in der Schulung, aber auch bei der laufenden Programmnutzung im Betrieb sind sofort vom Administrator des Softwareherstellers zentral zu bearbeiten und stehen schnellstmöglich mit der nötigen Korrektur dem Nutzer zur Verfügung. Leistungsanforderung hinsichtlich der Hardware sind nicht mehr das Problem eines `Hobbyinformatikers`.

Im Sinne von E-Learning kann beim Lernen am Computer eine Begleitung durch erfahrene Lehrer (Coaches) über das Netz erfolgen. Durch „Chatten“ findet ein zeitgleicher Informationsaustausch statt. Zugunsten einer effizienten Zusammenarbeit zwischen Lernendem und Coach kommen die fachliche Kompetenz und die didaktischen Fähigkeiten des Lehrenden hinzu. An dieser Kombination muss allerdings innerhalb der marktbekanntesten Systemhäuser noch viel gearbeitet werden, jedoch sind in Einzelfällen gute Ansätze zu beobachten.

Der Vorteil der vorgeschlagenen Schulungsmethode liegt in Folgendem:

Die entstehenden Fragen des Lernenden können sofort beantwortet werden, d. h. die Schulung bzw. die Beratung zur laufenden Konstruktion findet ohne Zeitverzögerung ohne großen Kostenaufwand statt. Dies wirkt sich besonders bei Schulungsbeginn sehr motivationsfördernd aus, da mit begrenztem Risiko an realen Aufträgen mit dem neuen CAD-System gelernt werden kann. Die besonders in Kleinbetrieben sehr wichtige Flexibilität ist gewahrt.

Das Systemhaus allerdings muss ständig eine hochqualifizierte Fachkraft für diese Aufgabe bereitstellen. Dies kann für das Systemhaus ein im Markt von Kleinbetrieben durchschlagendes Alleinstellungsmerkmal sein, das sich durch Weiterentwicklungs- und Wartungsverträge mit allen Kunden finanzieren lässt. Zusätzlich wären Abendstunden sowie Wochenendstunden mit Betreuung des E-Learnings durch das Systemhaus gerade für die Verantwortlichen von Kleinbetrieben ein massives Kaufargument.

Beim Support hat sich gezeigt, dass jede verspätete Informationsbeschaffung wesentlich teurer ist als die zusätzlich anfallenden Entgelte für Online-Betreuung durch branchenspezifische CAD-Systemhäuser.

Alle diskutierten kooperativen Lernformen können durch Einsatz von Multimedia noch effizienter werden.

4.3 Innovation des Leistungsspektrums kleiner Metallbaufirmen

Die Definition für Innovation ist laut Duden [50] „Die Erneuerung durch Anwendung neuer Verfahren und Techniken“. Gerade kleine Betriebe (speziell Familienbetriebe), sind strukturell am besten für rasche Anpassungen an das vom Markt geforderte Leistungsspektrum durch Erneuerung geeignet. Nirgendwo in der Industrie sind die Entscheidungsprozesse so direkt und kurz. Nirgendwo sonst ist statt kurzfristiger Profittaktik wechselnder Shareholder das langfristige Gedeihen des Unternehmens und mithin auch der Mitarbeiter die einzige maßgebliche Entscheidungsbasis. Dennoch ist zu beobachten, dass oft wegen fehlender wissenschaftlicher Ausbildung die geschäftsführenden Inhaber derartiger Unternehmen nicht in der Lage sind, Visionen über die zukünftig vom Markt geforderten Leistungsspektren zu entwickeln und das Unternehmen im Vorhinein auf diese Chancen fachkundig auszurichten.

Durch die Ausbildung als Bauingenieur und die Praxiserfahrung im väterlichen Schlossereibetrieb war dem Verfasser dieser Arbeit schon frühzeitig bewusst, dass kleine Baubetriebe mit einem Rundumwissen am Markt gefordert werden, die mit wenig Aufwand Bauprobleme für den Kunden komplett lösen. Durch das breite Leistungsspektrum in einem innovativen Kleinunternehmen muss der geschäftsführende Gesellschafter durch sein Wissen einige Fachspezialisten entbehrlich machen. Dieses konzentrierte, recht umfassende Wissen befähigt ihn aber auch, vorausgreifend Visionen für kommende Marktentwicklungen zu erarbeiten und die Konsequenzen zu durchdenken.

Zur tief greifenden Innovation des gesamten Leistungsspektrums seines kleinen Metallbaubetriebs hat daher der Verfasser dieser Arbeit nach wissenschaftlicher Beratung durch zwei Professoren der Wuppertaler Universität vor ca. 15 Jahren einen chancen- und risikoreichen Weg der Innovation seines Betriebes gewählt, der heute Trend bestimmend für die Branche ist. Damals war nämlich das gesamte, profitable Leistungsspektrum der Planung und Herstellung technisch anspruchsvoller Objekte den kleinen Betrieben verschlossen. So musste trotz Fertigungsmöglichkeiten auf hochpräzise räumliche Fachwerke für Glasbauten verzichtet werden, wegen der Forderung nach sehr engen Glastoleranzen was sich auf die hohe Qualitätsanforderung an die Unterkonstruktion fortsetzte. Auch aufwendigen Bauwerkshüllen sind mit der gleichen Problematik behaftet.

Dieser Markt blieb großen Unternehmen vorbehalten, die in Konstruktion und Fertigung modernste Werkzeuge einsetzten, nämlich CAD-Hochleistungssysteme und CNC-Fertigungszentren. In den kleinen Betrieben wurden demgegenüber selbst einfache Konstruktionen kostspielig in der Fertigungshalle ausgelegt, um die nächsten Träger auszumessen und mit Handwerkzeugen an die schon vorhandenen anzupassen. Wer damals das Marktgeschehen in Deutschland genau beobachtete, konnte angesichts des hohen Wohlstands und der vergleichsweise hohen Lohnkosten einen auch für das Leistungsspektrum kleiner Betriebe wesentlichen Trend erkennen. Die bestehenden Traditionsmärkte mussten qualitativ erstklassig, also besser als bisher üblich, bedient werden, damit der kleine Betrieb trotz etwas höherer Preise gegenüber überregionalen Bietern den Zuschlag erhalten konnte. Auf anderen Feldern haben Großfirmen, wie Porsche und BMW, diese Qualitätsstrategie konsequent verfolgt. Als viel versprechende Zukunftsmärkte im Bauwesen zeichneten sich die anspruchsvollen Konstruktionen ab, die Gewerke übergreifend, z. B. als filigrane, transparente Stahl- und Glasarchitektur, zu Trendsettern wurden. Beide Märkte, der Qualitätsmarkt und der Anspruchsmarkt bzw. deren Kombination, schienen den kleinen Betrieben verschlossen. Um dem geforderten Leistungsspektrum dieser Märkte zukünftig genügen zu können, waren also gegen alle Tradition schon damals wirklich tief greifende Innovationen erforderlich, die heute unter noch schwierigeren Randbedingungen der deutschen Baubranche in noch stärkerem Maße gelten.

Vor diesem Hintergrund wurde also vor ca. 15 Jahren das Leistungsspektrum des eigenen, kleinen Metallbaubetriebs durch Investition eines führenden CAD-Hochleistungssystems für Stahlbau strategisch erweitert. Diese frühe Innovation führte geradezu zu einer Kettenreaktion weiterer Innovationen, die wissenschaftlich aufbereitet in dieser Arbeit niedergelegt sind. Insgesamt lässt sich mit diesen Innovationen ein Leistungsspektrum für kleine Betriebe des Metallbaus erschließen, das auch heute die zentrale Voraussetzung für wirtschaftliche Überlebensfähigkeit unter schwierigsten Randbedingungen ist.

Erst durch heutige CAD-Hochleistungssysteme mit Gewerke übergreifendem Leistungsumfang ist sicherzustellen, dass eine chancenreiche Erweiterung der Produktpalette kleiner Betriebe möglich wird. Besonders die Vielfalt und die Flexibilität sind spezifische Stärken kleiner Unternehmen.

So führt eine erweiterte Produktpalette zu einer Verbreiterung des Marktpotentials. Nicht die Ausführungsmöglichkeiten der Betriebe in der Fertigung setzen bisher Grenzen, sondern die beschränkten Möglichkeiten in der traditionellen Konstruktion. Diese Situation zeigt sich besonders bei räumlichen Konstruktionen, die nur mit einem erheblichen Arbeitsaufwand ohne detaillierte Unterlagen zu bauen sind und somit bei konventioneller Konstruktions- und Fertigungstechnik unwirtschaftlich werden. Ein weiteres Hindernis ist bisher die fehleranfällige Zeichnungserstellung als Skizze von Hand, z. B. bei Treppen. Grundvoraussetzung der betrieblichen Erneuerung durch CAD-Hochleistungssysteme ist die tägliche Benutzung und nicht nur deren Kauf. Dies fordert eine ständige Begleitung durch das Systemhaus. Erhöhter Aufwand bei der Einführung und verstärkte Mithilfe in der Anfangsphase reduziert sich im Laufe der Jahre auf Unterstützung in spezielleren Detailfragen. Gleichzeitig ist durch die Firmenstrategie des Softwareanbieters sicherzustellen, dass für die Anwendungsbranche die absehbaren CAD-Leistungsanforderungen und -spektren erforscht werden und dies mit rechtzeitigen Updates auch im Markt wirksam wird. Die Wertung der Wichtigkeit der einzelnen Leistungsspektren ist betrieblich sehr unterschiedlich, geprägt durch die Unternehmensstruktur. Die nachfolgend begründete Reihenfolge bietet dazu einen Ansatz, um Unternehmer in kleinen Betrieben innovativ durch verbesserte traditionelle und durch neue, marktgerechte Leistungsspektren zu unterstützen. So sind kleine Betriebe zu sichern und zu erweitern.

- Treppen sind praktisch in jedem Gebäude erforderlich und daher das primäre Leistungsspektrum fast aller kleinen Metallbaubetriebe. Gesetzliche Vorgaben erzwingen eine fachgerechte Ausführung von Treppen, was zusätzlich diesen Markt für heimatische Betriebe sichert.
- Geländer sind gesetzlich vorgeschrieben für Treppen und an Absturzkanten. Bauherren müssen deshalb funktionssichere Geländer vorsehen, sonst haften sie für Schäden.
- Zäune, Gartentüren und Gartentore dienen der Eingrenzung vieler Grundstücke, auch beim Bauen im Bestand. Bei Neubauten werden diese Arbeiten am Ende durchgeführt, wenn nur noch begrenzt finanzielle Mittel zur Verfügung stehen, also sind preisgünstige Lösungen chancenreich. Bei Umbauten oder Verschönerungsmaßnahmen, etwa bei Erhaltung geschützter Baudenkmäler, kommen z.T. sehr aufwändige Zäune, Türen und Tore zur Ausführung.

- Vordächer können bei Regen, Schnee oder Eis sicherheitssteigernd sein, da die Rutschgefahr im Eingang verringert wird. Auch für das „Face-Lifting“ von Fassaden oder für „Corporate Identity“ sind Vordächer bevorzugte Objekte von Architekten.
- Wintergärten greifen den filigranen Architekturtrend auf und können durch Qualität und Design ein überdurchschnittlich profitables Leistungsspektrum kleiner Betriebe sein.
- Allgemeine, komplexe Stahltragkonstruktionen, z. B. Raumfachwerke, bieten kleinen, aber leistungsfähigen Betrieben im Verdrängungswettbewerb die Chance, einen großen Markt im lokalen Umfeld zu erobern und zu sichern. Schon heute beträgt der Umsatzanteil dieses Spektrums bei kleinen Betrieben 21% (siehe Seite 14). Ohne ein CAD-Hochleistungssystem und seine perfekte Beherrschung durch die Mitarbeiter oder den Inhaber des Betriebs bleibt dieser Markt allerdings verschlossen.
- Fassaden und Dächer als Witterungsschutz können in Konkurrenz zu Spenglern ein Schwerpunkt im Leistungsspektrum von Kleinbetrieben sein. Diese Objekte bieten sich bei wachsender Betriebgröße als zusätzliches Marktpotential an.
- Der Komplettbau erfordert die Einbindung sämtlicher aufgeführten Leistungsspektren. Einzelne Kleinbetriebe sind damit überfordert. Sie können sich aber bei gemeinsamem, verteilt-kooperativem Einsatz eines übergreifenden CAD-Hochleistungssystems fallweise zu einem virtuellen Unternehmen zusammenschließen. Unter dieser Bedingung ist die Einbindung in den Komplettbau unproblematisch, schnell und fehlerfrei. Hier liegt ein sehr interessanter Markt für IT-starke, effiziente Kleinbetriebe ohne den typischen Overhead von größeren Unternehmen. Der DFG-Schwerpunkt 1103 „Vernetzt-kooperative Planung im Konstruktiven Ingenieurbau“ zeigt für die Bildung derartiger virtueller Gruppierungen von mehreren Kleinbetrieben die Arbeitsweise der Zukunft auf.

Diese genannten traditionellen sowie neuen Leistungsspektren sind nur dann profitabel in Kleinbetrieben auszuführen, wenn dazu auch die Arbeitsweise und die Hilfsmittel innovativ gestaltet werden, d. h. wenn die Chancen der Innovationen auch dann aufgegriffen werden, wenn dadurch gewohnte Arbeitsweisen aufgegeben und neue Wege in Organisation und Weiterbildung beschritten werden.

Dies sei nachfolgend aus dem Erfahrungsschatz eines einschlägigen Kleinbetriebs an einfachen, konkreten Alltagsbeispielen verdeutlicht.

Auch an Kleinbetriebe wird von Auftraggebern und Sublieferanten die Frage gestellt, ob sie zeitgemäß per E-Mail Zeichnungsdateien übertragen können. Wer kein CAD-Hochleistungssystem hat und beherrscht, das diese Leistungen in den vielen gewünschten Dateiformaten bietet, bleibt schlicht ausgeschlossen und ist für virtuelle Firmengruppen unbrauchbar.

Gegenüber dem Planer und Bauherrn sind bei der Akquisition, der Auftragsklärung und der Dokumentation inzwischen fotorealistische 3D-Zeichnungen erforderlich, um die Leistungsfähigkeit eines Kleinbetriebs und seinen technischen Stand von Anfang an zu beweisen. Da der Großteil der Bevölkerung nur ein sehr eingeschränktes räumliches Vorstellungsvermögen besitzt, wirken 3D-Zeichnungen ausgesprochen hilfreich bei der Auftragsklärung mit Baulaien, sie vermeiden zeit- und kostenaufwändige Streitigkeiten mit entsprechendem Rufverlust.

Aus dem Produktmodell des Auftrags durch das CAD-Hochleistungssystem automatisch abgeleitete Stücklisten, z.B. zur Materialbestellung, sind verfahrensbedingt fehlerfrei und stehen sehr frühzeitig lückenlos zur Verfügung.

Zuschnitte und Anarbeitungen, z. B. Löcher bohren, sind auf automatisch abgeleiteten Einzelteilzeichnungen übersichtlich und fehlerfrei dargestellt. Durch eine profilbezogene Zusammenstellung ist das Material sparende Schachteln möglich, gleichzeitig lässt sich die Maschinenzuordnung in der Arbeitsvorbereitung bei der Profilbearbeitung automatisieren. So erfolgt das Anfertigen von Platten entweder aus Flachstahlstäben an der Säge oder aus Blechen an der Brennschneidanlage.

Detaillierte, automatisch abgeleitete Werkstattzeichnungen aller Hauptpositionen mit Leitteil und den Anbauteilen inkl. der erforderlichen Ansichten und Schnitte ermöglichen einen reibungslosen Fertigungsprozess.

Durch die Aufteilung der Gesamtkonstruktion in Teilsysteme mit gemeinsamen Eigenschaften, z. B. dem planmäßig zugeordneten Werker, kann vom CAD-Ingenieur auch der Qualifikationsgrad der einzelnen Mitarbeiter berücksichtigt werden.

Zusätzliche Übersichtszeichnungen in der Fertigung vereinfachen und beschleunigen das Konstruktionsverständnis. Detailfragen, die sich bezüglich Anbauteilen, Bohrungen und sonstigen Öffnungen ergeben, sind an der Gesamtkonstruktion leichter zu erklären und unterstützen dadurch gleichzeitig die Vermeidung von Fertigungsfehlern.

Dies führt zu einer Reduktion an Rückfragen beim Konstrukteur (in Kleinbetrieben oftmals der Chef) und ermöglicht dessen Konzentration auf wichtige Betriebsabläufe. Übersichtszeichnungen, z. B. in Form automatisch abgeleiteter Explosionszeichnungen mit Positionsnummern, unterstützen den Montageablauf (siehe Bild 4.22).

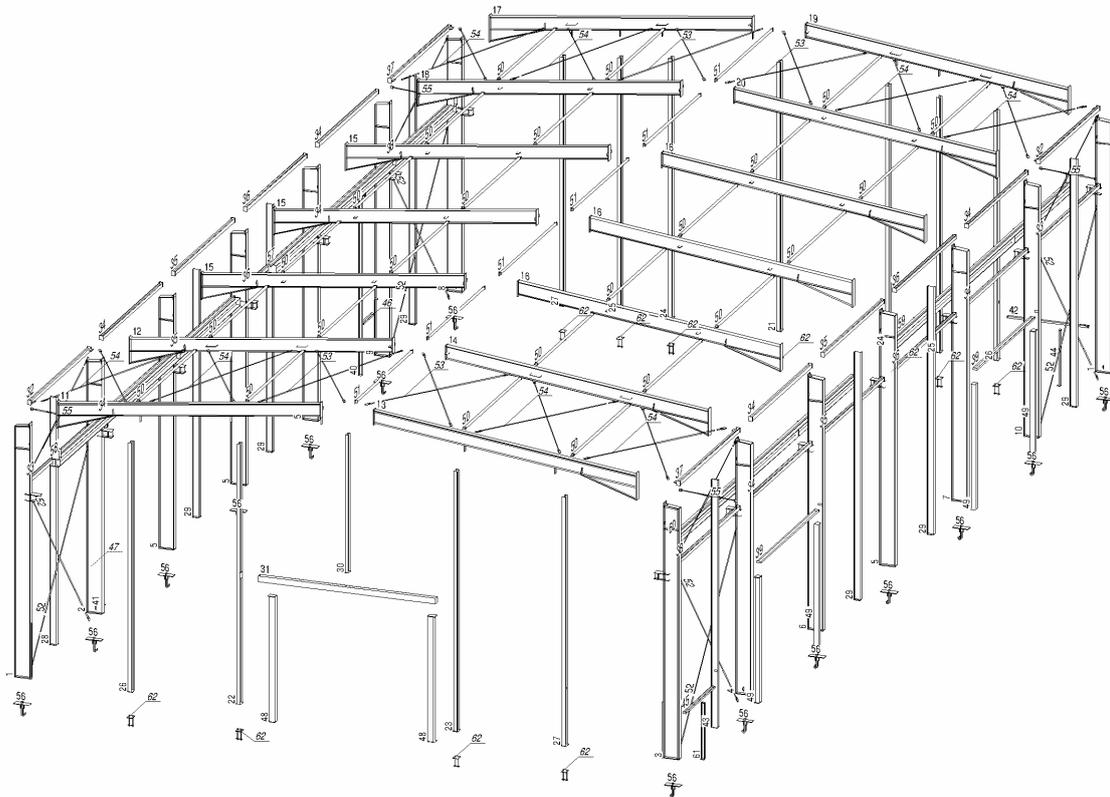


Bild 4.22: Explosionszeichnung zur Unterstützung der Montage
Werkbild Fischer Stahl- und Metallbau, Illertissen

Im Idealfall ist besonders in Kleinbetrieben der Mitarbeiter in der Fertigung in Personalunion zugleich der Monteur. Bei dieser Konstellation wird das Bauteilverständnis schon im Betrieb vermittelt und dementsprechend wird dies in der Montage effizient umgesetzt.

Krankheit oder andere betriebliche Gegebenheiten führen jedoch gelegentlich dazu, dass der Monteur erst bei Montagebeginn die Konstruktionsunterlagen studieren muss.

Gerade in derartigen, schon personell sehr kritischen Situationen, sind absolut klare und zuverlässig aktuelle technische Unterlagen wirtschaftlich entscheidend.

Je größer der Betrieb wird, umso mehr sind spezielle Montagekolonnen im Einsatz, deren Effizienz ebenfalls sehr von der Qualität der bereitgestellten technischen Unterlagen abhängt. CAD-Übersichtszeichnungen mit Positionsangaben zeigen, wie und wo die Bauteile zu montieren sind. Mit Schraubenbezeichnungen zeigen sie verbindlich und nachprüfbar auf, welche Art von Schrauben mit welcher Länge welche Bauteile miteinander verbinden.

Parallel zur Qualität technischer Unterlagen kann sich durch Erzeugung betriebswirtschaftlicher Unterlagen ein zusätzlicher Spareffekt entwickeln. Dies beginnt bei der Angebotserstellung und setzt sich fort bei der Bedarfsermittlung für die Bestellungen. Eine mitlaufende Kostenermittlung hilft, dass nach Auftragsfortschritt Abschlagszahlungen aufgrund des bereits geleisteten Arbeitsvolumens triftig begründet erstellt werden. Schlussrechnungen bilden den Abschluss eines Auftrages zwischen Bauherrn und Unternehmer. Für den Unternehmer ist intern allerdings der Auftrag erst dann beendet, wenn die Nachkalkulation ein auskömmliches Ergebnis zeigt oder zumindest die Schwachstellen aufdeckt, die durch innovative Verbesserungen zukünftig auszuschließen sind.

Erkannte Schwachstellen sind zumeist Anlass für das Nachdenken über geeignete Innovationen und Investitionen in die Zukunft des Betriebs.

4.4 Finanzierung von innovativen Investitionen

In wirtschaftlich schwierigen Zeiten liegt eine innovative Investition in der Sicherung des Unternehmens begründet. Zusätzliche Aspekte sind eine erweiterte Produktpalette, die mit einer steigenden Kapazitätsauslastung oder –erweiterung verbunden sein kann. Auch steigende Produktivitäten, in der Arbeitsvorbereitung-, in Fertigungs- und Montageprozessen, sind zu finanzieren.

Anschaffungskosten stehen Erträge gegenüber, die sich heutzutage nach ca. 36 Monaten decken sollten. Von den drei Investitionsarten der Finanzinvestition und den immatriellen Investitionen wird hier die dritte Art, die Sachinvestition, untersucht. Über die Bestimmung des Interdependenzgrades einer Innovation ist zu prüfen, ob und in welchem Maße dies Folgeinvestitionen im Bereich der Soft- und Hardware, dem Maschinenpark, aber auch im Personalbereich mit sich bringt. Bei einer Investitionsentscheidung für eine CNC-Bohranlage ist also zu prüfen, ob dazu auch ein Hochleistungs-CAD mit einer entsprechenden Datenübertragung vorausgesetzt wird. Die Kombination mehrerer Innovationen bringt als Synergieeffekt möglicherweise einen zusätzlichen wirtschaftlichen und qualitativen Erfolg mit sich. Die Problematik der hierfür erforderlichen Marktanalyse wurde bereits im Kapitel 4.1.4 behandelt.

CAD-Hochleistungssysteme mit entsprechendem modularem Aufbau sind innovative Investitionen in Kleinbetrieben des Metallbaus, wie sich in den vorigen Kapiteln gezeigt hat. Hierzu zählen auch integrierbare CNC-Maschinen. Die Vorgehensweise bei diesen Investitionen wird daher im folgenden an diesen Beispielen diskutiert. Für die Investitionsrechnung werden zwei statische Verfahren, auch Praktikerverfahren genannt, gewählt und mit einem dynamischen Verfahren verglichen, welches vollständige Zinsauswirkungen und unperiodische Einzahlungsbeträge berücksichtigt. Die aufgeführten Modellbeispiele basieren auf der Untersuchung der bereits im Kapitel 2 aufgeführten Kleinbetriebe des Metallbaus mit 4 bzw. 14 Beschäftigten.

Zu Beginn sind die Anschaffungskosten, siehe Bild 4.23, zu ermitteln, die sich für marktgängige CAD-Hochleistungssysteme folgendermaßen darstellen.

Betriebsgröße	Computer	A3-Drucker	A0-Plotter	CAD-Software	Grund-Schulung	Σ
4 Beschäftigte	1.500,00 €	800,00 €		5.000,00 €	1.500,00 €	8.800,00 €
14 Beschäftigte	1.500,00 €	800,00 €	3.700,00 €	12.000,00 €	2.500,00 €	18.200,00 €

Bild 4.23: Anschaffungskosten für CAD-Hochleistungssysteme

Quelle: Eigene Erhebung

Für den Modellbetrieb mit 4 Beschäftigten erfolgt die Wirtschaftlichkeitsrechnung für eine CNC-Dornbiegemaschine (Bild 4.24), die im Geländerbau eingesetzt wird. Ein CNC-Bohr-Stanzzentrum (Bild 4.24) wird für den Modellbetrieb mit 14 Beschäftigten für allgemeinen Stahlbau untersucht.

Betriebsgröße	CNC-Dornbiegemaschine	CNC-Bohr-Stanzzentrum
4 Beschäftigte	60.000,00 €	
14 Beschäftigte		250.000,00 €

Bild 4.24: Anschaffungskosten für CNC-Maschinen

Quelle: Eigene Erhebung

Diesen Anschaffungskosten sind nun die wesentlich schwieriger zu bestimmenden Ersparnisse (Einzahlungen) gegenüberzustellen. Speziell in Kleinbetrieben des Metallbaus herrscht Einzelfertigung vor, also keine Serienfertigung. Dies führt dazu, dass die periodischen Einzahlungen nur geschätzt werden können. Ebenso lassen sich bezüglich der steigenden Flexibilität und erhöhten Kapazitäten, die sich aus den Investitionen ergeben, keine genauen Einzahlungen für die Zukunft voraussagen.

Für den zu Beginn der Arbeit untersuchten Kleinbetrieb mit 4 Beschäftigten hatte sich ergeben, dass jährlich ca. 70 Geländer für Wohnungsbau gefertigt werden. Weiterhin wurde ermittelt, dass mittels eines CAD-Hochleistungssystems ca. 1 Stunde bei der Arbeitsvorbereitung (Zeichnungserstellung und Materialbestellung) je Geländer eingespart wird. Dies führt bei einem Stundensatz von 38,00 € zu einer jährlichen Ersparnis von 70 Einheiten x 38,00 €/Einheit = 2.660,00 € (Bild 4.25). Zur Verbindung des Geländerhandlaufs in den Treppenaugen werden je Wohneinheit im Schnitt 3 Bögen benötigt. Diese 70 Geländer x 3 Bögen = 210 Bögen sind nach eigenen Erfahrungen je Bogen um ca. 1 Stunde schneller mit einer CNC-Dornbiegemaschine zu fertigen. Hieraus ergibt sich eine jährliche Ersparnis von 210 Bögen x 1 Stunden/Bogen x 38,00 €/Stunde = 7.980,00 € (Bild 4.25).

Betriebsgröße	Jährliche Ersparnis durch CAD-Hochleistungssystem	Jährliche Ersparnis durch CNC-Dornbiegemaschine
4 Beschäftigte	2.660,00 €	7.980,00 €

Bild 4.25: Jährliche Ersparnisse durch CAD-System und CNC-Biegemaschine, Betrieb mit 4 Beschäftigten

Quelle: Eigene Erhebung

Im untersuchten Unternehmen mit 14 Beschäftigten werden im Jahr ca. 800 Tonnen Stahl für allgemeine Stahltragkonstruktionen verarbeitet. Die Untersuchungen sowie eigene Erfahrungen aus der Führung eines entsprechenden Betriebs ergaben, dass je nach Konstruktionsart sich eine durchschnittliche Zeitersparnis bei Einsatz eines CAD-Hochleistungssystems (Erstellung von Konstruktionszeichnungen und Stücklisten) von einer 0,75 Stunden/Tonne ergibt. Hieraus resultiert eine jährliche Kostenersparnis von 800 Tonnen x 0,75 Stunden/Tonne x 38,00 €/Stunde = 22.800,00 € (Bild 4.26). In der Fertigung einer Stahlkonstruktion sind je nach Profil des Bauteils ca. 2,5 Stunden/Tonne durch den Einsatz eines CNC-Bohr-Stanzentrums einzusparen. Hieraus ergibt sich eine jährliche Kostenersparnis von 800 Tonnen x 2,5 Stunden/Tonne x 38,00 €/Stunde = 76.000,00 € (Bild 4.26).

Betriebsgröße	Jährliche Ersparnis durch CAD-Hochleistungssystem	Jährliche Ersparnis durch CNC-Bohr-Stanzzentrum
14 Beschäftigte	22.800,00 €	76.000,00 €

Bild 4.26: Jährliche Ersparnisse durch CAD-System und CNC-Bohr/Stanzzentrum, Betrieb mit 14 Beschäftigten
Quelle: Eigene Erhebung

Zur Bewertung der vorgenannten Investition werden mehrere Verfahren verglichen: Zwei statische Praktiker-Verfahren mit Bestimmung des Break-Even-Points, die Amortisationsrechnung (pay-back-Methode) sowie das dynamische Verfahren der Kapitalwertmethode (Concept of Present Value) (siehe Bild 4.27).

$$\text{Break-Even-Point} = \frac{\text{Anschaffungspreis}}{\text{Ersparnis/Einheit}}$$

$$\text{Amortisationszeit} = \frac{\text{Anschaffungspreis}}{\text{jährliche Einsparung}}$$

$$\text{Kapitalwert (zum Zeitpunkt } t) = - \text{Anschaffungspreis} + \sum_{t=1}^n \text{Ersparnis}_t \frac{1}{(1+i)^n}$$

Bild 4.27: Investitionsrechnungsverfahren (Break-Even-Point, Amortisationszeit u. Kapitalwert)
Quelle: Investitionen planen und bewerten [70]

Hieraus ergibt sich für den Kleinbetrieb mit 4 Beschäftigten bei einem mittleren Zinssatz von 6% folgende Gegenüberstellung (Bild 4.28).

Investitionsgut	Break-Even-Point	Amortisationszeit	Kapitalwert
CAD-Hochleistungssystem	232 Geländer (ca. 70/Jahr)	3,3 Jahre	= 0 nach 3,7 Jahren
CNC-Dornbiegemaschine	526 Geländer (ca. 70/Jahr)	7,5 Jahre	= 0 nach 10,0 Jahren

Bild 4.28: Investitionsbewertung, Betrieb mit 4 Beschäftigten

Quelle: Eigene Erhebung

Im Unternehmen mit 14 Beschäftigten ergibt sich eine Investitionsrechnung entsprechend Bild 4.29.

Investitionsgut	Break-Even-Point	Amortisationszeit	Kapitalwert
CAD-Hochleistungssystem	639 Tonnen (ca. 800/Jahr)	0,8 Jahre	= 0 nach 0,8 Jahren
CNC-Bohr-Stanzzentrum	2632 Tonnen (ca. 800/Jahr)	3,3 Jahre	= 0 nach 3,7 Jahren

Bild 4.29: Investitionsbewertung, Betrieb mit 14 Beschäftigten

Quelle: Eigene Erhebung

Betriebswirtschaftlich ist in der heutigen, kritischen Zeit der Bauwirtschaft eine durchschnittlicher Amortisationszeitraum von 36 Monaten sinnvoll. Die ermittelten Amortisationszeiten für CAD-Hochleistungssysteme mit 3,3 bzw. 0,8 Jahren, (Bild 4.28 und 4.29), belegen die Rentabilität dieser innovativen Investition für beide Betriebsgrößen. Die Ergebnisse basieren auf periodisch gleich bleibenden Einsparungen, die ein im Mittel bei flexiblen Kleinbetrieben zutreffen. Die weiteren Einsparpotentiale, die sich als Synergieeffekte durch ein Hochleistungs-CAD für das restliche Leistungsspektrum ergeben (Bild 2.5 und 2.6), sind in diesen Werten unberücksichtigt.

Bei der Ermittlung nach der Kapitalwertmethode ergibt sich im Vergleich die Wirtschaftlichkeit durch den Zinseszinsseffekt zu einem späteren Zeitpunkt. Diese genauere Berechnungsmethode zeigt, dass zumindest bei kurzen Amortisationszeiten die speziell für Kleinbetriebe praktikableren, statischen Methoden eine noch vertretbare Genauigkeit der Aussage bieten.

Für die CNC-Dornbiegemaschine ergibt sich eine nicht vertretbare Amortisationszeit von 7,5 Jahren (Bild 4.28). Da nur geschlossene Treppenaugen diese Ausführungsart des Handlaufs mittels Dornbiegemaschinen benötigen, ist zudem das Marktrisiko groß, ob diese hergestellte Form über viele Jahre von Planer und Bauherrschaft gefordert wird. Zusätzliche Einsparpotentiale gibt es bei gebogenen Unter- und Obergurten im Treppenaugen. Würde diese Form zukünftig mehr verwendet, ergäbe sich ein wesentlich günstigerer Amortisationszeitraum. Nach der Kapitalwertmethode errechnet sich unter den genannten Annahmen eine Rendite erst nach 10 Jahren (Bild 4.28). Die genauere dynamische Berechnung ist hier wegen der längeren Laufzeit zur korrekten Bewertung der Investition zwingend erforderlich.

Für den Betrieb mit 14 Beschäftigten liegt die Amortisationszeit von 3,3 Jahren (Bild 4.28) beim Einsatz eines CNC-Bohr-Stanzentrums im Bereich der wirtschaftlich sinnvollen 36 Monate. Der Schwierigkeitsgrad der ausgeführten allgemeinen Stahlbaukonstruktionen bestimmt hierbei die Annahme des jährlichen Einsparpotentials maßgeblich.

Das zusätzliche Einsparpotential, welches sich durch die Kombination eines CAD-Systems und einer CNC-Maschine ergeben würde, ist hierbei nicht berücksichtigt.

Nach einer fundierten unternehmerischen Entscheidung für eine Investition stellt sich die im Bauwesen besonders schwierige Frage der Finanzierung. Nur noch Sparkassen, Volks- und Raiffeisenbanken bedienen den Mittelstand und Kleinbetriebe mit Krediten. Großbanken fallen als Partner von Kleinbetrieben aus, obwohl die Einführung der restriktiven Regeln von Basel II erst zum 01.01.2007 erfolgen soll. Alle Banken führen schon heute (von Bank zu Bank sehr unterschiedlich) ein Rating durch. Basis für das Rating sind gewichtete harte und weiche Faktoren der Investition und des Betriebes.

Zu den harten Faktoren zählen die Gewinn- und Verlustrechnungen der letzten drei Jahre. Hierzu erstellt der Fachverband Metall Nordrhein-Westfalen [52] jährlich eine Betriebsvergleichsrechnung für Metallbauer (siehe Bild 4.30). Diese Zahlen sind besonders erregend, denn sie verhindern praktisch die innovative Erneuerung und Anpassung der Branche durch Fortfall der Kreditwürdigkeit.

Betriebsgröße	Betriebswirtschaftliches Ergebnis	Eigenkapitalquote	Investitionsrahmen
4 Beschäftigte	- 5.755 €	- 7,0 %	- 1621 €
14 Beschäftigte	84542 €	23,0 %	50268 €

Bild 4.30: Betriebswirtschaftliche Durchschnittswerte für Metallbauer der Jahre 2000-2002
Quelle: Fachverband Nordrhein-Westfalen [52]

Davon ausgehend, dass die harten Faktoren mit ca. 50% die Kreditzusage beeinflussen, ergibt sich für Unternehmen mit max. 5 Beschäftigten bei einem negativen Betriebsergebnis und einem negativen Investitionsrahmen kein Finanzierungsspielraum. Das Gesamtbild ändert sich erheblich, wenn die weichen Faktoren, die ebenso einen Gewichtungsfaktor von ca. 50% ausmachen, stimmig sind. Dies beginnt einerseits beim Unternehmeralter, der Unternehmerqualifikation, der Qualifizierung der Mitarbeiter, dem Maschinenpark einschließlich der Immobilie sowie eines überzeugenden Businessplans. Hierzu gehört zum Beispiel eine nachvollziehbare Trendanalyse, die bei einer entsprechenden Investition einen erhöhten Umsatz von Edelstahlgeräten aufzeigt. Nicht zuletzt eine nachweisbare Kunden- und Lieferantenzufriedenheit begünstigen eine Finanzierungszusage. Bei Unternehmen mit mehr als 10 Beschäftigten ist die Finanzierungsproblematik nach Bild 4.30 weniger schwerwiegend.

Die Hoffnung besteht, dass bei einer Vergrößerung des Unternehmens mithilfe innovativer Investitionen auch in schwierigen Zeiten zufrieden stellende betriebswirtschaftliche Erträge zu erzielen sind.

Bedeutend, aber gegenüber den beiden Hauptfaktoren nachrangig, sind in diesem Kapitel noch das Rechtssystem inklusive Erbrecht und Steuerrecht, das Finanzierungssystem und das Gewerkschaftssystem.

4.5 Innovation durch Unternehmensnachfolge

Viele kleine Bau-, Ausbau- und Metallbauunternehmen schließen in den nächsten Jahren, wenn die bisherigen Inhaber keine geeigneten Nachfolger finden (siehe Bild 4.31). Die Nachfolger müssen durch entsprechende, neu konzipierte Ausbildung auf die Herausforderungen dieser Aufgabe und die steigenden Anforderungen des Marktes und des Umfeldes vorbereitet werden. Dabei ist klar abzusehen, dass die nächste Unternehmergeneration leistungsfähiger sein sollte als die bisherige Generation. Der Konkurrenzdruck innerhalb der erweiterten EU auf lokale Märkte ist in der nächsten Generation größer und die zu tragenden sozialen Lasten sind schwerer.

Grundsätzlich sind für die Unternehmensnachfolge gerade der hier betrachteten Firmen Absolventen der Universitäten geeignet, die mit Baumanagement, CAD-orientierter Bauinformatik und praxisnaher Lehre in den materialorientierten Fächern lebensstüchtig ausgebildet werden. Hier liegt eine große Chance, dass derart ausgebildete Absolventen nach einigen Jahren Praxiserfahrung traditionsbehaftete, kleine Firmen übernehmen und durch die hier diskutierten Innovationen wettbewerbsfähig und profitabel gestalten.

Derart begeisternde, wenn auch anspruchsvolle berufliche Lebensperspektiven sollten bei der Profilbildung der Bauingenieur-Fakultäten offensiv herausgestellt werden! Innovative Ingenieure bzw. Unternehmensnachfolger mit einem Wissen auszubilden, welches sämtliche Problemfelder abdeckt, ist allerdings eine sehr herausfordernde und ressourcenintensive Aufgabe. Das Ziel lohnt sich: Nur so werden Arbeitsplätze erhalten und neu geschaffen und das Rentensystem gesichert, nicht durch hochschulpolitische Sonntagsreden. Innovative finanzielle Aspekte und Ausbildungsaspekte zu Mitarbeitern und Unternehmensnachfolgern werden deshalb in den entsprechenden Kapiteln dieser Arbeit diskutiert.

Die Situation über Nachfolgeregelung im Handwerk wurde im dritten Quartal 2002 von der ZDH [68] untersucht. Der geplante Zeitpunkt, zu welchem der Betrieb übergeben werden soll, ist in Bild 4.31 dargestellt.

Beabsichtigen Sie, Ihren Betrieb in den nächsten Jahren an einen Nachfolger zu übergeben?

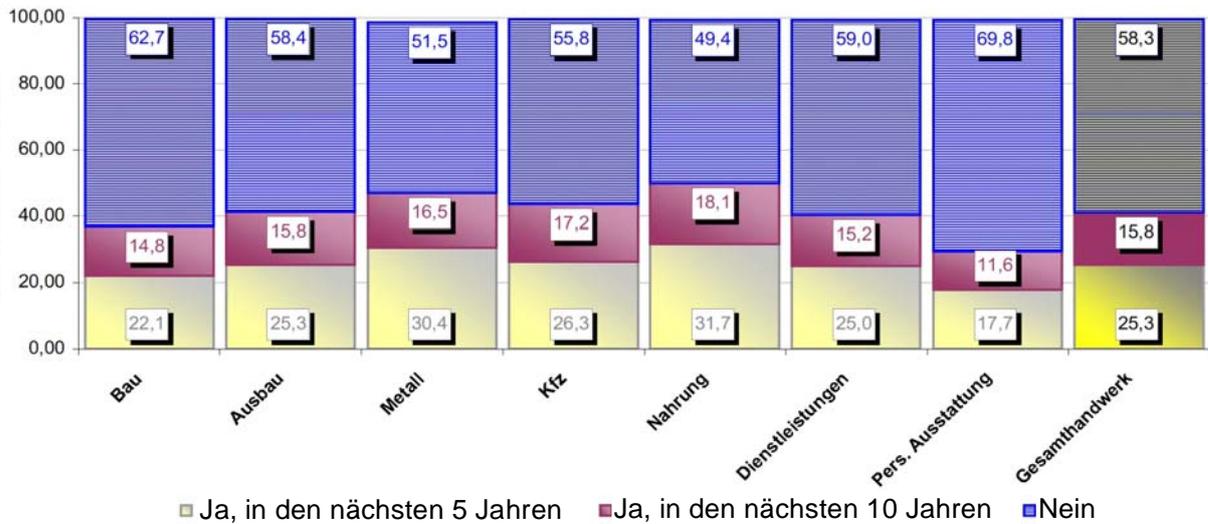


Bild 4.31: Nachfolge im Handwerk

Quelle: ZDH [68]

In Kleinbetrieben im Gesamthandwerk (bis 20 Mitarbeiter) planen in den nächsten 5 Jahren durchschnittlich 25,3% und in den nächsten 10 Jahren zusätzlich 15,8% die Betriebsnachfolge durchzuführen. Besonders kritisch ist die Lage im Metallbau mit 30,4% in den nächsten 5 Jahren und zusätzlichen 16,5% in den nächsten 10 Jahren, also gesamt fast 47%.

Primäres volkswirtschaftliches Ziel bei diesem immensen Nachfolgebedarf muss die lebensstüchtige Betriebserhaltung mit Erhalt der Arbeitsplätze in Deutschland sein.

Ein für die Lebensfähigkeit des Unternehmers wichtiger Faktor bei einer Betriebsübergabe ist die Übergabeform, über die sich der Übergeber und der Übernehmer einigen müssen. Besonders in Kleinbetrieben ist das Betriebsvermögen oftmals auch die einzige Altersversorgung, was den Verhandlungsspielraum einschränkt. Die geplante Betriebsübergabeform wurde in [68] ebenfalls untersucht (siehe Bild 4.32).

Nur 16,9% planen laut Bild 4.32 die Schenkung, die unproblematisch ist, wenn das Vermögen die Schulden übersteigt. Demnach haben 83,1% der Nachfolger Finanzierungsprobleme zu lösen.

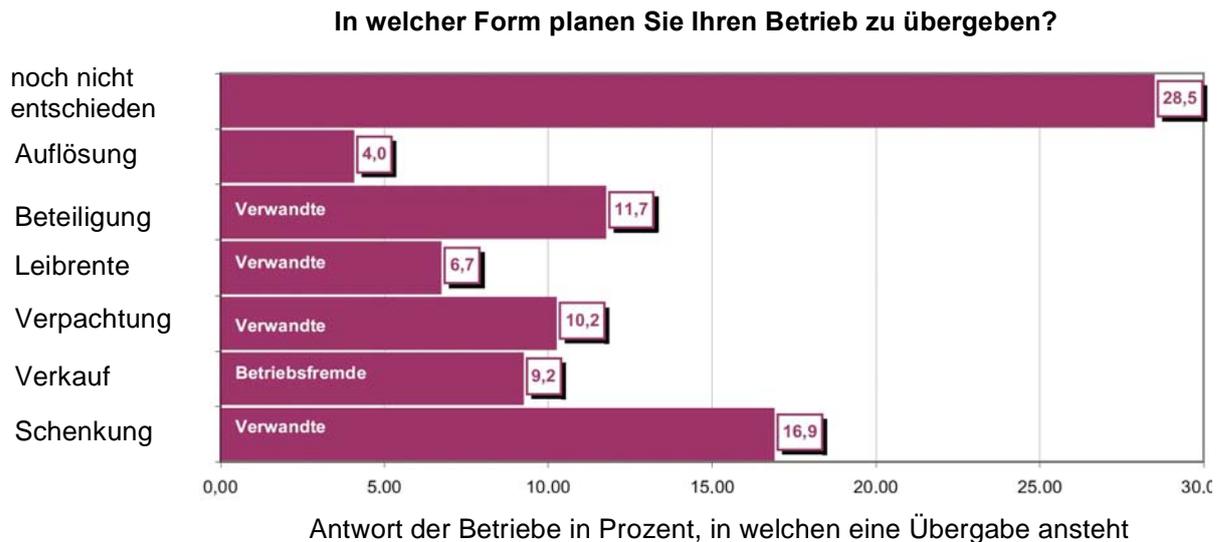


Bild 4.32: Geplante Übergabeform
Quelle: ZDH [68]

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit hilft hierbei mit einem Schema eines Business-Plans um ein lebensfähiges Unternehmenskonzept in strukturierter, detaillierter Form zu erstellen. Die Nachfolgefiananzierung und der Innovationsbedarf lassen sich dadurch fundiert beurteilen. Deshalb sind diese Unterlagen auch Basis jeder Ratingeinstufung, die ab 2007 von Banken bei Beantragung von öffentlich geförderten Existenzgründerdarlehen gefordert wird. Der Businessplan schildert bisherige und als Innovation geplante Tätigkeitsfelder des Unternehmens. Entsprechend Kapitel 3 bietet eine breiter gefächerte Produktpalette ggf. Möglichkeiten zum Kapazitätsausgleich bei schwankender Nachfrage innerhalb einzelner Leistungsspektren. Sie schafft gleichzeitig die Möglichkeit einer Betriebsvergrößerung um die „kritische Masse“ zu erreichen.

Betriebssicherung bei problematischer Marktentwicklung fordert eine innovative Unternehmensnachfolge. Mit der Effizienz eines extrem kleinen Verwaltungsapparats steht und fällt die Überlebensfähigkeit von Kleinbetrieben. Im Idealfall erledigt der entsprechend ausgebildete Inhaber die administrativen Aufgaben ohne fremde Hilfe. Nach einer Hochrechnung von Lahner [59] lag der Anteil der weniger umfassend ausgebildeten Meister bei Existenzgründungen in den letzten Jahren bei 78%. Laut der gleichen Untersuchung [59] sind bisher in technisch innovativen Handwerksbetrieben 42,1% ausgebildete Ingenieure in der Unternehmensführung eingesetzt. Dies unterstreicht die Forderung nach einem Bauingenieur-Studium für die Führung eines Kleinbetriebes im Metallbau.

Universitäten, z. B. im Dualen Bachelor-Studiengang in Wuppertal, bieten teilweise schon heute für die Unternehmensnachfolge ideale Voraussetzungen mit dem Studiengang Bauingenieurwesen, wenn hierbei das Baumanagement profilprägend wird. In den Fächern Tragwerksplanung sowie Stahlbau wird das in Kapitel 3 hergeleitete, für die Branche typische Kenntnisspektrum zur Tragwerksbemessung vermittelt.

Im Studienfach Theoretische Methoden und Angewandte Informatik erfolgt bedauerlicherweise nur an einigen Universitäten die Lehre und Forschung mit CAD-Hochleistungssystemen produktmodellorientiert. Das komplette Leistungsspektrum von Kleinbetrieben des Metallbaus einschließlich der Anbindung von CAM-Systemen wird dadurch innovativ abgedeckt. Insbesondere der Gewerke übergreifende Einsatz mit nur einem umfassenden CAD-System ist von entscheidendem Wettbewerbsvorteil für diese Unternehmensgröße, wie in Kapitel 4.1.2 detailliert hergeleitet. Die Bestandsaufnahme, die besonders in Kleinbetrieben aus eigener praktischer Erfahrung des Verfassers die wesentliche Ausgangssituation darstellt, wird in den Fächern Messtechnik und Vermessungskunde vermittelt, wobei dem 3-D Laser-Scannen und der Nahbereichsphotogrammetrie steigende Bedeutung zukommt. Im Fach Baumanagement werden die entscheidenden Berufsfelder für Unternehmensnachfolger vermittelt, nämlich

Angebotserstellung, Ermittlung der betriebsspezifischen Lohn-, Material-, Fremdleistungs- und Gemeinkosten, Vor- und Nachkalkulation, Gewinn- und Verlustrechnung sowie Bilanzierung.

Das Wahlfach Baurecht sollte Pflichtfach werden. Vorworte in Leistungsverzeichnissen sind nach eigener Erfahrung des Verfassers oftmals umfangreicher als die Angebotsseiten und führen bei falscher Auslegung zu erheblichen Kosten. Letzteres trifft auch für das Fach Arbeitssicherheit zu. Die Nichteinhaltung von UVV-Bestimmungen kann im Schadensfall zur Betriebsschließung führen. Die erforderlichen Grundkenntnisse für eine Betriebsübernahme muss Basiswissen im Steuerrecht vervollständigen.

Parallel zum geschilderten Studiengang Bauingenieurwesen bietet z. B. die Bergische Universität in Wuppertal einen Dualen Studiengang Bauingenieurwesen an. In diesem Studiengang wird sowohl der Abschluss eines Bachelor of Science im Bauingenieurwesen geboten als auch eine praktische Ausbildung mit einem Gesellenbrief im Bauwesen.

Dieser innovative Ansatz erfüllt die Vorstellungen von Unternehmen, die ihre Kinder für die Unternehmensnachfolge lebensstüchtig ausbilden lassen wollen, in idealer Weise. Der Bekanntheitsgrad des Dualen Studiengangs sollte deshalb deutschlandweit durch folgende Maßnahmen gesteigert werden, damit die Unternehmer der Branche diese Chance aufgreifen:

1. Vermittlung der Ausbildungsmöglichkeiten in allen Haupt-, Realschulen und Gymnasien bei den Informationsveranstaltungen zur Berufswahl
2. Information zur Aus- und Weiterbildung innerhalb der Innungen, Handwerkskammern und Industrie- und Handelskammern

Die in Bild 4.33 dargestellte Umfrage der ZDH [68] innerhalb der Handwerksbetriebe zur Nachfolgeplanung belegt den dominierenden Anteil von Verwandten und den mit 11% erstaunlich geringen Anteil von Betriebsangehörigen.

Es ist also zu beachten, dass diese Betriebe offenbar Familienbetriebe bleiben sollen. Das gelingt aber nur, wenn die Nachfolger dazu durch innovative Ausbildung ertüchtigt werden, z. B. durch den vorgenannten Dualen Studiengang. Hierin liegt im Übrigen ein typisch deutscher Wettbewerbsvorteil. Es ist möglicherweise der letzte Wettbewerbsvorteil im Bildungswesen

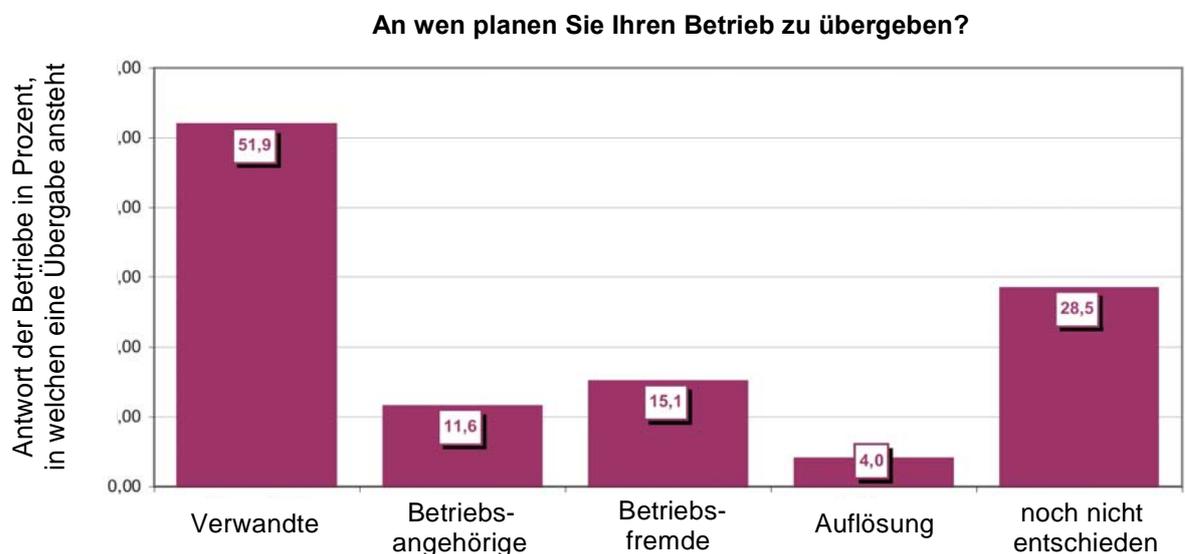


Bild 4.33: Geplanter Nachfolger im Handwerk
Quelle: ZDH [68]

Der Bildungsbericht 2004 des Bundesministerium für Bildung und Forschung [46] betont die steigenden Anforderungen der Berufsqualifikation. Im Jahre 2004 entschieden sich 36,5% aller Schulabgänger für ein Studium. Die Steigerungsrate um 8% gegenüber dem Jahr 1998 stellt eine positive Entwicklung dar.

Besonders die Handwerkskammern sind gefordert, die zukunftsweisende Ausbildungsmöglichkeiten des Dualen Studiengangs zu vermitteln. Wie in Kapitel 2. untersucht, sind die Handwerkskammern fast ausschließlich Hauptansprechpartner der Kleinbetriebe des Metallbaus. Die Information über den Dualen Studiengang muss so früh wie möglich stattfinden, damit innerhalb der Verwandtschaft ausbildungssteuernd eingewirkt werden kann.

Der Duale Studiengang bietet durch Einbeziehung zentraler Ausbildungsstätten, die auch von Kammern geführt werden, einen politisch tragfähigen Kompromiss. Somit kann Interessenkonflikten untereinander, die in der Ausbildungshoheit der Kammern bezüglich Gesellen und Meistern liegt, vorgebeugt werden.

Vereinzelt unterstützen Handwerkskammern einen vereinfachten Zugang von Meistern zu einem Fachhochschulstudiengang. In einigen Bundesländern ist daher der Meisterbrief gleichzeitig die Zulassung für ein FH-Studium. Selbst im restriktiven Bayern wird durch die Einführung eines 5-monatigen Propädeutikums in Kombination mit einem Meisterbrief in einem Pilotprojekt an der FH-Amberg/Weiden der Ansatz verfolgt.

Für potentielle Unternehmensnachfolge bietet das Internetportal CHANGE/CHANCE (www.change-online.de) Unternehmen die Möglichkeit, die richtige Nachfolge zu suchen. Gleichzeitig bietet diese Plattform, die vom Zentralverband des Deutschen Handwerks (ZDH), dem Deutschen Industrie- und Handelskammertag (DIHK) sowie der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) betreut wird, interessierten Führungskräften entsprechende Unternehmen an.

Die innovative Unternehmensübernahme bzw. Unternehmensführung erfordert Innovationskompetenz, zu der diese Arbeit beitragen soll.

5 Zusammenfassung

Jahrzehnte beruflicher Erfahrung in der Leitung eines kleinen Metallbaubetriebs als Allround-Bauingenieur wurden analysiert und zu einer umfassenden Konzeption „Innovation der Kleinbetriebe des Metallbaus“ verdichtet.

Als erster kleiner Metallbaubetrieb in Deutschland erprobte der als Musterfall gewählte Allgäuer Betrieb Fischer Stahl- und Metallbau, ob die Einführung eines CAD-Hochleistungssystems speziell für kleine Betriebe eine wirtschaftlich sinnvolle Innovation ist. Das damals risikoreiche Experiment ermutigt heute viele Betriebe, nach gezielter Weiterentwicklung des CAD-Systems, diesem Beispiel zu folgen, um in der anhaltend massiven Krise des Bauwesens durch rechtzeitige Innovation zu überleben.

Der alltägliche Einsatz eines CAD-Hochleistungssystems stellte sich als derartig tief greifende Innovation kleiner Betriebe heraus, dass das Betriebsgeschehen insgesamt in allen Bereichen konsequent neu und effizienter gestaltet werden musste. Dabei traten nachweisbar positive Synergieeffekte auf.

Diese Erfahrungen aufgreifend, wird hiermit erstmals systematisch eine umfassende Gesamtkonzeption zur Innovation kleiner Baubetriebe erarbeitet. Unter den erschwerten Verhältnissen der deutschen Bauwirtschaft werden nur noch die Betriebe bestehen, die alle Chancen und positiven Synergieeffekte erkennen und für sich nutzen. Die umfassende Konzeption betrifft daher das Zusammenwirken so unterschiedlicher Aspekte wie Marketing, Auftragsklärung, Zeichnungswesen, universitäre Ausbildung, Lehrlingsausbildung, Weiterbildung, Maschinenpark, Finanzierung und Betriebsnachfolge.

Im Abschnitt „Grundlagenermittlung“ wird die bedeutende Zahl der Arbeitsplätze in kleinen industriellen und handwerklichen Betrieben des Metallbaus belegt und anhand von Umsätzen in den spezifischen Produktspektren dieser Betriebe diskutiert. Auf dem gleichen Markt zumeist regional tätig, unterliegen diese Betriebe den gleichen Markttrends, so dass sie gemeinsame traditionelle Leistungsspektren entwickelt haben. Es fällt auf, dass diese Betriebe das ihrem theoretischen Leistungsvermögen entsprechende Marktpotential aber nur sehr unterschiedlich ausschöpfen. Von einem Meister geführte Unternehmen ohne tief greifende Innovationen bedienen nur elementare, fast triviale Marktsegmente, z. B. Zäune und Tore, einfache Treppen und Geländer, Vordächer und Wintergärten, einfache Stahltragwerke, Fassaden und Dächer.

Von einem Bauingenieur geführte Unternehmen hingegen bedienen den gesamten technisch erreichbaren Markt bis hin zu komplexen, sehr anspruchsvollen Bauobjekten. Sie erschließen sogar profitabel neue Leistungsspektren für kleine Betriebe, die bisher wesentlich größeren, spezialisierten Bauunternehmen vorbehalten waren, z. B. den Komplettbau und Sonderbauwerke. Schlüssel zu diesem Sprung in der Leistungsfähigkeit bei gleichzeitiger Fehlerfreiheit und Zuverlässigkeit ist der Einsatz und die souveräne Beherrschung von Gewerke übergreifenden CAD-Hochleistungssystemen im Betrieb. Zugute kommt den so geführten Unternehmen auch der Effekt der qualitätsbetonten Erstklassigkeit in ihrem Metier, ein Effekt, der auf anderem Gebiet von Großunternehmen wie Porsche strategisch gezielt genutzt wird. Die Trendanalyse des Marktes und die Diskussion charakteristischer, neuer Leistungsspektren für kleine Betriebe des Metallbaus zeigt auf, dass der Markt anspruchsvoller, komplexer Bauaufgaben signifikant wächst, während einfache, triviale Bauaufgaben in Niedriglohnländer oder Firmen mit Leiharbeitern abwandern. Um den für den Zukunftsmarkt notwendigen Leistungssprung durch Innovation deutscher Kleinbetriebe allgemein zu erreichen, werden deshalb Schlussfolgerungen aus der Marktentwicklung gezogen. Neben der überlegten Einführung umfassend bedarfsge-rechter CAD-Hochleistungssysteme betreffen die Schlussfolgerungen vor allem Innovationen des Bildungswesens, von den Berufsschulen bis zur Universität. Universitäten haben hierbei die Schlüsselstellung, die Studierenden z. B. für familiäre Betriebsnachfolge so zu Bauingenieuren auszubilden, dass der „Wissenstransfer durch führende Köpfe“ die hier aufgezeigten Innovationen in den Betrieben ermöglicht. Ein Dualer Bachelor-Studiengang mit Lehre und Universitätsabschluss, wie im Wuppertaler Bauingenieurwesen, ist für umfassend kompetent ausgebildete Betriebsnachfolger in kleinen Unternehmen bestens geeignet, wenn neben den konstruktiven Fächern das Baumanagement und der Baubetrieb als Schwerpunkt gewählt werden. Wenn zugleich im Fach Bauinformatik CAD-Hochleistungssysteme des Bauwesens in Lehre und Forschung vertreten sind, dann bieten derartig strukturierte Universitäten die erfolversprechendsten Bildungsmöglichkeiten zur Ausbildung zukünftiger Betriebsnachfolger.

Parallel dazu ist an den Berufsschulen die Lehrlingsausbildung der zukünftigen Mitarbeiter im Betrieb konsequent den durch CAD-Hochleistungssysteme und CNC-Fertigungszentren möglichen Innovationen anzupassen, selbst wenn dabei ein ausgeprägtes Beharrungsvermögen der Lehrkräfte zu überwinden ist, die dem Marktdruck nicht ausgesetzt sind. Die Erkenntnisse dieser Arbeit legen nahe, dass zur Kompensation von Ausbildungsversäumnissen der Vergangenheit und angesichts der Fortschrittsgeschwindigkeit der Informationstechnik und der Fertigungstechnik die arbeitsbegleitende Schulung im Betrieb erheblich ausgebaut werden muss. Geeignete, im Betrieb für Unternehmer und Mitarbeiter praktikable Vorschläge dazu werden unterbreitet. Auch Universitäten tragen hier Verantwortung, durch kompakte Weiterbildungsangebote und Beratungstätigkeit zur laufenden Innovation beizutragen und Problemlösungen zu neu aufkommenden Branchenproblemen zu erarbeiten, z. B. im Baumanagement die Frage der Finanzierung von Investitionen im Bauwesen nach Basel II zu beantworten.

Somit bieten die konzipierten und konkret in der Baupraxis experimentell erprobten Innovationen für kleine Betriebe des Metallbaus allen Beteiligten unternehmerische Herausforderungen zur überlebenswichtigen Neugestaltung des Berufs:

den Betriebsleitungen, den Mitarbeitern im Betrieb, den Maschinenherstellern, den Zulieferern, den Softwarehäusern, den Berufsschulen und den Bauingenieur fakultäten.

6 Literaturverzeichnis

Gesetze, Verordnungen, Vorschriften und Normen

- [1] Allgemeine Ausführungsverordnung des Wirtschaftsministerium zur Landesbauordnung Baden-Württemberg (17.11.95): geändert am 30.05.96, Baden-Württemberg.
- [2] Allgemeine Durchführungsverordnung zur Bauordnung Niedersachsen (11.03.87): geändert am 06.06.96, Gesetz- und Verordnungsblatt 1996, Niedersachsen.
- [3] Arbeitsstätten-Richtlinie ASR 12/1-3 (10.86): Schutz gegen Absturz und herabfallende Gegenstände, Bundesarbeitsblatt 10.86.
- [4] Arbeitsstättenverordnung (20.03.75): geändert am 24.08.04, Bundesgesetzblatt Jahrgang 1975 Teil I Nr.44.
- [5] Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen (07.03.95): geändert am 09.05.00, Gesetz- und Verordnungsblatt 1995, Nordrhein-Westfalen.
- [6] Bauordnungs deregulierungs Gesetz (22.01.03): Gesetz zur Deregulierung des bayerischen Bauordnungsrechts, Bayern.
- [7] Bauteile, die gegen Absturz sichern (02.87): Einheitliche Technische Baubestimmung, Deutsches Institut für Bautechnik.
- [8] Bauvorlagenverordnung (08.12.97): geändert am 26.08.02, Gesetz- und Verordnungsblatt 1997, Bayern.
- [9] Bayerische Bauordnung (04.08.97): geändert am 09.07.2003, Gesetz- und Verordnungsblatt 1997, Bayern.
- [10] Brandenburgische Bauordnung (01.06.94): Gesetz- und Verordnungsblatt 1994, Brandenburg.
- [11] DIN 1055-1 (07.78): Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1: Wichten und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen, Ausgabe 06.02..
- [12] DIN 1055-3 (06.71): Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten, Ausgabe 10.02..
- [13] DIN 1055-4 (08.86): Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Windlasten, Ausgabe 03.05..

- [14] DIN 1055-5 (06.75): Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten, Ausgabe 07.05..
- [15] DIN 6771-1 (12.70): Schriftfelder für Zeichnungen, Pläne und Listen.
- [16] DIN 6771-6 (04.88): Blattgrößen.
- [17] DIN 18065 (07.84): Gebäudetreppen, Ausgabe 01.00..
- [18] DIN 18807 (06.87): Stahltrapezprofile.
- [19] DIN 24530 (10.91): Treppen aus Stahl.
- [20] DIN 24531 (10.91): Trittstufen aus Gitterrost.
- [21] DIN 24533 (04.84): Geländer aus Stahl.
- [22] Gaststättenbauverordnung (13.08.86): Gesetz- und Verordnungsblatt 1986, Bayern.
- [23] Gottsch, H. und Hasenjäger, S. (05.04): Technische Baubestimmungen Rudolf Müller GmbH & Co. KG Verlagsgesellschaft, Köln.
- [24] Hessische Bauordnung (20.12.93): geändert am 01.10.02, Gesetz- und Verordnungsblatt 1993, Hessen.
- [25] Landesbauordnung Berlin (03.09.97): geändert am 02.06.99, Gesetz- und Verordnungsblatt 1997, Berlin.
- [26] Landesbauordnung Bremen (27.03.95): geändert am 08.04.03, Gesetz- und Verordnungsblatt 1995, Bremen.
- [27] Landesbauordnung Hamburg (01.07.86): geändert am 04.11.97, Gesetz- und Verordnungsblatt 1986, Hamburg.
- [28] Landesbauordnung Mecklenburg-Vorpommern (06.05.98): geändert am 31.12.03, Gesetz- und Verordnungsblatt 1998, Mecklenburg-Vorpommern.
- [29] Landesbauordnung Rheinland-Pfalz (24.11.98): geändert am 31.12.02, Gesetz- und Verordnungsblatt 1998, Rheinland-Pfalz.
- [30] Landesbauordnung Sachsen-Anhalt (23.06.94): geändert am 12.01.05, Gesetz- und Verordnungsblatt 1994, Sachsen-Anhalt.
- [31] Landesbauordnung Schleswig-Holstein (01.03.00):

- [32] Lehrplanrichtlinien für die Berufsschulen (06.02): Fachklasse Metallbauer / Metallbauerin, Bayern.
- [33] Metallbaumeisterverordnung (2002): Bundesgesetzblatt Jahrgang 2002 Teil 1 Nr. 22.
- [34] Musterbauordnung MBO (09.01.05):
- [35] Richtlinie für die Montage von Stahlprofiltafeln für Dach-, Wand- und Deckenkonstruktionen (04.02): Industrieverband zur Förderung des Bauens mit Stahlblech e. V., Düsseldorf.
- [36] Sächsische Bauordnung (18.03.99): geändert am 01.01.02, Gesetz- und Verordnungsblatt 1999, Sachsen.
- [37] Technische Durchführungsverordnung zur Bauordnung für das Saarland (18.10.96): Gesetz- und Verordnungsblatt 1996, Saarland.
- [38] Technische Regeln für die Verwendung von absturzsichernden Verglasungen (01.03): Deutsches Institut für Bautechnik – Mitteilungen 02/03, Berlin.
- [39] Technische Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen (09.98): Deutsches Institut für Bautechnik – Mitteilungen 06/98, Berlin.
- [40] Thüringer Bauordnung (03.06.94): Gesetz- und Verordnungsblatt 1994, Thüringen.
- [41] VDI-Richtlinie 2216 (11.94): Datenerfassung in der Konstruktion Einführungsstrategien und Wirtschaftlichkeit von CAD-Systemen-.
- [42] Vereinfachte Zustimmung im Einzelfall für Glaskonstruktionen (03.11.03): Landesgewerbeamt Baden–Württemberg.
- [43] Verkaufsstättenverordnung (06.11.97): geändert am 03.08.01, Gesetz- und Verordnungsblatt 1997, Bayern.
- [44] Versammlungsstättenverordnung (17.12.90): Gesetz- und Verordnungsblatt 1990, Bayern.

Monographien und Beitragswerke

- [45] Branchenbericht der Sparkassen-Finanzgruppe (Hrsg.) (2000 und 2001): Stahl und Leichtmetallbau -Branchencode 28.1-, Stuttgart.
- [46] Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2004): Bildungsbericht.
- [47] Bundesverband Metall (Hrsg.) (2001): Handwerksrolle Metall, Essen.
- [48] Dittler, U. (2000): E-Learning -Erfolgsfaktoren und Einsatzkonzepte mit interaktiven Medien -, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München.
- [49] Dohrenbusch, J. (2001): Konzeption eines Leitbildes für CAD Konstruktionsmethoden, Diplomarbeit, Fachbereich Bauingenieurwesen Lehr- und Forschungsgebiet Bauinformatik, Bergische Universität, Wuppertal.
- [50] Drosdowski, G. et al. (Hrsg.) (07.96): Duden -Die deutsche Rechtschreibung-, Band 1, Mannheim et al..
- [51] Encarnacao, L. M. (1996): Adaptionmöglichkeiten in modernen CAD Systemen, Dissertation, Wilhelm-Schickert-Institut für Informatik, Universität , Tübingen.
- [52] Fachverband Metall Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2000-2002): Metallbau Handwerk -Betriebsvergleiche-, Essen.
- [53] Goldelius, H-W. (2001): Balkon- und Treppengeländer richtig planen, konstruieren und montieren, Charles Colemann Verlag GmbH & Co. KG, Lübeck.
- [54] Hörenbaum, C. (2002): Ein Produktmodell für den Komplettbau, Dissertation, Fakultät für Bauingenieurwesen und Vermessungswesen, Universität Fride-riciana (TH), Karlsruhe.
- [55] Huhn, M. und Pegels, G. (2003): Grundlagen vernetzt-kooperativer Planungsprozesse für Komplettbau mit Stahlbau, Holzbau, Metallbau und Glasbau, Fachbereich Bauingenieurwesen Lehr- und Forschungsgebiet Bauinformatik, DFG-Schwerpunktprogramm 1103, Bergische Universität, Wuppertal.
- [56] Juli, R. (1995): Industrie Allianz für Interoperabilität e. V. (Hrsg.), München.

- [57] Kopyto, M. (2001): Der objektorientierte Datenpool in der Bauplanung, Diplomarbeit, Fachbereich Bauingenieurwesen Fachgebiet Bauinformatik, Fachhochschule, Gießen/Friedberg.
- [58] Korbian, H. (1993): Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB) Teil A und B Kommentar, 12. Auflage, Werner-Verlag, Düsseldorf.
- [59] Lahner, J. (2004): Innovationsprozesse im Handwerk, Verlag Mecke Druck, Duderstadt.
- [60] Locher, H. et al. (1996): Kommentar zur Honorarordnung für Architekten und Ingenieure, 7. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Werner-Verlag, Düsseldorf.
- [61] Pegels, G. (1999): Stahlbau 68, Jahrgang Heft 10 S. 777-784, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH, Berlin.
- [62] Simon, A. und Busse, J. (2004): Kommentar zur Landesbauordnung mit Bezug zur nicht mehr gültigen Durchführungsverordnung, Ergänzung 11.2004, C. H. Beck Verlag, München.
- [63] Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2001): Fachserie 18 Reihe 1.3 Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Fachserie 4 Reihe 4.1 für Wirtschaftszweig C und D, Fachserie 4 Reihe 6.1 für Wirtschaftszweig E, Fachserie 4 Reihe 5.1 für Wirtschaftszweig F, Wiesbaden.
- [64] Suhm, A. (1993): Produktmodellierung in wissensbasierten Konstruktionsystemen auf der Basis von Lösungsmustern, Shaker Verlag GmbH, Aachen.
- [65] Warkus, M. (2003): Gnome 2.0 –Das Entwickler-Handbuch-, Galileo Press GmbH, Bonn.
- [66] Weckmann, T. und Pegels, G. (2005): Vernetzt-kooperative Planungsprozesse im Konstruktiven Ingenieurbau, Fachbereich Bauingenieurwesen Fachgebiet Bauinformatik, DFG-Schwerpunktprogramm 1103, Bergische Universität, Wuppertal.
- [67] Wintergarten Fachverband e.V. (Hrsg.) (01/02): Ratgeber Wintergarten, Rosenheim.
- [68] Zentralverband des Deutschen Handwerks (Hrsg.) (2002): Betriebsnachfolge im Handwerk, Berlin.

- [69] Zentralverband des Deutschen Handwerks (Hrsg.) (2001): Entwicklung Betriebe, Beschäftigte und Umsatz – Handwerk, Berlin.
- [70] Zischg, K. (2005): Investitionen planen und bewerten, Rudolf Haufe Verlag GmbH & Co. KG, München.

7 Anhang

Fragenkatalog

Fragenkatalog zu der Einführung eines CAD- System in einem Kleinbetrieb des Metallbaus.

Ermittlung des IST-Zustandes:

1.) Frage

Ist die zeichnerische Bearbeitung im eigenen Hause wünschenswert und erforderlich?

weniger wichtig		wichtig		sehr wichtig
<input type="checkbox"/>				

2.) Frage

Wie groß ist der Einsatzbedarf eines CAD-Systems?
gegenüber:

- Marktposition
- Kunden
- Architekten
- Konkurrenz
- NC-Maschinen

weniger wichtig		wichtig		sehr wichtig
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				

Ermittlung der Anforderungen:

3.) Frage

Ist die Einbindung in andere betriebsinterne Softwareprogramme erforderlich?
(Betriebswirtschaftsprogramm)

weniger wichtig		wichtig		sehr wichtig
<input type="checkbox"/>				

4.) Frage

Ist die Einbindung in andere betriebsexterne Softwareprogramme erforderlich?
(Architekturprogramm)

weniger wichtig		wichtig		sehr wichtig
<input type="checkbox"/>				

5.) Frage

Wie wichtig sind branchenspezifische Bauteile?
(Profile, Schrauben, Schweißnähte etc.)

weniger wichtig		wichtig		sehr wichtig
<input type="checkbox"/>				

6.) Frage

Sollte eine modulare Eingabe mit Makros (Zaun, Vordach etc.) möglich sein?
(Pickmodus)

Technical drawing showing a perspective view and a detailed cross-section of a modular metal structure. The cross-section shows a width of 2000mm and a height of 1000mm. It features vertical bars (RRR60*40*4) and horizontal rails (ROHR33.7*2.6). A 16mm diameter hole (Bohr Loch) is indicated. Material specifications include GRR30*2 and RRR60*40*4. Dimensions for the cross-section include 150mm, 700mm, 50mm, 114mm, 33mm, and 102mm.

Positionierung ja nein

Beschichtung roh grundiert lackiert verzinkt feuerverzinkt spritzverzinkt

Übersichtszeichnung ja nein

Werkstattzeichnung ja nein

Farbe

Vorteile:

- einfache Einarbeitung
- kurze Einarbeitung
- kürzere Einarbeitung nach längerem Nichtbenutzen
- kürzere Schulung

weniger wichtig wichtig sehr wichtig

<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				

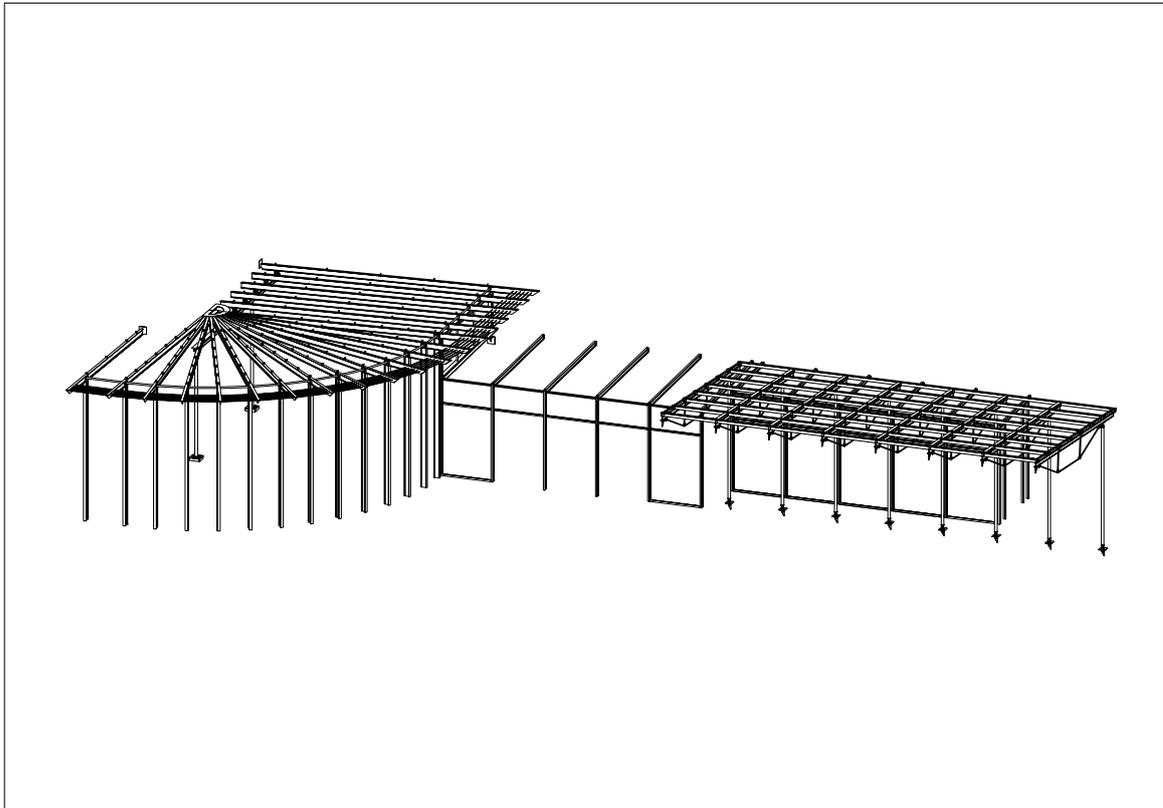
Nachteile:

- eingeschränkte Nutzung des Gesamtprogramms

<input type="checkbox"/>				
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

7.) Frage

Sollte ein Gesamtprogramm uneingeschränkt nutzbar sein?



Vorteile:

- uneingeschränkte Nutzung des Gesamtprogramm

weniger wichtig wichtig sehr wichtig

<input type="checkbox"/>				
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Nachteile:

- aufwendigere Einarbeitung
- lange Einarbeitung
- längere Einarbeitung nach längerem Nichtbenutzen
- längere Schulung

<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				

8.) Frage

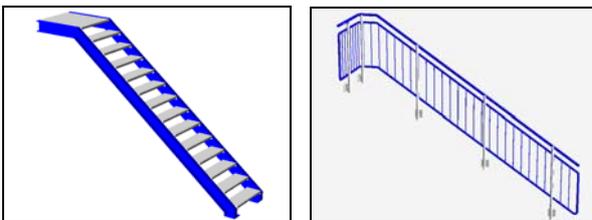
Wie wichtig sind nachstehende Leistungsspektren des CAD-System?

Zäune, Gartentüren und Gartentore



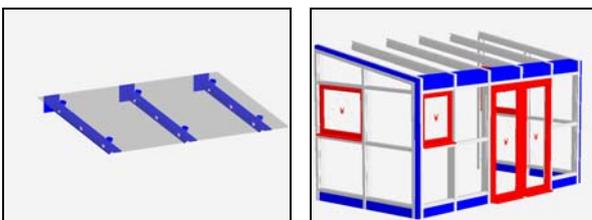
weniger wichtig wichtig sehr wichtig

Treppen und Geländer



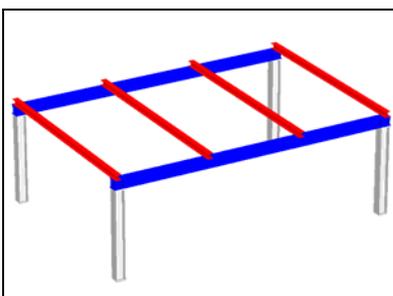
weniger wichtig wichtig sehr wichtig

Vordächer und Wintergärten



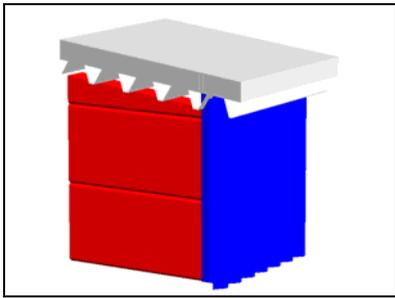
weniger wichtig wichtig sehr wichtig

Allgemeine Stahlkonstruktionen



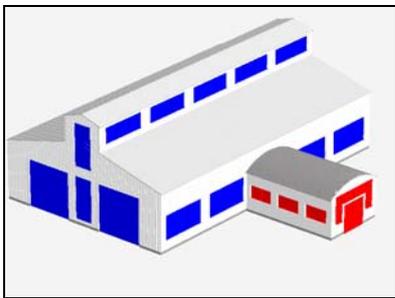
weniger wichtig wichtig sehr wichtig

Fassaden und Dächer



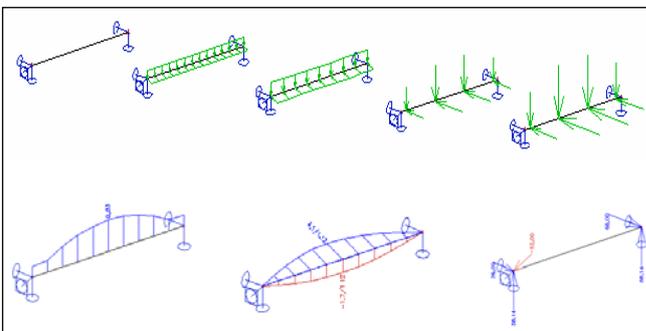
weniger wichtig wichtig sehr wichtig

Komplettbau



weniger wichtig wichtig sehr wichtig

Statik



weniger wichtig wichtig sehr wichtig

9.) Frage

Sind die Module einzeln nachzukaufen?

weniger wichtig wichtig sehr wichtig

10.) Frage

Können wiederkehrende, firmenspezifische Eigenkonstruktionen abgelegt und wiederverwendet werden?

weniger wichtig wichtig sehr wichtig

11.) Frage

**Neutrale Marktübersicht einschließlich
Fachberatung erwünscht durch?**

	weniger wichtig		wichtig		sehr wichtig
Fachzeitschriften (`Der Stahlbau` - `Metallbau`)	<input type="checkbox"/>				
Sammeln von Prospektmaterial (Briefwurfsendungen)	<input type="checkbox"/>				
Messebesuch (Deutsche Handwerksmesse, Cebit)	<input type="checkbox"/>				
Externe Berater (Innung, Metallhandwerk, Fachverband Metall, Handwerkskammer, Industrie- und Handelskammer)	<input type="checkbox"/>				
Besuch von CAD-Anwender	<input type="checkbox"/>				

12.) Frage

Einschätzung des Nutzenpotentials

	1	2	3	4	5
» Produktivitätssteigerung	<input type="checkbox"/>				
- Übernahme von vorhandenen Zeichnungen	<input type="checkbox"/>				
- Zeichnungserstellung	<input type="checkbox"/>				
- Sammeln wiederkehrender Konstruktionsdetails	<input type="checkbox"/>				
- NC-Maschinen-Steuerung	<input type="checkbox"/>				
- Fertigung	<input type="checkbox"/>				
- Montage	<input type="checkbox"/>				
» Kosteneinsparung	<input type="checkbox"/>				
- Durch Produktivitätssteigerung	<input type="checkbox"/>				
- Fehlerreduktion	<input type="checkbox"/>				
- Bestellwesen	<input type="checkbox"/>				
» Qualitätserhöhung	<input type="checkbox"/>				
- Angebotserstellung	<input type="checkbox"/>				
- Fertigung	<input type="checkbox"/>				
- Dokumentation	<input type="checkbox"/>				

§ max. 80

Bewertung unterschiedlicher CAD-Systeme:

13.) Frage

Inwieweit entspricht das CAD-System Ihren Erwartungen?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>				

14.) Frage

Werden firmenspezifische Anforderungen erfüllt?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>				

15.) Frage

Konnte zur Demonstration ein bei Ihnen alltägliches Beispiel zur Zufriedenheit konstruiert werden?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>				

16.) Frage

Stehen die erforderlichen Schnittstellen funktionstüchtig zur Verfügung?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>				

Klärung personeller Fragen:

17.) Frage

Ist die Bereitschaft zur Arbeit mit CAD bei Betriebsangehörigen vorhanden?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>				

18.) Frage

Ist die Bereitschaft zur Zusammenarbeit mit der Fertigung vorhanden?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>				

19.) Frage

Bringt der Nutzer Vorkenntnisse mit?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>				

20.) Frage

**Sind die Fachbegriffe bekannt?
(Profilbezeichnungen, Verbindungsmittel, etc.)**

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>				

21.) Frage

Wie groß ist der Erfahrungsschatz der CAD-Anwender bezogen auf den Betrieb?

- Kenntnisse über den Maschinenpark
- Betriebsübliche Profile
- Transport- und Montagmöglichkeit

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				

22.) Frage

Ist die Bereitschaft seitens des Nutzers vorhanden, bei Stoßzeiten die erforderlichen Überstunden zu leisten?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>				

Wirtschaftliche Bewertung:

Einmalige Kosten

- Anschaffungskosten
 - Hardware
 - Software
- Installation
- Arbeitsräume
- Mobiliar
- Leitungen
- Schulung
- Minderleistung des Anwenders

€
<input type="text"/>

Laufende Kosten

(z. B. jährlich)

- Personalkosten
- Weiterbildung
- Hardware und Softwarebetreuung (EDV-Fachbetrieb, ständige Hilfe)
- Material- und Energieverbrauch
- Versicherung
- Miete, Verzinsung, Abschreibung

€
<input type="text"/>

§ Einmalige Kosten

§ Laufende Kosten
(z. B. jährlich)

§ Gesamtkosten

(laufende Kosten, z. B. über einen Zeitraum von 10 Jahren betrachtet)

 €

§ Gesamtnutzen

(12. Frage für den Zeitraum von z. B. 10 Jahren in € bewertet)

 €

Entscheidung:

23.) Frage

Rechnet sich das ausgewählte CAD-System und liegt es in dem zur Verfügung stehenden Finanzrahmen?

ja	nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

24.) Frage

Besteht die Möglichkeit betriebsintern mindestens eine zweite Person soweit einzuarbeiten, um bereits erstellte Übersichten, Werkstatt- und Einzelzeichnungen auszudrucken bzw. auszuploten und einen reibungslosen Betriebsablauf zu sichern? (z. B. erforderlich bei Urlaub oder Krankheit)

ja	nein
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>