



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Dissertation

Titel der Dissertation

„Konzeption und Evaluation einer
neuartigen Projektmethode zur
Motivationssteigerung von Industrie-
Designstudent*innen für verbessertes
Metallrecycling“

verfasst von

Konrad Schoch, M.A.

angestrebter akademischer Grad

Doktor der Philosophie (Dr. phil.)

Betreut von

Prof. Dr.-Ing. Fabian Hemmert

Prof. Dr. rer. nat. Christa Liedtke

Vorgelegt dem Vorsitzenden des Promotionsausschusses
Prof. Dr. Jochen Krautz
Fakultät für Design und Kunst
Bergische Universität Wuppertal

Erklärung zur Verwendung von generativer KI und KI-gestützten Technologien im Schreibprozess

Bei der Erstellung der Dissertation hat der Autor Google Gemini vereinzelt zur Verbesserung der Lesbarkeit verwendet. Nach Nutzung dieser Software hat der Autor den Inhalt nach Bedarf überprüft und bearbeitet. Der Autor übernimmt die volle Verantwortung für den Inhalt der Dissertation.

Zusammenfassung

Industrie-Designer*innen wirken mit ihrem breit gefächerten Kompetenzprofil bereits in den frühen konzeptionellen Phasen der Produktentwicklung und können aufgrund ihrer Positionierung die Umweltperformance der intendierten Design-Lösung, sei es in Form von Produkten, Services oder Systemen, wesentlich beeinflussen.

Obwohl ihre Relevanz auch im Kontext der Circular Economy immer weiter zugenommen hat, gibt es keine entsprechenden Unterrichtsmethoden für spezifische Circular Economy-Bereiche, wie z.B. das Metallrecycling. Infolgedessen können die Potenziale von Industrie-Designer*innen, zu einer Verbesserung des Recyclingsystems beizutragen, bisher nur in begrenztem Umfang zum Tragen kommen.

Die vorliegende Arbeit präsentiert eine neuartige Projektmethode, um Industrie-Designstudent*innen im Rahmen ihrer Ausbildung dazu zu motivieren, sich für ein verbessertes Metallrecycling einzusetzen. Sie soll die Zielgruppe u.a. mit Toolkits dazu anregen, sich mit Möglichkeiten auseinanderzusetzen das Metallrecycling zu verbessern und dabei erforderliche Kenntnisse, Einsichten und Fähigkeiten auf den Ebenen Metall, Legierung, Produkt und System vermitteln. Das Ziel ist es herauszufinden, wie die Motivation in Projekten gezielt aktiviert werden kann, um spezifischen Problembereichen gerecht zu werden und perspektivisch umweltfreundliches Verhalten zu fördern.

Im Rahmen der qualitativ angelegten Evaluation werden über 50 Potenziale zur Verbesserung der Projektmethode identifiziert. Alle Stärken und Schwächen davon werden anschließend als Einflussfaktoren zur Motivationssteigerung charakterisiert und letztendlich zu Strategien zur Motivationssteigerung aggregiert. Diese können als Gestaltungsempfehlungen für zukünftige Versionen berücksichtigt und ebenso in die generelle universitäre Ausbildung von Industrie-Designer*innen einbezogen werden.

Abstract

With their broad skill set, industrial designers are involved in the early conceptual phases of product development. Their strategic position enables them to influence the environmental performance of design solutions, encompassing products, services, and systems.

Despite their growing relevance within the Circular Economy context, suitable educational formats for particular Circular Economy areas, such as metal recycling, are absent. Consequently, the potential of industrial designers to contribute to the improvement of the recycling system has so far only been realized to a limited extent.

This thesis presents a novel project method to motivate industrial design students during their studies to engage with improved metal recycling. It intends to engage the target group, partly through toolkits, in exploring opportunities to enhance metal recycling while providing necessary knowledge, understanding, and skills concerning metals, alloys, products, and systems. The objective is to discover how motivation can be systematically triggered in projects to address specific problem areas and, looking ahead, encourage pro-environmental behavior.

The qualitative evaluation conducted in this study identifies more than 50 potentials to improve the project method. The respective strengths and weaknesses of these potentials are then analyzed as factors impacting motivation and subsequently compiled into strategies aimed at increasing motivation. These can be considered as design recommendations for future versions and also integrated into the general university education of industrial designers.

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	IV
ABSTRACT	IV
INHALTSVERZEICHNIS	V
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VII
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VIII
TABELLENVERZEICHNIS	X
1 EINLEITUNG	1
1.1 ZIELSETZUNG UND FORSCHUNGSFRAGE	2
1.2 AUFBAU DER ARBEIT UND FORSCHUNGSANSATZ	3
TEIL I: THEORETISCHE UND PRAKTISCHE EINORDNUNG DES FORSCHUNGSTHEMAS	7
EXPLORATION	7
2 METALLRECYCLING IM THEORETISCHEN UND PRAKTISCHEN DISKURS	7
2.1 STRATEGIEN FÜR NACHHALTIGKEIT	7
2.2 DIE METALLDISSIPATION	9
2.3 METALLRECYCLING IM CIRCULAR ECONOMY-KONTEXT	14
2.4 DESIGN FOR RECYCLING	17
2.5 ZWISCHENFAZIT: HANDLUNGSMÖGLICHKEITEN FÜR DAS INDUSTRIE-DESIGN	20
TEIL II: GESTALTUNGS- UND FORSCHUNGSGEGENSTAND: DIE PROJEKTMETHODE	21
GENERIERUNG	21
3 DIE PROJEKTMETHODE ALS GEGENSTAND VON DESIGN-FORSCHUNG	21
3.1 DIE PROJEKTMETHODE	22
3.2 DIE PROJEKTMETHODE ALS VERTRAUTE ORGANISATIONSFORM VON UNTERRICHT FÜR DAS INDUSTRIE-DESIGN	26
3.3 EINBLICK IN DIE FORSCHUNGSLANDSCHAFT	27
3.4 ZWISCHENFAZIT: FORSCHUNGSBEDARF UND WEITERFÜHRENDES ERKENNTNISINTERESSE	33
TEIL III: THEORETISCHER HINTERGRUND DER NEUARTIGEN PROJEKTMETHODE	34
GENERIERUNG	34
4 KONZEPTIONELLE BAUSTEINE UND HERLEITUNG	34
4.1 THEORIE DER NORMAKTIVATION	35
4.1.1 Einordnung	35
4.1.2 Die persönliche Norm im Prozessbild	36
4.1.3 Belege des Einflusses der persönlichen Norm auf umweltgerechtes Handeln	37
4.1.4 Das Potenzial des Modells für Interventionen im Umweltbereich	37
4.2 DIDAKTISCHE ORIENTIERUNG: KRITISCH-KONSTRUKTIVE DIDAKTIK	38
4.3 DESIGN-ANSATZ DER GESTALTUNGSAUFGABE: SPECULATIVE DESIGN	40
4.3.1 Design-Prozess und Schlüsselemente im Speculative Design	41
4.4 ZWISCHENFAZIT: THEORETISCHE GRUNDLAGE DER PROJEKTMETHODE	44
TEIL IV: ANWENDUNGSORIENTIERTE VORGEHENSWEISE	45
EVALUATION UND KOMMUNIKATION	45
5 DURCHFÜHRUNG UND EVALUATION DER PROJEKTMETHODE	45
5.1 DIE VORSTUDIE	46
5.2 DIE HAUPTSTUDIE	51
5.2.1 Das didaktisch-methodische Konzept	52
5.2.2 Studienziele und Studiendesign	65
5.2.2.2 Datenaufbereitung und Datenanalyse	69

6 ERGEBNISSE.....	70
6.1 SICHTBARE ERGEBNISSE DER GESTALTUNGSAUFGABEN	71
6.2. ERGEBNISSE DER DATENANALYSE	76
6.2.1 Einblicke in die Datenanalyse.....	76
6.2.2 Die Potenziale der Projektmethode	78
7 DISKUSSION.....	81
7.1 DISKUSSION DER POTENZIALE UND EINFLUSSFAKTOREN	81
7.2 STRATEGIEN ZUR MOTIVATIONSSTEIGERUNG	92
8 FAZIT UND AUSBLICK	95
LITERATURVERZEICHNIS	98
ANHANG	111
A DOKUMENTE ZUR DATENERHEBUNG IM RAHMEN DER HAUPTSTUDIE.....	111
A.1 Quiz für alle fachlichen Teile 1-4 für Version (B) und Version (C) (Tab. A1).....	111
A.2 Fragebögen zu den fachlichen Teilen 1-4 von Version (B) (Tab. A.2).....	112
A.3 Fragebögen zu den fachlichen Teilen 1-4 von Version (C) (Tab. A.3).....	113
A.4 Interviewleitfaden für Version (B) und Version (C) (Tab. A.4).....	115
A.5 Standardisierte Evaluationsbögen der Universität Wuppertal für die Version (B)	116
A.6 Standardisierte Evaluationsbögen der Universität Wuppertal für die Version (C)	117
A.7 Vereinbarung über die Übertragung von Nutzungs- und Verwertungsrechten.....	119
B BEITRÄGE IN ZEITSCHRIFTEN UND AUF INTERNATIONALEN KONFERENZEN	120
B.1 Manuskript 1: Resources	120
B.2 Manuskript 2: TEEM2022	120
B.3 Manuskript 3: DESIGN2024	120
B.4 Manuskript 4: MethodsX	120
C DIE POTENZIALE DER PROJEKTMETHODE	121
C.1 Die Stärken des theoretischen Teils	121
C.2 Die Schwächen des theoretischen Teils.....	124
C.3 Die Chancen des theoretischen Teils.....	127
C.4 Die Gefährdungen des theoretischen Teils	129
C.5 Die Stärken des praktischen Teils.....	130
C.6 Die Schwächen des praktischen Teils	134
C.7 Die Chancen des praktischen Teils	138
C.8 Die Gefährdungen des praktischen Teils.....	139
C.9 Generelles zum theoretischen und praktischen Teil.....	139

Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
bspw.	Beispielsweise
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BUW	Bergische Universität Wuppertal
ca.	etwa
CSRD	EU-Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen
CSDDD	EU-Richtlinie über die Sorgfaltspflichten von Unternehmen
d.h.	das heißt
DPP	Digitaler Produktpass
DNS	Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie
ebd.	Ebenda
EEA	Europäische Umweltagentur
ElektroG	Elektro- und Elektronikgerätegesetz
EoL	End-of-Life
ESPR	EU-Verordnung für das Ökodesign nachhaltiger Produkte
EU	Europäische Union
EC	Europäische Kommission
g	Gramm
IEA	Internationale Energieagentur
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
i.d.R.	in der Regel
ISO	Internationale Organisation für Normung
Kg	Kilogramm
KRU	Ressourcenkommission am Umweltbundesamt
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
MIPS	Material Input pro Serviceeinheit
o.D.	ohne Datum
ProgRes III	Deutsches Ressourceneffizienzprogramm III
PSS	Product Service System
SDGs	Sustainable Development Goals
SOFT	Satisfactions, Opportunities, Faults, Threats
Std.	Stunde/n
u.a.	unter anderem
UBA	Umweltbundesamt
UNEP	United Nations Environment Programme
USGS	U. S. Geological Survey
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WCED	Weltkommission für Umwelt und Entwicklung
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Der in vier Teile strukturierte Aufbau der vorliegenden Arbeit gemäß eines generischen Design-Prozesses nach Cross (2021). Eigene Darstellung.....	4
Abbildung 2. Erster Teil des in vier Teilen strukturierten Aufbaus der vorliegenden Arbeit gemäß eines generischen Design-Prozesses nach Cross (2021). Eigene Darstellung.	7
Abbildung 3. Der Indikator Abiotic Depletion Potential für die jeweiligen Elemente des Periodensystems der Elemente nach Van Oers et al. (2020). Eigene Darstellung.....	12
Abbildung 4. Periodensystem der Elemente für Klimawirkungen und Total Material Requirement. (A) Die Klimawirkungen als globales Erwärmungspotenzial [kg CO ₂ -eq/kg] nach Nuss und Eckelman (2014). (B) Der Total Material Requirement Index [kg/kg] nach Mostert und Bringezu (2019). Eigene Darstellung.....	13
Abbildung 5. Periodensystem der Elemente für Importabhängigkeiten und Recyclingraten. (A) Die Importabhängigkeit [%] der kritischen Metalle aus der Critical Raw Materials-Liste des Jahres 2023 nach EC (2023a). (B) Die EoL-Recycling Input Rate [%] nach Talens Peiro et al. (2018). Eigene Darstellung.	16
Abbildung 6. Verbindung zwischen Problembereichen und korrespondierenden Handlungsmöglichkeiten aus Sicht des Industrie-Designs entlang der vier gewählten fachlichen Ebenen. Eigene Darstellung.....	21
Abbildung 7. Zweiter Teil des in vier Teilen strukturierten Aufbaus der vorliegenden Arbeit gemäß eines generischen Design-Prozesses nach Cross (2021). Eigene Darstellung.	22
Abbildung 8. Dritter Teil des in vier Teilen strukturierten Aufbaus der vorliegenden Arbeit gemäß eines generischen Design-Prozesses nach Cross (2021). Eigene Darstellung.	35
Abbildung 9. Identifizierte Schlüsselemente des Ansatzes Speculative Design. Die Bedeutung der Schlüsselemente nimmt von links nach rechts ab (Häufigkeit). Eigene Abbildung.....	43
Abbildung 10. Vierter Teil des in vier Teilen strukturierten Aufbaus der vorliegenden Arbeit gemäß eines generischen Design-Prozesses nach Cross (2021). Eigene Darstellung. .	45
Abbildung 11. Die Hauptstudie besteht aus zwei Versionen (B) und (C). Beide zusammen bilden den empirischen Teil der vorliegenden Arbeit. Ausgangspunkt ist die Vorstudie (A), *deren empirische Daten nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit sind. Eigene Darstellung.	46
Abbildung 12. Die Projektwoche: Einblicke in den Prozess. Eigene Darstellung.	48
Abbildung 13. Die methodische Struktur der Projektwoche. Eigene Darstellung.	49
Abbildung 14. Das generative Toolkit (links) und Einblicke in die erstellten Konzepte. Eigene Darstellung.	50
Abbildung 15. Das generative Toolkit und Einblicke in die erstellten Konzepte. Eigene Darstellung.....	50
Abbildung 16. Das generative Toolkit und Einblicke in den Prozess der Aufgabenbearbeitung. Eigene Abbildung.	51
Abbildung 17. Das generative Toolkit und Einblicke in den Prozess der Aufgabenbearbeitung. Eigene Darstellung.	51
Abbildung 18. Die fachliche Schwerpunktsetzung der Projektmethode als erstes Segment des didaktisch-methodischen Konzepts. Eigene Darstellung.....	52
Abbildung 19. Die gestalterische Richtschnur der Projektmethode als zweites Segment des didaktisch-methodischen Konzepts. Eigene Darstellung.....	53
Abbildung 20. Die methodische Struktur und Maßnahmen der Projektmethode als drittes Segment des didaktisch-methodischen Konzepts. Eigene Darstellung.	55

Abbildung 21. Das didaktisch-methodische Konzept der Projektmethode. Nicht extra dargestellt ist der einmalig durchgeführte Impulsvortrag des Dozenten zu Beginn der Projektmethode (Kick-off) und die abschließend stattfindende standardisierte Lehrveranstaltungsevaluation der Universität mitsamt nachgelagerter Interviews. Eigene Darstellung.....	56
Abbildung 22. Das vierteilige generative Toolkit für den ersten Teil der Projektmethode. Eigene Darstellung.	61
Abbildung 23. Das vierteilige generative Toolkit für den zweiten Teil der Projektmethode. Eigene Darstellung.	62
Abbildung 24. Das generative Toolkit für den dritten Teil der Projektmethode. Eigene Darstellung.....	64
Abbildung 25. Das vierteilige generative Toolkit für den vierten Teil der Projektmethode. Eigene Darstellung.	65
Abbildung 26. Einblick in den Prozess der Projektmethode (1-2) und Ergebnisse der Gestaltungsaufgaben (3-4) für Version (C). Eigene Darstellung.	71
Abbildung 27. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des ersten fachlichen Teils von Version (B) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).	72
Abbildung 28. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des ersten fachlichen Teils von Version (C) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).	72
Abbildung 29. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des zweiten fachlichen Teils von Version (B) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).	73
Abbildung 30. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des zweiten fachlichen Teils von Version (C) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).	73
Abbildung 31. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des dritten fachlichen Teils von Version (B) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).	74
Abbildung 32. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des dritten fachlichen Teils von Version (C) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).	74
Abbildung 33. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des vierten fachlichen Teils von Version (B) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).	75
Abbildung 34. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des vierten fachlichen Teils von Version (C) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).	75

Abbildung 35. Das Kategoriensystem des ersten Materialdurchlaufs. Die Abbildung wurde mit MAXQDA und der integrierten Funktion „Creative Coding“ generiert.....	77
Abbildung 36. Das Kategoriensystem des zweiten Materialdurchlaufs systematisiert in einen theoretischen Teil (gelb) und in einen praktischen Teil (violett). Die Abbildung wurde mit MAXQDA und der integrierten Funktion „Creative Coding“ generiert.	77
Abbildung 37. Das finalisierte Kategoriensystem. Die Abbildung wurde mit MAXQDA und der integrierten Funktion „Creative Coding“ generiert.	78
Abbildung 38. Alle identifizierten Potenziale im generischen Raster einer SOFT-Analyse. Eigene Darstellung.	79
Abbildung 39. Die Einflussfaktoren entlang der Normaktivationsphase zur Aktivierung der persönlichen Norm. Eigene Darstellung.	81
Abbildung 40. Strategien zur Motivationssteigerung entlang der Normaktivationsphase zur Aktivierung der persönlichen Norm. Eigene Darstellung.....	95

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Rahmenbedingungen der Projektmethode. *vgl. Beschreibung des Moduls „4_D&E-c Material- & Verfahrenslabor“ (BUW, 2021). Eigene Darstellung.	57
Tabelle 2. Die Grobplanung der Version (B) der Projektmethode (*feste Bestandteile des didaktisch-methodischen Konzepts) und Einbettung in das Modul „4_D&E-c Material- und Verfahrenslabor“. Eigene Darstellung.	57
Tabelle 3. Die Grobplanung der Version (C) der Projektmethode. Eigene Darstellung...	58
Tabelle 4. Überblick zur fachlichen Schwerpunktsetzung des ersten Teils. Eigene Darstellung.....	60
Tabelle 5. Überblick zur fachlichen Schwerpunktsetzung des zweiten Teils. Eigene Darstellung.....	62
Tabelle 6. Überblick zur fachlichen Schwerpunktsetzung des dritten Teils. Eigene Darstellung.....	63
Tabelle 7. Überblick zur fachlichen Schwerpunktsetzung des vierten Teils. Eigene Darstellung.....	65
Tabelle 8. Der generelle Ablauf der Datenanalyse in Anlehnung an das allgemeine inhaltsanalytische Ablaufmodell von Mayring (2015). *nach Kuckartz und Rädiker (2022). Eigene Darstellung.	70

1 Einleitung

Metalle und ihre Legierungen waren in der Menschheitsgeschichte schon immer von herausragender Bedeutung (Gleich, 2006; Held, 2018). Aufgrund ihrer spezifischen physikalischen und chemischen Eigenschaften werden gegenwärtig fast alle Elemente des Periodensystems von der Menschheit verwendet (United Nations Environment Programme (UNEP), 2010; King, 2019). Der weltweite Bedarf nach Erzen und ihren Metallen wird neben sozioökonomischen Entwicklungen auch durch den Einsatz von Zukunftstechnologien weiter vorangetrieben. Dazu zählen saubere Energietechnologien (Watari et al., 2020; Internationale Energieagentur (IEA), 2023; Zhang et al., 2023) wie auch Systeme, Geräte und Komponenten der Digitalisierung (Köster et al., 2022; Carrara et al., 2023). Viele dieser Technologien basieren auf der Verfügbarkeit von den sogenannten kritischen Metallen. Diese sind von großer ökonomischer Bedeutung, aber ihre Versorgungssicherheit ist nicht gewährleistet, wie z.B. in der Europäischen Union (EU) (Europäische Kommission (EC), 2023a).

Weil das Metallrecycling zum Erhalt und zur Versorgungssicherheit beiträgt, ist es als sogenannte R-Strategie grundlegender Bestandteil des Circular Economy-Konzepts (*refuse, rethink, reduce, re-use, repair, refurbish, remanufacture, repurpose, recycle, recover*) (Potting et al., 2017). Im Kontext des Europäischen Grünen Deals (Fetting, 2020) wird das Circular Economy-Konzept innerhalb der EU (EC, 2020c) von verschiedenen Verordnungen und Richtlinien flankiert. Hervorzuheben sind u.a. die neue EU-Verordnung für das Ökodesign nachhaltiger Produkte (ESPR) inklusive des verankerten digitalen Produktpasses (DPP) (EU, 2024), die neue EU-Richtlinie hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen (CSRD) (EU, 2022) und auch die EU-Richtlinie über die Sorgfaltspflichten von Unternehmen (CSDDD) (EU, 2024b). Deutschland hat u.a. das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) (Bundesrepublik Deutschland, 2012) und das Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG) (Bundesrepublik Deutschland, 2015). Auf nationaler Ebene ist das Circular Economy-Konzept ebenso zentraler Baustein verschiedener Strategien, wie z.B. der Nachhaltigkeitsstrategie (DNS) (Die Bundesregierung, 2020), der Rohstoffstrategie der Bundesregierung (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2019) und des Ressourceneffizienzprogramms (ProgRess III) (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2020). Von den weiteren potenziellen ökonomischen, ökologischen und sozialen Vorteilen des Metallrecyclings wird derzeit nur in begrenztem Umfang Gebrauch gemacht, wie die geringen funktionalen End-of-Life (EoL)-Recyclingraten im globalen Durchschnitt verdeutlichen (UNEP, 2013a). Ursachen für das Problem der geringen Recyclingraten von Metallen lassen sich entlang der gesamten Recyclingkette eines Metalls oder eines Produkts finden (Ressourcenkommission am Umweltbundesamt (KRU), 2023).

In der vorliegenden Arbeit werden die drei fachlichen Ebenen **Material**, **Produkt** und **System** differenziert, um daraus mögliche Fragestellungen und spezifischere Handlungsfelder für das Industrie-Design abzuleiten.

Ebene Material: Metalle werden in der Praxis überwiegend als Legierungen für moderne Technologien eingesetzt (Greenfield und Graedel, 2013). Aber auch alltägliche Produkte bestehen aus Legierungen, wie z.B. gewöhnliche Kochtöpfe. In der entsprechenden Legierung X5CrNi18-10 ist das von der EU als kritisch deklarierte Metall Nickel zu einem Anteil von rund 10% enthalten (thyssenkrupp Materials Processing Europe GmbH), welches u.a. auch für die Dekarbonisierung des Mobilitätssektors benötigt wird (Fraser, 2021). Viele in Legierungen enthaltene kritischen Metalle gehen im EoL-Recycling

in das nichtfunktionale bzw. „open-loop“ Recycling verloren und können im Anschluss nur noch für gleiche oder minderwertigere Anwendungen eingesetzt werden (UNEP, 2013a, Graedel et al., 2022). Welche Möglichkeiten ergeben sich daraus für das Industrie-Design, um das „closed-loop“ Recycling zu verbessern und so die Funktionalität von insbesondere kritischen Metallen zu bewahren?

Ebene Produkt: Im Bereich der IKT-Geräte wird das Produktrecycling durch den Trend der Miniaturisierung und der zunehmenden materiellen Komplexität erschwert (Ayres et al., 2014; Tercero Espinoza et al., 2020). Dies führt zu kurzen Nutzungsdauern der Komponenten und der darin enthaltenen Metalle (Reller et al., 2009). Die produktspezifische Recyclingeffizienz bewegt sich bei Smartphones nach Zerlegung und selektivem Schmelzen im besten Fall zwischen 30-40% (Reuter et al., 2018). Metalle, wie z.B. Neodym, Dysprosium und Tantal (ebd.), dissipieren in die Umwelt und sind praktisch nicht rückgewinnbar (Reller et al., 2009; Kümmerer, 2016). Welche Möglichkeiten ergeben sich daraus für das Industrie-Design, um das Produktrecycling zu verbessern und so die Nutzungsdauern von IKT-Geräten zu verlängern?

Ebene System: Die Recyclingkette umfasst nicht nur die Material- und Produkt-Ebene mitsamt dazugehöriger recyclingmetallurgischer Prozesse. Auch die Produktsammelrate erweist sich als wesentlicher Faktor, der die systemische Recyclingeffizienz von Metallen beeinflusst. Hagelüken und Goldmann (2022) zeigen auf, dass die Hälfte des in Elektronikschrott enthaltenen Golds erst gar nicht eingesammelt wird (vgl. auch KRU, 2023). Eine potenzielle Rückgewinnung in der recyclingmetallurgischen Endverarbeitung wird dadurch unmöglich. Welche Möglichkeiten ergeben sich daraus für das Industrie-Design, um die Produktsammelrate zu erhöhen und so die systemische Recyclingeffizienz von Metallen zu verbessern?

Mit Blick in die einschlägige Literatur wird deutlich, dass Industrie-Designer*innen relevante Akteur*innen innerhalb der Recyclingkette sind (Graedel, 2011; Reck und Graedel, 2012; Ciacci et al., 2015; KRU, 2023). Allerdings muss festgestellt werden, dass sich die aktuelle Forschung zur Dimension Bildung für Circular Economy ebenso wie das bestehende Angebot an Unterrichtsmethoden sogar für den übergeordneten Nachhaltigkeitskontext in einer frühen Entwicklungsphase befinden (Kirchherr und Piscicelli, 2019; Kattwinkel et al., 2018; Heide et al. 2023). Insofern gibt es Bedarf, Perspektiven der Circular Economy, wie das in dieser Arbeit fokussierte Metallrecycling, bei der Planung von universitären Lehrplänen stärker zu berücksichtigen (acatech, 2021; KRU, 2023; KRU, 2024).

1.1 Zielsetzung und Forschungsfrage

Das Circular Economy-Konzept kann Industrie-Designstudent*innen eine große Bandbreite an Gestaltungsmöglichkeiten eröffnen. Um diese jedoch effektiv nutzen zu können, bedarf es spezifischer Unterrichtsmethoden, die auf die fachlichen Anforderungen der Zielgruppe entlang der einzelnen Circular Economy-Bereiche, wie dem Metallrecycling, zugeschnitten sind. Die vorliegende Arbeit nimmt sich dieser Herausforderung an und präsentiert eine neuartige Projektmethode, die Industrie-Designstudent*innen dazu motivieren soll, sich proaktiv für ein verbessertes Metallrecycling auf den drei Ebenen **i) Material**, **ii) Produkt** und **iii) System** einzusetzen. Die korrespondierende Forschungsfrage adressiert die Bedingungen dafür und lautet:

- **Wie gelingt es, Industrie-Designstudent*innen im Rahmen ihrer Ausbildung dazu zu motivieren, sich für ein verbessertes Metallrecycling einzusetzen?**

Um die Forschungsfrage zu beantworten, ist eine enge Zusammenarbeit mit der Zielgruppe und ihr Feedback im Rahmen einer Evaluation erforderlich. Hinzu kommen Recherchen zu den erforderlichen fachlichen Lehr-Lerninhalten. Das Ziel ist es herauszufinden, wie die Zielgruppe die Potenziale der konzipierten Projektmethode einschätzt und welches die Einflussfaktoren sind, die sich positiv oder negativ auf die Motivationssteigerung auswirken.

1.2 Aufbau der Arbeit und Forschungsansatz

Die vorliegende Arbeit setzt sich aus vier großen Teilen mitsamt entsprechender Unterkapitel zusammen: **I)** Theoretische und praktische Einordnung des Forschungsthemas, **II)** Gestaltungs- und Forschungsgegenstand: Die Projektmethode, **III)** Theoretische Fundierung der Projektmethode und **IV)** Anwendungsorientierte Vorgehensweise (*siehe Abb.1*). Zwischen dem ersten, zweiten und dritten Teil werden jeweils kurze Zwischenfazit integriert, um den Lesefluss der Arbeit zu verbessern und die Argumentation für die Leser*innen möglichst nachvollziehbar zu gestalten.

Im **ersten Teil** geht es um die Einordnung des thematischen Schwerpunkts. Die eingangs angedeuteten Handlungsfelder und die daraus resultierenden möglichen Fragestellungen für das Industrie-Design im Bereich Metallrecycling werden vertieft betrachtet. Ebenso werden die politischen Initiativen seitens der EU und der Bundesrepublik Deutschland im Circular Economy-Kontext aufgegriffen, um sie als Argumente für eine Berücksichtigung des Circular Economy-Bereichs Metallrecycling in universitäre Lehrpläne im Industrie-Design anzuführen. Im **zweiten Teil** wird die Projektmethode als Gestaltungs- und Forschungsgegenstand vorgestellt. Dazu zählen geschichtliche Hintergründe wie auch typische Charakteristika. Außerdem werden Parallelen zu den Wesenszügen des Designs gezogen, um die Bedeutung der Projektmethode als vertraute Organisationsform von Unterricht für das Industrie-Design zu unterstreichen. Im **dritten Teil** werden die elementaren konzeptionellen Bausteine der entwickelten Projektmethode vorgestellt, die sich den Disziplinen Psychologie, Didaktik und Design zuordnen lassen. Schließlich geht es im **vierten Teil** um die Durchführung und wissenschaftliche Evaluation der Projektmethode. Die Hauptstudie wird beschrieben, Ergebnisse werden aufgezeigt und im Detail diskutiert. Die Arbeit mündet in eine Zusammenfassung zentraler Erkenntnisse und ihrer theoriebezogenen Interpretation. Ebenso werden offene Fragen und Vorschläge für weitere Forschungsvorhaben formuliert.

Insgesamt ist der vierteilige Aufbau der Arbeit selbst als Design-Prozess zu verstehen und damit Richtschnur für die Konzeption und Evaluation der Projektmethode (*siehe Abb. 1*). Gleichzeitig repräsentiert er einen Forschungsprozess mit der Intention, Design-Wissen zu generieren und den Design-Prozess der Projektmethode und/oder anderer vergleichbarer Projektmethoden zu informieren (Jonas, 2004).



Abbildung 1. Der in vier Teile strukturierte Aufbau der vorliegenden Arbeit gemäß eines generischen Design-Prozesses nach Cross (2021). Eigene Darstellung.

Der zugrunde liegende Ansatz Forschung durch Design wird als „*designeigenes forschendes Verfahren*“ (Erlhoff und Marshall, 2008, S.151) bezeichnet, das der Design-Praxis äußerst ähnlich ist und wissenschaftliche Methoden mit Design-Prozessen verbindet (Jonas, 2007; Jonas, 2023). Der Design-Prozess der vorliegenden Arbeit orientiert sich an der vierstufigen Version von Cross (2021). Die Evaluation, auf die im **vierten Teil** der vorliegenden Arbeit eingegangen wird, wird im Kern von einem qualitativen Forschungsansatz getragen und mit entsprechenden Datenerhebungstechniken verknüpft. Die im Rahmen der qualitativ angelegten Evaluation erhobenen empirischen Daten werden zuletzt ausgewertet und theoriebezogen interpretiert, um das generierte Design-Wissen insgesamt wissenschaftlich zu fundieren. Der vierteilig strukturierte Design-Prozess wird von vier englischsprachigen Veröffentlichungen begleitet (jeweils Doppelblindverfahren) (*siehe Abb.1*). Weil sie zentrale Meilensteine im Design-Prozess der Projektmethode- und auch ihre Inhalte für die vorliegende Arbeit relevant sind, werden sie an entsprechenden Passagen mit freundlicher Genehmigung der Autor*innen zitiert. Die Links zu den einzelnen Manuskripten sind in *Anhang B* zu finden. Alle Artikel können bei Bedarf direkt beim Autor der vorliegenden Arbeit nachgefragt werden.

Die erste Veröffentlichung von Schoch et al. (2021) (*Anhang B.1*) bezieht sich auf die Erschließung bzw. Exploration des Forschungsthemas und handelt von den Möglichkeiten, die sich aus der recyclingmetallurgischen Infrastruktur für das Design ergeben können. Die zweite und dritte Veröffentlichung (*Anhang B.2 und B.3*) von Schoch et al. (2023) und Schoch et al. (2024) sind Bestandteil der frühen generativen Phase des Design-Prozesses. Sie verbinden theoretische Perspektiven, wie sie teilweise im zweiten und dritten Teil der vorliegenden Arbeit dargelegt werden, mit ersten Überlegungen zum Praxistransfer. Vordergründig geht es, neben einigen fachlichen Vertiefungen, um die Entwicklung der generativen Toolkits, wie sie für die spätere Projektmethode zum Einsatz kommen. Weitere Bausteine zur Gestaltung der Projektmethode werden in der Vorstudie in *Kap. 5.2* beschrieben. Schließlich bezieht sich die vierte Veröffentlichung (*Anhang B.4*) von Schoch et al. (2025) auf die Herleitung des didaktisch-methodischen Konzepts der gesamten Projektmethode, wie sie in dieser Arbeit noch ausführlicher dargelegt wird, ohne jedoch Einblicke in den qualitativen Teil der Evaluation zu gewähren. Wie aus der Formulierung der einleitenden Forschungsfrage hervorgeht (*siehe Kap. 1.1*), ist dies das zentrale Anliegen und die originelle wissenschaftliche Leistung der vorliegenden Arbeit.

Vor dem Hintergrund ihres thematischen Anknüpfungspunkts an eine komplexe Problemlage, die von einer spezifischen Perspektive der Nachhaltigkeit handelt, wie auch ihrer pädagogischen Ausrichtung, die sich durch den Forschungsgegenstand der Projektmethode begründet, und dem damit insgesamt einhergehenden transdisziplinären Charakter, bedarf es einiger terminologischer Festlegungen. Diese werden hiermit in Kürze beschrieben:

- Design und Designer*innen:** „Im (...) englischen Sprachgebrauch bezieht sich Design auf die Konzeption oder auf den mentalen Plan eines Objekts und bezeichnet zugleich alles, was irgendwie gestaltbar ist“ (Erlhoff und Marshall, 2008, S.87). Für den Begriff Design gibt es zwar keine einheitliche Definition (ebd.), mit dem Zitat wird jedoch deutlich, dass Design als Prozess und auch als Endprodukt verstanden werden kann (Glanville, 2023). Unabhängig davon, ob Design mehr unter den Gesichtspunkten einer eigenständigen Disziplin betrachtet wird (Archer, 1979; Cross, 2006) oder weniger (Krippendorf, 2007), lässt es sich sowohl als grundlegende menschliche Aktivität (ebd.), als auch als professionelle Tätigkeit und Praxis mit spezifischen Denkmustern fassen (Erlhoff und Marshall, 2008). Während des Ausübens ihrer Tätigkeit stehen Designer*innen häufig komplexen Design-Situationen gegenüber (Stolterman, 2008), von Rittel und Webber (1973) auch als böartige Probleme beschrieben. Bei einer komplexen Design-Situation handelt es sich um einen transdisziplinären Sachverhalt, weil er „nicht von einer einzelnen Disziplin oder einem einzigen disziplinären Ansatz sinnvoll angegangen werden kann“ (Erlhoff und Marshall, 2008, S.121). Eine Kernkompetenz von Designer*innen besteht darin, Wissen aus verschiedenen Disziplinen zu integrieren und gezielt Elemente für die Bewältigung transdisziplinärer Aufgaben auszuwählen (ebd.). Hinzu kommen weitere Kompetenzen, wie beispielsweise Kommunikation (z.B. über Zeichnungen und Modelle), kritisches Denken, Problemlösen, Kollaboration, Kreativität und Risikobereitschaft (Watkins, 2021). Designer*innen befassen sich mit der Frage, was in Zukunft funktionieren könnte. Sie erzeugen Möglichkeiten, machen Vorschläge und stellen Vermutungen an (Krippendorf, 2007). Professionelle Designer*innen sind Personen, die in der Tätigkeit des Designs trainiert oder darin ausgiebig praktisch erfahren sind. Sie wirken gewöhnlich in Spezialgebieten, wie z.B. Industrie-Design, Grafik-Design oder Architektur (Erlhoff und Marshall, 2008; Zimmermann et al., 2007). Designer*innen steht eine große Fülle an Methoden zur Verfügung, auf die sie innerhalb von Design-Prozessen zurückgreifen können. In der Ideengenerierung können Kreativitätsmethoden, wie z.B. Varianten des Brainstormings (Buijs et al. 2009; Cross, 2021), genutzt werden, während sich Forschungsmethoden, wie z.B. Interviews (Kumar, 2013; Van Aerssen und Buchholz, 2018), in Momenten der Evaluation eignen. Alles in allem wird in der vorliegenden Arbeit der Begriff Design als professionelle Tätigkeit und Praxis verstanden, die sich, wie aufgezeigt, durch spezifische Denkmuster und designeigene Kompetenzen auszeichnet. Design wirkt in Anwendungsfeldern bzw. Spezialgebieten, von denen das Industrie-Design eines ist.
- Design-Ansatz:** Der Begriff Design-Ansatz bezieht sich in der vorliegenden Arbeit auf den Anwendungskontext von Design. Aufgrund der zunehmenden Spezialisierung und Fragmentierung der Wissenswelten und der damit einhergehenden Ausprägung des Spezialistentums, hat sich Design in diverse Anwendungsbereiche ausdifferenziert. Wie andere Design-Ansätze auch, lässt sich Industrie-Design je nach Anwendungskontext und Spezialgebiet noch weiter ausdifferenzieren (Erlhoff und Marshall, 2008). Engineering Design, Produkt-Design und Industrie-Design können ebenso als Ansätze

von Design bezeichnet werden, wie bspw. Web-Design, Textil-Design oder Speculative Design.

- Industrie-Design:** Das Industrie-Design ist ein Anwendungsfeld bzw. Spezialgebiet von Design oder eben ein Design-Ansatz und zielt darauf ab, die Funktion, Interaktion und Ästhetik von industriell gefertigten Produkten zu optimieren (Erlhoff und Marshall, 2008) oder allgemeiner gesprochen, neue Dinge zu gestalten und zu realisieren, die als Ganzes die materielle Kultur repräsentieren (Cross, 1982). Zu den wesentlichen gestalterischen Mitteln von Industrie-Designer*innen zählen das Zeichnen und der Modellbau (Cross, 2006; Koskinen et al., 2011). Es ist üblich, dass Industrie-Designer*innen mit ihrem breit gefächerten Kompetenzprofil (Lofthouse und Bhamra, 2000) in interdisziplinären Teams zur Produktentwicklung arbeiten, in denen beispielsweise Akteur*innen aus den Materialwissenschaften, dem Verkauf und Marketing, dem Ingenieurwesen oder der Herstellung und Logistik mitwirken (Clarkson und Eckert, 2005). Vorhaben der Produktentwicklung lassen sich mit Hilfe von Produktentwicklungsprozessen, d.h. Design-Prozessen, koordinieren (Gericke et al., 2021b). Zu den grundlegenden Vorgehensweisen der Produktentwicklung zählen Aktivitäten des Problemlösens, die Informationsverarbeitung, die Iteration und eine schrittweise Annäherung an die Problemlösung im Sinne einer Koevolution (Gericke et al., 2021a). Die Informationsverarbeitung ist in der Produktentwicklung allgegenwärtig (Dörner, 1979) und lässt sich z.B. hinsichtlich Informationsform, Aktualität und Detailgrad kategorisieren, wie Mewes (1973) im Kontext des konstruktiven Maschinenbaus aufzeigt. Ein wesentliches Augenmerk des Industrie-Designs ist neben der Berücksichtigung von z.B. ökonomischen, sicherheitstechnischen und ästhetischen Aspekten (Beitz, 1996), auch der Einbezug ökologischer Faktoren in die Produktentwicklung, dessen Bedeutung durch das Konzept des ökologischen Designs unterstrichen wird (Karlsson und Luttrupp, 2006). Die Bedeutung, Perspektiven der Nachhaltigkeit bereits in den frühen konzeptionellen Phasen von Design-Prozessen mitzudenken, deuten Lofthouse und Bhamra (2000) an, indem sie auf die Flexibilität des Design-Briefings an dieser Position verweisen und die daraus resultierende Möglichkeit, die Umweltperformance der intendierten Design-Lösung, sei es in Form von Produkten, Services oder Systemen, wesentlich beeinflussen zu können.
- Design-Forschung:** Während Design in Anwendungsfeldern darauf abzielt kommerzielle Produkte im engeren oder Systeme im weiteren Sinne zu gestalten, geht es in der Design-Forschung primär darum, Design als Medium zu nutzen, um Wissen zu generieren und Design-Prozesse zu informieren (Jonas, 2004; Jonas, 2023). Cross (2006) folgend ist Design-Wissen insgesamt in Menschen bzw. Designer*innen, in ihren Prozessen und Produkten enthalten. Als besonders bedeutsam wird Design-Wissen angesehen, das für die Kreation und Verbesserung von Artefakten genutzt wird und so den prozesshaften und handlungsorientierten Charakter von Design betont (Glanville, 2023). Die Idee hinter dem designeigenen Forschungsansatz Forschung durch Design ist es, dass Design-Forscher*innen unmittelbar in das forschende und entwerfende Vorgehen involviert sind, den Forschungsgegenstand also selbst gestalten (Jonas, 2004) und dabei auf die Logik eines generischen Design-Prozesses zurückgreifen. Zusätzlich können Phasen wissenschaftlicher Forschung mitsamt des Rückgriffs auf entsprechende Methoden die Gestaltung unterstützen bzw. antreiben (Jonas, 2007). Im Gegensatz zum Design-Prozess wird der Prozess der Forschung durch Design als um einiges systematischer und reflektierter angesehen. Um die Qualität und Glaubwürdigkeit von Design-Forschung zu stärken, sollten vergleichbare Gütekriterien

berücksichtigt werden, wie sie anderen etablierteren Disziplinen der Wissenschaft zugrunde liegen (Cross, 2001).

Teil I: Theoretische und praktische Einordnung des Forschungsthemas

EXPLORATION

2 Metallrecycling im theoretischen und praktischen Diskurs

Im Anschluss an die Einleitung mitsamt Beschreibung zum Aufbau und dem zugrundeliegenden Forschungsansatz geht es im Folgenden darum, wie das Metallrecycling in den übergeordneten Kontext der Nachhaltigkeit einzuordnen ist (*siehe Abb. 2*). Dafür ist zunächst der Blick auf die drei Nachhaltigkeitsstrategien Effizienz, Konsistenz und Suffizienz notwendig. Die lebenszyklusweite Dissipation von Metallen dient der vorliegenden Arbeit als praktische Ausgangslage, um das Metallrecycling als eine Möglichkeit zu kennzeichnen, den Vorgang in der EoL-Phase eines Materials oder Produkts entgegenzuwirken. Um über das Bedeutungsspektrum des Begriffs Metallrecycling zu informieren, wird er im Anschluss auf verschiedenen Ebenen innerhalb des Circular Economy-Konzepts der EU reflektiert. Die Verbindung zum Industrie-Design und dessen Bedeutung im Kontext Metallrecycling wird insbesondere mit Blick auf das Konzept Design for Recycling deutlich, welches abschließend entlang von verschiedenen Guidelines, Tools und Methoden charakterisiert wird.

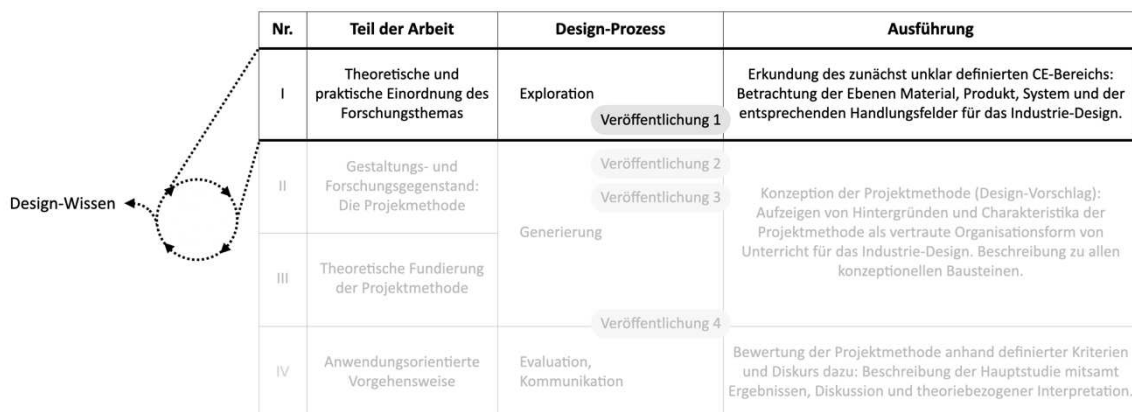


Abbildung 2. Erster Teil des in vier Teilen strukturierten Aufbaus der vorliegenden Arbeit gemäß eines generischen Design-Prozesses nach Cross (2021). Eigene Darstellung.

2.1 Strategien für Nachhaltigkeit

Die Begriffe „nachhaltig“ bzw. im englischen Sprachgebrauch „sustainable“ stehen etymologisch für einen Zustand, in dem „die Abnahme einer nachwachsenden Ressource durch menschliche Eingriffe (...) [je Zeiteinheit] höchstens so groß [ist] wie ihre Zunahme dank natürlicher Regeneration“ (Sturma und Heinrichs, 2015, S.110). Der seit 1987 durch die Arbeiten der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (WCED) populär gewordene Begriffskombination „nachhaltige Entwicklung“ ist ein Entwicklungsgedanke implizit, der einen Kompromiss zwischen den Interessen von Industrie- und Entwicklungsländern spiegelt, um den Schutz der Umwelt und die Bekämpfung von Armut gleichermaßen zu ermöglichen (ebd.). In ihrer vielzitierten Definitionsformel richtet sich die WCED (1987) unmittelbar an die Bedürfnisse zukünftiger Generationen, deren Entfaltungsmöglichkeiten gegenwärtig durch Entscheidungsträger*innen der lebenden

Generation reduziert werden. Nachhaltige Entwicklung wird folgendermaßen beschrieben: *„Humanity has the ability to make development sustainable to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs“* (ebd., Abs. 1.3). Dass nachhaltige Entwicklung *„weit über Umweltfragen hinaus [reicht]“* (Deutscher Bundestag, 1998, S.16), hebt die Enquete-Kommission mit ihrem gesellschaftlichen Leitbild im Jahr 1998 hervor. Es wird in ökologischer, ökonomischer und sozialer Hinsicht verlangt, *„nicht auf Kosten der Enkel und Urenkel zu leben“* (ebd., S.24). Seit 2015 werden die drei Dimensionen nachhaltiger Entwicklung von den 17 Sustainable Development Goals (SDGs) und ihren 169 Zielen der Agenda 2030 abgedeckt (Vereinte Nationen, 2015). Insbesondere in ökologischer Hinsicht (Linz, 2004) werden die Leitstrategien Effizienz, Suffizienz und Konsistenz für eine Transformation in Richtung nachhaltiger Entwicklung diskutiert (Huber, 2000a). In der einschlägigen Literatur gibt es mit Blick auf ihren Stellenwert für die Transformation unterschiedliche Auffassungen. Tatsache ist, dass sie sich durch bestimmte Transformationspotenziale auszeichnen, welche komplementär zu betrachten sind (Behrendt et al., 2018). Die Leitstrategien werden nachfolgend kurz beschrieben.

Bei der **Effizienz-Strategie** geht es darum, das Input-Output-Verhältnis von ökonomischen Leistungen hinsichtlich reduzierter Material- und Energieeinsätze zu verbessern, d.h. die Material-, Rohstoff- und Energieeffizienz zu steigern, um den relativen Ressourcenverbrauch zu senken (Behrendt et al., 2018). Schmidt-Bleeck (1994) spricht in diesem Kontext von Öko-Effizienz bzw. Ressourcenproduktivität: *„Die Ressourcenproduktivität eines Gutes ist die Gesamtheit der verfügbaren Einheiten an Dienstleistungen, dividiert durch den Gesamtverbrauch an Material für das dienstleistende Gut, gerechnet von der Wiege bis zur Wiege, einschließlich der für den Energieverbrauch bewegten Stoffströme“* (ebd., S.118). Dass die Effizienz-Strategie mit unterschiedlichen Rebound-Effekten einhergehen kann, gilt in der einschlägigen Literatur als unumstritten (Behrendt et al., 2018).

Während es das Anliegen der Effizienz-Strategie ist, weniger Material zu nutzen, geht es in der **Konsistenz-Strategie** darum, Material auf eine andere Art und Weise zu nutzen. Konsistenz zielt darauf ab, industrielle Stoffumsätze qualitativ zu transformieren (Huber, 2000a). Anders als von Öko-Effizienz (Schmidt-Bleeck, 1994), lässt sich vor dem Hintergrund auch von Öko-Effektivität sprechen (Behrendt et al., 2018; Braungart und McDonough, 1999). Cradle-to-Cradle (Braungart und McDonough, 1999; Braungart und McDonough, 2016) und die Industrielle Ökologie (Graedel, 1994) sind zwei exemplarische Konzepte, die sich der Konsistenz-Strategie zuordnen lassen (Behrendt et al., 2018). Zu den bekannten Anwendungsfeldern der Konsistenz-Strategie zählen z.B. die erneuerbaren Energien, die Wasserstoff-Technologie und die ökologische Landwirtschaft. Um diese zu fördern, braucht es i.d.R. einen wirtschaftlichen, politischen wie auch gesellschaftlichen Paradigmenwechsel, der z.B. den Begriffen „Energiewende“, „Verkehrswende“ oder „Ernährungswende“ implizit ist. Auch für die Konsistenz-Strategie gibt es trotz ihres hohen Transformationspotenzials Grenzen ihrer Umsetzbarkeit (Behrendt et al., 2018). Materialien in biologischen oder technischen Kreisläufen zu halten, wie es im Konzept Cradle-to-Cradle von Braungart und McDonough (2016) beschrieben wird, ist in der Realität die Ausnahme (Behrendt et al., 2018).

Die **Suffizienz-Strategie** zielt auf einen reduzierten Ressourcenverbrauch, hervorgerufen durch eine verringerte Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen (Linz, 2004). Hierfür sind veränderte Verhaltens- und Konsummuster erforderlich. Diese sind mit Hilfe von politischen Maßnahmen, wie z.B. der Förderung, Regulierung oder dem

Verteuern, zu flankieren bzw. zu fördern (Behrendt et al., 2018). Suffizienz wird nachgesagt, ein „*geringes sozio-kulturelles Anschluss- und Resonanzpotenzial [zu besitzen]*“ (Huber, 2000a, S.12).

Bei dem Metallrecycling handelt es sich um einen Circular Economy-Bereich, der sich allen drei Leitstrategien für nachhaltige Entwicklung zuordnen lässt. Einerseits kann die Forschung an bzw. die Entwicklung von neuen Recyclinginfrastrukturen und -technologien dazu führen, die immer komplexer werdenden Legierungen und Produkte effizienter zu recyceln. Andererseits lassen sich Sammelraten von Metallen erhöhen, wenn es seitens der Konsument*innen zu einer Veränderung ihrer Konsummuster kommt, die sich darin auszeichnet, dass obsoleete Produkte am Ende ihrer Nutzungsdauer nicht in den Haushalten gelagert, sondern in die dafür vorgesehenen Sammelstellen zurückgegeben werden. Metallrecycling ist gleichzeitig ein Bereich der Konsistenz-Strategie, weil „*einmal (...) jedes Gerät stofflich zu entsorgen ist, d.h. in seine stofflichen Bestandteile zu zerlegen und umweltgerecht zu verwerten*“ (Liening und Brümmer, 2014, S.204). Die gegenwärtigen technischen Möglichkeiten und Grenzen des Recyclingsystems, basierend auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten (UNEP, 2013a), definieren dabei den Umfang an recyclebaren Metallen und somit das Ausmaß ihrer Integration in biologische und technische Kreisläufe der Gesellschaft (Braungart und McDonough, 1999).

2.2 Die Metaldissipation

Der Begriff Dissipation wird in der Thermodynamik dafür genutzt, um den irreversiblen Vorgang der Umwandlung von mechanischer Energie in innere Energie zu charakterisieren (Herwig et al., 2016). Gemäß des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik, auch als Entropiegesetz bezeichnet, „*geht jede Energieform nach einem Umwandlungsprozess unumkehrbar in eine physikalisch niedrigere Energieform über, z.B. vom hochenergetischen Strom zur niedrigenergetischen Wärme. Am Ende wird aus jedem umgewandelten Primärenergieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas) am Ende nicht weiter nutzbare Abwärme (die an die kalte Umgebungsluft „verloren“ geht) (...) [außerdem] kann die Energie von Primärenergieträgern nicht vollständig (zu 100%) in andere nutzbare Energieformen umgewandelt werden, es entstehen immer Umwandlungsverluste (diese können allerdings minimiert werden)*“ (Rogall, 2008, S.202). Ähnliche Prozesse laufen ab, wenn Rohstoffe in Produkte umgewandelt werden: Bei der Förderung von Erzen verbleiben z.B. Teile im Abraum, denn geringste Metallmengen lassen sich nur unter größtem Aufwand aus vielen Tonnen Abraum zurückgewinnen. Letztendlich kommt es entlang des gesamten Lebenszyklus eines Materials oder Produkts zur unwiederbringlichen Zerstreuung von Stoffen (ebd.). Unter ökonomischen Gesichtspunkten lässt sich das Entropiegesetz als „*irreversible Entwertung der Natur durch ökonomische Prozesse*“ (Rogall, 2008, S.203) interpretieren.

Übersetzt aus dem Lateinischen heißt Dissipation Zerstreuung und ist, wie die kurze Einführung andeutet, eine Form der Entropie (Kümmerer, 2016). Der Umfang der stofflichen Dissipation wird maßgeblich davon bedingt, wie die Stoffe in Materialien und Produkten gemischt und wie schnell diese Stoffgemische durch Wirtschaftsräume befördert werden. Problematisch an der Dissipation von Metallen ist neben dem unwiederbringlichen Verlust auch ihr einhergehender Eintrag in die Umwelt, in der sie, z.B. auch in der Nahrungskette, mitunter toxisch wirken können. Die Bedeutung des Problems der Metaldissipation wird unter dem Gesichtspunkt deutlich, dass es sich bei der Erde um ein stofflich fast geschlossenes System handelt (ebd.) und alle mineralischen Reserven

letztendlich endlich sind (Zepf et al., 2014). Wenn die Verknappung von Metallen fortschreitet, können ernste technologische, ökonomische und gesellschaftliche Zielkonflikte die Folge sein (Kümmerer, 2016).

Der Begriff Metalldissipation besagt, dass sich Metalle gleichmäßig in kleinsten Mengen und in kürzester Zeit über den gesamten Planeten verteilen (Kümmerer, 2016). Dießenbacher und Reller (2016) nehmen diesen Umstand in ihre Auslegung des Begriffs Dissipation auf, den sie als „*Feinverteilung von ehemals in den Lagerstätten der Geosphäre gebündelten Mineralien in der Techno- und Biosphäre durch anthropogene Einwirkungen*“ (ebd., S.277) charakterisieren. Zur Veranschaulichung verweisen die Autor*innen auf das Smartphone. Zwar enthält es die zwischen 65 bis 70 verschiedenen überwiegend kritischen Metalle (King, 2019) nur in geringen Mengen, doch die enormen Stückzahlen implizieren eine große Nachfrage nach ihnen (Reller, 2009). Allein in Deutschland sollen es rund 200 Millionen Smartphones sein, die in Haushalten lagern (Brandt, 2023). Dies entspricht einer Masse von rund 6000 kg Gold, wenn von einer Menge von 0,03 g pro Smartphone für elektronische Komponenten und Leiterplatten ausgegangen wird (Manhart et al., 2016). Tatsächlich beeinflusst die Sammelrate die Recyclingeffizienz von Metallen erheblich, wie mit Blick auf die Recyclingkette deutlich wird (Hagelüken und Goldmann, 2022; KRU, 2023).

Mit Blick auf die EoL-Phase eines Materials oder Produkts wird der Vorgang der Metalldissipation von zwei grundlegenden Problembereichen begünstigt. Zum einen ist dies die Komplexität von Legierungen und Produkten und zum anderen der Trend der Miniaturisierung von insbesondere IKT-Geräten. Beide Perspektiven werden nachfolgend beschrieben.

Komplexe Legierungen werden nicht nur für moderne Technologien eingesetzt, sondern auch für alltägliche Produkte. Es bedarf Legierungen aus mehreren Stoffen, um bestimmten Funktionalitäten und Qualitätsstandards zu entsprechen. Die Edelstahllegierung X5CrNi18-10, die z.B. für gewöhnliche Kochtöpfe verwendet wird, besteht aus Chrom, Nickel, Silizium und Mangan, wenn ein Massenanteil von >1,0% angenommen wird (thyssenkrupp Materials Processing Europe GmbH). Da sich das Recycling von Eisenwerkstoffen gewöhnlich auf unlegierte Kohlenstoffstähle beschränkt, gehen die enthaltenen Legierungselemente in das nicht-funktionale Recycling verloren (Graedel et al. 2022; Graedel und Miatto, 2022). Raabe et al. (2019, S.68) notieren: „*current structural alloys are not devised for end-of-life but rather for one-time use*“. Im Falle von komplexen IKT-Geräten, wie z.B. Smartphones, werden die enthaltenen Metalle zusätzlich in unmittelbarer Nähe zu funktionalen Gruppen verknüpft (z.B. in Leiterplatten) und sind in thermodynamischer Hinsicht inkompatibel mit der metallurgischen Recyclingtechnik (Schaik und Reuter, 2014a). Sogar nach weitestgehender Zerlegung und selektivem Schmelzen schwankt die produktspezifische Recyclingeffizienz zwischen 30-40% (Reuter et al., 2018). Metalle, wie z.B. Neodym, Dysprosium und Tantal, gehen unwiederbringlich verloren (ebd.). Der Verlust von Metallen in der EoL-Phase wird zusätzlich durch die kurzen Nutzungsdauern von IKT-Geräten vorangetrieben. Smartphones werden durchschnittlich 2,7 Jahre genutzt und liegen damit gleichauf mit einem Hemd bzw. einer Bluse. Dies liegt insbesondere daran, dass sich im Laufe der Zeit ihre Funktionsfähigkeit einschränkt. Zu den Mängeln zählen u.a. eine verkürzte Akkulaufzeit bzw. ein defekter Akku, ein mechanischer oder technischer Defekt oder ein nicht mehr funktionsfähiger Bildschirm (Wieser und Tröger, 2015). Insgesamt gilt: Je schneller materiell hochkomplexe Produkte durch Wirtschaftsräume befördert werden, desto größer ist die Menge an Material, die entlang des gesamten Lebenszyklus irreversibel verloren gehen kann (Kümmerer, 2016). Unternehmen im Bereich Recycling

und Entsorgung werden durch schnelle Zyklen der Produktinnovation und der korrespondierenden Marktpenetration günstiger IKT vor große Herausforderungen gestellt (Schlupe, 2014), da sie ständig mit neuartigen und unvorhersehbaren Materialkompositionen konfrontiert werden (UNEP, 2013a). Kürzere Produktions- und Konsumzyklen *„erfordert (...) eine höhere Prozessflexibilität und größere Kapazitäten für die Lagerung“* (Martens und Goldmann, 2016, S.28).

Obwohl die Miniaturisierung von Produkten unter dem Gesichtspunkt der Ressourceneffizienz erst einmal als positiv erachtet werden kann, so fördert sie dennoch den Vorgang der Metaldissipation: Insbesondere komplexe IKT-Geräte zeichnen sich durch ein recyclingunfreundliches Design aus (Liening und Brümmer, 2014). Ihre Komponenten sind nicht mehr einfach miteinander verschraubt, sondern verklebt, verschweißt und molekular geschichtet (UNEP, 2013a). Auf der Plattform iFixit (o.D.) wird anschaulich visualisiert, welche Herausforderungen es bei der Demontage dieser Geräte gibt. Gleichzeitig wird deutlich, dass sich manche Unternehmen zunehmend für eine Verbesserung der Recycling- und Reparaturfähigkeit ihrer Produkte einsetzen.

Innerhalb der EU und weltweit hat die Diskussion zur Verfügbarkeit von Metallen längst Einzug gehalten in die Entwicklung von entsprechenden Indikatoren, um sie in die umweltwissenschaftliche Methode Life Cycle Assessment (Hauschild et al., 2018) zu integrieren. Gemäß der Annahme, dass die Erschöpfung von Metallen für sich genommen als ökologisches Problem aufgefasst werden kann (Van der Voet, 2013), kennzeichnet der Indikator Abiotic Depletion Potential die Knappheit eines chemischen Elements als Kombination aus globaler Produktion (kg/Jahr) und den ultimativen Reserven (kg). Mit Blick auf die Werte des Abiotic Depletion Potentials der einzelnen Metalle wird deutlich, dass manche von ihnen knapper bzw. eingeschränkter verfügbar sind als andere (*siehe Abb. 3*). Obwohl sich der Indikator durch den Bezug auf die ultimativen Reserven durch eine stabile Fundierung auszeichnet, variieren die metallspezifischen Werte des Abiotic Depletion Potentials, bedingt durch die Schwankungen der globalen jährlichen Produktion (Van Oers und Guinee, 2016; Van Oers et al., 2020), die von sozioökonomischen Aspekten, wie z.B. plötzlich auftretenden Nachfrageveränderungen, Fortschritten in der Bergbautechnologie, politischer Instabilität und neu entdeckten Lagerstätten beeinflusst wird (Drielsma, 2015). Tatsache ist, dass der Erzgehalt von Metallen in den vergangenen Jahrzehnten immer weiter abgenommen hat und die Extraktion von Erzen immer energieintensiver und somit kostspieliger wurde. Immer mehr Material muss insgesamt bewegt und abtransportiert werden, um an ein bestimmtes Erz zu gelangen (UNEP, 2013a).

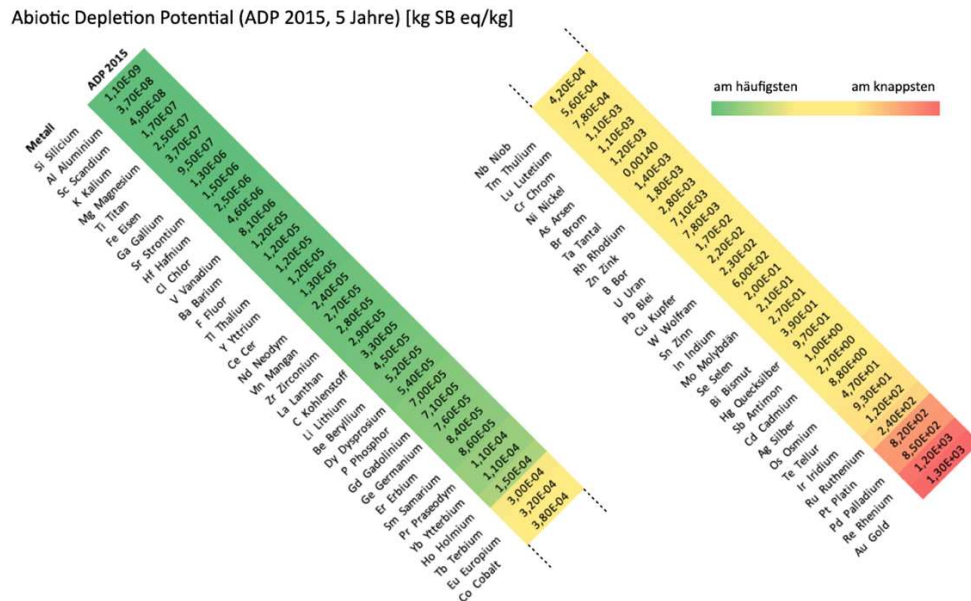


Abbildung 3. Der Indikator Abiotic Depletion Potential für die jeweiligen Elemente des Periodensystems der Elemente nach Van Oers et al. (2020). Eigene Darstellung.

Im Gegensatz zur Methode Life Cycle Assessment, in der ein breites Spektrum an Wirkungsbereichen abgedeckt werden kann, sind Footprints eng gefasste Umweltmetriken, die sich auf einen Wirkungsbereich fokussieren. Sie gelten als einfacher anwendbar und intuitiv, leicht von Nichtexpert*innen zu verstehen und an diese zu kommunizieren. Der inputorientierte Indikator Material Footprint verweist beispielsweise auf den lebenszyklusweiten bzw. kumulierten Primärrohstoffeinsatz eines Produkts oder einer Dienstleistung (Lettenmeier et al., 2009) und berücksichtigt dabei genutzte wie auch ungenutzte abiotische und biotische Rohstoffe und ursprünglich auch die Erosion (Lettenmeier et al., 2014). Der Material Footprint ist Teil des Konzeptes Material Input pro Serviceeinheit (MIPS), in dem genutzte „Stoffmengen, messbar im Kilogramm oder Tonnen, (...) in Rechnung gestellt [werden] gegen den Nutzen, den der Mensch mit Hilfe der Dienstleistungserfüllungsmaschine (eben dem Gut, dem Geräte) beziehen kann“ (Schmidt-Bleek, 1993, S.109). Die Idee von MIPS ist, dass Umweltschäden überwiegend durch Entnahme und Verlagerung von Rohstoffen entstehen. Je geringer die Eingriffe in die Natur, desto geringer fallen auch die Umweltwirkungen aus (Ritthoff et al., 2002). Dies steht im Gegensatz zur Ökobilanz der Internationalen Organisation für Normung (ISO) 14040/44, die (überwiegend) spezifische Emissionen und damit verbundene Umweltwirkungen misst (Schmidt-Bleek, 1993). Der Begriff Material steht im MIPS-Konzept für natürliche Ressourcen, unterteilt in die fünf Kategorien: (1) Abiotisches Material (Mineralien, fossile Energieträger, Abraum, Gangart, Bodenaushub), (2) Biotisches Material (pflanzliche Biomasse), (3) Bodenbewegung in Land- und Forstwirtschaft (mechanische Bodenbewegung und Erosion), (4) Wasser (Oberflächenwasser, Grundwasser, Tiefengrundwasser) und (5) Luft (Verbrennung, chemische- und physikalische Transformation) (Ritthoff et al., 2002). Auf dieser Basis beinhaltet das MIPS-Konzept verschiedene Indikatoren, wie z.B. den bereits angesprochenen Material Footprint, der auch als ökologischer Rucksack bezeichnet wird, und sich auf die Ressourcenkategorien abiotische und biotische Rohstoffe bezieht, sowie optional auf die Bodenerosion in der Kategorie Bodenbewegung (Liedtke et al., 2014).

Der Material Footprint entspricht dem ebenfalls inputorientierten Indikator Total Material Requirement weitestgehend. Dieser misst die Gesamtmenge des entnommenen

Primärmaterials, d.h. auch das Material, das entnommen wird, um Zugang zum eigentlichen Rohstoff zu bekommen und in der Ökosphäre als ungenutzte Extraktion verbleibt, mit Beschränkung auf abiotisches und biotisches Primärmaterial (Mostert und Bringezu, 2019). Beide Indikatoren können als generisches Maß für die mit der Rohstoffentnahme in Verbindung stehenden Umweltwirkungen beschrieben werden. Wenn auch nicht substanzspezifisch, lassen sich kausale Zusammenhänge zwischen Rohstoffentnahme und Umweltwirkungen aufzeigen, wie z.B. Umweltdegradation und Verlust der Biodiversität (Ekins, et al., 2014; Mostert und Bringezu, 2019). Auf Basis der Indikatoren Abiotic Depletion Potential und Total Material Requirement sticht das Metall Gold besonders heraus. Es ist, bezogen auf das Jahr 2015, neben Rhenium, Platin und Palladium das knappste Metall (Van Oers et al., 2020) und hat mit Abstand den größten Total Material Requirement-Wert, der bei 2.906.319 kg/kg liegt. Zum Vergleich: Für 1kg des Metalls Aluminium müssen lediglich 11kg Material bewegt werden (Mostert und Bringezu, 2019). Die Förderung von Gold geht auch mit beträchtlichen globalen Umweltwirkungen einher (Nuss und Eckelman, 2014) (siehe Abb. 4). Alonzo et al. (2016) zeigen die lokalen Wirkungen anschaulich am Beispiel der Grasberg-Mine in Westneuguinea, Indonesien auf.

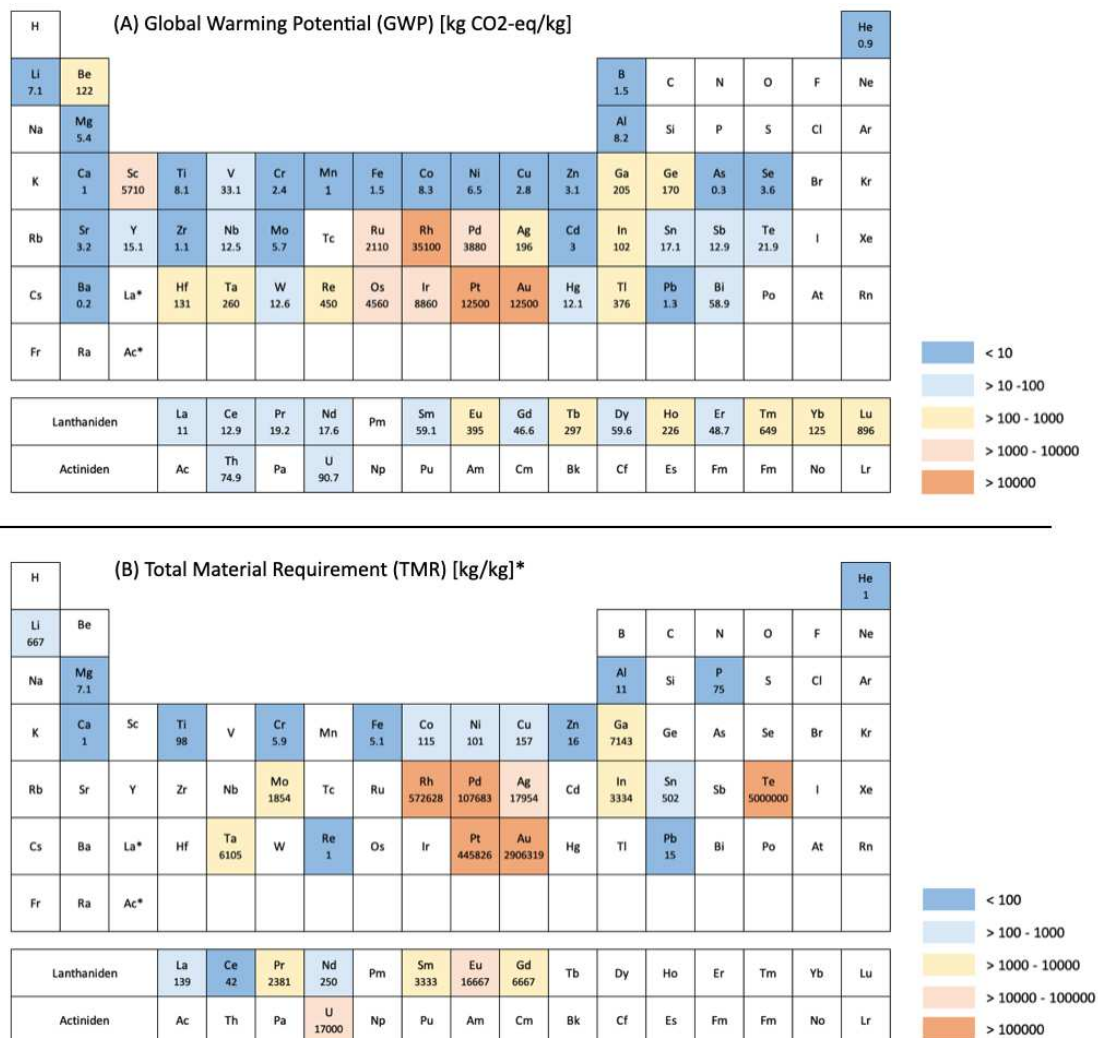


Abbildung 4. Periodensystem der Elemente für Klimawirkungen und Total Material Requirement. (A) Die Klimawirkungen als globales Erwärmungspotenzial [kg CO₂-eq/kg] nach Nuss und Eckelman (2014). (B) Der Total Material Requirement Index [kg/kg] nach Mostert und Bringezu (2019). Eigene Darstellung.

2.3 Metallrecycling im Circular Economy-Kontext

Das grundsätzliche Ziel „des Recyclings ist die nachhaltige, umweltgerechte und ressourceneffiziente stoffliche Rückführung Abfallabgeleiteter Sekundärrohstoffe in den Wirtschaftskreislauf“ (Martens und Goldmann, 2016, S.2). Gemäß des deutschen KrWG steht der Begriff Recycling für „(...) jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfälle zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden. Es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, aber nicht die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind“ (Bundesrepublik Deutschland, 2012, §3 (25)). Zu den grundlegenden Motiven des Recyclings zählen die Nutzung des Restwerts von Abfällen, die Ressourcenschonung, die Reduzierung des Eintrags von Schadstoffen in die Umwelt und die Kostenvermeidung von Deponien und der Erhalt von Landschaften (Martens und Goldmann, 2016). Übergeordnet lassen sich zwei Recyclingkreisläufe voneinander abgrenzen. Einerseits gibt es das Produktrecycling und andererseits das Material-, Werkstoff-, oder Stoffrecycling (Liening und Brümmer, 2014; Martens und Goldmann, 2016). Im ersten Fall werden Produkte oder ihre Komponenten für den gleichen Anwendungszweck wiederverwendet oder für andere Zwecke weiterverwendet. Beschädigte Komponenten können hierfür repariert oder sogar industriell aufgearbeitet werden. Im zweiten Fall steht die Verwertung der verbauten Materialien im Vordergrund. Dies geschieht unter Anwendung mechanischer, metallurgischer und chemischer Verfahrenstechniken (Martens und Goldmann, 2016).

Während die bisherige Kreislaufwirtschaft auf die Vermeidung und Verwertung von Abfällen abzielt (Bundesrepublik Deutschland, 2012, §3 (19)), geht es im jüngeren Circular Economy-Konzept der EU um den Erhalt von Rohstoff- und Materialwerten (KRU, 2023): „The transition to a more circular economy, where the value of products, materials and resources is maintained in the economy for as long as possible, and the generation of waste minimised, is an essential contribution to the EU's effort to develop a sustainable, low carbon, resource efficient and competitive economy“ (EC, 2015, S.2).

Das Recycling als ein zentraler Baustein der Circular Economy (Potting et al., 2017; Geissdoerfer et al., 2017) ermöglicht theoretisch die weitestgehende physische Schließung von Stoffkreisläufen, um den Bedarf an Primärrohstoffen inklusive der gekoppelten Umweltwirkungen zu reduzieren (KRU, 2023). In ihrer Zielhierarchie weist die Ressourcenkommission am Umweltbundesamt das Recycling als eigenes Handlungsfeld der Circular Economy aus, dem Recyclingraten als möglicher Indikator zugrunde liegen (ebd.). Der von der EU im Kontext des Raw Materials Scoreboards aus dem Jahr 2016 (EC, 2016) und in der Liste kritischer Rohstoffe des Jahres 2017 (EC, 2017) beschriebenen Indikator EoL-Recycling Input Rate reflektiert den aus dem Recycling stammenden Materialinput in das Produktionssystem und gilt als Maß für den Beitrag des Recyclings zur Deckung des Materialbedarfs in der EU (Input-Perspektive).

Der komplementäre Indikator EoL-Recyclingrate kennzeichnet hingegen die Menge der am Ende des Lebenszyklus verwerteten (sekundären) Materialien im Vergleich zu den insgesamt erzeugten Abfallmengen und ist somit outputorientiert. Der Indikator umfasst die Performance der Sammlung und des funktionalen Recyclings. Metalle, die durch funktionales Recycling zurückgewonnen werden, können für dieselben Funktionen und Anwendungen wiederverwendet werden wie Metalle, die aus primären Quellen stammen (Talens Peiro et al., 2018). Mit dem Erhalt ihres ursprünglichen Funktionsspektrums können sie erneut für völlig neue Anwendungen eingesetzt werden. Dies ist nicht möglich, wenn ihre Rezyklate aus dem nicht-funktionalen Recycling stammen. Mit ihrem Verlust der

ursprünglichen Eigenschaften lassen sie sich nur noch für minderwertige Anwendungen einsetzen, sodass in diesen Fällen mitunter auch von „Downcycling“ gesprochen wird (Umweltbundesamt (UBA), 2021).

Insbesondere das Recycling der kritischen Metalle hat in Diskussionen zum Circular Economy-Konzept an Bedeutung gewonnen. Im Gegensatz zum Begriff der Knappheit, an dem sich der Indikator Abiotic Depletion Potential orientiert, wohnt dem Begriff Kritikalität eine politische Dimension inne (Van der Voet, 2013). Zwar lässt sich Kritikalität im Zusammenhang mit Rohstoffen nicht einheitlich definieren (Graedel et al., 2022), häufig wird ein Rohstoff aber als kritisch bezeichnet, wenn er sich durch ein hohes Versorgungsrisiko und eine hohe Bedeutung oder Verwundbarkeit auf ein untersuchtes System auszeichnet (Dewulf et al., 2016). Manche Studien berücksichtigen auch ökologische Aspekte in der Bewertung von Kritikalität (ebd.), wie z.B. Graedel et al. (2015). In der EU bezieht sich Kritikalität auf all diejenigen Metalle, die von hoher wirtschaftlicher Bedeutung sind und gleichzeitig ein hohes Versorgungsrisiko aufweisen. Im Jahr 2023 wurden 34 Rohstoffe als kritisch deklariert (EC, 2023a). Die EU ist fast ausschließlich auf den Import vieler kritischer Rohstoffe angewiesen (EC, 2023b) (*siehe Abb. 5*).

Nakamura et al. (2014) heben die Probleme des nicht-funktionalen Recyclings hervor, das sich auch als „open-loop“ Recycling in Abgrenzung zum „closed-loop“ Recycling bezeichnen lässt, und verweisen auf den Verlust von ursprünglichen Funktionen, die Dissipation knapper Metalle und die Notwendigkeit, zurückgewonnenes Material mit Primärmaterial zu verdünnen, um bestimmte Qualitätsmerkmale zu erfüllen. Sie halten es als wesentliche Aufgabe nachhaltigen Metallmanagements, diese Verluste zu minimieren (ebd.). Ziemann et al. (2018) zeigen auf, dass das Metall Lithium derzeit aus ökonomischen Gründen nach dem Recycling von Altbatterien in der Schlacke verbleibt und im Anschluss im Bausektor als Zementzusatz eingesetzt wird. Die Wirtschaftlichkeit der Rückgewinnung von Lithium wird in diesem Beispiel wesentlich durch die Kosten der Lithiumproduktion aus primären Ressourcen beeinflusst. Um die Recyclingkosten zu reduzieren, sprechen sich die Autor*innen u.a. für die Entwicklung kosteneffizienterer Recyclingtechnologien und eine effektivere Zusammenarbeit zwischen den Bereichen der Batterieforschung, Batterieherstellung und den entsprechenden Recyclingunternehmen aus. Außerdem verweisen sie darauf, die Konfigurationen und Chemie von Batterien zu standardisieren, um die Notwendigkeit des Sortierens zu verringern, die Batteriezellen zu kennzeichnen, um eine bessere Sortierung zu ermöglichen und die Konstruktion der Batterien insgesamt hinsichtlich verbesserter Demontage zu gestalten, um die Trennung der enthaltenen Materialien zu ermöglichen (ebd.).

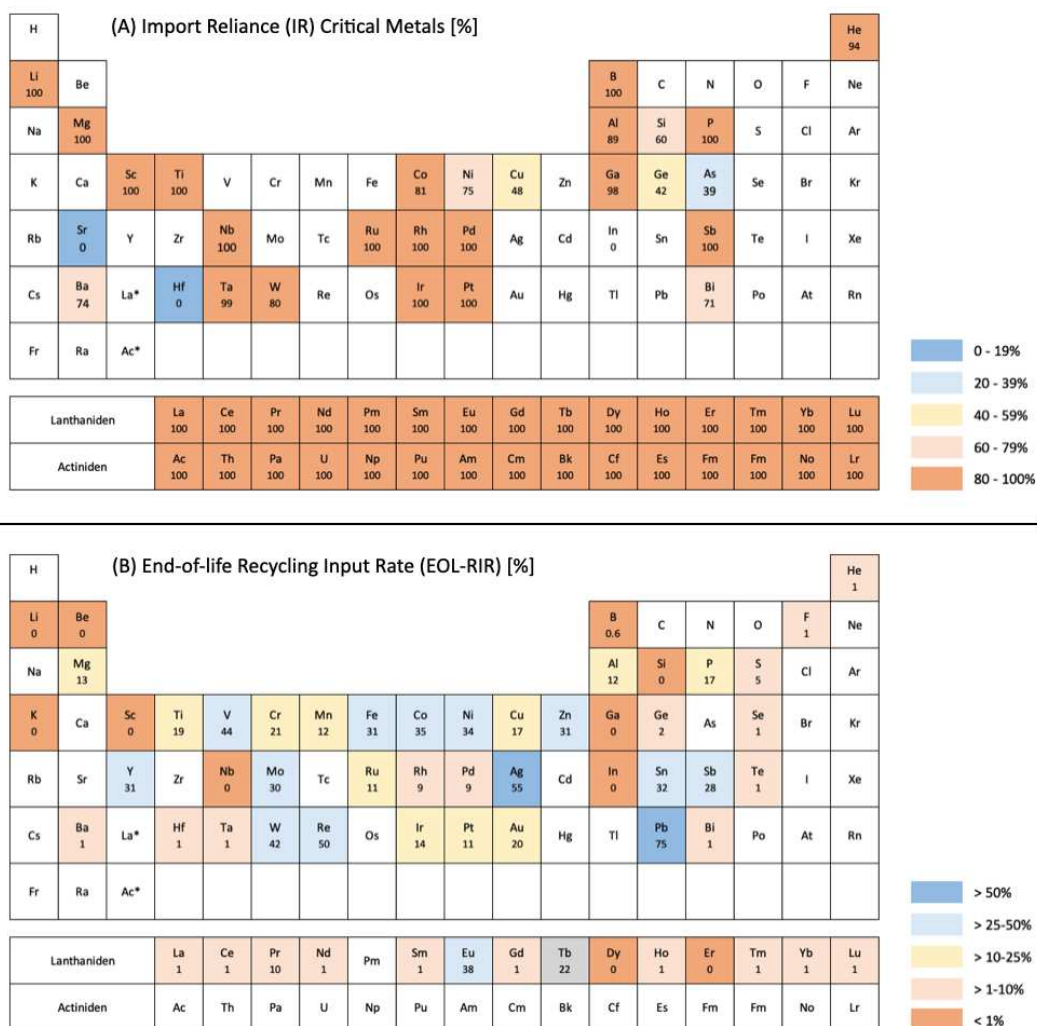


Abbildung 5. Periodensystem der Elemente für Importabhängigkeiten und Recyclingraten. (A) Die Importabhängigkeit [%] der kritischen Metalle aus der Critical Raw Materials-Liste des Jahres 2023 nach EC (2023a). (B) Die EoL-Recycling Input Rate [%] nach Talens Peiro et al. (2018). Eigene Darstellung.

Im Gegensatz zu Nakamura et al. (2014) halten Geyer et al. (2015) es für ein grundlegendes Missverständnis, „closed-loop“ Recycling gegenüber „open-loop“ Recycling zu bevorzugen. Wichtiger als das Recycling selbst, sei die Menge an Primärmaterial, die durch das Recycling verdrängt wird. Nur damit ließen sich Umweltauswirkungen insgesamt verringern. An die Recyclingunternehmen und die Politik richten sich die Autor*innen mit grundlegenden Fragen, wie z.B.: Welche und wie viele Primärressourcen werden durch Recyclingaktivitäten ersetzt? Welche Verwendungen eines Rezyklats haben die größten Potenziale zur Verringerung von Umweltwirkungen? Insgesamt zeichnen sich den Autor*innen folgend solide Recyclingsysteme dadurch aus, dass sie für ein stetiges Angebot recycelbarer Rohstoffe sorgen und dabei eine gleichmäßige Nachfrage der daraus resultierenden Rezyklate gewährleisten. Zudem sind sie nur dann ökologisch erfolgreich, wenn Primärmaterial tatsächlich durch Sekundärmaterial verdrängt wird.

Unabhängig davon, welcher Auffassung gefolgt wird – das Metallrecycling lässt sich ganzheitlich nur verbessern, wenn die gesamte Recyclingkette in den Blick genommen wird. Eine generische Recyclingkette besteht aus drei Segmenten. Im ersten Segment, der Sammlung, kommt es zu Metallverlusten, wenn EoL-Produkte nicht gesammelt werden oder nach der Sammlung über Exporte das System verlassen. Im zweiten Segment, der

manuell-mechanischen Vorbehandlung, kommt es zu Verlusten, wenn Metalle nach der Demontage und Aufbereitung von Produkten in falsche Fraktionen gelangen oder auf Deponien verbleiben. Im dritten Segment, der chemisch-metallurgischen Endverarbeitung, können Metalle verloren gehen, indem sie z.B. in Schlacken verbleiben. Insgesamt ist der Einfluss der Sammelrate auf die Effizienz der Recyclingkette am größten. Mehr als die Hälfte des in Elektronikschrott enthaltenen Golds wird erst gar nicht eingesammelt, sodass eine potenzielle Rückgewinnung in den beiden darauffolgenden Segmenten unterbunden wird (Hagelüken und Goldmann, 2016; KRU, 2023).

2.4 Design for Recycling

Das Aufkommen der übergeordneten Strömung Design for Sustainability (Ceschin und Gaziulusoy, 2016; Liedtke, 2018; Bhamra und Hernandez, 2021) verdeutlicht die Bedeutung von Designer*innen im Kontext Nachhaltigkeit. Dass Industrie-Designer*innen in Verbindung mit dem Recycling von Metallen stehen, spiegelt sich in den Konzepten Circular Product Design und Design for Recycling (den Hollander et al., 2017; Europäische Umweltagentur (EEA), 2017). Ihre Bedeutung ist im EU-politischen Kontext der Circular Economy (EC, 2014; EC, 2020c) gestiegen, jedoch nicht völlig neu. Das Metallrecycling kann als ein weiterer umweltspezifischer Anforderungsbereich innerhalb der Produktentwicklung angesehen werden und lässt sich folglich der Strömung des Eco Designs zuordnen (Luttrupp und Lagerstedt, 2006). Industrie-Designer*innen können mittlerweile aus einer großen Bandbreite an verschiedenen Eco Design Tools und Methoden wählen (Rossi et al., 2016; Liedtke et al., 2019; Royo et al., 2023), um Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit in die Produktentwicklung zu integrieren. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf das Konzept Design for Recycling und eine Auswahl dazugehöriger Tools und Methoden, ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit zu proklamieren – hierfür ist der Umfang an Varianten für die Absichten der vorliegenden Arbeit zu groß.

Design for Recycling lässt sich sowohl dem Eco Design (Schmidt-Bleek und Tischner, 1995; Karlsson und Luttrupp, 2006; European Parliament and Council, 2009) als auch dem Circular Product Design (Bakker et al., 2014) zuordnen und steht besonders in Verbindung mit Metallen (UNEP, 2013a; Schaik und Reuter, 2014b; Schoch et al., 2021). Grundlegend für Design for Recycling sind die zeitgenössischen recyclingmetallurgischen Technologien mitsamt den physikalischen und thermodynamischen Grundlagen. Design for Recycling ist produktzentriert. Die komplexen metallischen Verbindungen innerhalb eines gegebenen Produkts wie auch die dazugehörigen spezifischen Recyclingsysteme werden als Bedingung angesehen, um die bestmögliche Rückgewinnung der enthaltenen Metalle zu ermöglichen (UNEP, 2013a). Zentral ist in dieser Hinsicht das sogenannte Metal Wheel (Verhoef et al., 2004; Worrell und Reuter, 2014), das einen schnellen Überblick zum Verbleib von Metallen innerhalb der Recyclingprozesse gibt. Auf dieser Basis lässt sich für jedes Produkt eine Kompatibilitätsmatrix erstellen, um aufzuzeigen, welche Metalle aus dem System verloren gehen und welche nicht (UNEP, 2013a).

Produktspezifische Guidelines im Kontext Design for Recycling werden von Schaik und Reuter (2014a) beschrieben. Die Autor*innen betonen, dass allgemeine Regeln unzureichend sind und Design for Recycling-Lösungen stattdessen auf die spezifischen Eigenschaften von Produkten und Recyclingsystemen zugeschnitten sein müssen. Die Verwendung von Simulationstools ermöglicht es, die komplexen Wechselwirkungen im Recyclingprozess zu verstehen und zu optimieren, wodurch eine effiziente Rückgewinnung

von Metallen ermöglicht wird. Einige generische Hinweise werden dennoch gegeben. So wird beispielsweise angemerkt, dass der Einsatz von Schrauben oder Nieten aus verschiedenen Materialien vermieden und die Nutzung nicht lösbarer Verbindungstechnik zwischen nicht kompatiblen und unerwünschten Materialkombinationen reduziert werden sollte.

Um weitere Guidelines geht es in den von Schoch et al. (2023) beschriebenen prototypischen Tools, welche das Phänomen der Dissipation von Metallen adressieren und sich mit dem Ziel der Bewusstseinssteigerung an Studierende des Produkt-Design richten. Konzeptionell knüpfen die Tools an die von Ashby und Johnson (2010) beschriebenen Prozesse der Materialwahl an und basieren inhaltlich auf der recyclingmetallurgischen Infrastruktur von fünf Trägermetallen, wie sie im weiter oben beschriebenen Metal Wheel reflektiert werden. Die entsprechenden Guidelines für die Materialwahl könnten lauten: 1) Edelstahl und Stahl sollten nur reversibel mit Aluminium, Kupfer und Messing verbunden werden. 2) Edelstahl und Stahl sollten nur reversibel miteinander verbunden werden, nach Möglichkeit sollte der Einsatz von Edelstahl vermieden werden. 3) Aluminium sollte nur reversibel mit Kupfer und Messing verbunden werden. 4) Aluminium sollte nur reversibel mit jedem anderen Metall verbunden werden, Kupfer und Messing können permanent miteinander verbunden werden.

In pragmatisch angelegten Nutzer*innenstudien wird der Frage nachgegangen, wie die Zielgruppe die Potenziale der Tools mit Blick auf ihre Gestaltung und ihre Inhalte einschätzt. Die Autor*innen kommen zu dem Schluss, dass sich die Zielgruppe einen niedrighschwelligen Einstieg, klare Anleitungen, visuelle Sprache und weniger Text, anwendungsorientierte Hinweise, verschiedene Abstufungen des Informationslevels und viele weitere materialspezifische Guidelines wünscht. Näheres zu den Ausführungen der Tools lässt sich in Manuskript 2 „Form follows recyclability? Instruments for dissipation-aware product design“ nachlesen (*Anhang B.2*).

Van den Berg und Bakker (2015) transferieren ihre Guidelines in ein Tool, damit sie zielgerichteter in Design-Prozesse übertragen werden können und sich verschiedene Produkte besser miteinander vergleichen lassen. Das Tool besteht aus den Themen future proof, disassembly, maintenance, remake und recycling. Die Autor*innen machen deutlich, dass die Recyclebarkeit von Metallen in erster Linie durch die Wahl des Materials bzw. der Legierung determiniert wird, zusätzlich aber auch durch die Art und Weise, wie die Legierungen miteinander verbunden werden, um sie in ihre jeweiligen Recyclingpfade sortieren zu können. Design for Disassembly und Design for Recycling sind demnach komplementär zu betrachten, wobei der Grad der Zerlegbarkeit eines Produkts die Grundvoraussetzung nicht nur für das Recycling, sondern auch für die erfolgreiche Implementierung vieler weiterer R-Strategien ist. Es sollte hinsichtlich der Zerlegbarkeit auf eine reduzierte Anzahl und Diversität von Verbindungselementen geachtet werden. Zudem sollte sich der Prozess des Zerlegens schnell und einfach gestalten. Hinsichtlich des Materials sollte darauf geachtet werden, die Zahl unterschiedlicher Materialien zu reduzieren.

Martens und Goldmann (2016) legen einen Forderungskatalog an recyclinggerechte Gestaltung vor und richten sich darin an die Aspekte Auswahl der Funktionsprinzipien, Baugruppenfestlegung, Gestaltungsoptimierung, Werkstoffwahl, Fertigungsverfahren und Berücksichtigung der Recyclingverfahren. Auf der Ebene der Gestaltungsoptimierung unterstreichen sie den Stellenwert lösbarer Verbindungstechnik mit Form- oder Kraftschluss und verweisen darauf, den Einsatz von stoffschlüssigen Verbindungen zu minimieren. Im Hinblick auf die Wahl von Materialien fordern sie z.B. eine generelle

reduzierte Materialvielfalt und den Einsatz von recyclingverträglichen Materialkombinationen. Zu beachten sind hierbei auch mögliche Beschichtungen auf bestimmten Trägermaterialien. Die Autor*innen treffen auch Aussagen zur Recyclingverträglichkeit einiger Materialien: Für alle Stähle gelten Kupfer, Zinn und Phosphor und für unlegierte Stähle, Nickel, Kupfer, Molybdän und Zinn als absolut unverträgliche Begleitstoffe.

Liening und Brümmer (2014) fokussieren in ihren Ausführungen vor allem IKT-Geräte, denen sie eine Recyclingunfreundlichkeit bescheinigen. Sie deuten auf zwei verschiedene Recyclingkreisläufe, die sich einerseits auf das Produktrecycling und andererseits auf das Stoffrecycling beziehen. Die stoffliche Recyclingfähigkeit eines Gerätes definiert sich über die entsprechende Baustruktur und über die verbauten Werkstoffe. Der Demontagegerechtheit gehören drei Gerechtheiten an (Baustruktur-, Zerlegungs- und Lösbarkeitsgerechtheit) und der Werkstoffgerechtheit gehören sechs Gerechtheiten an (Mengen-, Trennungs-, Verwertungs-, Verträglichkeits-, Entsorgungs- und Kennzeichnungsgerechtheit). Im Kontext der Lösbarkeitsgerechtheit wird z.B. beschrieben, dass es insbesondere die Verbindungstypen zwischen verschiedenen Materialien sind, die ihre Recyclingfähigkeit beeinflussen. Es sollten kraft- und formschlüssige Verbindungen verwendet werden, wie z.B. Schnappverbindungen anstatt stoffschlüssiger Verbindungen.

Beitz (1996) zeichnet ein holistisches Bild traditioneller Anforderungsbereiche für die Qualität technischer Produkte, zu denen die Entsorgung und das Recycling zählen. Aufgezeigt werden generelle Gestaltungsregeln für das Produktrecycling, wie auch für das Materialrecycling, die sich an der Verein Deutscher Ingenieure (VDI)-Richtlinie 2243 orientieren. Im Hinblick auf das Produktrecycling geht es z.B. um Regeln zur demontagegerechten Gestaltung, reinigungsgerechten Gestaltung und wiedermontagegerechten Gestaltung. Bezüglich des Materialrecyclings werden Aspekte hervorgehoben, die sich z.B. auf den Einsatz wieder- und weiterverwertbaren Materials (Regel 1), auf eine Minimierung der Werkstoffvielfalt (Regel 2) oder auf die Beachtung der Materialverträglichkeit mitsamt passender Fügeverfahren beziehen (Regel 3 und 4). Insgesamt wird betont, dass die Demontagefreundlichkeit von Produkten die Grundvoraussetzung dafür ist, sie sowohl auf der Produkt- als auch auf der Material-Ebene effektiv zu recyceln. Zentral sind in diesem Kontext die Beschaffenheit der Baustruktur und die Art der eingesetzten Verbindungselemente. Aufgezeigt werden verschiedene Verbindungsprinzipien, die sich nach Stoff-, Kraft- und Formschluss einordnen lassen und unterschiedliche Verbindungsarten, die sich für demontagegerechte Gestaltung eignen. Hierzu zählen z.B. die Schraubenverbindung, der Bajonettverschluss und der Schnappverschluss.

Auch Bender et al. (2021) zeigen auf, welche Verbindungen demontagefreundlich und lösbar sind. Dazu zählen z.B. die Schraube, die Klemme, der Klettverschluss und die Schnappverbindung. Gestaltungsrichtlinien werden entlang der Baustruktur und Fügestellen aufgezeigt. Eine Baustruktur ist z.B. dann demontagegerecht, wenn ihre Baugruppen nach verwertungsverträglichen Teilen bzw. Materialien gegliedert sind. Fügestellen sind dann demontagegerecht, wenn z.B. die Anzahl der Verbindungselemente verringert und gleiche Verbindungselemente verwendet werden. Die Autor*innen weisen darauf hin, dass es die Ausnahme ist, Einstoffprodukte zu realisieren. Daher sollten Materialkombinationen nur dann als untrennbare Einheit umgesetzt werden, wenn sie mit Blick auf ihre Verwertung untereinander verträglich sind, d.h., dass sie ökonomisch mit bester Qualität verwertbar sind. Zusätzliche Fügestellen können zwischen unverträglichen

Materialien eingesetzt werden, um ihre Trennung zu gewährleisten. Hinsichtlich wertvoller und knapper Materialien und gefährlicher Stoffe sollte darauf geachtet werden, dass diese bei der Demontage besonders gut erreichbar und abtrennbar angeordnet werden. Ebenso gilt es auch auf eine gut sichtbare Kennzeichnung zu achten.

Abgesehen von Produkten, die von dem Konzept Design for Recycling fokussiert werden, können auch Produkt-Service-Systeme das Ergebnis von Design-Prozessen sein, um Bedürfnisse von Nutzer*innen zu befriedigen. Es ist üblich, dass Produkt-Service-Systeme im Zusammenhang mit komplementären Geschäftsmodellen entwickelt werden (Tukker, 2015), die innerhalb des Circular Economy-Konzepts überaus bedeutsam sind (Bocken et al., 2016; Geissdoerfer et al., 2020; acatech, 2021).

Ein bekanntes Produkt-Service-System ist der Mehrwegkreislauf von Mineralwasser (AK Mehrweg GbR, 2024). Die Glasflasche selbst bleibt im Besitz des Mineralbrunnens und wird durch die Pfandrückgabe im Kreislauf gehalten. Das entsprechende Produkt-Service-System erfordert aufgrund veränderter Nutzungsmuster nicht nur eine angepasste Gestaltung der Glasflasche, sondern bedarf auch einer Bereitstellung passender Logistik- und Sammelsysteme. Während klassische Lieferketten vorwärtsgerichtet sind, erfordert die Realisierung ökonomischer und ökologischer Vorteile durch geschlossene Kreisläufe die Etablierung rückwärtsgerichteter Lieferketten (Nuss et al., 2014).

Rückwärtslogistik bezieht sich auf den Planungsprozess zur Rückführung von z.B. in Fertigerzeugnissen enthaltenen Rohstoffen von ihrem Verwendungsort bis zu einem Ort ihrer Verwertung. Die drei unmittelbaren Hauptgründe aus unternehmerischer Perspektive sind primär in ökonomischer, gesetzlicher und gesellschaftlich verantwortungsvoller Hinsicht zu finden (De Brito und Dekker, 2004). Zu den Schlüsselementen der Rückwärtslogistik zählen das Einsammeln von Abfällen oder Gütern, die meist weit verteilt an den verschiedensten Orten liegen, wie auch die weiteren Schritte der Recyclingkette, wie z.B. das Sortieren der eingesammelten Abfälle oder Güter in spezifische Fraktionen (Steven, 2004). Weil es das Ziel von Rückwärtslogistik ist, die in Produkten enthaltenen Werte so effizient und effektiv wie möglich zu nutzen und wiederzuverwenden, ist der Begriff im Circular Economy-Kontext zentral. Entsprechende Geschäftsmodelle basieren häufig auf rückwärtsgerichteter Logistik, um Materialkreisläufe durch Recycling weitestgehend zu schließen und um die Nutzungsdauer von Produkten durch Wiederverwendung, Reparatur oder Wiederaufarbeitung zu verlängern (Yamaguchi, 2022).

2.5 Zwischenfazit: Handlungsmöglichkeiten für das Industrie-Design

In der vorliegenden Arbeit wird das Metallrecycling besonders als Bereich der Konsistenz-Strategie betrachtet, weil es die physikalischen Voraussetzungen für eine starke Annäherung an geschlossene Stoffkreisläufe bietet. Allerdings zeigt sich, dass es beim Recycling von Legierungen häufig zu Qualitätsminderungen kommt und Downcyclingeffekte dominieren. Dies wird durch den Trend der zunehmenden Komplexität von Stoffmischungen innerhalb von Legierungen und Produkten, ihren kurzen Nutzungsdauern und miniaturisierten Bauweisen insbesondere im Bereich der IKT begünstigt. Der Metalldegradation ließe sich entgegenwirken, wenn es zu einem funktionalen Recycling von Legierungen käme, welches auch als „closed-loop“ Recycling bezeichnet wird. Enthaltene Metalle könnten über diesen Weg mit ihrem ursprünglichen Funktionsspektrum für dieselben Anwendungen wiederverwendet werden wie Metalle,

die aus primären Quellen stammen. Aus Sicht der EU wäre dies insbesondere für die sogenannten kritischen Metalle von Bedeutung, doch bewegen sich die funktionalen Recyclingraten gerade hier im niedrigen einstelligen Bereich.

Von der Material-Ebene kommend wird der Möglichkeitsraum aus Sicht des Industrie-Designs vor allem über das produktspezifische Konzept Design for Recycling erschlossen, dem verschiedene Guidelines, Tools und Methoden zugrunde liegen. Diese adressieren, je nach Detailgrad, auch ingenieurwissenschaftliche Fachrichtungen, wie z.B. den Maschinenbau oder die Elektrotechnik. Im Circular Economy-Kontext sind darüber hinaus Fragen nach Produkt-Service-Systemen und korrespondierenden Logistiksystemen relevant, um Produkte, Komponenten und Metalle nach ihrer Nutzung einzusammeln und in ihre entsprechenden Recyclingprozesse zu leiten.

Die Ausführungen zeigen insgesamt, dass es Handlungsmöglichkeiten für das Industrie-Design gibt, die den Handlungsfeldern **(i) Material**, **(ii) Produkt** und **(iii) System** zugeordnet werden können. Die Material-Ebene kann dabei nochmals von zwei Blickwinkeln aus betrachtet und um die Perspektive der einzelnen Metalle ergänzt werden. Für jeden der insgesamt vier fachlichen Teile können **1.** einzelne Problembereiche und **2.** entsprechende Handlungsmöglichkeiten aus Sicht des Industrie-Designs abgeleitet werden (*siehe Abb. 6*).

	Fachliche Ebenen			
	(i) Material		(ii) Produkt	(iii) System
	(i.i) Metall	(i.ii) Legierung		
1. Problembereich	Geringe EoL-Recyclingraten einzelner Metalle	Recyclinginkompatible Legierungen	Recyclingunfreundlich gestaltete technische Geräte	Fehlen von passenden Sammelsystemen
2. Handlungsmöglichkeit aus Sicht des Industrie-Designs	Indikatorenorientierte Materialwahl (Recyclingindikatoren)	Rückgriff auf recyclingkompatible Legierungen („closed-loop“)	Berücksichtigung von Demontage- und Materialgerechtigkeit	Produkt-Service- und Sammelsysteme gestalten

Abbildung 6. Verbindung zwischen Problembereichen und korrespondierenden Handlungsmöglichkeiten aus Sicht des Industrie-Designs entlang der vier gewählten fachlichen Ebenen. Eigene Darstellung.

Teil II: Gestaltungs- und Forschungsgegenstand: Die Projektmethode GENERIERUNG

3 Die Projektmethode als Gegenstand von Design-Forschung

Die übergeordnete Zielsetzung zur Motivationssteigerung von Industrie-Designstudent*innen impliziert, dass sich die Zielgruppe im institutionellen Rahmen der erforderlichen Kenntnisse, Einstellungen und Fähigkeiten bewusst wird, kurz gesagt, dass sie in der Sache unterrichtet wird. Auch Unterricht ist gestaltbar und deshalb Gegenstand von Design. Wie die nachfolgenden Ausführungen zeigen, gibt es in der Pädagogik eine große Bandbreite an gestalterischen Möglichkeiten von Unterricht, von denen die Projektmethode eine Variante darstellt.

Nach der bis hierher vorgenommenen Einordnung des Metallrecyclings in den theoretischen und praktischen Diskurs und die damit einhergehende Positionierung des Industrie-Designs, geht es im Anschluss um die Charakterisierung der Projektmethode als gewählten Gestaltungs- und Forschungsgegenstand der vorliegenden Arbeit (*siehe Abb. 7*). Um die Projektmethode als vertraute Organisationsform von Unterricht für das Industrie-Design zu charakterisieren, ist es erforderlich, einige ihrer Merkmale herauszuarbeiten und

mit Attributen des Designs zu spiegeln. Es folgt ein Überblick zum Forschungsstand zu relevanten Unterrichtsmethoden, die der Projektmethode entweder entsprechen oder nahestehen und das Thema Metallrecycling im weitesten Sinne tangieren. Der Überblick wird durch drei Methoden ergänzt, die zwar den übergeordneten Nachhaltigkeitskontext adressieren, jedoch im Rahmen von Projektmethoden für das Industrie-Design eingesetzt werden können. Durch diese Verknüpfung wird nicht nur die Wissensbasis der vorliegenden Arbeit erweitert, sondern auch der Gestaltungsspielraum für die Projektmethode vergrößert.

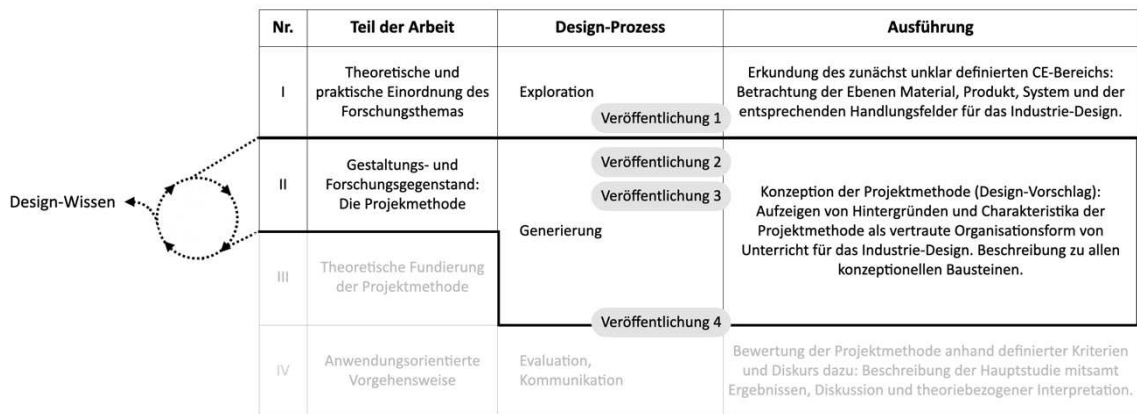


Abbildung 7. Zweiter Teil des in vier Teilen strukturierten Aufbaus der vorliegenden Arbeit gemäß eines generischen Design-Prozesses nach Cross (2021). Eigene Darstellung.

3.1 Die Projektmethode

Das Wort Projekt kommt ursprünglich aus der Architektur und bezieht sich dort auf die gezeichneten und berechneten Entwürfe. Wortgeschichtlich bedeutet es im Lateinischen vorauswerfen, entwerfen, planen, sich vornehmen. Das Wort „Methode“ ist altgriechischen Ursprungs und bezieht sich auf den Weg der Untersuchung (Frey, 2002). „Die Projektmethode ist ein Weg zur Bildung. Sie ist eine Form der lernenden Betätigung, die bildend wirkt“ (ebd., S.14). Wesentlich für die Projektmethode ist, „dass sich die Lernenden ein Betätigungsgebiet vornehmen, sich darin über die geplanten Betätigungen verständigen, das Betätigungsgebiet entwickeln und die dann folgenden verstärkten Aktivitäten im Betätigungsgebiet zu einem sinnvollen Ende führen. Oft entsteht ein vorzeigbares Produkt“ (ebd., S.14).

Die Projektmethode ist durch eine starke Handlungsorientierung gekennzeichnet, die Unterrichtskonzepte durch praktische Tätigkeiten und Aufgaben prägt (Jank und Meyer, 1991). Ihren Ursprung hat die Projektmethode in der Erziehungsphilosophie John Deweys, auch bekannt als „*learning by doing*“ (Gudjons, 2014, S.76), welcher die Hypothese vertrat, „dass alle menschliche Erkenntnis, alle Lernprozesse und alle Bildung von der Erfahrung ihren Ausgang nimmt“ (Kron, 1999, S.26). Heutzutage ist die Projektmethode nicht nur an Schulen, also im institutionell organisierten Unterricht, weit verbreitet und wird dort in verschiedenen Formen angewendet, sondern erfreut sich z.B. auch in der beruflichen Weiterbildung großer Beliebtheit (Frey, 2002). Projekte sind darauf ausgerichtet, gesellschaftsrelevante Probleme anzugehen, indem praxisbezogene Lösungen entwickelt und umgesetzt werden. Dabei wird ein ausbalanciertes Verhältnis zwischen Kopf- und Handarbeit angestrebt (Meyer, 2010; Frey, 2010). Die Projektmethode kann je nach Dauer und Umfang unterschiedliche zeitliche Ausprägungen annehmen und sich zwischen Mittel- und Großprojekten lokalisieren. Eine Projektwoche ist z.B. eine zeitlich begrenzte Form der Projektmethode, die sich durch eine einwöchige Dauer auszeichnet.

Die Projektmethode besitzt im Vergleich zu den anderen Unterrichtsmethoden verschiedene Vorteile. So können Projekte das Selbstwertgefühl der Lernenden stärken, denn diese arbeiten eigenverantwortlich und sind selbst verantwortlich für den Fortschritt der gesamten Gruppe (Meyer und Junghans, 2021). Frey und Frey-Eiling (2016) verweisen auf die Produktivität der Projektmethode und den Umstand, dass entdeckend Gelerntes länger im Gedächtnis der Lernenden bleibt. Außerdem vermag es die Projektmethode, die schwächeren Lernenden zu fördern, indem der/die Lehrende zurücktritt (Frey, 2002). Im Gegensatz dazu erweist sich die Projektmethode als weniger geeignet, wenn nach einer Unterrichtseinheit bestimmte Lernleistungen messbar sein sollen (Frey und Frey-Eiling, 2016) oder wenn es um das schnelle Erlernen vorgegebener Daten oder Formeln geht (Frey, 2002).

Wenn es hingegen um die Förderung von essenziellen Kompetenzen des 21. Jahrhunderts geht, zu denen kritisches Denken, Kollaboration, Kreativität und Problemlösen zählen, erweist sich die Projektmethode als äußerst effektiv (Bell, 2021). Insofern bietet sie auch im Kontext Bildung für nachhaltige Entwicklung einen angemessenen Rahmen, wie Leal Filho et al. (2016) an fünf Potenzialen aufzeigen. Als erstes bescheinigen die Autor*innen der Projektmethode das Potenzial, sehr anpassungsfähig für verschiedene Themen, Schwerpunkte und Kontexte zu sein. Sie lässt sich für industriebezogene Projekte einsetzen, für das Unterrichten technischer Fächer oder als Instrument zur Förderung des Bewusstseins für Themen der Nachhaltigkeit. Als zweites kann die Projektmethode nicht nur für Studierende relevant sein, sondern auch für viele weitere Akteur*innen, zu denen auch Praxispartner*innen zählen. Das macht sie interessant für Studienbereiche, in denen eine Vielzahl von Akteur*innen eingebunden sind und aufeinandertreffen. Das dritte Potenzial bezieht sich auf die zugrunde liegende Handlungsorientierung. Projekte können zu tatsächlichen Veränderungen und Verbesserungen in Bereichen führen, für die dringender Handlungsbedarf besteht. Auch politische Entscheidungsprozesse können davon profitieren. Das Lernen in Projekten ist viertens ein problemorientierter Ansatz. Lernende werden demnach mit der Konfrontation von Problemen vertraut gemacht, von denen viele in der realen Welt vorkommen. Sie werden in der Kompetenz, mit Problemen umzugehen oder sie sogar zu lösen, gefördert. Als fünftes Potenzial wird angeführt, dass sich über das Lernen in Projekten viele weitere Nachhaltigkeitskompetenzen fördern lassen, zu denen z.B. die Teamarbeit und das Projektmanagement zählen.

Die Verbindung zu Schlüsselkompetenzen, die im Kontext Bildung für nachhaltige Entwicklung diskutiert werden (Wiek et al., 2011; Rieckmann, 2012), wird insbesondere mit Blick auf die sogenannte Gestaltungskompetenz deutlich, definiert als „(...) *having the skills, competencies and knowledge to enact changes in economic, ecological and social behaviour without such changes always being merely a reaction to pre-existing problems. 'Gestaltungskompetenz' makes possible an open future that can be actively shaped and in which various options exist*“ (Haan, 2006, S.22). Der Gestaltungskompetenz gehören u.a. die folgenden Teilkompetenzen an: Vorrausschauendes Denken, interdisziplinäres Arbeiten, Selbstmotivation und Motivation anderer und Planung und Umsetzung (Haan, 2006). Auch die von der UNESCO (2017) auf globaler Ebene diskutierten Schlüsselkompetenzen passen zu denen der Projektmethode. Sie werden auch als Querschnittskompetenzen bezeichnet, die sich altersunabhängig an alle Lernenden weltweit richten. Sie sind fachübergreifend, multifunktional und kontextunabhängig. Hervorgehoben werden acht Schlüsselkompetenzen, wie z.B. die Kompetenz des

kritischen Denkens, die Kompetenz Probleme zu lösen, die normative Kompetenz und die Kompetenz systemischen Denkens (ebd.).

Für die Planung von Unterricht können Kompetenzen entlang von Stufenmodellen definiert werden, die aus verschiedenen Anforderungsbereichen bzw. Kompetenzstufen bestehen. Ist Unterricht kompetenzorientiert geplant, können die Entwicklungszonen der Lernenden zielgerichtet, z.B. entlang von kognitiven Stufen, adressiert werden (Meyer und Junghans, 2021). Neben der Kompetenzförderung bzw. dem Unterrichten der Zielgruppe geht es in der Projektmethode darum, die Motivation der Lernenden zu steigern und möglichst aufrechtzuerhalten (Blumenfeld et al., 1991). Dies gelingt Bell (2021) folgend über die Anbindung an Probleme der realen Welt, die für die Lernenden von Bedeutung sind und sie interessieren. Gudjons (2014) unterstreicht in seiner Sammlung von Argumenten zur Begründung von handlungsorientiertem Unterricht die Bedeutung der Motivation, indem er an verschiedene Handlungsmodelle anknüpft, welche die motivationale Grundlage als Ausgangspunkt einer vollständigen Handlung integrieren. Ebenso verweist er auf motivationspsychologische Aspekte, wie z.B. die Sinnhaftigkeit und die subjektive Bedeutsamkeit als stark motivierende Kräfte. Diese lassen sich dadurch hervorrufen, indem konkrete Produkte gestaltet werden, die ein Stück weit die gesellschaftliche Realität verändern oder eine unbefriedigende Situation verbessern.

In der Literatur werden verschiedene Muster aufgezeigt, die den Ablauf von Projekten nachzeichnen. Gudjons (2014) folgend lassen sich vier Schritte eines Projektes unterscheiden. In dem ersten Projektschritt geht es darum, eine „für den Erwerb von Erfahrungen geeignete, problemhaltige Sachlage aus[zu]wählen“ (ebd., S.79). In dem zweiten Projektschritt wird dann gemeinschaftlich ein Plan zur Problemlösung entwickelt, bevor sich die Lernenden im dritten Projektschritt „mit dem Problem handlungsorientiert auseinandersetzen“ (ebd., S.84). Im finalen vierten Projektschritt werden die entwickelten Problemlösungen an der Wirklichkeit überprüft und kommunizierbar gemacht (ebd.). Frey (2002) zeigt in seinem Grundmuster der Projektmethode sieben Schritte auf. Demnach beginnt alles mit der (i) Projektinitiative, gefolgt von der (ii) Auseinandersetzung der Projektinitiative, der (iii) gemeinsamen Entwicklung des Betätigungsgebiets, der (iv) Projektdurchführung, dem (v) Projektabschluss, den (vi) Fixpunkten und dem (vii) Zwischengespräch. Jäger (1998) deutet auf eine fünfstufige Verlaufsstruktur mit den Schritten (i) Problemformulierung, (ii) Lösungsmöglichkeiten entwerfen, (iii) Lösungsplan erstellen, (iv) Erprobung des Plans in der Praxis und (v) Beurteilung der Problemlösung. Verdeutlicht wird, dass die Verlaufsstruktur nicht als verbindliche Stufenfolge, sondern vielmehr als Verständnishilfe zu verstehen ist. Auch Emer und Lenzen (2002) charakterisieren ihre fünf Schritte als idealtypisches Verlaufsmuster. Die Schritte heißen (i) Initiierung, (ii) Einstieg, (iii) Durchführung, (iv) Präsentation und (v) Auswertung.

Neben verschiedenen Mustern, mit denen versucht wird, den Ablauf von Projekten nachzuzeichnen, werden in der Literatur auch Merkmale beschrieben, die charakteristisch für die Projektmethode sind. Nachfolgende Ausführungen orientieren sich an den Merkmalen, wie sie von Gudjons (2014) aufgezeigt werden: Das erste Merkmal ist der Situationsbezug. Damit ist die Ausgangslage eines Projekts gemeint, auch verstanden als Herausforderung oder Problem (ebd.). Das Merkmal zählt zum ersten Projektschritt, der von Frey und Frey-Eiling (2016) und Frey (2002) als Projektinitiative und von Jäger (1998) als Problemformulierung bezeichnet wird. Das zweite Merkmal bezieht sich darauf, dass das gewählte Problem der Sachlage den Interessen, Bedürfnissen und Fragen der Lernenden entsprechen sollte (Gudjons, 2014). Frey (2002) schreibt in dem Zusammengang von „einem sinnvollen Betätigungsgebiet für die Beteiligten“ (ebd., 15).

Zusätzlich sollte die Sachlage, so meint es das dritte Merkmal, gesellschaftlich praxisrelevant sein (Gudjons, 2014). Jäger (1998) interpretiert das Merkmal als Öffentlichkeitsbezug, womit die Möglichkeit gemeint ist, *„über die eigene begrenzte Situation hinauszugehen und hinauszufragen. Der eigene Erfahrungskreis wird durchbrochen, erweitert und unentbehrliches, fremdes auch theoretisches Wissen wird zur Lösung des Problems herangezogen“* (ebd., S.66). Das vierte Merkmal kennzeichnet Gudjons (2014) als zielgerichtete Projektplanung, die erforderlich ist, um einen Lösungsbeitrag für das Problem der Sachlage zu entwickeln. Mit dem fünften Merkmal ist die Selbstorganisation und die Selbstverantwortung gemeint (Gudjons, 2014), d.h., dass Lernende Probleme selbstständig angehen. Auf diese Weise wird ihre Abhängigkeit zum Lehrenden reduziert, sodass ihr Selbstvertrauen und Urteilsvermögen gestärkt wird (Jäger, 1998). Das sechste Merkmal umschreibt den Einbezug vieler Sinne in die handlungsbezogene Auseinandersetzung mit der Sachlage. Es können u.a. Gegenstände hergestellt, Videos gedreht oder öffentliche Aktionen inszeniert werden (Gudjons, 2014). Dabei wird auf das siebte Merkmal, das soziale Lernen, geachtet. Das achte Merkmal ist die Produktorientierung und das neunte Merkmal die Interdisziplinarität (Gudjons, 2014).

Insgesamt gibt es Ähnlichkeiten zwischen der Projektmethode und anderen Organisationsformen von Unterricht. Frey (2002) führt in diesem Zusammenhang das Werkstattseminar, die Fallstudie und das entdeckende Lernen an. Die Verbindung zum Werkstattseminar wird insbesondere in der Produktorientierung offensichtlich. Im Vergleich zur Fallstudie gibt die Projektmethode *„Kreativität mehr Raum“* (ebd., S.193). Das entdeckende Lernen und die Projektmethode ähneln sich in der Selbstaktivierung der Lernenden (ebd.).

Insgesamt zeigt sich, dass Lehrenden für die Planung ihres Unterrichts, verstanden als *„planmäßige, absichtsvolle, meist professionalisierte und institutionalisierte Übermittlung von Kenntnissen, Einsichten, Fähigkeiten und Fertigkeiten“* (Böhm und Seichter, 2018, S.480), eine große Bandbreite an möglichen Organisationsformen bzw. Lehr-Lernformen zur Verfügung steht, von denen die Projektmethode eine Möglichkeit darstellt. Um Lehrende bei der Wahl von geeigneten Unterrichtsmethoden zu unterstützen, beschreiben Wiechmann und Wildhirt (2016) ein entsprechendes Entscheidungsfeld, das von drei Dimensionen definiert wird. Die erste Dimension bezieht sich auf den Vermittlungsstil und stellt lehrendes und entdeckendes Lernen gegenüber. In der zweiten Dimension geht es um die Unterrichtssteuerung, also um lehrer*innengelenktes oder schüler*innengelenktes Lernen. Schließlich verweist die dritte Dimension Unterrichtsgestaltung auf die Kontroverse zwischen planvoll und situativ. Die Projektmethode zeichnet sich in dem Schema durch eine entdeckend-schülergelenkte Grundorientierung aus. Weil es sich bei dem Entscheidungsfeld insgesamt um eine idealtypisch zugespitzte Darstellung handelt, lokalisiert sich effektiver Unterricht in der Realität zwischen den vier Eckpunkten des Entscheidungsfelds. Entsprechend lassen sich Unterrichtskonzepte nicht eindeutig darin einordnen. Projektmethoden können, je nach thematischer Ausrichtung, durchaus expositorische bzw. lehrende Elemente, z.B. des Frontalunterrichts enthalten, ohne ihre wesentlichen Merkmale und Vorzüge zu verlieren (ebd.).

Der Frontalunterricht gilt als vermeintliches Pendant zur Projektmethode und eignet sich vor allem zur Vermittlung von Sach- und Fachwissen durch den Lehrenden (Jank und Meyer, 1991). Frontalunterricht gliedert sich in vier Arbeitsphasen, von denen die ersten beiden Phasen aktiv von den Lehrenden gelenkt werden. Die beiden letzten Phasen sind von der Aktivität der Lernenden bestimmt. In der ersten Phase, der Darbietung, geht es

darum, das Thema darzulegen und Grundlagenwissen zu vermitteln. Dies erfolgt entweder über einen visuell erweiterten Vortrag, auch als informierende Darbietung beschrieben, oder durch die Problematisierung, in der ein Sachthema als Problem dargestellt wird. In der zweiten Phase, dem konstruktiven Durcharbeiten, steht das Unterrichtsgespräch im Vordergrund, das vermitteltes Fach- und Sachwissen in die kognitiven Strukturen der Lernenden integriert. Die daran anknüpfende Phase des übenden Wiederholens kennzeichnet die aktive Sicherung des neu Gelernten und die vierte Phase, das problemorientierte Anwenden, bezieht sich auf die anwendungsorientierte Bearbeitung von Aufgaben. Es ist die Anwendungsphase innerhalb des Frontalunterrichts, die mit ihrem Bezug zu einem herausfordernden Problem und dem Fokus auf den Weg des Problemlösens (Wiechmann, 2016) Ähnlichkeiten zum Situationsbezug der Projektmethode aufweist.

3.2 Die Projektmethode als vertraute Organisationsform von Unterricht für das Industrie-Design

Dass es sich bei Projekten um einen vertrauten Zugang für das Industrie-Design handelt, zeigt nicht nur die einschlägige Literatur (Leal Filho et al., 2016; Thürier et al., 2018; Watkins et al., 2021), sondern wird schon beim ersten Blick in das Modulhandbuch des entsprechenden Studiengangs an der Bergischen Universität Wuppertal deutlich (Bergische Universität Wuppertal (BUW), 2021). Hier sind verschiedene Projektseminare fester Bestandteil des Studienverlaufs. Um diesen Umstand zu ergründen und die Verbindung zu verdeutlichen, werden nachfolgend ausgewählte Merkmale der Projektmethode bzw. von handlungsorientiert akzentuiertem Unterricht betrachtet **(1 – 3)** und mit Merkmalen des Designs in Relation gesetzt.

(1) Situationsbezug: Am Anfang von Projekten steht eine problemhaltige Sachlage, die aus Sicht der Lernenden für den Erfahrungserwerb geeignet ist. Der Begriff der Sachlage impliziert, dass es sich um komplexe Probleme handelt und mögliche Fragestellungen über das eigene Fach hinausreichen können. Lernende sollen sich mit echten Problemen beschäftigen, die für sie neuartig und gleichzeitig anschlussfähig sind an ihren bisherigen Erfahrungsschatz (Gudjons, 2014).

Zum Auftrag des Designs gehört es, Probleme zu lösen und neue Dinge zu erfinden (Gregory, 1966). Üblich ist dabei der Bezug zu komplexen Design-Situationen bzw. Problemen der realen Welt (Cross, 1982), die von Rittel und Webber (1973) als „böartig“ beschrieben werden: *„Planning problems are inherently wicked“* (Rittel und Webber, 1973, S.160). Eine Kompetenz des Designs liegt besonders darin, disziplinübergreifend zu agieren und auf diese Weise transdisziplinäre Sachverhalte anzugehen (Erlhoff und Marshall, 2008). Für den Umgang mit „böartigen Problemen“ wird die Bedeutung eines argumentativen Design-Prozesses hervorgehoben, der transparent macht, welches die Entscheidungsgrundlagen im Design-Prozess gewesen sind (Rittel, 1972): *„(...) design is; intentional, purposive, goal-seeking, it decisively relies on reasoning“* (Rittel, 1987, S.2).

(2) Zielgerichtete Projektplanung: In Projektarbeiten wird ein gemeinsamer Plan von Lernenden und Lehrenden entwickelt, um mit einer geplanten Handlung zur Lösung des Problems beizutragen. Dabei können Arbeitsschritte und Tätigkeiten unter den Lernenden in der Gruppe aufgeteilt werden, sodass diese die Grundwerte einer demokratischen Gesellschaft kennenlernen oder weiter vertiefen (Gudjons, 2014).

„Design terminates with a commitment to a plan which is meant to be carried out“ (Rittel, 1987, S.1). Mit dem Zitat wird deutlich, dass es sich bei Design um eine

absichtsvolle, zweckmäßige und zielgerichtete Aktivität handelt. Design-Prozesse variieren je nach Situationslage. Für den eigenen Anspruch des Designs, sich mit etwas Neuem, noch nicht Vorhandenem auseinanderzusetzen (Jonas, 2007), lässt sich folglich kein ultimativer Design-Prozess zeichnen. Gleichwohl gibt es generische Annäherungsversuche. Ein Vorschlag eines generischen Prozessmodells für Design macht Jonas (2007). Er orientiert sich an ein soziokulturelles Evolutionsmuster, durch das ein System von einem Zustand über die Schritte (i) Variation, (ii) Selektion und (iii) Re-Stabilisierung in einen anderen Zustand überführt wird. Design bezieht sich darin auf die Variationsphase und lässt sich demnach charakterisieren als das Aufzeigen von Möglichkeiten (Krippendorf, 2007), die immer zukünftige Entwicklungen beinhalten: *„Only the variation phase of artificial evolution is fully conscious and controllable. This is what we call design“* (Jonas, 2007, S.1374). Weitere generische Design-Prozesse finden sich in Anwendungskontexten wieder und beziehen sich z.B. auf das reine Problemlösen (Treffinger, 1995; Buijs et al., 2009), das Industrie-Design (Clarkson und Eckert, 2005; Cross, 2021) oder auf die Produktentwicklung (Gericke et al., 2021b).

(3) Produktorientierung: Die vorzeigbaren Ergebnisse eines Projekts sind üblicherweise materieller, szenischer und sprachlicher Natur und werden als Handlungsprodukte gekennzeichnet. Begreifbare Gegenstände und Aktionen werden von den Lernenden unter der Anleitung des Lehrenden hergestellt oder inszeniert. Ihrer Darstellbarkeit sind dabei keine Grenzen gesetzt. Die gestalteten Handlungsprodukte werden üblicherweise im Rahmen einer kurz angelegten Ergebnispräsentation in der Gruppe besprochen und diskutiert (Jank und Meyer, 1991; Gudjons, 2014). Mit ihnen lässt sich *„die erarbeitete Problemlösung an der Wirklichkeit (...) überprüfen“* (Gudjons, 2014, S.87). Als besonders bedeutsam wird der Gestaltungsprozess der Produkte angesehen. Das über den Weg der Gestaltung gewonnene Wissen wird von Gudjons (2014) als handlungsrelevant und anwendungsfähig charakterisiert, es wird von den Lernenden erfahren.

Für Cross (2001) handelt es sich bei Wissen, das dem Design innewohnt und durch die Ausübung und Reflexion dieser Tätigkeit gewonnen wird, um Design-Wissen. Es äußert sich meist auf non-verbale Weise und unterstützt konstruktives und lösungsorientiertes Denken (Cross, 1982). Der Ausspruch *„we can know more, than we can tell“* (Polanyi, 1966, S.4) wird in diesem Zusammenhang häufig angeführt (Mareis, 2012) und deutet auf die implizite Dimension von Design-Wissen (tacit knowledge).

3.3 Einblick in die Forschungslandschaft

Die Integration von Perspektiven der Nachhaltigkeit in die Curricula von ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen innerhalb der EU und der USA hat Thürer et al. (2018) folgend grundsätzlich zugunommen. Im Jahr 2018 sollen es weltweit mindestens 138 Hochschulen gewesen sein, die Themen der Circular Economy in ihre Lehrangebote integriert hatten (Forslund et al., 2018). Gleichzeitig kommen Kattwinkel et al. (2018) in ihrer Studie zu dem Ergebnis, dass von 120 analysierten deutschen Fachhochschulen mit technischer Schwerpunktsetzung weniger als 10% Kurse oder Studienprogramme an der Schnittstelle Nachhaltigkeit und Design im selben Jahr angeboten haben. Kirchherr und Piscicelli (2019) betonen, dass sich Forschung zu Bildung für Circular Economy grundsätzlich in einer frühen Entwicklungsphase befindet.

Der Forschungsstand zu Projektmethoden in der universitären Ausbildung, die den Circular Economy-Bereich Metallrecycling adressieren und sich an Industrie-

Designstudent*innen wenden, ist mit Blick in die Literatur überschaubar. Häufig wird das Thema übergeordnet im Circular Economy-Kontext betrachtet (Sumter et al., 2020) und für andere Fachrichtungen aufgearbeitet (Kirchherr und Piscicelli, 2019). Über Barrieren einer entsprechenden institutionellen Integration des Themenkomplexes Nachhaltigkeit wird schon seit langer Zeit diskutiert, wie Lozano (2006) studiengangsübergreifend aufzeigt. Eine Überwindung setzt letztendlich den Willen und die Zusammenarbeit auf allen relevanten Ebenen zwischen den akademischen Direktor*innen, Professor*innen und Student*innen voraus. Die Studierenden entsprechend auszubilden kann als ein zentraler Schlüssel betrachtet werden (Lozano et al., 2015).

Der Anspruch der nachfolgenden Ausführungen zum Einblick in die Forschungslandschaft ist es nicht, den gesamten Forschungsstand allumfassend abzubilden. Es werden aber vereinzelte, die Entwicklung der in dieser Arbeit vorgestellten Projektmethode beeinflussende, Arbeiten beschrieben, die, so weit wie möglich, das Thema Metallrecycling adressieren oder wenigstens tangieren. Der unmittelbare Bezug zum Industrie-Design ist dabei häufig nicht möglich. Im Fokus steht, abgesehen von den gleich als erstes aufgezeigten zwei Online-Kursen und dem Design Guide von Liedtke et al. (2019), die englischsprachige wissenschaftliche Literatur. Nicht berücksichtigt sind nicht referierte White Paper, universitäre Programmskizzen oder sonstige Modulhandbücher.

Der Einblick der Forschungslandschaft beginnt mit zwei Online-Kursen, die sich als besondere Ausprägung des Frontalunterrichts kennzeichnen lassen. Der Kurs „A Circular Economy of Metals: Towards a Sustainable Societal Metabolism“ stützt sich auf die Arbeit des International Resource Panels und die Ziele der Vereinten Nationen für nachhaltige Entwicklung. Im Fokus steht die Bedeutung von Metallen für die moderne menschliche Zivilisation. Im Kontext Circular Economy werden Möglichkeiten aufgezeigt, Metalle so lang wie möglich zu nutzen und den Abbau neuer Metalle zu vermeiden. Der sechswöchige Kurs wird als Online-Format an der Universität Leiden in den Niederlanden angeboten (Universität Leiden, 2018). An der TU-Delft in den Niederlanden ist der Online-Kurs „Engineering Design for a Circular Economy“ verfügbar, der ebenfalls sechs Wochen dauert. Er befasst sich mit der Rolle des Produkt-Designs im Zusammengang mit der Circular Economy und den darin eingebetteten R-Strategien (TU-Delft, 2023).

Zwei weitere Kurse werden von Kirchherr und Piscicelli (2019) und von Kopnina (2018) beschrieben. Kirchherr und Piscicelli (2019) wählen für ihren Kurs den Ansatz des problembasierten Lernens, der sich, aufgrund der Auseinandersetzung und Bearbeitung eines Problems, der Unterrichtsmethode des entdeckenden Lernens und auch der Projektmethode ähnelt (vgl. Wiechmann und Wildhirt, 2016). Es handelt sich um einen Einführungskurs zur Circular Economy, der sich u.a. an Studierende der Humangeographie und Geo- und Umweltwissenschaften richtet. Der Kurs besteht aus sechs Modulen, die Produkt-Design und Geschäftsmodellstrategien ebenso umfassen wie Produkt-Service-Systeme und den übergreifenden Kontext nachhaltiger Entwicklung. Auf das Recycling wird im weitesten Sinne als ein Kernziel der Circular Economy eingegangen, es wird jedoch nicht weiter, z.B. hinsichtlich Metallrecycling, spezifiziert. In dem Kurs von Kopnina (2018), durchgeführt mit Studierenden des Fachbereichs Anthropologie der Universität Leiden, geht es um Circular Economy und Cradle-to-Cradle. Die Lernenden sollen existente Produkte hinsichtlich ihres Potenzials für eine Circular Economy bewerten und anhand dieser Fallstudien kennenlernen, welche Herausforderungen durch idealisierte Konzepte aufkommen können.

Eine völlig andere Organisationsform und Interpretation von Unterricht wird von Scurati et al. (2022) und Whalen et al. (2018) beschrieben. Beide Arbeiten stellen ein

sogenanntes Serious Game vor, um jeweils eine Bewusstseinssteigerung seitens ihrer jeweiligen Zielgruppe zu initiieren. Während sich Scurati et al. (2022) mit ihrer Arbeit an Entscheidungsträger*innen in der Luft- und Raumfahrtindustrie richten, um sie bei der Produktentwicklung zu unterstützen und ihr Bewusstsein für Aspekte der Nachhaltigkeit zu steigern, adressieren Whalen et al. (2018) Studierende aus ingenieurwissenschaftlichen Fachrichtungen, um sie mit dem Thema der Materialkritikalität im Kontext Circular Economy vertraut zu machen. Das Thema des Metallrecyclings wird bei Whalen et al. (2018) übergeordnet in Verbindung mit Aspekten der Materialeffizienz als Lösungsansatz im Umgang mit Materialkritikalität genannt. Bei Scurati et al. (2022) ist Recycling im weitesten Sinne ein Aspekt des Spiels.

Näher an der Projektmethode bewegen sich Bakırlıoğlu und McMahon (2021), die ein universitäres Trainingsprogramm im Kontext Design für Nachhaltigkeit an der Schnittstelle zur Circular Economy beschreiben. Das auf drei Monate angesetzte Projekt soll als gemeinsame Lernumgebung für angehende Designer*innen, Akteur*innen der Industrie und Lehrende fungieren, um Wissen und Erkenntnisse untereinander auszutauschen und voneinander zu lernen. Die Struktur orientiert sich an den vier Stufen: Forschen, Ideenbildung, Aufbereitung und Finalisierung. Verschiedene Fallbeispiele der Projektmethode im universitären Kontext werden von Leal Filho et al. (2016) aufgezeigt. Die Universität Minho bietet beispielsweise im Rahmen ihres Masterstudiengangs Wirtschaftsingenieurwesen semesterweite Projekte an, um die Teamarbeit und das interdisziplinäre Lernen zu fördern. Die Themen der Projekte werden so ausgewählt, dass sich verschiedene Fragen im Kontext der Nachhaltigkeit einführen lassen. Ziel ist es, Studierende dazu zu motivieren, relevante Informationen zu sammeln, Wissen zu entwickeln und proaktiv nachhaltige Produkt- und Systemlösungen zu gestalten. Bei den Themen geht es z.B. um das Entsalzen von Meerwasser, die Produktion von Autobatterien oder die Gestaltung von nachhaltigen Verpackungen und Spezifikationen entsprechender Produktionssysteme. Die Universität Manchester richtet sich mit einem an ein Projekt angelehntes Modul an Ingenieurstudent*innen, um sie mit dem Kontext Nachhaltigkeit vertraut zu machen. In dem Modul stehen komplexe Problembereiche im Kontext Nachhaltigkeit und interdisziplinäre Erfahrungen für die Studierenden im Vordergrund. Multidisziplinäre Gruppen, die von geschulten Moderator*innen angeleitet werden, erarbeiten Projektszenarien, die nach Abschluss in Informationsbroschüren der Öffentlichkeit vorgelegt werden. Doğan et al. (2016) zeigen auf, wie an der Technischen Universität des Nahen Ostens in Ankara Nachhaltigkeit in den Studiengang Industrie-Design integriert wird. Eine in der Graduiertenforschung entwickelte Methode und ein Tool werden von Studierenden aus niedrigeren Semestern benutzt, um Perspektiven der Nachhaltigkeit über verschiedene Projekte hinweg mitzudenken. Der Fokus liegt dabei auf den frühen Phasen eines Design-Prozesses, d.h. in den Momenten der Ideengenerierung. In den Ausführungen werden Einblicke und Möglichkeiten präsentiert, wie sich Forschung auf Master- und Doktorandenniveau mit der projektbezogenen Ausbildung von Bachelor-Studierenden verbinden lassen. Ausführlicher wird die Methode mit dem Namen „Experience Reflection Modelling“ im Kontext eines 10-14-wöchigen Projekts beschrieben, welches von kleineren Haushaltsgeräten handelt. Darin wird sie von verschiedenen methodischen Elementen gerahmt, wie z.B. von einer zuvor angesetzten Literaturrecherche und einer sich anschließenden Phase der Ideengenerierung und Szenarioentwicklung. Konzeptionell rangiert die Methode zwischen generativen Toolkits und Design Thinking und führt verschiedene gestalterische und analytische Ansätze zusammen. Die über mehrere Schritte hinweg entwickelten Design-Lösungen werden final

als einfache Zeichnungen auf Postern dokumentiert. Das ebenfalls vorgestellte Tool mit dem Namen „Biomimicry Sketch Analysis“ wird ausführlicher im Kontext eines 8-wöchigen Projekts beschrieben, das von der Entwicklung neuartiger Badfliesen handelt und das ebenso wie die weiter oben beschriebene Methode von weiteren methodischen Etappen der Recherche und Ideengenerierung gerahmt wird. Inhaltlich knüpft das Tool an bestehende Ansätze im Kontext Biomimikry an und aggregiert diese zu einer Auswahl von übergeordneten Strategien, um die Studierenden bei der Konzeptentwicklung zu inspirieren. Die Nutzung des Tools dauert rund eine Woche und durchläuft die Schritte der Beobachtung, Analyse und des Transfers, unmittelbar an die Phase der Ideengenerierung andockend. Die Lösungsvorschläge werden als einfache Zeichnungen dokumentiert.

Boks und Diehl (2006) berichten über die Integration von Perspektiven der Nachhaltigkeit in einen regulären Kurs der Produktentwicklung im Bachelorstudiengang Industrial Design Engineering an der Technischen Universität Delft. Der Kurs „Design 5“ knüpft inhaltlich an das UNEP-Handbuch „Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption“ aus dem Jahr 1997 an und ist in sechs Module strukturiert, die einem komprimierten Produktentwicklungsprozess entsprechen. Die Studierenden arbeiten in Kleingruppen und werden über den Kurs hinweg dazu aufgefordert, die Rolle von jungen und innovativen Unternehmen zu spielen, die sich mit einem vorgegebenen Business Case befassen. In diesen sind bereits Perspektiven der Nachhaltigkeit integriert, sodass die Studierenden von Anfang an auf ein konkretes Ziel hinarbeiten. Während des gesamten Kurses werden die Studierenden von erfahrenen Trainer*innen betreut. Zur Verfügung stehen außerdem zwei Spezialist*innen für Nachhaltigkeit, die für Beratungen konsultiert werden können.

Tomkinson et al. (2008) beschreiben ein an der Universität Manchester durchgeführtes interdisziplinäres Pilotprojekt für nachhaltige Entwicklung, das sich, anknüpfend an problembasiertes Lernen, an Studierende der Ingenieurwissenschaften und Naturwissenschaften richtet. Die Zielgruppe soll darin ausgebildet werden, komplexe globale Probleme zu lösen und gleichzeitig die Perspektiven der Nachhaltigkeit zu berücksichtigen. Wesentliche Fragen für die Gestaltung der Projektmethode selbst sind neben einem angemessenen Verfahren der Evaluation die nach den zu fördernden Kompetenzen. Hervorgehoben werden u.a. das interdisziplinäre, systemische und strategische Denken, das Lösen komplexer Probleme, die kritische Reflexion über die jeweils eigenen Kompetenzen und das kreative und innovative Denken. Zentrale Bausteine des Projekts sind Übungsaufgaben, die fallspezifische Problemszenarien beinhalten. Diese werden in kleinen interdisziplinären Gruppen bearbeitet. In einer Aufgabe mit dem Titel „Reifen“ sollen Studierende z.B. als Berater*innen für einen großen Reifenhersteller tätig werden und Vorschläge für Maßnahmen zur nachhaltigen Entwicklung unterbreiten. Dabei sollen verschiedene Abteilungen des fiktiven Unternehmens einbezogen werden, um umfassend Veränderungen anzustoßen.

McAloone (2007) beschreibt zwei Kursmodule aus einem übergeordneten Bildungsprogramm mit dem Namen „Design and Innovation“ an der Technischen Universität Dänemark, das sich durch das wesentliche Merkmal des projektbasierten Lernens auszeichnet. Über das Programm hinweg sollen insbesondere technische, sozio-technische und kreative Kompetenzen gefördert werden. Das Modul „Product/Service-Systems (PSS)“ besteht aus sechs methodischen Schritten und beginnt damit, dass Studierende mit einem exemplarischen Produkt oder System, wie z.B. einer Waschmaschine oder einem Transportsystem, konfrontiert werden. Auf dieser Basis geht es als erstes darum, den Lebenszyklus des Produkts oder Systems zu illustrieren. Daran

anknüpfend sollen die Studierenden über die jeweilige funktionelle Einheit nachdenken, um den eigentlichen Service zu definieren. Danach sollen die gegenwärtigen Umweltauswirkungen analysiert werden, um konkrete Verbesserungsmöglichkeiten ableiten zu können. Schließlich geht es darum, ein Netzwerk aller relevanten Akteur*innen zu skizzieren und ihre Verbindungen untereinander zu überprüfen. Entlang des gesamten Lebenszyklus sollen daran anknüpfend die Aktivitäten der Kund*innen beschrieben werden, um schlussendlich ein physisches Artefakt und ein dazugehöriges Produkt-Service-System zu konzipieren.

Schäfer und Richards (2007) berichten zu einem Projekt, in dem hauptsächlich Studierende der Ingenieurwissenschaften in Teamarbeit nachhaltige Lösungen für das globale Problem der Wasserknappheit entwickeln sollen. Im Kern geht es um ein ausschließlich mit Solarenergie betriebenes System zur Wasseraufbereitung. Das auf fünf Jahre angesetzte Projekt besteht aus sechs übergeordneten Schritten, von der ersten Konzeptentwicklung bis hin zur Realisierung mit Praxispartner*innen aus der Industrie mitsamt Feldstudien. Aus jedem Projektschritt resultieren maßstabsgetreue Prototypen, die Spiegelbild der anwendungsorientierten Ausrichtung des Projekts sind. In der nach Projektabschluss durchgeführten Evaluation klingt an, dass die Studierenden es wertschätzen, den gesamten Entwicklungsprozess des Produkts durchlaufen zu haben. Inspiration, Motivation und Selbstvertrauen sind häufig genannte Begriffe in den von den Studierenden ausgefüllten qualitativen Fragebögen. Als positiv erachten sie das Potenzial des Projekts zur fachlichen und persönlichen Weiterentwicklung wie auch für ihren späteren beruflichen Einstieg und ihre zukünftige Karriere.

Neben dem bis hierher aufgezeigten Überblick zu Unterrichtsmethoden in der universitären Ausbildung gibt es eine große Bandbreite an disziplinübergreifenden Methoden und Tools, um auf übergeordneter Ebene Perspektiven der Nachhaltigkeit in die Produktentwicklung zu integrieren (Lofthouse und Bhamra, 2000). Dies gilt insbesondere für die ökologische Perspektive der Nachhaltigkeit (Rossi et al., 2016; Kattwinkel et al., 2018; Royo et al., 2023). Der Umfang reicht von einfachen generischen Tools bis hin zu komplexen und zeitaufwändigen Methoden (Bovea und Perez-Belis, 2018). Häufig bleibt dabei allerdings undurchsichtig, wie sie sich genau in die methodische Struktur von Projekten des Industrie-Designs integrieren lassen und mit den Bedürfnissen der Zielgruppe korrespondieren. In der vorliegenden Arbeit wurden einige der Methoden und Tools bereits im Kontext Design for Recycling vorgestellt (*siehe Kap. 2.4*). An dieser Stelle sollen noch einige weitere Ansätze für den übergeordneten Kontext der Nachhaltigkeit aufgezeigt werden, weil sie sich an das Industrie-Design und weitere Spezialgebiete des Designs richten.

Eingangs geht es um die Arbeit von Lofthouse (2006), die sich mit ihrem webbasierten Eco Design Tool „Information/Inspiration“ explizit an Industrie-Designer*innen richtet. Wie der Name schon anklingen lässt, besteht es aus einer Informations- und einer Inspirationsebene, die über die Website zusammengeführt werden. Die Informationen beziehen sich auf die Kategorien Material, Recycling, Produktion, Nutzung, Verpackungen und Allgemeines. Sie werden stichpunktartig in kurzen Listen angeboten, ergänzt von weiterführenden Links, wenn die Detailschärfe erhöht werden soll. Die Inspirationen umfassen in Sachen Nachhaltigkeit vorbildliche Produktbeispiele, um bei der Ideengenerierung zu Beginn von Projekten zu unterstützen. Eingeteilt in die Kategorien Material, Form, Energie, Funktion, Teile und Verpackungen, werden die Fallstudien mit entsprechenden Bildern visualisiert dargestellt. In einer qualitativ angelegten Studie wird

die Zielgruppe danach gefragt, wie angemessen sie das Tool finden, um sich in Projekten für Perspektiven der Nachhaltigkeit einzusetzen.

Die als positiv erachtete Kombination aus Information und Inspiration verbinden sie mit einer hilfreichen Datenbank. Sie finden, dass dem Tool auch ein unterrichtender Wert innewohnt, weil es neben einer Bewusstseinssteigerung auch kommuniziert, dass viele Unternehmen an nachhaltigen Produkten arbeiten und die Zielgruppe deshalb nicht allein ist. Vorgeschlagen wird, den Bildungswert weiter auszubauen und noch nachdrücklicher, z.B. mit Hilfe von einprägsamen Fakten, die Dringlichkeit der Nachhaltigkeit zu unterstreichen. Als besonders positiv erachtet die Zielgruppe, dass sie mit inspirierenden und anwendungsorientierten Fallbeispielen konfrontiert wird, die visuell dargestellt werden. Zusätzlich werden die Potenziale von hochaufgelösten Bildern und Animationen angedeutet, um Designer*innen beim Lernen zu unterstützen. Hinsichtlich der Sprache wünscht sich die Zielgruppe weniger lange und komplexe, sondern eher kurze und aggregierte Informationsblöcke. Aus den Rückmeldungen der Zielgruppe wird abschließend ein ganzheitliches Bezugssystem entwickelt, das sich an all diejenigen richtet, die selbst Eco Design Tools für das Industrie-Design entwickeln möchten. Es besteht aus den in Verbindung stehenden Elementen: Orientierungshilfe, Informationen, Inspiration, Bildung, Visuelles, nicht-wissenschaftliche Sprache und dynamischer Zugang.

Als zweites geht es um die Arbeit von Liedtke et al. (2019), die einen vielschichtigen Guide für Nachhaltigkeit präsentieren. Bei der Zielgruppe handelt es sich nicht ausschließlich um Industrie-Designer*innen, sondern um alle Menschen, die gestalten und sich somit als Designer*innen bezeichnen lassen. Es wird angeregt, die disziplinen eigenen Methoden mit den Tools des Guides zu kombinieren, um ganzheitlich-integrative, also soziale, ökologische und ökonomische Transformationsprozesse in Produktion und Konsum anzustoßen. Die insgesamt 16 enthaltenen Tools und dazugehörigen Arbeitsblätter werden entlang der vier Ebenen Leistungsanforderung, Nachhaltigkeitsbewertung, Bewertung der Wertschöpfungskette, sowie markt- und gesellschaftsrelevante Umsetzung kategorisiert. Den Leser*innen und Nutzer*innen werden neben grundlegenden Literaturhinweisen und weiterführenden Links zu anderen Tools und detaillierten Informationsquellen, auch umfassende Hintergrundinformationen zur Verfügung gestellt.

Die dritte Arbeit von Konietzko et al. (2020) handelt von dem Kartenspiel „Circularity Deck“, welches darauf abzielt, Unternehmen bei der Analyse, Ideengenerierung und Entwicklung von zirkulären und innovativen Produkten, Geschäftsmodellen und Systemen zu unterstützen. Es basiert auf einer Literatur- und Praxisanalyse, um Circular Economy-Prinzipien abzuleiten. Diese werden entlang von fünf verschiedenen Circular Economy-Strategien kategorisiert und mit Beispielen aus der Praxis angereichert. Das Kartenspiel richtet sich an Unternehmer*innen, Innovations- und Geschäftsmanager*innen wie auch an Designer*innen. Angewendet wird das Tool in ca. dreistündigen Workshop-Sessions, angeleitet von trainierten Dozent*innen. Jede Session beginnt mit einem theoretischen Input zum Circular Economy-Konzept, zu den in das Tool integrierten maßgeblichen Circular Economy-Strategien (narrow, slow, close, regenerate, inform) und zur Nutzung des Tools. Danach wird gemeinsam mit den Teilnehmer*innen eine klare Herausforderung definiert, an der sie mit Hilfe des Kartenspiels arbeiten. Um den Umfang des Kartenspiels zu reduzieren und einzugrenzen, kann vorab bereits eine Vorauswahl getroffen werden. Bei den einzelnen Karten handelt es sich um Inspirationsquellen, die mal besser oder mal schlechter zur vorab gewählten Herausforderung passen. Mit ihrer Hilfe können die Teilnehmer*innen mögliche Ansätze und neue Ideen diskutieren, wie auch

komplementäre Aktionen reflektieren. In der sich anschließenden Evaluation wird den Teilnehmer*innen die Möglichkeit gegeben, über die Nützlichkeit und Nutzerfreundlichkeit des Tools abzustimmen. Weiteres Feedback wurde dafür genutzt, um direkt nach jedem der insgesamt 12 Workshops Änderungen zur Verbesserung des Tools vorzunehmen. Es gibt einige zentrale Erkenntnisse aus der Evaluation, die von den Autor*innen hervorgehoben werden. So braucht es z.B. einerseits eine klare und prägnante Beschreibung zum Tool und dessen Inhalten, damit es von den Teilnehmer*innen besser und schneller verstanden wird. Andererseits sollte die Nutzung des Tools von erfahrenen Dozent*innen begleitet werden, um mögliche Diskussionen fachgerecht lenken zu können.

3.4 Zwischenfazit: Forschungsbedarf und weiterführendes Erkenntnisinteresse

Die Projektmethode erweist sich als angemessene Organisationsform von Unterricht für das Industrie-Design, um insbesondere komplexe Problemlagen, zu denen Umweltprobleme zählen, zu adressieren. Die Ausführungen zum Einblick in die Forschungslandschaft zeigen allerdings, dass es bisher keine Projektmethode gibt, die sich speziell mit dem Thema Metallrecycling an den Studiengang Industrie-Design richtet. Was die Gestaltung einer passenden Projektmethode betrifft, fehlt es deshalb an eindeutigen Hinweisen auf inhaltlicher wie auch auf organisatorischer Ebene. Obwohl der Forschungsstand sehr überschaubar ist, wird trotzdem deutlich, dass sich methodisch-strukturelle Anhaltspunkte ableiten lassen, um die Ausarbeitung des didaktisch-methodischen Konzepts der Projektmethode zu unterstützen:

- In den Online-Kursen von der Universität Leiden (2018) und der TU-Delft (2023) werden Formen des Vortrags inklusive einiger interaktiver Elemente genutzt, um fachliche Kompetenzen am Nexus Circular Economy, Metalle und Produkt-Design zu fördern
- In den Projekten bei Doğan et al. (2016) geht es um die Verbindung zwischen den frühen Phasen von Design-Prozessen und der darin verankerten Informationsvermittlung über generative Toolkits
- Boks und Diehl (2006) beziehen sich auf einen konkreten Design-Prozess im Kontext der Produktentwicklung. Hier werden die Studierenden schon von Anfang an über einen entsprechenden Business Case angeregt, nachhaltige Produkte zu gestalten
- Tomkinson et al. (2008) und Schäfer und Richards (2007) inspirieren mit ihren Ausführungen, weil hier fallspezifische Übungsaufgaben beschrieben werden, die von Studierenden in Kleingruppen bearbeitet werden sollen
- McAloone (2007) beschreibt ein Projekt, in dem Studierende ausgehend von konkreten Produkten zur Gestaltung von Produkt-Service-Systemen aufgefordert werden. Die konzipierten Systeme werden von den Kleingruppen als einfache Zeichnungen visualisiert
- Lofthouse (2006) zeigt auf, dass sich Toolkits zur Vermittlung von Nachhaltigkeitsinformation eignen, inklusive der Hinweise zur entsprechenden Gestaltung. Für das Industrie-Design sind beispielsweise kombinierte informative und inspirierende Elemente angemessen.
- Liedtke et al. (2019) geben in ihrem Guide einen Überblick über mehrere inspirierende Tools und Arbeitsblätter, weiterführende Hinweise zu grundlegender Literatur und zu anderen Tools im Kontext der Nachhaltigkeit

- Konietzko et al. (2020) positionieren sich näher am Circular Economy-Kontext. Die Autor*innen beschreiben, wie sich ihr Tool im Kontext von kompakten Workshop-Sessions von der Zielgruppe nutzen lässt. Dabei wird die Bedeutung von klar formulierten Anleitungen und der Präsenz von trainierten Dozent*innen unterstrichen

Weitere Anhaltspunkte zur Gestaltung der Projektmethode finden sich in den zuvor aufgezeigten generischen Schritten eines Projekts nach Gudjons (2014), Frey (2002), Jäger (1998) und Emer und Lenzen (2002). Frey (2002) notiert, dass es sich bei der Projektmethode grundsätzlich um eine offene Lernform handelt und sie *„auf die lokale Situation und auf die Teilnehmerinteressen Rücksicht [nimmt]“* (ebd., 16). Es ist daher unerlässlich, bei der Gestaltung sowohl die Wesenszüge des Designs als auch die spezifischen Bedürfnisse der Zielgruppe zu beachten.

Die Motivationssteigerung der Lernenden ist zentrales Anliegen der Projektmethode. Weil es bisher jedoch unklar ist, wie der Prozess der Motivationssteigerung innerhalb von Projekten systematisch gelenkt und auf spezifische Circular Economy-Bereiche ausgerichtet werden kann, stellt sich zunächst die Frage, welche weiteren Anknüpfungspunkte es hierfür in anderen Disziplinen gibt, die sich mit Perspektiven der Motivationssteigerung befassen. Gudjons (2014) verweist vor diesem Hintergrund auf den Begriff der Handlungsmodelle, wie sie im Bereich der Sozialpsychologie diskutiert werden.

Teil III: Theoretischer Hintergrund der neuartigen Projektmethode GENERIERUNG

4 Konzeptionelle Bausteine und Herleitung

Anschließend an die Charakterisierung der Projektmethode als Gestaltungs- und Forschungsgegenstand der vorliegenden Arbeit, den Einblick in die Forschungslandschaft und dem daraus resultierenden erweiterten Erkenntnisinteresse, geht es im Folgenden darum, die einzelnen konzeptionellen Bausteine der Projektmethode zu definieren, derer es für das grundlegende didaktisch-methodische Konzept bedarf (*siehe Abb. 8*).

Notwendig ist zunächst der Blick in die Literatur zu sozialpsychologischen Modellen der Verhaltensklärung, weil es hier um die generelle Frage geht, wie sich Menschen zu umweltgerechtem Verhalten motivieren lassen. Der Begriff „Verhalten“ kennzeichnet *„ein von außen beobachtetes oder registriertes Tun“* (Schahn und Matthies, 2008, S.663). Im Gegensatz dazu steht der Begriff „Handeln“ für *„begründetes und/oder zielgerichtetes Tun, bei dem die subjektive Motivation mit einbezogen wird“* (ebd.). Für die Gestaltung der Projektmethode bietet sich das Handlungsmodell normativer Entscheidungen von Schwartz und Howard (1981) als Ausgangspunkt an. Es wird beschrieben, welche Bedeutung das Konzept der persönlichen Norm im Prozessbild innehat und aufgezeigt, welches die Potenziale des Modells für Interventionen im Umweltbereich sind.

Um die Bedeutung der Projektmethode im größeren Kontext der Pädagogik zu reflektieren, folgen Ausführungen zur kritisch-konstruktiven Didaktik von Klafki (2007), die der Projektmethode eine erweiterte didaktische Rahmung bietet. Vor allem durch das Prinzip der Handlungsorientierung, das der Projektmethode und auch der kritisch-konstruktiven Didaktik zugrunde liegt, ist es notwendig, einen Design-Ansatz zu definieren, den es für die praktische Erprobung der zuvor übermittelten Lehr-Lerninhalte braucht. Eine Möglichkeit hierfür bietet der Ansatz Speculative Design, der sich durch ein kritisches

und konzeptionelles Wesen auszeichnet (Dunne und Raby, 2013). Es folgt die Beschreibung der konzeptionellen Bausteine und eine Analyse ihrer Bedeutung für das didaktisch-methodische Konzept der Projektmethode.

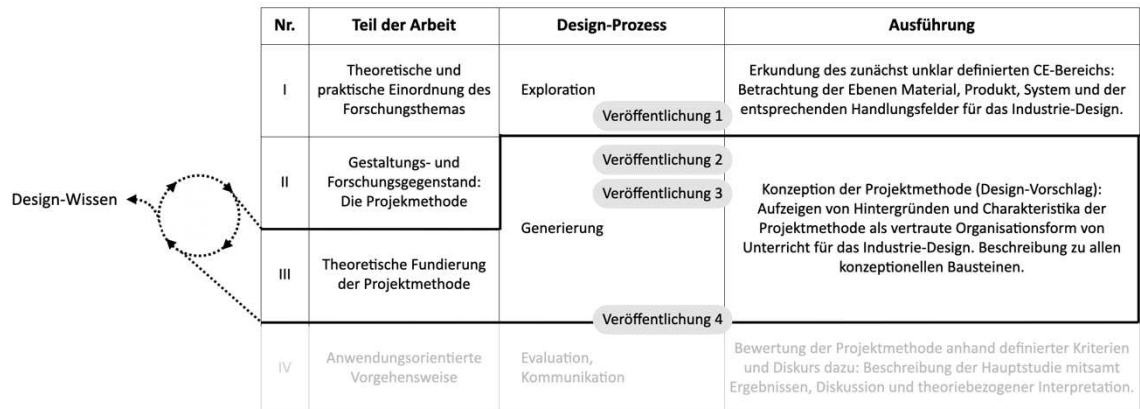


Abbildung 8. Dritter Teil des in vier Teilen strukturierten Aufbaus der vorliegenden Arbeit gemäß eines generischen Design-Prozesses nach Cross (2021). Eigene Darstellung.

4.1 Theorie der Normaktivierung

Es wurden in der Vergangenheit mehrere sozialpsychologische Modelle mit dem Ziel entwickelt, umweltgerechtes Verhalten bzw. Handeln zu erklären (Kollmuss und Agyeman, 2010). Sie lassen sich in zwei übergeordnete Modellgruppen einteilen. Einerseits gibt es Modelle, die der Theorie des geplanten Verhaltens folgen, und andererseits Normaktivationsmodelle (Matthies, 2005). Dass es letztendlich Konstrukte aus beiden theoretischen Modellen sind, die als Prädiktoren angesehen werden sollten, zeigt die etwas jüngere Metaanalyse von Bamberg und Möser (2007).

4.1.1 Einordnung

Die Theorie des geplanten Verhaltens von Ajzen (1991), eine Weiterentwicklung der Theorie rationalen Handelns (Fishbein und Ajzen, 1975), zählt, bezogen auf angewandte Fragestellungen, zu den meistgenutzten sozialpsychologischen Handlungsmodellen (Schahn und Matthies, 2008). Zur Wahl von Verkehrsmitteln, als einem Bereich umweltrelevanten Verhaltens, wurde es z.B. von Bamberg und Schmidt (1994) und Bamberg (1996) angewandt. Zentraler Faktor in der Theorie des geplanten Verhaltens ist die Intention einer Person, ein bestimmtes Verhalten zu zeigen, die von drei Variablen bestimmt wird (Schahn und Matthies, 2008): Die (i) Einstellung zum Verhalten steht für eine befürwortende oder ablehnende Bewertung des Verhaltens, die (ii) Subjektive Norm kennzeichnet den wahrgenommenen sozialen Druck, das Verhalten zu zeigen oder nicht zu zeigen und die (iii) Wahrgenommene Verhaltenskontrolle charakterisiert die individuelle Selbstwirksamkeit bezüglich des Verhaltens (Ajzen, 1985; Ajzen et al., 2004).

Demgegenüber steht die intrinsische Motivation, oder anders formuliert, die persönliche Norm als zentraler Einflussfaktor im Mittelpunkt von Normaktivationsmodellen (Schahn und Matthies, 2008). Das Konzept der persönlichen Norm geht zurück auf die Theorie der Normaktivierung von Schwartz (1977) und Schwartz und Howard (1981). Von Schwartz (1977) wird sie definiert als von Individuen konstruierte Selbsterwartungen für bestimmte Handlungen und aktivierte persönliche Normen als Gefühl der moralischen Verpflichtung, die auf verinnerlichten moralischen Werten beruhen. Persönliche Normen entstehen, indem Personen die Implikationen einer Handlung für ihre eigenen relevanten verinnerlichten Werte prüfen: „In other words, the

actor asks herself whether she is morally responsible for these actions in this situation, given her own general internalized values“ (Schwartz und Howard, 1981, S.199). Schwartz und Howard (1984) schreiben: „(...) *personal norms focus exclusively on the evaluation of acts in terms of their morals worth to the self*“ (S.245). In dem Handlungsmodell von Schwartz und Howard (1981) wird zusätzlich die soziale Norm aufgenommen, die, ähnlich zu dem Einflussfaktor der subjektiven Norm aus der Theorie des geplanten Verhaltens, den Einfluss von sozialen Erwartungen spiegelt (Matthies et al., 2012). Den Unterschied zwischen persönlichen Normen und sozialen Normen fassen Harland et al. (1999) wie folgt zusammen: „*The expectations, sanctions, and obligations that are tied to personal norms are anchored in the self, whereas those tied to social norms are anchored in a social group*“ (S.2508).

4.1.2 Die persönliche Norm im Prozessbild

Insgesamt gliedert sich der Prozess des Normaktivationsmodells von Schwartz und Howard (1981) in die vier Phasen (i) Aktivierung, (ii) Motivation, (iii) Überprüfung und (iv) Handlung oder Abwehr. Die persönliche Norm bzw. das Gefühl der moralischen Verpflichtung wird aktiviert, sobald eine Person erkennt, dass ein Problem vorhanden ist, welches mit ihrem eigenen Verhalten in Verbindung steht und sie über die Fähigkeit verfügt „*sich (...) im Sinne einer Problemlösung zu verhalten*“ (Matthies, 2005, S.72). Schwartz und Howard (1981) folgend werden diese grundlegenden Faktoren, die zu einer Aktivierung der persönlichen Norm führen, als relevante Kognitionen bezeichnet. In der sich anschließenden Motivationsphase kommen die bereits angedeuteten sozialen Motive und „*weitere nicht moralische und nicht soziale Motive*“ (Schahn und Matthies, 2008, S.677) hinzu. In der darauffolgenden Überprüfungsphase werden Kosten und Nutzen der Handlung oder Abwehr in Bezug auf die zuvor angeregten Motive gegeneinander abgewogen. Schließlich kommt es in der letzten Phase zur moralisch motivierten Handlung oder zur Verantwortungsabwehr, also zum Nicht-Handeln. Es ist möglich, dass Personen ihrer aktivierten persönlichen Norm nicht folgen können, wenn die registrierten „*sozialen oder sonstigen Kosten – etwa ökonomische Kosten oder Verhaltensaufwand*“ (Schahn und Matthies, 2008, S.677) zu hoch sind und die verinnerlichten moralischen Werte übertrumpfen. In solchen Fällen kann es zu einer Umdeutung der zuvor aktivierten relevanten Kognitionen kommen (Schahn und Matthies, 2008), um sich vor möglichen Schuldgefühlen zu wehren (Matthies, 2005).

Die Messung der persönlichen Norm gilt als herausfordernd, weil es ein Teil des Normkonstruktionsprozesses ist und von Personen in spezifischen Handlungssituationen empfunden wird (Schwartz, 1977). Schwartz und Howard (1984) folgend, lässt sich die persönliche Norm jedoch annäherungsweise bestimmen, indem Personen in Fragebögen nach ihren erwarteten Gefühlen befragt werden. Die Validität hängt insbesondere davon ab, wie gut sich die befragten Personen in hypothetische Situationen hineinversetzen können (Schwartz und Howard, 1981). Der typischen Frage nach der persönlichen Norm „*In specific circumstances X, would you feel a moral (personal) obligation to perform act Y?*“ (Schwartz und Howard, 1984, S.244) gilt es eine Ergänzung hinzuzufügen, die darauf hinweist, dass die Antwort darauf unabhängig von den Erwartungen anderer oder den tatsächlichen Handlungsmöglichkeiten gegeben werden soll (Schwartz und Howard, 1984).

4.1.3 Belege des Einflusses der persönlichen Norm auf umweltgerechtes Handeln

In verschiedenen empirischen Arbeiten wurde der Einfluss moralischer Motive auf umweltgerechtes Handeln überprüft und belegt. Hopper und Nielsen (1991) haben in ihrer Studie herausgefunden, dass altruistische Motive einen positiven Einfluss auf das Recyclingverhalten haben. Bemühungen zum Recycling können zudem durch soziale Interaktionen, also durch die allgemeine soziale Norm, verbessert werden. Hunecke et al. (2001) wenden das Normaktivationsmodell von Schwartz (1977) auf das Verkehrsverhalten an. Sie modifizieren das ursprüngliche Modell, indem sie externe Kosten, bestehend aus monetären Kosten und Verhaltenskosten, als externen Faktor hinzufügen. In ihrer Studie haben sie herausgefunden, dass sowohl externe Kosten als auch die persönliche ökologische Norm das Verkehrsverhalten beeinflussen. Die Autor*innen fassen zusammen: *„Besides free tickets, personal ecological norm has also proven to be a relevant predictor of travel mode choice“* (Hunecke et al., 2001, S.848). Weitere Studien, die nahelegen, dass persönliche Normen umweltfreundliches Verhalten beeinflussen können, sind bei Matthies (2005) zu finden.

4.1.4 Das Potenzial des Modells für Interventionen im Umweltbereich

Dass sich das Modell normativer Entscheidungen von Schwartz und Howard (1981) für den Umweltbereich eignet, wird in der einschlägigen Literatur ausführlich dargelegt (Matthies, 2003; Matthies, 2005; Schahn und Matthies, 2008). So wird umweltschonendes Verhalten in erster Linie als Ausdruck einer moralischen Verpflichtung aufgefasst (Schahn und Matthies, 2008). Das große Potenzial liegt darin, dass in dem Modell das Zusammenspiel der persönlichen Norm mit weiteren Motiven in Betracht gezogen wird. Es lassen sich somit Aussagen dazu treffen, wieso Menschen in bestimmten Situationen nicht umweltschonend handeln und welches die Motive dafür sind. Schahn und Matthies (2008) schreiben dazu: *„Eine geringe moralische Motivation kann einerseits darauf zurückgeführt werden, dass ein entsprechendes moralisches Motiv gar nicht ausgeprägt ist (z.B. Umwelt und Umweltschutz für die Person keinen Wert darstellt), oder dass in der Situation dieses Motiv nicht angeregt wurde, weil kein Problem wahrgenommen wurde, die Bedeutung des eigenen Handelns nicht gesehen wird, oder keine Handlungsmöglichkeiten gesehen werden.“* (S.681). Daraus ergeben sich auch Risiken, die mit der Anwendung normzentrierter Strategien einhergehen. Matthies (2003) und Matthies (2005) folgend wird eine Abwehr der Verantwortung dadurch begünstigt, wenn konkurrierende Motive, wie z.B. zu hohe Verhaltenskosten, stärker sind als die moralische Motivation. Dies impliziert, dass *„Strategien, die direkt auf die Aktivierung der persönlichen Norm zielen (durch Informationsvermittlung) bzw. auf die Stabilisierung aktivierter Normen (z.B. Selbstverpflichtung), (...) nur dann eingesetzt werden [sollten], wenn für die Zielgruppe anzunehmen ist, dass es keine starken konkurrierenden Motive (etwa geringes Prestige des Zielverhaltens, hohe Verhaltenskosten) gibt“* (Matthies, 2005, S.74).

In ihrer Arbeit beschreibt Matthies (2005) ein Einflusschema, um umweltrelevante Handlungen des Alltags zu verstehen und gleichzeitig verändern zu können. In Anlehnung an Matthies (2003) und Klöckner und Matthies (2004) bezieht sie sich dabei wesentlich auf das Modell moralischer Entscheidungen von Schwartz und Howard (1981), welches sie um den Einflussfaktor von Gewohnheiten ergänzt. Als neue Heuristik ist das Einflusschema besonders für den Anwendungskontext gedacht, *„systematisch Ideen für konkrete Maßnahmen zu generieren“* (Matthies, 2005, S.76), um umweltbewusstes Handeln herbeizuführen. Die persönliche Norm kennzeichnet Matthies (2005) als moralisch-ökologisches Motiv bzw. *„die erlebte persönliche Verpflichtung, sich umweltschonend zu*

verhalten“ (Matthies, 2005, S.72). Am Beispiel des Verhaltensbereichs nachhaltiger Verkehrsmittelwahl zeigt sie mögliche Interventionsideen auf, die sich u.a. innerhalb der Normaktivationsphase entlang der jeweiligen drei relevanten Kognitionen zuordnen lassen. Diese gelten als Voraussetzungen, um die persönliche ökologische Norm zu aktivieren.

Eine konkrete Intervention im Verhaltensbereich nachhaltiger Verkehrsmittelwahl wird von Matthies et al. (2006) präsentiert. Zielgruppe sind all jene Menschen, die es gewohnt sind, ihr Auto zu nutzen. Sie sollen angeregt werden, öffentliche Verkehrsmittel probeweise zu nutzen. In ihrer Intervention verknüpfen sie eine gewohnheitsabbauende Technik (Freitickets) mit einer norm-orientierten Technik (Appell zum Engagement). Die Autor*innen knüpfen direkt an das von Schwartz und Howard (1981) entwickelte Normaktivationsmodell an, welches sie, wie Matthies (2003), Klöckner und Matthies (2004) und Matthies (2005), um den Einflussfaktor der Gewohnheiten erweitern. Es konnte herausgefunden werden, dass die moralische Motivation eine wesentliche Variable ist, um die Wahl des Verkehrsmittels vorherzusagen. Mit dem Anreiz der Freitickets konnte die Gewohnheit der Autonutzung kurzfristig außer Kraft gesetzt werden (starke Situationsänderung). Kombiniert mit dem Appell zum Engagement wirkte die Intervention langfristig am besten.

Mit seiner Arbeit zum Stage Model of Self-Regulated Behavioral Change stellt Bamberg (2013) einen weiteren möglichen theoretischen Rahmen für systematische Änderungsprozesse von Verhalten vor. Integriert werden verschiedene empirisch bewährte Theorien, zu denen Konstrukte des Normaktivationsmodell von Schwartz und Howard (1981) ebenso zählen, wie Perspektiven aus der Theorie des geplanten Verhaltens (Ajzen, 1991). Das Stufenmodell von Bamberg ist in vier klar definierte Stufen unterteilt, die wiederum von den drei Intentionstypen (i) Zielintention, (ii) Verhaltensintention und (iii) Implementationsintention überbrückt werden. Die vier Stufen sind als zeitliche Sequenz zu verstehen, die von Personen durchlaufen werden können. Dabei handelt es sich um keine starre Abfolge, wie der erste Blick auf das Modell vielleicht vermuten lässt. Vielmehr soll damit ein dynamischer Prozess zum Ausdruck gebracht werden, der es ebenso erlaubt, die individuellen Unterschiede eines jeden Menschen und dessen möglichen Rückfälle oder Stagnationen zu berücksichtigen. Grundlegend für die Bildung der ersten Zielintention ist die zuvor aktivierte persönliche Norm. Diese wird von Faktoren beeinflusst, wie bereits im Modell bei Matthies (2003) und Matthies (2005) aufgegriffen. Allerdings wird die soziale Norm als direkt beitragender Faktor charakterisiert, d.h. die situationsbedingten wahrgenommenen Erwartungen von relevanten Bezugspersonen. Gleichzeitig entfällt der direkte Einfluss der Wahrnehmung von beherrschbaren Verhaltensalternativen, welche erst nachgelagert an die bereits aktivierte persönliche Norm anknüpft. Eine der Stärken des Stufenmodells liegt in dessen Eignung, die individuellen Stufen der Verhaltensänderung von Personen dynamisch zu berücksichtigen und somit auf die aktuellen individuellen Bedürfnisse einzugehen (Bamberg, 2015).

4.2 Didaktische Orientierung: Kritisch-konstruktive Didaktik

Didaktik als „*Theorie und Praxis des Lernens und Lehrens*“ (Jank und Meyer, 1991, S.14) hilft Lehrenden dabei ihren Unterricht zu rahmen und zu reflektieren. Eine Verbindung zu didaktischen Modellen kann die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen optimieren und Unterricht legitimieren (Hinz et al., 2016). Didaktisches Handeln steht für

„ein planvolles, absichtsgeleitetes, also zielgerichtetes und methodisch reflektiertes, professionalisiertes Tun innerhalb einer pädagogischen Institution“ (ebd., S.26).

Die kritisch-konstruktive Didaktik stellt eine Weiterentwicklung der bildungstheoretischen Didaktik Wolfgang Klafkis dar, welche er bereits in den 1950er Jahren entwickelt hatte. Gründe zur Modernisierung seiner Theorie sind vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Umbrüche und globaler Protestbewegungen gegen autoritäre Denkmuster zu finden. Die gesellschaftspolitischen und wirtschaftlichen Systeme wurden von vielen Studierenden ebenso radikal hinterfragt wie auch die existenten Bildungssysteme. 1985 veröffentlichte Klafki seine *„Neue[n] Studien zur Bildungstheorie und Didaktik“* (Koch-Priewe et al., 2016) und machte aus seinem *„bildungsbürgerlich-konservativ interpretiert[en] (...), ein hochpolitisches, kritisches Programm“* (Jank und Meyer, 1991, S.230). In der kritisch-konstruktiven Didaktik sind nunmehr die Selbstbestimmungs-, Mitbestimmungs- und Solidaritätsfähigkeit der Maßstab bei der Vorbereitung didaktischer Pläne und nicht mehr vorgegebene Lehrpläne eines tradierten Bildungskansons (Jank und Meyer, 1991). Die Kennzeichnung „kritisch“ bezieht sich direkt auf das Ziel, Lernende zu *„wachsender Selbstbestimmungsfähigkeit, Mitbestimmungsfähigkeit und Solidaritätsfähigkeit [zu befähigen]“* (Klafki, 1995, S.95). Diese Grundlage ist entscheidend, um gesellschaftliche Bemühungen zur Demokratisierung voranzutreiben und um Veränderungsprozesse anstoßen zu können. Die Kennzeichnung „konstruktiv“ bezieht sich *„auf den durchgehenden Praxisbezug (...), auf das Handlungs-, Gestaltungs- und Veränderungsinteresse, das für diese didaktische Konzeption konstitutiv ist“* (Klafki, 1995, S.95). Bildung wird unter der kritisch-konstruktiven Prämisse als Allgemeinbildung bezeichnet und bedeutet *„ein geschichtlich vermitteltes Bewusstsein von zentralen Problemen der gemeinsamen Gegenwart und der voraussehbaren Zukunft gewonnen zu haben, Einsicht in die Mitverantwortlichkeit aller angesichts solcher Probleme und die Bereitschaft, sich ihnen zu stellen und am Bemühen um ihre Bewältigung mitzuwirken.“* (Klafki, 2007, S.56). Lernende gelten demnach als allgemeingebildet, wenn (i) sie ein Bewusstsein für Probleme erlangt haben, (ii) sie wahrnehmen, dass sie mitverantwortlich für die Bewältigung dieser Probleme sind und (iii) sie bereit sind an ihrer Bewältigung mitzuwirken. Zentral für Allgemeinbildung ist das eingeführte Konzept der sogenannten Schlüsselprobleme, die Klafki als *„Brennpunkte gegenwärtiger und zukünftiger gesellschaftlicher nationaler und globaler Entwicklung [versteht]“* (Jank und Meyer, 1991, S. 231). Ein exemplarisches Schlüsselproblem ist z.B. das Umweltproblem, als *„die Frage nach der Zerstörung oder Erhaltung der natürlichen Grundlagen menschlicher Existenz und damit nach der Verantwortbarkeit und Kontrollierbarkeit der wissenschaftlich-technologischen Entwicklung“* (Jank und Meyer, 1991, S.232). Jeder Mensch sollte sich im Bildungsgang mit mindestens einigen dieser exemplarischen Zentralprobleme beschäftigen haben (Klafki, 2007): *„Verbindlich daran ist die Anforderung, problemsichtig zu werden, ein differenziertes Problembewusstsein zu gewinnen; hingegen kann es nicht um die Festlegung auf eine einzige Sichtweise und einen bestimmten der in der Diskussion befindlichen Problemlösungsvorschläge gehen – das wäre mit dem Anspruch auf Entwicklung der Selbstbestimmungsfähigkeit unvereinbar. Vielmehr gilt es, im exemplarischen Unterricht jeweils einige historische Wurzeln solcher Probleme aufzudecken, einige der zentralen, unterschiedlichen Problemlösungsvorschläge und die dahinterstehenden Interessenperspektiven und Einschätzungen aufzuklären, emotionale Ansprechbarkeit – als problemsichtige Sensibilität – auszubilden und erste Handlungserfahrungen und -fähigkeiten zu entwickeln“* (Klafki, 2007, S.62). Um an der Bewältigung von Problemen mitwirken zu können, müssen Lernende demnach

Erfahrungen und Fähigkeiten erworben haben, die sie zum Handeln befähigen. Grundlegende Einstellungen und Fähigkeiten zu vermitteln ist Auftrag eines auf Probleme ausgerichteten Unterrichts (Jank und Meyer, 1991). Klafki (2007) geht es besonders um Kritikbereitschaft und -fähigkeit, Argumentationsbereitschaft und -fähigkeit, Empathie im Sinne der Fähigkeit und die Bereitschaft und Fähigkeit zu vernetzendem Denken.

Charakteristika der kritisch-konstruktiven Didaktik lassen sich noch heute an Schulen in vielen Lehrplänen unterschiedlichster Fächer wiederfinden (Koch-Priewe et al., 2016). Auch im Anwendungskontext Bildung für nachhaltige Entwicklung lassen sich Schnittstellen zur kritisch-konstruktiven Didaktik ausfindig machen. So orientieren sich Stengel et al. (2008) in ihrem Bildungs- und Kommunikationskonzept an dem Konzept der Schlüsselprobleme, die sie als epochaltypische Nachhaltigkeitsprobleme kennzeichnen. In ihren insgesamt sechs jeweils zweigeteilten Lehrmodulen werden zunächst Fakten und Informationen zu diesen Problemen vermittelt, bevor die Lernenden zur Teilnahme an praktischen Übungen eingeladen werden. Vordergründig geht es in der Ausarbeitung darum, die Stränge der pädagogischen Kompetenzforschung und die umweltpsychologische Theorieentwicklung zu integrieren. Die Autor*innen beziehen sich auf alle Phasen des Handlungsmodells von Matthies (2005) und ordnen diesen verschiedene Kompetenzkonzepte zu. Das übergeordnete Ziel des Bildungsprogrammes ist es, die *„Teilnehmenden durch ihre Mitwirkung an den didaktischen Übungseinheiten sowohl intrinsisch als auch extrinsisch zu nachhaltigeren Handlungsweisen zu bewegen und somit die Barrieren zwischen Nichtwissen und Handeln überbrücken zu können“* (Stengel et al., 2008, S.41).

Auch in der Arbeit von Bliesner et al. (2014) lassen sich Merkmale der kritisch-konstruktiven Didaktik wiederfinden. Die Autor*innen beziehen sich unmittelbar auf das Perspektivschema zur Unterrichtsplanung. Außerdem kennzeichnen sie das Thema der Ressourceneffizienz und den Erhalt von Ressourcen als exemplarisches epochaltypisches Schlüsselproblem. Sie präsentieren ihre Methode der offenen didaktischen Erschließung, um Menschen für einen verantwortungsvollen Umgang mit natürlichen Ressourcen zu sensibilisieren. Die Methode findet Anwendung im „Qualifizierungsmodul RessourcenKultur“, welches sich an kleine und mittlere Unternehmen richtet (Bliesner und Rohn, 2013).

4.3 Design-Ansatz der Gestaltungsaufgabe: Speculative Design

In diesem Kapitel geht es um den Design-Ansatz Speculative Design. Mit Blick auf die designeigenen Qualitäten ließe sich anmerken, dass es sich bei Design immer um eine spekulative Aktivität handelt und es sich mit Blick auf die Wortzusammensetzung um einen Pleonasmus handelt. Dem ist nicht zu widersprechen. Design gilt als immanent zukunftsweisend: *„Although designing happens now, it tries – by means of various methodological approaches – to include future developments“* (Jonas, 2007, S.1374). Design ist insofern auch immer spekulativ. Außerdem ist eine ausgeprägte Einbildungskraft wesentlich für Design: *„Design takes place in the world of imagination, where one invents and manipulates ideas and concepts instead of the real thing – in order to prepare the real intervention“* (Rittel, 1987, S.1). Der Begriff Einbildungskraft, auch als Imagination bezeichnet, kann charakterisiert werden als *„speculative mental state“* (Kind, 2007, S.3). Um der Frage, ob sich dieser Design-Ansatz rechtfertigt, nachzugehen, werden nachfolgend kurz die Eigenschaften und dessen Hintergründe beschrieben.

Im Kern geht es im Speculative Design nicht darum, Produkte zu gestalten, die für den Markt bestimmt sind. Vielmehr sollen Menschen durch die gestalteten Konzepte zum Denken, Fragen und Diskutieren angeregt werden (Erlhoff und Marshall, 2008). In ihrem „A/B Manifest“ verweisen Dunne und Raby (2013) auf die wesentlichen Unterschiede zwischen Speculative Design und Engineering Design. Im Speculative Design wird Design demnach eher als Medium genutzt, um über Probleme aufzuklären und weniger um Probleme zu lösen. Der Ansatz ist kritisch, provokativ und soll die Zielgruppe zum Nachdenken anregen. In der Vergangenheit haben sich weitere Gestaltungsansätze entwickelt, die dem Speculative Design nahestehen. Sie lassen sich nicht eindeutig voneinander abgrenzen (Auger, 2013). Hierzu zählen insbesondere Critical Design (Dunne und Raby, 2021) und Design Fiction (Bleecker, 2009). Auch das für die Zukunftsforschung genutzte Scenario Planning (Amer, 2008) zeigt insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung alternativer qualitativer Szenarien Ähnlichkeiten auf. Die sprachlichen Zusätze „Speculative“, „Critical“ und „Fiction“ unterstreichen die eingangs als Denkrichtung ausgewiesene innere Haltung der Ansätze gegenüber Design, die als solches nicht gänzlich neu sind. Bereits in den 1970er Jahren entwickelte sich in Italien das gesellschaftskritische Radical Design. Die Protagonist*innen rund um die Gruppen Archizoom, Superstudio und Strum und nicht zuletzt der Designer Ettore Sottsass vertraten eine äußerst kritische Einstellung gegenüber klassischen Industrieprodukten und entwickelten deshalb eine alternative Sichtweise auf Architektur und Design (Erlhoff und Marshall, 2008; Bürdek, 2005). Die nachfolgenden Ausführungen zum Ansatz Speculative Design beziehen sich gleichermaßen auf die Ansätze Critical Design und Design Fiction und sollen zur Schärfung des Ansatzes beitragen. Grund für die Fusion aller drei Ansätze ist ihre insgesamt große Ähnlichkeit (Johannessen et al., 2019). Auf die Darstellung feiner Differenzen wird an dieser Stelle verzichtet.

4.3.1 Design-Prozess und Schlüsselemente im Speculative Design

Dunne und Raby (2013) folgend handelt es sich bei Speculative Design eher um eine Position oder Haltung als um eine Methode. Dennoch lassen sich in der Literatur verschiedene projektspezifische Design-Prozesse finden.

Ein erstes Beispiel geht aus der Arbeit von Johannessen et al. (2019) hervor. Die Autor*innen fassen die beiden Ansätze Speculative Design und Critical Design zunächst aufgrund ihrer großen Ähnlichkeit unter dem Begriff „Speculative and Critical Design“ zusammen. Dann präsentieren sie auf Literaturbasis einen dreistufigen Design-Prozess, in dem es als erstes darum geht, einen Kontext zum Debattieren zu definieren. Typische Themen beziehen sich auf zeitgenössische und ethische Fragen, die z.B. durch neuartige Technologien angestoßen werden. Als zweites werden Probleme ausfindig gemacht und die Themen untersucht. Grundlegend sind sogenannte „Was wäre, wenn?-Fragen“, um von Problemen zu Szenarien zu gelangen. Als drittes werden die Szenarien als Narrative, Objekte oder eine Kombination aus beiden materialisiert. Die Objekte, in Anspielung an das Bühnenbild in Film oder Theater auch als Requisiten bezeichnet, können physischer oder digitaler Natur sein und müssen nicht zwangsläufig funktionieren. Gleichzeitig sollten sie zwecks Glaubwürdigkeit ausreichend detailliert gestaltet sein. Der Gestaltung sind grundsätzlich keine Grenzen gesetzt. Beachtet werden sollte, dass die Narrative provozierend genug sind, um die Zielgruppe zu einem subjektiven und objektiven Diskurs anzuregen, der sich auf das eingangs bezogene Thema bezieht.

Ein weiterer Prozess wird von Markussen und Knutz (2013) beschrieben. Sie beziehen sich in ihren Ausführungen auf den Ansatz Design Fiction und präsentieren eine vierstufige

Methode, um diesen Ansatz anzuwenden. Grundlage ist ein Workshop mit einer Gruppe von Design-Student*innen, die sich mit dem Roman eines dänischen Buchautors, in dem es um eine dystopische Zukunft Dänemarks geht, auseinandersetzen. Im ersten Schritt, der Schreibphase, geht es darum, ein kurzes Szenario zu einer eigenen Erfahrung aus der Kindheit zu schreiben und diese in den Kontext des Romans zu setzen. Im zweiten Schritt werden auf Basis des kurze Szenarios verschiedene „Was wäre, wenn?-Fragen“ entwickelt. Die auf diese Weise formulierten Szenarien handeln von einer fiktiven Gesellschaft mit utopischen oder dystopischen Qualitäten. Unterstützt werden die Ausführungen von leitenden Grundregeln, die es bei den Ausführungen zu beachten gilt. Im dritten Schritt geht es um die Visualisierung der erschaffenen Szenarien. Die Studierenden sollen Storyboards zeichnen, Objekte konstruieren und Interaktionen mitdenken, die in der fiktiven Welt geschehen. Für die genaue Umsetzungsform gibt es keine Vorgaben. Vielmehr obliegt sie den Entscheidungen der Studierenden und ist deshalb abhängig von ihren jeweiligen Kompetenzprofilen. Im letzten Schritt geht es darum, ein ausgewähltes Konzept weiter zu vertiefen, um daraus einen Prototyp zu gestalten. Weitere Design-Prozesse werden beispielsweise in den Arbeiten von Tsekleves et al. (2020), Dong et al. (2020) und Lindley und Coulton (2015) beschrieben.

Um die Merkmale bzw. Schlüsselemente von Speculative Design im Detail zu ergründen und um zu verstehen, welche Faktoren eine erfolgreiche Spekulation auszeichnen, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit eine systematische Literaturanalyse durchgeführt (von März bis Mai 2021), die sich an das Vorgehen von Kitchenham und Charters (2007) anlehnt.

Als erstes wurde über Google Scholar für den Zeitraum 2011 bis 2021 nach den Begriffen „speculative design“ und „design fiction“ gesucht. Die Kurzfassungen von 68 identifizierten Publikationen wurden gesichtet und hinsichtlich ihrer Relevanz gefiltert, sodass insgesamt 21 Publikationen verblieben. Auf dieser Grundlage wurden, in Anlehnung an die Methode Backward Snowballing (Wohlin, 2014), weitere 14 Publikationen zum bestehenden Literaturdeck hinzugefügt. Auf dieser Basis wurden schließlich 35 Publikationen analysiert. Insgesamt wurden 12 Schlüsselemente identifiziert und nach Autor*innen **(a)**, Erscheinungsjahr **(b)** und spezifischem Design-Ansatz **(c)** sortiert (siehe Abb. 9).

(a)	(b)	(c)	Objekte Soziale Praktiken Wissenschaftlich fundiert Realer Weltkontext Szenarien Narrative Co-Design Tropen „Was wäre, wenn?“ Extrapolation Mehrdeutigkeit Wahrnehmungsbrücke											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dunne and Raby	2001	speculative design	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kirby	2009	diegetic prototypes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bleeker	2009	design fiction	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sterling	2009	science fiction "design"	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bleeker	2010	design fiction	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Auger	2010	speculative design	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Johnson	2011	science fiction prototype	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Michael	2012	speculative design	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DiSalvo	2012	speculative design	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Markussen and Knutz	2013	design fiction	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Auger	2013	speculative design	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dunne and Raby	2013	speculative design	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hales	2013	design fiction	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Malpass	2013	speculative design	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Schäfer	2014	Design Fiction	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Blythe	2014	design fiction	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Auger	2014	speculative design	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Knutz et al.	2014	design fiction	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Lindley	2015	design fiction	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Lindley and Coulton	2015	design fiction	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mitrovic	2015	speculative design	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Wakkary et al.	2015	material speculation	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DiSalvo et al.	2016	speculative civics	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Flint	2016	Design Fiction	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Coulton et al.	2016	future oriented design practices	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Blythe and Encinas	2016	design fiction	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kind	2017	imagination	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Wong and Khovanskaya	2018	Speculative Design	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Galloway and Caudewell	2018	speculative design; design fiction	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Stals et al.	2019	Speculative Design	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Johannessen et al.	2019	Speculative and Critical Design	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fu and Zhu	2020	design fiction	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dong et al.	2020	design for the speculative future	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sustar et al.	2020	speculative design; design fiction	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tseklevs et al.	2020	speculative design	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Abbildung 9. Identifizierte Schlüsselemente des Ansatzes Speculative Design. Die Bedeutung der Schlüsselemente nimmt von links nach rechts ab (Häufigkeit). Eigene Abbildung.

Der Abbildung lässt sich entnehmen, dass sich Speculative Design durch folgende Schlüsselemente auszeichnet: Mindestens ein „Was wäre, wenn“-Szenario“ als grundlegendes Konstruktionselement (9) und eine darauf aufbauende, faktenbasierte Zukunftsgeschichte (Narration), die von alltäglichen Situationen in realen Lebenskontexten einer fiktiven Gesellschaft handelt (3, 4, 6). Darin enthalten sind soziale Praktiken (2), die sich aus der Interaktion von Menschen und tangiblen Objekten (1) ergeben (Bleeker, 2009). Für die Objekte kursieren unterschiedliche Begriffe: „physical object“ (Auger, 2013), „diegetic prototype“ (Kirby, 2010) oder „material assemblage“ (Hales, 2013). Für die Subjekte werden folgende Begriffe verwendet: „active agents“ (Mitrovic, 2015), „personas“ (Wakkary et al., 2015) oder „characters“ (Dunne und Raby, 2013). Die Szenarien basieren auf wissenschaftlichen Grundlagen und extrapolieren häufig eine technologische Entwicklung von der Gegenwart aus in Richtung Zukunft (4, 10). Speculative Design folgt häufig einem partizipativen Ansatz (7): Perspektiven der Wissenschaft (Dunne und Raby, 2013) werden ebenso berücksichtigt wie die Sichtweisen der Zielgruppe (Dunne und Raby, 2001). Weitere Elemente von Speculative Design sind Tropen, wie z.B. Ironie und Mehrdeutigkeit (8, 11). Sie werden verwendet, um vielfältige Interpretationen der gestalteten Fiktionen zu provozieren (Wakkary, 2015). Schließlich

wird versucht, sogenannte Wahrnehmungsbrücken zu erzeugen **(12)**, um die Zielgruppe möglichst wirksam anzusprechen (Auger, 2013).

Auf Basis der gesichteten Design-Prozesse und der beschriebenen Schlüsselemente lässt sich ein aggregierter Design-Prozess ableiten. Durchlaufen werden dabei die Schritte (i) „Was wäre, wenn?-Frage“ entwickeln, (ii) Szenario beschreiben und (iii) Objekt gestalten. Schoch et al. (2024) zeigen in ihrer Arbeit auf, wie dieser Design-Prozess als Grundlage für die Entwicklung von generativen Toolkits genutzt werden kann, in denen die Knappheit von Metallen und das Problem von geringen Metall-Recyclingraten thematisiert wird (*Anhang B.3*). Grundsätzlich haben generative Toolkits ihren transdisziplinären Hintergrund im Zusammenspiel von Design und Psychologie. Sie richten sich ursprünglich an Nichtdesigner*innen, um diese in kollaborativen Design-Prozessen (Sanders und Sanders, 2008) dabei zu unterstützen, ihre Gefühle, Ideen und Träume über zukünftige Nutzungsszenarien besser zum Ausdruck bringen zu können (Brandt et al., 2013). Der Prozess des Machens wird dabei in der Regel angeleitet und erfolgt individuell oder in Kleingruppen. Der sprachliche Zusatz „generativ“ bezieht sich auf die generative Phase eines generativen Design-Prozesses und unterstreicht den zukunftsgewandten, explorativen und konstruktiven Charakter dieser Toolkits (ebd.). Generative Toolkits können aus mehreren einfachen Komponenten bestehen, die sich verschieden anordnen und miteinander kombinieren lassen. Normalerweise gibt es auch eine Arbeitsfläche, auf der gearbeitet werden kann. Die Gestaltung eines generativen Toolkits selbst ist grundsätzlich kontextabhängig (Sanders, 2000; Sanders und Stappers, 2014).

4.4 Zwischenfazit: Theoretische Grundlage der Projektmethode

Auf Grundlage der vorangegangenen Ausführungen zu den konzeptionellen Bausteinen lassen sich mit Blick auf das didaktisch-methodische Konzept der Projektmethode folgende Schlussfolgerungen ableiten.

Zu **Kap. 4.1**: Die Bedeutung des Normaktivationsmodells von Schwartz und Howard (1981) als Ausgangspunkt und grundlegende gestalterische Richtschnur der Projektmethode kann mit Blick auf das folgende Zitat verdeutlicht werden: „(...) *norm activation theory focuses on the processes of the activation of moral norms and their transformation into action*“ (Matthies et al., 2006, S. 93). Die im Sinne Weinerts (2014) beschriebene Handlungskompetenz kann dem Zitat folgend als ultimatives Ziel der Projektmethode charakterisiert werden, liegt in Gänze jedoch außerhalb ihres Rahmens, geht es doch darum, die motivationale Grundlage für potenzielle Handlungen im Sinne einer Problemlösung zu legen. Umweltfreundliche Handlungen werden nicht nur von internen, sondern auch von externen Faktoren beeinflusst, zu denen z.B. soziale und ökonomische Motive zählen (Schwartz und Howard, 1981; Ajzen, 1985; Kollmuss und Agyeman, 2010; Matthies, 2005; Bamberg, 2013). Angenommen wird, dass sich derartige externe Faktoren innerhalb der Projektmethode nur unzulänglich adressieren lassen und es hierfür anderer Formate bedarf, wie z.B. zeitlich länger angelegter Praktika oder Projekten mitsamt Unternehmenskooperationen.

Zu **Kap. 4.2**: Offenkundig decken sich die Ausprägungen der drei relevanten Kognitionen der ersten Aktivierungsphase des von Schwartz und Howard (1981) entwickelten Normaktivationsmodells und dessen Weiterentwicklung von Matthies (2003) mit den Ausführungen von Klafki (2007), der das Problembewusstsein, die Wahrnehmung der Mitverantwortlichkeit und die Bereitschaft des Mitwirkens von Individuen in den Mittelpunkt seiner kritisch-konstruktiven Didaktik rückt. Aspekte, wie beispielsweise der

Fokus auf epochaltypische Schlüsselprobleme, der kritischen, als auch konstruktiven Dimension und das Prinzip der Handlungsorientierung, zeigen, dass Klafkis' kritisch-konstruktive Didaktik die Möglichkeit einer erweiterten didaktischen Rahmung für die Projektmethode bietet.

Zu **Kap. 4.3**: Die Produktorientierung als zentrales Merkmal der Projektmethode rückt die Bedeutung der Gestaltung von konkreten Handlungsprodukten in den Vordergrund, um neu erlernte Kenntnisse und Einsichten zu trainieren. Zwar widerspricht Speculative Design dem Auftrag des Problemlösens (Dunne und Raby, 2013), wie es in Projekten vorgesehen ist (Gudjons, 2014), doch kann die kritische Ausprägung nützlich sein, um den Studierenden einen spekulativen Gestaltungsraum zur Verfügung zu stellen, in dem sie sich zunächst weitestgehend ohne externe Faktoren frei mit zuvor geförderten fachlichen Kompetenzen auseinandersetzen und sich dabei kritisch gegenüber vorab aufgezeigten Problembereichen positionieren. Als zentral kann dabei der über den Design-Prozess angestoßene subjektive Diskurs charakterisiert werden, um die Zielgruppe auf dem Weg zur Aktivierung der persönlichen Norm zu unterstützen. Generative Toolkits eröffnen die Möglichkeit, den Prozess des Machens anzuleiten und zu unterstützen.

Nach der kurzen Analyse zur Bedeutung der konzeptionellen Bausteine für das didaktisch-methodische Konzept der Projektmethode stellt sich nun die Frage, wie sie strukturell miteinander verbunden werden sollten, um dem Ziel der Motivationssteigerung für ein verbessertes Metallrecycling nachkommen zu können.

Teil IV: Anwendungsorientierte Vorgehensweise

EVALUATION UND KOMMUNIKATION

5 Durchführung und Evaluation der Projektmethode

Die bisherige theoretische Auseinandersetzung mit der Projektmethode mündet nun in die Beschreibung ihrer praktischen Durchführung und Evaluation, welche den Design-Prozess der vorliegenden Arbeit abschließt (*siehe Abb. 10*). Notwendig ist hierfür zunächst, um einen theoretischen Rahmen zu schaffen, eine Beschreibung des didaktisch-methodischen Konzepts der Projektmethode, in welches die später beschriebenen Ergebnisse aus der Evaluation eingeordnet werden können (*siehe Kap. 6*).

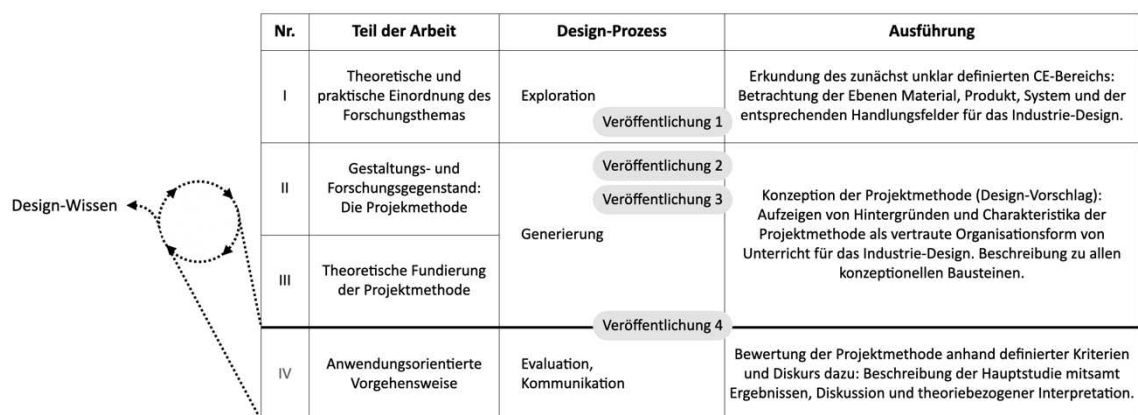


Abbildung 10. Vierter Teil des in vier Teilen strukturierten Aufbaus der vorliegenden Arbeit gemäß eines generischen Design-Prozesses nach Cross (2021). Eigene Darstellung.

Es existieren insgesamt zwei Versionen von jeweils einmal durchgeführten Projektmethoden, d.h. es gibt zwei empirische Teile **(B)** und **(C)** (*siehe Abb. 11*), die

zusammenfassend als Hauptstudie charakterisiert werden. Vorangestellt ist den beiden eine Version **(A)**, die sich noch wesentlich unterscheidet und deren empirische Daten nicht im Fokus der vorliegenden Arbeit stehen. Sie ist gewissermaßen der Ausgangspunkt und wird deshalb als Vorstudie bezeichnet.

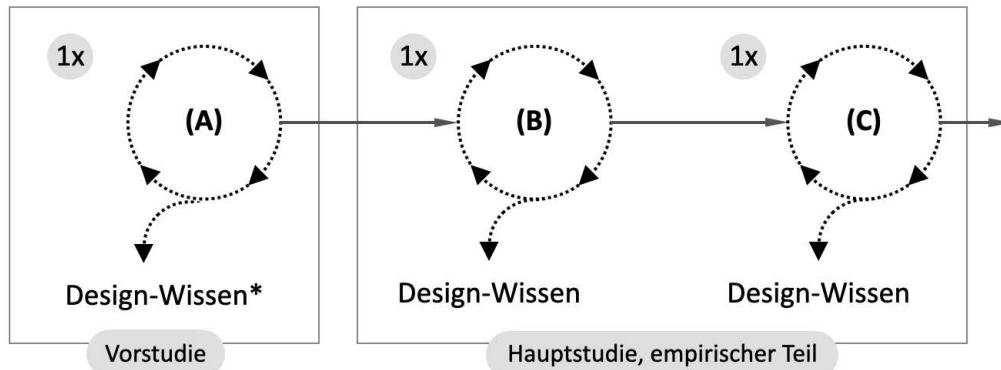


Abbildung 11. Die Hauptstudie besteht aus zwei Versionen (B) und (C). Beide zusammen bilden den empirischen Teil der vorliegenden Arbeit. Ausgangspunkt ist die Vorstudie (A), *deren empirische Daten nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit sind. Eigene Darstellung.

Bei den beiden Versionen der Hauptstudie zeigen sich Unterschiede. Während die erste Version der Projektmethode noch, wie die späteren Ausführungen zeigen werden, über ein gesamtes Semester verläuft **(B)**, handelt es sich bei der zweiten Version, wie schon bei der Vorstudie, um eine Projektwoche im wortwörtlichen Sinne **(C)**. Die Entwicklung der Projektmethode ist keineswegs abgeschlossen und ließe sich selbstverständlich über den Rahmen der vorliegenden Arbeit hinaus fortführen (siehe Kap. 8). Die Versionen **(B)** und **(C)** der Projektmethode unterscheiden sich nicht grundlegend in ihrer theoretischen Basis. Feine Unterschiede liegen vielmehr in einer Optimierung des didaktisch-methodischen Konzepts und der darin enthaltenen Evaluation. Dies wird nicht nur dem Grundgedanken von Design-Forschung gerecht, Design-Wissen zu generieren und dieses für Optimierungszwecke zu nutzen (Jonas, 2004), sondern entspricht auch dem wissenschaftstheoretischen Grundprinzip der Zirkularität und Flexibilität, welches als Qualitätsmerkmal in der qualitativen Forschungspraxis ein schrittweises Nachkorrigieren und Beheben von entdeckten Ungenauigkeiten durch den Forschenden vorsieht (Döring, 2023).

Der folgende Abschnitt widmet sich der Beschreibung der Vorstudie, bevor es im Anschluss um Einblicke in die Hauptstudie geht (siehe Kap. 5.2).

5.1 Die Vorstudie

Die Vorstudie kann als erste Erprobung der Projektmethode aufgefasst werden, um die sich anschließende Hauptstudie zu entwickeln. Abgesehen von den vorangegangenen Ausführungen der vorliegenden Arbeit zu den theoretischen Grundlagen, wurde die Konzeption der Projektmethode zusätzlich von weiteren praktischen Momenten entlang der generativen Phase des Design-Prozesses unterstützt, die hiermit kurzgefasst beschrieben werden sollen:

- Zunächst lässt sich auf die vorangegangenen Veröffentlichungen verweisen (siehe Kap. 1.2), die inhaltlich wie auch methodisch den Weg für die Projektmethode geebnet haben und für sich genommen eigene Vorstudien darstellen (Anhang B.1-3). Das überwiegend konstruktive Feedback aus den Kommentaren der Peer-

- Review-Verfahren haben dem Design-Prozess der Projektmethode Impulse gegeben und neue Anregungen geschaffen
- Zusätzlich sind die vielen von der Deutsche Bundesstiftung Umwelt organisierten treffen und die Einbindung in die Gruppe zum Stipendenschwerpunkt Circular Economy hervorzuheben (<https://www.dbu.de/promotionsstipendium/20020-689/>, 17.1.2025). Alle Treffen wurden von visuell erweiterten Vorträgen begleitet in denen die Stipendiat*innen jeweils ihren aktuellen Stand zu ihren Promotionsvorhaben vorgetragen und diskutiert haben. Ein besonderes Ereignis war die Teilnahme an der Tagung „Metals matter! Metalle nachhaltiger nutzen“ vom 05.-07.11.2021 in der Evangelischen Akademie Tutzing. Es gab die Möglichkeit auf Expert*innen, wie z.B. Prof. Dr. Armin Reller, Prof. Dr. Markus Reuter, Dr. Britta Bookhagen, Dr. Christian Hagelüken oder Prof. Dr. Klaus Kümmerer, zu treffen und sich mit ihnen auszutauschen (<https://www.dbu.de/termine/metals-matter-metalle-nachhaltiger-nutzen/>, 17.1.2025). Alle Bildschirmpräsentationen können bei Bedarf beim Autor der vorliegenden Arbeit nachgefragt werden.
 - Schließlich kann der fachliche und wissenschaftliche Austausch während der gesamten Promotion angeführt werden, der beispielsweise über die Teilnahme an Promotionskolloquien erfolgte. Treffen gab es auch organisiert von der Universität Wuppertal z.B. am 01.12.2021 und am 29.01.2021 und von der Abteilung Nachhaltiges Produzieren und Konsumieren am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH am 11.-12.02.2021 und 10.-11.02.2022.

Obwohl an dieser Stelle nicht alle Einflussfaktoren aufgegriffen und detailliert beschrieben werden können, ist insgesamt festzuhalten, dass der Design-Prozess der Projektmethode in vielerlei Hinsicht informiert und beeinflusst wurde. Ein entscheidender Moment war dabei die Vorstudie der Projektmethode, die vom 13.02.-17.02.2023 im Rahmen der alljährlich stattfindenden Frühjahrssession an der Burg Giebichenstein Kunsthochschule Halle unter der Leitung des Autors der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurde (<https://www.burg-halle.de/en/article/details/a/rueckblick-fruehjahrssession-material-digital-2023>, 23.1.2025). Angeboten wurde sie als Projektwoche mit dem Namen „Metals, Futures, Prototypes“, zu deren Teilnahme sich insgesamt acht Studierende zwischen dem ersten und dem neunten Fachsemester registriert hatten. Die Zielgruppe hatte ihren fachlichen Hintergrund überwiegend im Industrie-Design. Über das Sustain Lab der Kunsthochschule wurde die Infrastruktur, wie z.B. Räumlichkeiten und IT-Technik, zur Verfügung gestellt (*siehe Abb. 12*).

Das grundlegende Ziel war es, begleitet von der übergeordneten Forschungsfrage „Wie lassen sich gestalterische Verhaltensweisen zugunsten einer reduzierten Metaldissipation verändern?“, die Normaktivierung der Zielgruppe für das Phänomen der Metaldissipation zu aktivieren. Wie auch bei der späteren Hauptstudie, wurde ihre methodische Struktur an der Normaktivationsphase des Einflusschemas von Matthies (2003) und Matthies (2005) ausgerichtet und im Rahmen der Evaluation wurde über eine anonymisierte schriftliche Befragung mit Hilfe der Software Google Forms (Google Ireland Limited, o.D. a) der Grad der Ausprägung zur Aktivierung der jeweiligen drei relevanten Kognitionen inklusive Begründung seitens der Teilnehmer*innen am Ende der vier fachlichen Teile ermittelt. Der zur Umfrage führende QR-Code war direkt in die jeweiligen generativen Toolkits integriert und ebenso in die Bildschirmpräsentation des visuell erweiterten Vortrags eingebettet. Die Datenerhebung erfolgte an einem Messzeitpunkt unmittelbar nach der jeweiligen Bearbeitung der vier Gestaltungsaufgaben.

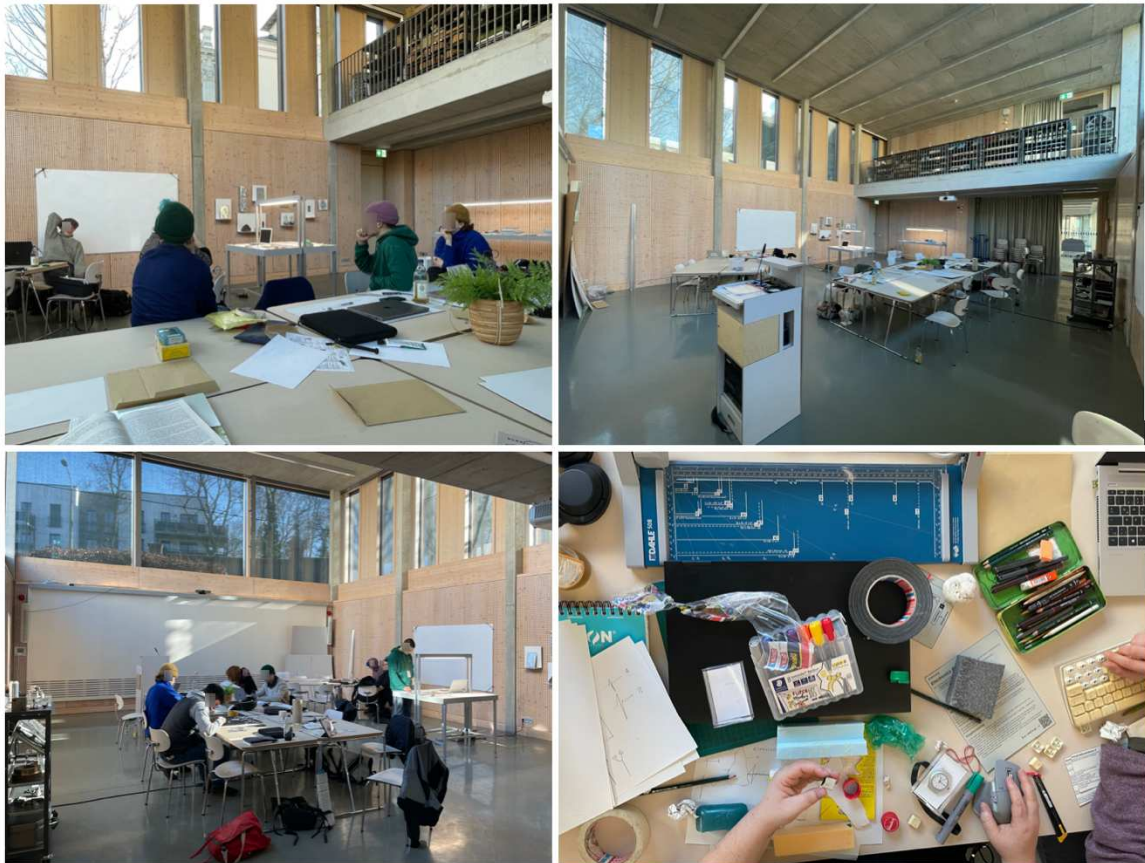


Abbildung 12. Die Projektwoche: Einblicke in den Prozess. Eigene Darstellung.

Neben dem Fokus auf die drei relevanten Kognitionen wurde ebenso nach den Potenzialen der vier generativen Toolkits gefragt. Die Fragen des Messinstruments entsprachen denen der Hauptstudie bereits weitestgehend (*siehe Anhang A.2 und A.3*). Die schriftliche Befragung der Evaluation wurde erweitert, indem Einzelinterviews am Ende des Werkstattseminars mit vier Studierenden geführt wurden. Die darin verankerten offenen Fragen orientierten sich an der Struktur der Fragebögen, adressierten jedoch die gesamte Projektwoche. Zwar war die Motivationssteigerung seitens der Zielgruppe das übergeordnete Ziel der Vorstudie, doch wurde die methodische Struktur noch deutlich weniger systematisch an der Normaktivationsphase ausgerichtet, als es bei der Projektmethode der Hauptstudie der Fall gewesen ist. Grundlegender waren noch die fünf Grundfragen der didaktischen Analyse von Wolfgang Klafki (1962), mit denen der Bildungsgehalt der Projektwoche erarbeitet und reflektiert wurde.

In vielerlei Hinsicht trug die Vorstudie dazu bei, den Fortgang des Promotionsvorhabens wesentlich zu beeinflussen. Als erstes lässt sich notieren, dass die Vorstudie dabei unterstützte, den Fokus von der Entwicklung der generativen Toolkits zu lösen und sich auf ihre Integration in eine Unterrichtseinheit zu verschieben. Erstmals wurde ein entsprechendes didaktisch-methodisches Konzept erstellt, das im Rahmen der Hauptstudie weiterentwickelt wurde. Darüber hinaus hatte sich die Vorstudie im Sinne eines Pretests dafür angeboten, alle eingesetzten Instrumente zur Datenerhebung erstmalig zu testen und sie bei entsprechenden Qualitätsmängeln zu verbessern. Gleiches galt z.B. für die gestellten Gestaltungsaufgaben mitsamt der integrierten generativen Toolkits und auch für die bebilderten Bildschirmpräsentationen inklusive der

korrespondierenden Skripte. Ebenso konnte die Forschungsfrage der Projektwoche geschärft wie auch die fachlichen Teile hinsichtlich systematischer Anbindung an die drei relevanten Kognitionen der Normaktivationsphase klarer ausgearbeitet werden.

Der Kern der methodischen Struktur der Vorstudie war über einen Zeitraum von vier Tagen angelegt (*siehe Abb. 13*), wobei alle im Rahmen der freien Arbeitsphasen generierten Ergebnisse am fünften Tag unter Teilnahme von externen Gästen in größerer Runde präsentiert wurden. Die ersten methodischen Bausteine der Vorstudie wurden von zwei Impulsvorträgen begleitet, jeweils untermalt von einer Bildschirmpräsentation, die von den fachlichen und organisatorischen Perspektiven der Projektwoche handelten. Es wurden infolgedessen die vier fachlichen Teile mitsamt der entsprechenden freien Arbeitsphasen durchgeführt. Die Gestaltungsaufgaben wurden in Einzel- oder Teamarbeit bearbeitet.

	Seminarraum Bibliothek	Seminarraum Bibliothek	Seminarraum Bibliothek	Seminarraum Bibliothek	Seminarraum Bibliothek
	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4	Tag 5
	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
09:00 - 09:15		Input "Electronics Re-Design"	Input "Artefakte in postmetallischen Welten"	Input "Zukunftsarchäologie"	
09:15 - 09:30					
09:30 - 09:45					
09:45 - 10:00					
10:00 - 10:15					
10:15 - 10:30					
10:30 - 10:45		freie Arbeitsphase mit Tool 1	freie Arbeitsphase mit Tool 3 Teil 1	freie Arbeitsphase mit Tool 4	
10:45 - 11:00					
11:00 - 11:15					
11:15 - 11:30					
11:30 - 11:45					
11:45 - 12:00					
12:00 - 12:15		Mittagspause	Mittagspause	Mittagspause	
12:15 - 12:30					
12:30 - 12:45					
12:45 - 13:00					
13:00 - 13:15	Ankommen und kurze	Kurzpräsentation der		Kurzpräsentation der	
13:15 - 13:30	Vorstellungsrunde	Ergebnisse		Ergebnisse	
13:30 - 13:45	Input Block 1 Metalle,	Input "Closed-loops für			
13:45 - 14:00	Metallrecycling,	Legierungen?"			
14:00 - 14:15	Metallrecycling, Diskussion		freie Arbeitsphase mit Tool 3 Teil 2		
14:15 - 14:30	und Fragen				
14:30 - 14:45	Pause	freie Arbeitsphase mit Tool 2			
14:45 - 15:00	Input Block 2 Konzept der				
15:00 - 15:15	Werkstatt. Ziele, Methoden,				
15:15 - 15:30	Wünsche				
15:30 - 15:45	Organisatorisches und Fragen	Kurzpräsentation der	Kurzpräsentation der		
15:45 - 16:00		Ergebnisse	Ergebnisse	Einzelinterviews	

Abbildung 13. Die methodische Struktur der Projektwoche. Eigene Darstellung.

Die Studierenden wurden für ihre Arbeit an den Gestaltungsaufgaben von jeweils vier generativen Toolkits unterstützt. In der ersten Aufgabe mit dem Titel „Electronics Re-Design“ ging es darum, das Design eines gewählten IKT-Geräts dahingehend zu überdenken, dass der Anforderung des Material- und Produktrecyclings eine möglichst große Gewichtung zukommt. Das dazugehörige generative Toolkit und eine Auswahl an entwickelten Konzepten werden nachfolgend in *Abb. 14* dargestellt.

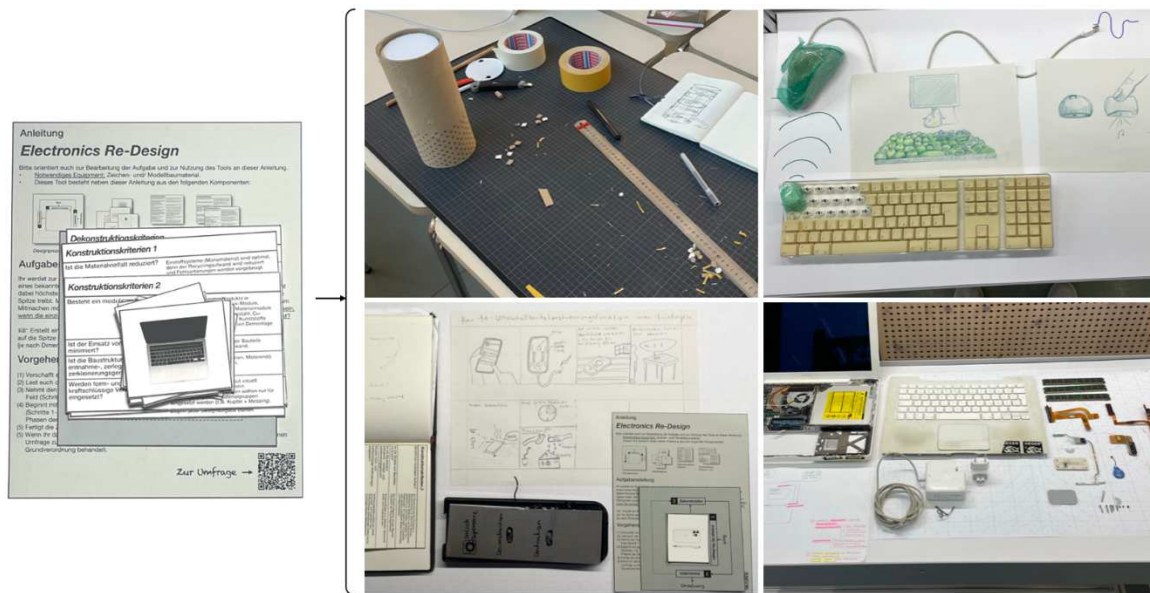


Abbildung 14. Das generative Toolkit (links) und Einblicke in die erstellten Konzepte. Eigene Darstellung.

In der zweiten Aufgabe mit dem Titel „Artefakte aus post-metallischen Welten“ ging es darum, explorative Szenarien und spekulative Artefakte für künftige Herausforderungen zu gestalten, in denen es das eine oder andere Metall nicht mehr gibt. In dem dazugehörigen generativen Toolkit gab es, neben der Anleitung und einer Auswahl an Metallen, einen Design-Prozess, der sich ganz wesentlich an den Schlüsselementen des Design-Ansatzes Speculative Design anlehnt (siehe Abb. 15). Eine leicht modifizierte Version des Toolkits und einige der erstellten Konzepte werden bereits bei Schoch et al. (2024) beschrieben (siehe Anhang B.3).



Abbildung 15. Das generative Toolkit und Einblicke in die erstellten Konzepte. Eigene Darstellung.

Die dritte Aufgabe mit dem Titel „Closed-loop für Legierungen?“ zeichnete sich durch einen analytischen Zugang aus. Die Studierenden wurden damit beauftragt, verschiedene Legierungen zu ihren entsprechenden recyclingmetallurgischen Pfaden zuzuordnen (siehe Abb. 16).

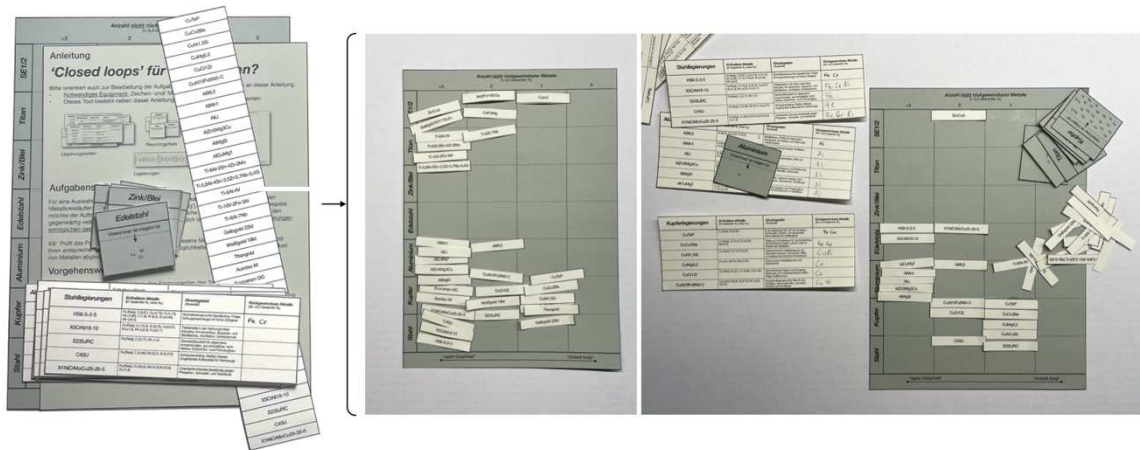


Abbildung 16. Das generative Toolkit und Einblicke in den Prozess der Aufgabenbearbeitung. Eigene Abbildung.

Die vierte Aufgabe mit dem Titel „Zukunftsarchäologie“ knüpfte an die zweite Aufgabe an. Die Studierenden sollten für ein vorab ausgewähltes spekulatives Artefakt eine Zukunftsvision entwickeln und diese mit einer entsprechenden Roadmap verknüpfen (siehe Abb. 17).

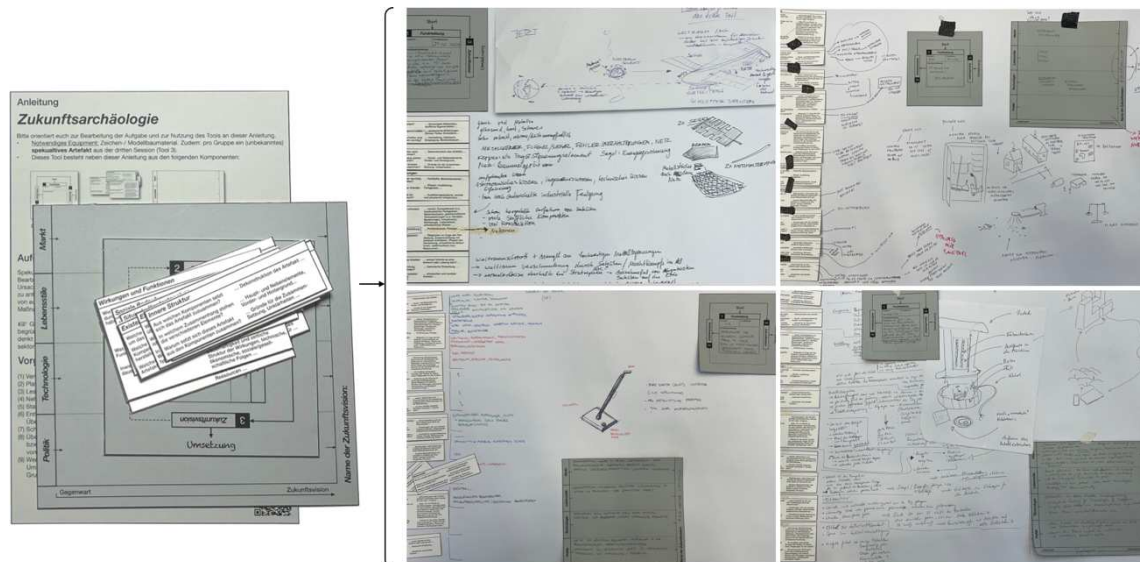


Abbildung 17. Das generative Toolkit und Einblicke in den Prozess der Aufgabenbearbeitung. Eigene Darstellung.

Im Anschluss an die Beschreibung der Vorstudie wird im Folgenden die Hauptstudie vorgestellt inklusive des didaktisch-methodischen Konzepts der Projektmethode und der Ziele wie auch des Designs der korrespondierenden Evaluation.

5.2 Die Hauptstudie

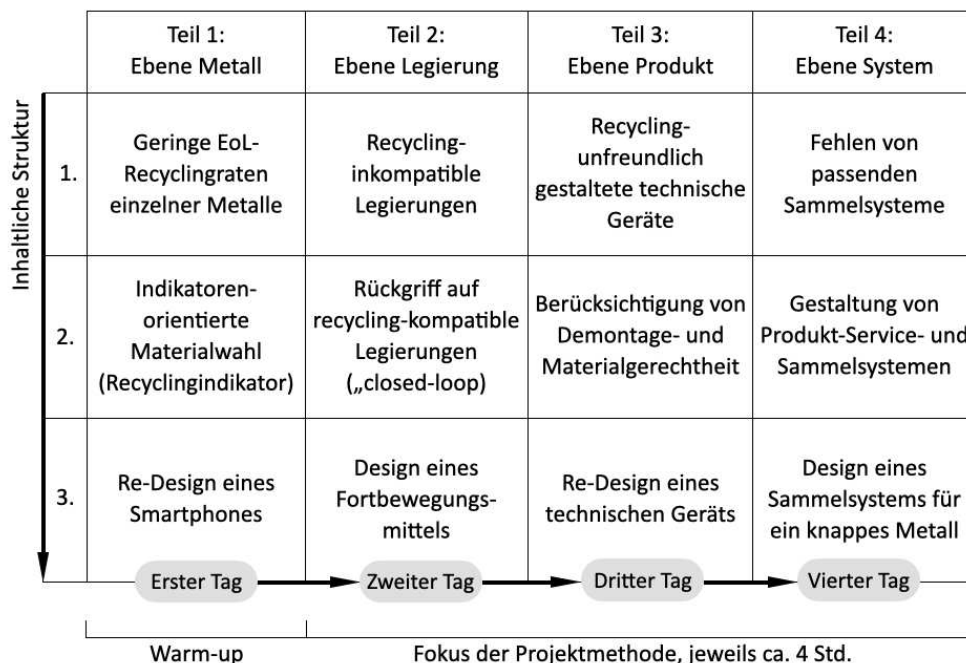
Zur Herleitung der Projektmethode geben bereits Schoch et al. (2025) einen kompakten Überblick, der an dieser Stelle nochmals um einige theoretische Perspektiven ergänzt wird. Danach bedarf es einer Spezifizierung der Zielausrichtung der Projektmethode und der entsprechenden Evaluation mitsamt der Begründung des gewählten Forschungsansatzes inklusive Studiendesign (siehe Kap. 5.2.2).

5.2.1 Das didaktisch-methodische Konzept

Um eine visuelle Zusammenfassung des didaktisch-methodischen Konzepts der Projektmethode zu zeichnen, ist der Rückgriff auf die drei Segmente **1) Fachliche Schwerpunktsetzung**, **2) Gestalterische Richtschnur** und **3) Methodische Struktur und Maßnahmen** erforderlich. Die Segmente werden zunächst im Einzelnen beschrieben, bevor sie im Anschluss in ein gemeinsames Schaubild integriert werden.

- 1) Fachliche Schwerpunktsetzung:** In der Projektmethode geht es inhaltlich um den Circular Economy-Bereich Metallrecycling, aufgeschlüsselt in vier verschiedene fachliche Teile (*siehe Kap. 2*). Der zeitliche Aufwand des zweiten, dritten und vierten fachlichen Teils von ca. vier Stunden (Std.) bezieht sich speziell auf Version **(C)** der Projektmethode, entspricht allerdings auch dem ungefähren Aufwand von Version **(B)**, die einer etwas anderen Rahmenplanung folgt. Die fachlichen Teile bauen gemäß der Logik von der Mikro- bis zur Makroebene aufeinander auf, lassen sich allerdings auch jeweils für sich und getrennt voneinander betrachten, weil sie jeweils spezifische Problembereiche adressieren (*siehe Abb. 18*).

1) Fachliche Schwerpunktsetzung¹



¹ hier nur grober Überblick.

Abbildung 18. Die fachliche Schwerpunktsetzung der Projektmethode als erstes Segment des didaktisch-methodischen Konzepts. Eigene Darstellung.

- 2) Gestalterische Richtschnur:** Für die Gestaltung der Projektmethode werden die Normaktivationsphase zur Aktivierung der persönlichen Norm (Schwartz und Howard, 1981) für Version **(B)** und das weiterentwickelte Einflusschema von Matthies (2003) und Matthies (2005) für Version **(C)** als Maßstäbe herangezogen (*siehe Abb. 19*). Die Projektmethode lässt sich demnach als sozialpsychologische Intervention charakterisieren, durchgeführt im universitären Kontext. Die Änderung der Gestaltungsrichtschnur vom ursprünglichen Modell (Schwartz und Howard, 1981) zum weiterentwickelten Einflusschema von Matthies (2003) und Matthies (2005) begründet sich durch den Umstand, dass das neuere Modell

speziell für den Umweltbereich und den Anwendungskontext entwickelt wurde, um „*systematisch Ideen für konkrete Maßnahmen zu generieren*“ (Matthies, 2005, S.76) und auf diese Weise umweltbewusstes Handeln herbeizuführen. Von dem Gebrauch des jüngeren Modells von Bamberg (2013), welches ebenfalls die persönliche Norm als zentralen Einflussfaktor aufgreift, wurde bei der Konzeption der Projektmethode hauptsächlich deshalb abgesehen, weil der Vorteil der individuellen Ausrichtung im Praxiskontext als zu aufwändig erachtet wurde: Mit Blick in das Modulhandbuch des Studiengangs, das keinerlei fachliche Vorerfahrung erkennen ließ, wurde die Annahme getroffen, dass sich die Zielgruppe durch einen überwiegend ähnlich niedrigen Kenntnisstand auszeichnet. Die bei Matthies (2005) veranschaulichte Anwendung des Modells zur Planung von Interventionen erschien mit Blick auf das Forschungsinteresse der vorliegenden Arbeit und auch aus forschungsökonomischen Gründen als angemessen und einfach anwendbar. Obwohl die kritisch-konstruktive Didaktik von Klafki (2007) nicht extra in die Abbildung des didaktisch-methodischen Konzepts aufgegriffen wird, dient sie der Projektmethode als erweiterte didaktische Rahmung, weil sie einfordert, Problemlagen und die Mitverantwortlichkeit daran wahrzunehmen wie auch die Bereitschaft zur Bewältigung dieser Problemlagen beizutragen. Das Prinzip der Handlungsorientierung und der damit einhergehende Praxisbezug wird mit der Kennzeichnung „konstruktiv“ deutlich (Klafki, 1995).

2) Gestalterische Richtschnur



²nach: Schwartz und Howard (1981);

³nach: Matthies (2003) und Matthies (2005).

Abbildung 19. Die gestalterische Richtschnur der Projektmethode als zweites Segment des didaktisch-methodischen Konzepts. Eigene Darstellung.

3) Methodische Struktur und Maßnahmen: In Anlehnung an Matthies (2003) und Matthies (2005) werden für die Projektmethode Maßnahmen gewählt, die an den drei relevanten Kognitionen der Normaktivationsphase anknüpfen, um eine Aktivierung des Gefühls der moralischen Verpflichtung herbeizuführen. Für die

Konzeption der Projektmethode wird die Informationsvermittlung als erste zentrale Interventionsidee gewählt. Es geht dabei um Kenntnisse und Einstellungen zum Umweltproblem und um den Einfluss des Industrie-Designs auf die vier dazugehörigen Problembereiche mitsamt möglicher Konsequenzen. Außerdem werden Best Practice-Beispiele vorgestellt. Diese gelten als wichtige Inspirationsquelle im Industrie-Design, insbesondere, wenn sie visuell dargestellt und kompakt beschrieben werden, wie die Arbeit von Lofthouse (2006) verdeutlicht. Weil sich nach Jank und Meyer (1991) die Unterrichtsmethode des Frontalunterrichts besonders dafür eignet, um Sach- bzw. Fachwissen zu vermitteln, wird für die Informationsvermittlung die informierende Darbietung (Wiechmann, 2016) gewählt, untermalt von einem ca. einstündigen visuell erweiterten Vortrag, vorgetragen durch Dozent*innen. Diese Vorgehensweise wird z.B. auch von Konietzko et al. (2020) gewählt, um mit Hilfe eines theoretischen Inputs in ihren Workshop einzuleiten und um über diesen Weg ihr Tool in den inhaltlichen Kontext einzubetten. Die methodische Struktur der vorliegenden Projektmethode beginnt mit einem ca. fünfminütigen Quiz. Die Studierenden werden gebeten anonym daran teilzunehmen, um sie primär für die fachlichen Schwerpunktsetzungen der Projektmethode zu sensibilisieren und ihren gedanklichen Einstieg zu erleichtern. Die Ergebnisse des jeweiligen Quiz werden im Anschluss nach und nach aufgedeckt und besprochen. Auf diese Weise erhalten die Studierenden die Möglichkeit, einen Überblick zum allgemeinen Wissensstand der Gruppe zu erhalten, ohne sich persönlich zu outen. Das Quiz wird mit der kostenfreien Software Google Forms (Google Ireland Limited, o.D. a) durchgeführt. Zugang erhalten die Studierenden, indem sie einen in die Bildschirmpräsentation integrierten QR-Code mit ihren Smartphones einscannen. Die QR-Codes sind zusätzlich in die Anleitung der zur Verfügung gestellten generativen Toolkits integriert (*siehe Kap. 5.2.1.1*). Die Quizfragen aus den jeweiligen Teilen der Projektmethode variieren je nach fachlicher Ausprägung und sind einsehbar im *Anhang A.1 (Tab. A.1)*.

Zu einem Bewusstsein über beherrschbare Handlungsalternativen, d.h. über eigene Fähigkeiten, sollen die Student*innen durch die Anwendung bzw. das Training ihrer zuvor angeeigneten fachspezifischen Kenntnisse und Einstellungen kommen. Die dazugehörige Gestaltungsaufgabe, die auf ca. zwei Std. ausgelegt ist, folgt dem Design-Ansatz Speculative Design und wird von einem generativen Toolkit unterstützt, zugeschnitten auf den jeweiligen Problembereich.

Ähnlich zu den bei Doğan et al. (2016) und Konietzko et al. (2020) beschriebenen Toolkits, knüpfen diese an die von Sanders und Stappers (2014) angedeutete frühe generative Phase von Design-Prozessen an, um bei der korrespondierenden ersten Ideengenerierung zu unterstützen. Dass sich dabei schnelle und einfache Skizzen als gestalterisches Mittel anbieten, um Design-Lösungen konzeptionell zwecks Dokumentation und Kommunikation festzuhalten, wird u.a. in den Ausführungen von Doğan et al. (2016) und McAloone (2007) ersichtlich, wie auch mit Blick auf die wesentlichen Kompetenzen des Designs (*siehe Kap. 1.2*).

Die Gestaltungsaufgaben der vier fachlichen Teile knüpfen jeweils an verschiedene exemplarische Fallbeispiele an, die von konkreten Metallen oder Produkten handeln. Ähnlich wie bei McAloone (2007), Tomkinson et al. (2008) und Schäfer und Richards (2014), gelten diese als Ausgangslage für die fortführende Aufgabenbearbeitung. Nach Abschluss aller vier Gestaltungsaufgaben werden die

Studierenden darum gebeten, an einer anonymen Online-Befragung teilzunehmen, die ein wesentliches Element der Evaluation darstellt (*siehe Kap. 5.2.2*). Alle vier fachlichen Teile münden schließlich in einer Ergebnispräsentation und Diskussion zu den gestalteten Lösungsvorschlägen in der Gruppe, was ca. eine Std. in Anspruch nimmt. Dies entspricht insbesondere dem von Jäger (1998) und Emer und Lenzen (2002) beschriebenen Projektschritt der Beurteilung der Problemlösung bzw. Präsentation und Auswertung, durch den die Studierenden die Möglichkeit erhalten ihre erlernten Kenntnisse, Einsichten und Fähigkeiten innerhalb der Gruppe zu teilen. Dass es sich dabei um einen üblichen Schritt im Projektkontext handelt, zeigen z.B. auch die Ausführungen von Leal Filho et al. (2016). Einen Überblick zu der methodischen Struktur und den verankerten Maßnahmen gibt *Abb. 20*.

3) Methodische Struktur und verankerte Maßnahmen

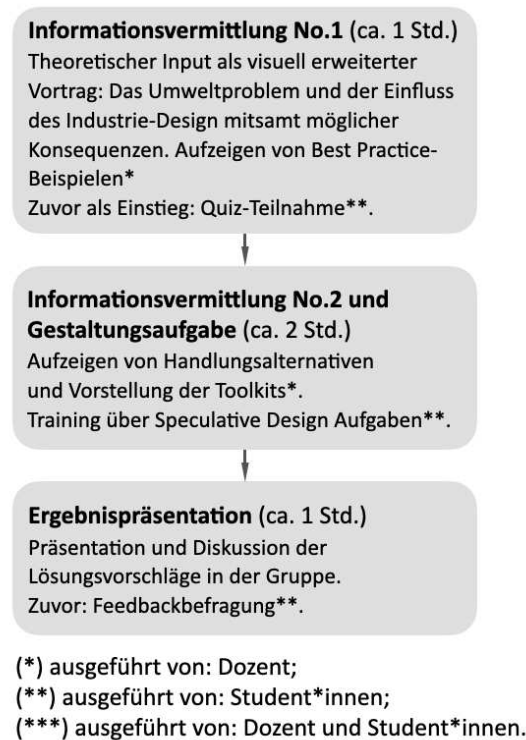


Abbildung 20. Die methodische Struktur und Maßnahmen der Projektmethode als drittes Segment des didaktisch-methodischen Konzepts. Eigene Darstellung.

Vor Beginn der Projektmethode wurden die Studierenden im Rahmen eines einmalig stattfindenden visuell erweiterten Vortrags mit den Hintergründen und Zielen der stattfindenden Projektmethode vertraut gemacht (Kick-off). Der Dozent (Verfasser der vorliegenden Arbeit) leitete ein in die übergeordnete fachliche Schwerpunktsetzung der Projektmethode und gab einen Überblick zu den Schlüsselementen und Zielen des angelehnten Design-Ansatzes Speculative Design. Dies war erforderlich, weil die Studierenden gemäß des Modulhandbuchs ihres Studiengangs (BUW, 2021) in ihrem bisherigen Studienverlauf noch keine offiziellen Berührungspunkte zu Speculative Design hatten. Im Rahmen des Kick-offs wurde ebenso aufgezeigt, was es mit den verankerten Toolkits auf sich hat. Nach der Klärung aller offenen Fragen wurden die Studierenden

darum gebeten, eine rechtsverbindliche Vereinbarung über die Übertragung von Nutzungs- und Verwertungsrechten zu unterschreiben (*Anhang A.7*).

Nachgelagert wurden die Studierenden außerdem darum gebeten, an der standardisierten universitären Lehrveranstaltungsevaluation teilzunehmen (*Anhang A.5 für Version B und Anhang A.6 für Version C*) – auch darüber wurden die Studierenden im Rahmen des Kick-offs aufgeklärt. Im Vorfeld wurde der Fragebogen durch den Dozenten um individuelle Fragen erweitert, die sich gezielt auf das Forschungsinteresse der Evaluation ausrichten. Ebenso relevant für die Evaluation waren die ca. zwei bis drei Wochen im Nachgang zur Projektmethode durchgeführten Interviews, die mit einigen Studierenden durchgeführt wurden. Gemeinsam mit der Online-Befragung zählen die Paper-Pencil-Befragung der standardisierten Lehrveranstaltungsevaluation und die Interviews zu den zentralen Erhebungsmethoden der vorliegenden Arbeit (*siehe Kap. 5.2.2*).

Im Anschluss an ihre jeweilige Beschreibung werden die drei Segmente nun zu einem gemeinsamen Schaubild zusammengefasst, welches das didaktisch-methodische Konzept der Projektmethode reflektiert. Die drei Segmente **1) Fachliche Schwerpunktsetzung**, **2) Gestalterische Richtschnur** und **3) Methodische Struktur und verankerte Maßnahmen** werden dabei von links nach rechts integriert und über Pfeile miteinander in Beziehung gesetzt (*siehe Abb. 21*).



¹ hier nur grober Überblick; ² nach: Schwartz und Howard (1981); ³ nach: Matthies (2003) und Matthies (2005);
(*) ausgeführt von: Dozent, (**) ausgeführt von: Studenten, (***) ausgeführt von: Dozent und Studenten.

Abbildung 21. Das didaktisch-methodische Konzept der Projektmethode. Nicht extra dargestellt ist der einmalig durchgeführte Impulsvortrag des Dozenten zu Beginn der Projektmethode (Kick-off) und die abschließend stattfindende standardisierte Lehrveranstaltungsevaluation der Universität mitsamt nachgelagerter Interviews. Eigene Darstellung.

Nachfolgend zur Ausarbeitung des grundlegenden didaktisch-methodischen Konzepts der Projektmethode bedarf es als nächstes einer näheren Charakterisierung beider Versionen. Diese unterscheiden sich neben der angesetzten Normaktivationsphase auch hinsichtlich leicht angepasster Frageformulierungen der Erhebungsmethoden (*siehe Kap. 5.2.2*) und mit Blick auf die Rahmenbedingungen (*siehe Tab. 1*).

	Version B	Version C
Semesterwochenstunden*	1	
Aufwand*	30 Std.	

Format	Einmal wöchentlich, verteilt über das Semester	Blockkurs im Rahmen einer Workshopwoche
Zeitraum	5.04.-12.07.2023	13.05.-16.05.2024
Anzahl Kurseinheiten	12 (12 x 1 Std.) (+ Gestaltungsaufgabe als Hausaufgabe)	4 (1 x 6 Std.; 3 x 4 Std.) (inkl. Gestaltungsaufgabe vor Ort)
Zielgruppe	Bachelorstudierende des Industrie-Design im 4.Semester	
Registrierte Teilnehmer*innen	22	16

Tabelle 1. Rahmenbedingungen der Projektmethode. *vgl. Beschreibung des Moduls „4_D&E-c Material- & Verfahrenslabor“ (BUW, 2021). Eigene Darstellung.

Die unterschiedlichen Rahmenbedingungen beider Versionen der Projektmethode spiegeln sich in einer abweichenden Rahmenplanung. Version **(B)** orientierte sich an dem ursprünglichen Format des Moduls „4_D&E-c Material- & Verfahrenslabor“ und fand einmal wöchentlich über das gesamte Semester statt. Die Version wurde ergänzt durch einige Impulsvorträge, die von Herrn Prof. Andreas Kalweit, Frau Prof. Dr. Christa Liedtke und dem Dozenten/Verfasser gehalten wurden. Alle vier fachlichen Teile der Projektmethode erfolgten jeweils an zwei Terminen, zwischen denen die Studierenden eine Woche Zeit hatten, um die verankerten Gestaltungsaufgaben zu bearbeiten und um an den Feedbackbefragungen der Evaluation teilzunehmen (siehe Tab. 2).

Nr.	Datum	Beschreibung	Details
1	05.04.2023	Kick-off	Vorstellungsrunde; Einleitung mit Impuls zu Design-Geschichte (Prof. Andreas Kalweit); Impulsvortrag zum Vorhaben* (Dozent/Verfasser)
2	12.04.2023	Impulsvortrag	Ressourcenbedarf und Umweltprobleme, Strategien der Nachhaltigkeit, Methoden zur Umweltbewertung (Dozent/Verfasser)
3	26.04.2023	Impulsvortrag	Fertigungsverfahren und Kaskadennutzung (Prof. Andreas Kalweit)
4	03.05.2023	Teil 1.1: Ebene Metall	Quiz, Informationsvermittlung, Vorstellung des Toolkits, Aufgabenbeschreibung* (Dozent/Verfasser)
5	10.05.2023	Impulsvortrag	Nachhaltige Entwicklung, Öko-Design Richtlinie, Recht auf Reparatur, Indikatoren, MIPS (Prof. Dr. Christa Liedtke)
6	17.05.2023	Teil 1.2: Ebene Metall	Ergebnispräsentation aus der Gestaltungsaufgabe, Diskussion und Fazit* (Dozent/Verfasser)
7	31.05.2023	Teil 2.1: Ebene Legierung	Quiz, Informationsvermittlung, Vorstellung des Toolkits, Aufgabenbeschreibung* (Dozent/Verfasser)
8	14.06.2023	Teil 2.2: Ebene Legierung	Ergebnispräsentation aus der Gestaltungsaufgabe, Diskussion und Fazit* (Dozent/Verfasser)
9	21.06.2023	Teil 3.1: Ebene Produkt	Quiz, Informationsvermittlung, Vorstellung des Toolkits, Aufgabenbeschreibung* (Dozent/Verfasser)
10	28.06.2023	Teil 3.2: Ebene Produkt	Ergebnispräsentation aus der Gestaltungsaufgabe, Diskussion und Fazit* (Dozent/Verfasser)
11	05.07.2023	Teil 4.1: Ebene System	Quiz, Informationsvermittlung, Vorstellung des Toolkits, Aufgabenbeschreibung* (Dozent/Verfasser)
12	12.07.2023	Teil 4.2: Ebene System	Ergebnispräsentation der Gestaltungsaufgabe, Diskussion und Fazit* (Dozent/Verfasser)

Tabelle 2. Die Grobplanung der Version (B) der Projektmethode (*feste Bestandteile des didaktisch-methodischen Konzepts) und Einbettung in das Modul „4_D&E-c Material- und Verfahrenslabor“. Eigene Darstellung.

Bei Version **(C)** erstreckte sich die Durchführung der Projektmethode nicht über das gesamte Semester, wie ursprünglich durch das Modul vorgesehen, sondern lief eine Woche lang vom 13.05. bis zum 16.05.2024. Es fanden keine flankierenden Impulsvorträge

statt. Die vier fachlichen Teile der Projektmethode wurden jeweils an einem Termin durchgeführt, weshalb auch die Gestaltungsaufgabe und Teilnahme an den Feedbackbefragungen vor Ort erfolgten (siehe Tab. 3). Gründe für die veränderte Rahmung der Projektmethode waren insbesondere die Verfügbarkeit der Zielgruppe bzw. das von der Universität Wuppertal bereitgestellte Zeitfenster, die Möglichkeit der zeiteffizienteren Durchführung und die Reduktion bzw. Fokussierung auf das wesentliche Forschungsinteresse der vorliegenden Arbeit.

Tag	Beschreibung	Details	Uhrzeit
Montag, 13.05.2024	Kick-off und Teil 1: Ebene Metall	Einleitung und thematische Kontextualisierung (ca. 1 Std.); Impulsvortrag zum Vorhaben (ca. 2 Std.); Durchführung des ersten Teils der Projektmethode (ca. 3 Std.) (Dozent/Verfasser)	10:00-16:00 Uhr
Dienstag, 14.05.2024	Teil 2: Ebene Legierung	Durchführung des zweiten Teils der Projektwoche (ca. 4 Std.) (Dozent/Verfasser)	10:00-14:00 Uhr
Mittwoch, 15.05.2024	Teil 3: Ebene Produkt	Durchführung des dritten Teils der Projektmethode (ca. 4 Std.) (Dozent/Verfasser)	10:00-14:00 Uhr
Donnerstag, 16.05.2024	Teil 4: Ebene System	Durchführung des vierten Teils der Projektmethode (ca. 4 Std.) (Dozent/Verfasser)	10:00-14:00 Uhr

Tabelle 3. Die Grobplanung der Version (C) der Projektmethode. Eigene Darstellung.

Anders als bei den Arbeiten von Tomkinson et al. (2008) und Schäfer und Richards (2007), wurden die Studierenden dazu aufgefordert, die Gestaltungsaufgaben individuell zu bearbeiten und dann jeweils für sich im Rahmen der Ergebnispräsentation vorzustellen. Grund hierfür ist, dass den Studierenden die Möglichkeit gegeben wird, den Prozess der Normaktivierung gleichermaßen und vollumfänglich durchlaufen zu können. Dies gilt für beide Versionen der Projektmethode gleichermaßen, wobei die Gestaltungsaufgaben von Version (B) als Hausaufgabe und die Gestaltungsaufgaben von Version (C) vor Ort durchgeführt wurden, wie weiter oben beschrieben.

Die Projektmethode wurde an der Universität Wuppertal im Studiengang Industrie-Design mit dem Abschluss Bachelor of Arts im Rahmen des Moduls „4_D&E-c Material- & Verfahrenslabor“ durchgeführt. Die Bezeichnung „4_D&E“ steht für das übergeordnete Modul „Design & Engineering 4“, welches im vierten Semester geplant ist. Darunter ordnen sich die zwei weiteren Module „4_D&E-a Konstruktionssystematik“ und „4_D&E-b Grundlagen des computergestützten Entwerfens 2“ (BUW, 2021). Als unmittelbarer Anknüpfungspunkt und entsprechende Ausprägung der Projektmethode lässt sich insbesondere der in der Modulbeschreibung beschriebene Aspekt der *„kritische[n] Betrachtung von Werkstoffen insbesondere im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Wiederverwendung“* (ebd., S.43) verstehen. Bewusst wurden Studierende als Zielgruppe gewählt, die am Anfang ihrer Karriere stehen. Es wird angenommen, dass diese noch wenig oder kein Vorwissen zu den thematisierten fachlichen Teilen der Projektmethode vorweisen und somit keine oder nur eine begrenzte Motivation unter den Studierenden besteht, sich für ein verbessertes Metallrecycling zu engagieren. Der Blick in das Modulhandbuch des Studiengangs bestätigt die Annahme: Bis zum vierten Semester werden noch keine vergleichbaren Lehrformate angeboten. Obwohl es sich bei der Zielgruppe größtenteils um Studierende handelte, die in Deutschland aufgewachsen sind, sollte notiert werden, dass die Projektmethode aufgrund ihrer generischen methodischen Struktur unabhängig von spezifischen kulturellen oder demographischen Ausprägungen anwendbar ist. Auf Grund von Datenschutzbestimmungen wurden keine näheren demografischen Daten in der Evaluation erfasst.

Alle Termine der Projektmethode fanden in den Räumlichkeiten des Studiengangs Industrie-Design im Gebäude I auf dem Campus der Universität Wuppertal statt. Die Räumlichkeiten sind mit allem zur Durchführung der Projektmethode erforderlichen Equipment ausgestattet. Bei dem Dozenten handelt es sich um den Verfasser der vorliegenden Arbeit. Als studierter Industrie-Designer (M.A.), u.a. mit mehrjähriger Berufserfahrung in der anwendungsnahen Nachhaltigkeitsforschung und mit seinem Fokus am Nexus Industrie-Design und dem Themenkomplex der Nachhaltigkeit, bringt er insbesondere die erforderlichen fachlichen und methodischen Kompetenzen mit, die notwendig sind, um einen angemessenen transdisziplinären Transfer zu organisieren und sich in die Position der Zielgruppe hineinzusetzen. Dies steht im Einklang mit den bei Konietzko et al. (2020) beschriebenen Erkenntnissen, in fachlicher und methodischer Hinsicht erfahrene Dozent*innen an die Seite der Studierenden zu stellen, um der Aufgabenbearbeitung angemessen nachgehen zu können.

5.2.1.1 Die vier fachlichen Teile der Projektmethode

Nachdem die strukturelle Einbindung der vier fachlichen Teile innerhalb des didaktisch-methodischen Konzepts der Projektmethode bereits im Gesamtbild angedeutet wurde, geht es jetzt darum, ihre Lehr-Lerninhalte genauer zu betrachten und zu erläutern. Dabei richtet sich der Fokus außerdem auf die vier integrierten generativen Toolkits, die jeweils charakterisiert werden.

An dieser Stelle lässt sich bereits darauf verweisen, dass sich ihr Design stark ähnelt. Neben einer Gebrauchsanweisung bzw. Anleitung besitzt jedes generative Toolkit eine Arbeitsfläche, auf der die Studierenden ihre entwickelten Konzepte dokumentieren können. Zusätzlich gibt es, je nach Ausprägung der vier fachlichen Teile der Projektmethode, verschieden aufgearbeitete Informationen zu Handlungsalternativen. Bewusst unterscheiden sie sich in Sachen Informations-Parameter (Mewes, 1973), wie z.B. hinsichtlich Informationsform und den Feinheitstgrad der dargestellten Informationen, um der Zielgruppe, mit Blick auf die Forschungsfragen der vorliegenden Arbeit, eine gewisse Bandbreite an alternativen Gestaltungsoptionen vorlegen zu können. Weil die fachliche Schwerpunktsetzung von einer spezifischen Perspektive der Nachhaltigkeit handelt und eine ganz konkrete Forschungsfrage adressiert, werden bewusst nicht alle von Lofthouse (2006) aufgezeigten Hinweise zur Gestaltung von Eco Design Tools auf die Gestaltung der generativen Toolkits übertragen. So werden, inspiriert von den Ausführungen bei Liedtke et al. (2019), mit unterschiedlichen Detailgraden und Ausprägungen der grafischen Aufarbeitung von Informationen gearbeitet. Es ist ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass es sich bei den generativen Toolkits, wie auch bei der gesamten Projektmethode, weniger um fertige Produkte handelt, sondern eher um zum Diskutieren anregende Modelle, die sich in zukünftiger Forschung selbstverständlich weiterentwickeln lassen (*siehe Kap. 8*). Ausführlichere Informationen zur Entwicklung der generativen Toolkits finden sich bei Schoch et al. (2024), nachzulesen in Manuskript 3 mit dem Titel „A generative toolkit to help raise industrial design student’s awareness of low metal recycling rates“ in *Anhang B.3* der vorliegenden Arbeit. Über das Toolkit der Produkt-Ebene wird außerdem in leicht abgewandelter Form bei Schoch et al. (2025) berichtet, nachzulesen in Manuskript 4 mit dem Titel „Circular economy from scratch: A novel project-based learning method to increase motivation in metal recycling among industrial design students“ in *Anhang B.4* der vorliegenden Arbeit.

Teil 1: Ebene Metall

Mit Blick auf den zeitlichen und inhaltlichen Umfang unterscheidet sich der erste fachliche Teil der Projektmethode von den anderen und lässt sich deshalb als Warm-up bezeichnen. Die Studierenden erhalten so die Möglichkeit, sich mit der generellen Vorgehensweise der methodischen Struktur vertraut zu machen und ein Gefühl dafür zu bekommen, was auf sie im nachfolgenden Verlauf der Projektmethode zukommt. Auch Dozent*innen können dadurch den Ablauf der methodischen Struktur verinnerlichen und erstes Erfahrungswissen sammeln. Inhaltlich geht es um die Einordnung des Metallrecyclings in den Kontext des Konzepts der Circular Economy und die R-Strategien, um erweiterte Hintergründe und Herausforderungen im Umgang mit Elektroschrott, um Recyclingraten und Importabhängigkeiten von insbesondere kritischen Metallen und schließlich um die EoL-Recyclingrate als Indikator (*siehe Tab. 4*).

Fachliche Schwerpunktsetzung (Kenntnisse und Einsichten)	Referenzen u.a.
Recycling: Einordnung in das Konzept der Circular Economy und R-Strategien	EC, 2015; Potting et al., 2016; KRU, 2023
Recycling: Hintergründe, Wirtschaftlichkeit und Herausforderungen im Umgang mit Elektroschrott	Martens und Goldmann, 2016; UNEP, 2013a
Recyclingraten (global) und Importabhängigkeiten am Beispiel kritischer Metalle (EU)	UNEP, 2013a; EC, 2023a
EoL-Recyclingrate als Indikator	Talens-Peiro et al., 2018

Tabelle 4. Überblick zur fachlichen Schwerpunktsetzung des ersten Teils. Eigene Darstellung.

Das generative Toolkit besteht aus vier Komponenten (*siehe Abb. 22*). Auf der Anleitung **(a)** sind die Gestaltungsaufgabe und Hinweise für ihre Durchführung zu finden. Außerdem ist ein QR-Code abgebildet, welcher direkt zur Feedbackbefragung der Evaluation führt. Neben der Anleitung gibt es als Periodensysteme visualisierte Informationen zu Recyclingraten und Importabhängigkeiten von Metallen **(b)**. Die Studierenden erhalten außerdem ein Materialinventar eines Smartphones. Dieses verweist auf viele verbaute Metalle, ihre jeweiligen Funktionen und Massenanteile **(c)**. Die Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe sollen die Studierenden zeichnerisch auf einer Arbeitsfläche festhalten **(d)**.

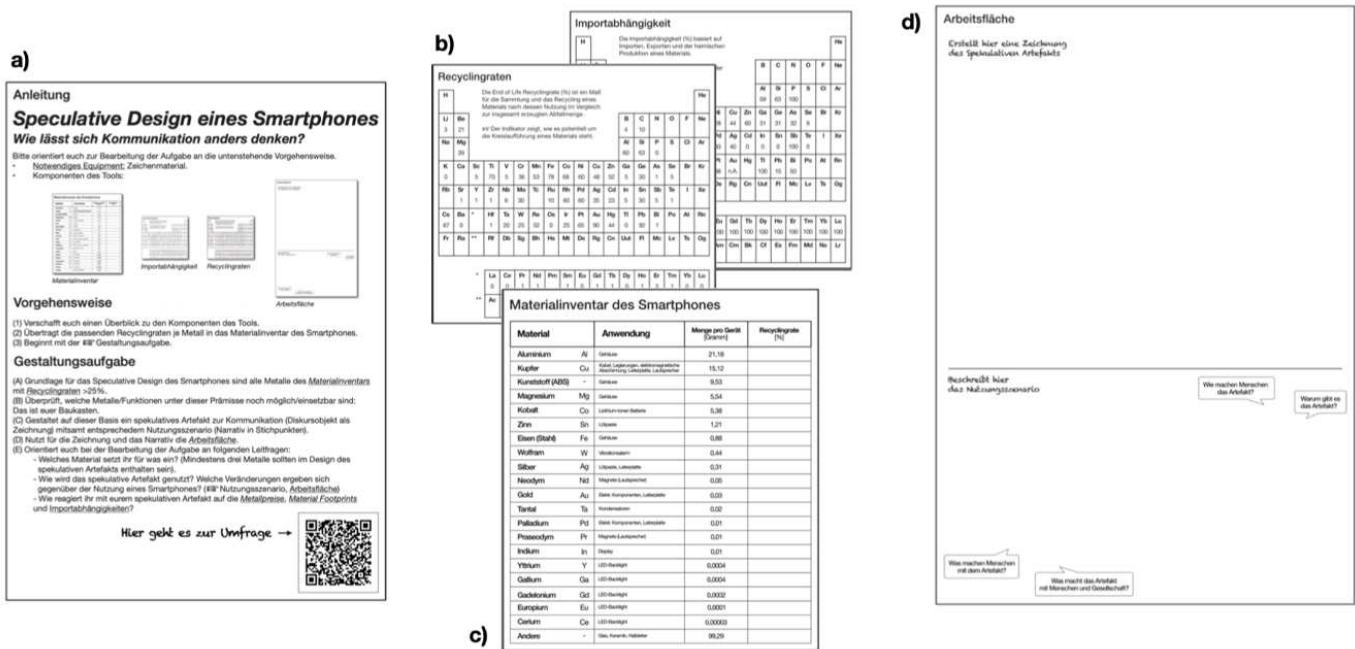


Abbildung 22. Das vierteilige generative Toolkit für den ersten Teil der Projektmethode. Eigene Darstellung.

Auf der Anleitung des generativen Toolkits ist eine Gestaltungsaufgabe mit dem Titel „Speculative Design eines Smartphones. Wie lässt sich Kommunikation anders denken?“ formuliert:

- (A) Grundlage für das Speculative Design eines Smartphones sind alle Metalle des Materialinventars mit Recyclingraten >25%,
 (B) Überprüft, welche Metalle oder Funktionen unter dieser Prämisse noch einsetzbar sind: Das ist euer Baukasten,
 (C) Gestaltet auf dieser Basis ein spekulatives Artefakt zur Kommunikation mitsamt entsprechendem Nutzungsszenario (Narrativ in Stichpunkten),
 (D) Nutzt für die Zeichnung und das Narrativ die Arbeitsfläche;
 (E) Orientiert euch bei der Bearbeitung der Aufgabe an folgenden Leitfragen:
 (i) Welches Material setzt ihr wofür ein? (Mindestens drei Metalle sollten im Design des spekulativen Artefakts enthalten sein).
 (ii) Wie wird das spekulative Artefakt genutzt? Welche Veränderungen ergeben sich gegenüber der Nutzung eines Smartphones?

Teil 2: Ebene Legierung

Der zweite fachliche Teil der Projektmethode handelt von Legierungen und von dem Problembereich des Verlusts von (kritischen) Metallen in das „open-loop“ Recycling. Es geht um Hintergründe, Bezeichnungssysteme und Anwendungsgebiete von Legierungen. Es geht außerdem um eine Unterscheidung zwischen „closed-loop“ Recycling und „open-loop“ Recycling, um das Metal Wheel als Methode, um lösbare Verbindungstechnik und zuletzt um ein Best-Practice Beispiel (siehe Tab. 5).

Fachliche Schwerpunktsetzung (Kenntnisse und Einsichten)	Referenzen u.a.
Bedeutung von Legierungen für die Menschheit mit Bronze als Beispiel; Begriffsklärung	Gleich, 2006
Bezeichnungssysteme für Kupfer- und Eisenwerkstoffe; Einfluss von Legierungselementen	Martens und Goldmann, 2016; UNEP, 2013a
Kritische Metalle und ihre Verwendung als Legierungselemente (z.B. in Alltagsprodukten)	EC, 2023a

Physical- und secondary processing; Unterschied zwischen "closed-loop" und "open-loop" Recycling	UNEP, 2013a
Überblick zu Produktion und Recycling von Stahl; Verweis auf das Metal Wheel	Worrell und Reuter, 2014
Das Metal Wheel als Methode: "Closed-loop" Legierungen	UNEP, 2013a; Reuter, 2015
Lösbare Verbindungstechnik	Liening und Brümmer, 2014; Beitz, 1996
Best-Practice Beispiel: Messingspitzer	Möbius + Rupert, o.D.

Tabelle 5. Überblick zur fachlichen Schwerpunktsetzung des zweiten Teils. Eigene Darstellung.

Das generative Toolkit besteht aus vier Komponenten (siehe Abb. 23). Auf der Anleitung wird die Gestaltungsaufgabe mitsamt Vorgehensweise beschrieben. Ebenfalls ist der zur Feedbackbefragung führende QR-Code zu finden (a). Es gibt außerdem zwei Matrizen mit einer Übersicht zu ausgewählten lösbaren Verbindungselementen (b) und recyclingkompatiblen Legierungen (im Sinne „closed-loop“) (c), die gemeinsam den Baukasten für die Gestaltungsaufgabe darstellen. Alle Konzepte sind von den Studierenden auf einer Arbeitsfläche zeichnerisch festzuhalten (d).

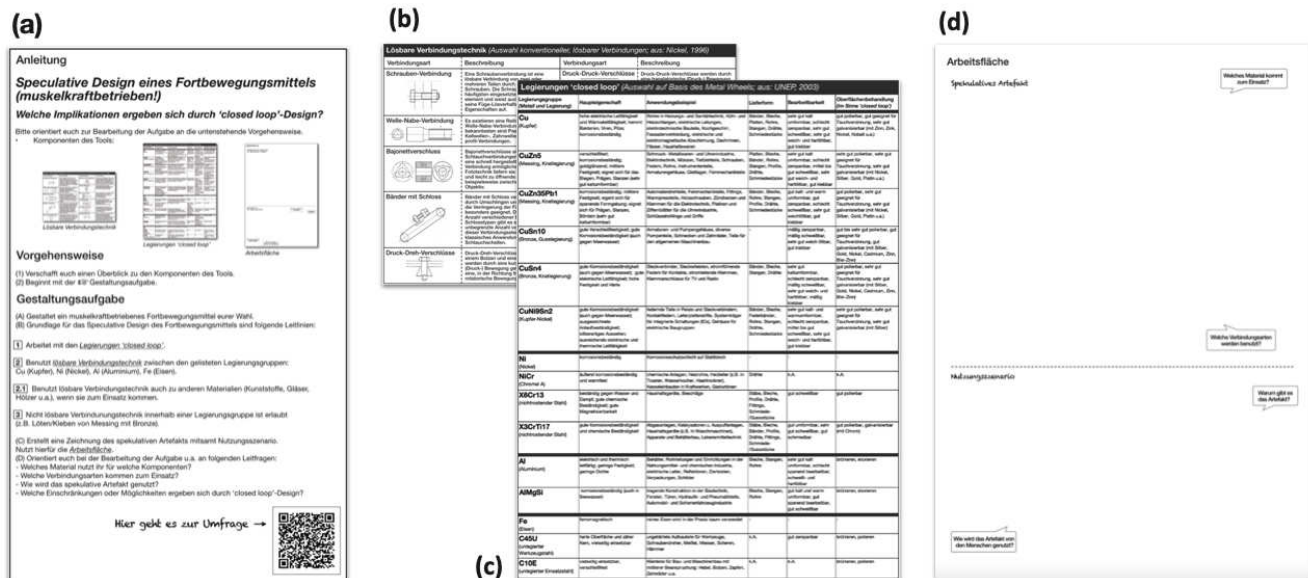


Abbildung 23. Das vierteilige generative Toolkit für den zweiten Teil der Projektmethode. Eigene Darstellung.

Die Gestaltungsaufgabe mit dem Titel „Speculative Design eines Fortbewegungsmittels (muskelfortbewegungsmittels!). Welche Implikationen ergeben sich durch „closed-loop“ Design?“ lautet:

(A) Gestaltet ein muskelfortbewegungsmittels eurer Wahl,

(B) Grundlage für das Speculative Design sind folgende Leitlinien:

(1) Arbeitet mit den „closed-loop“ Legierungen,

(2) Benutzt lösbare Verbindungselemente zwischen den gelisteten Legierungsgruppen:

Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Aluminium (Al) und Eisen (Fe),

(2.1) Benutzt lösbare Verbindungselemente auch zu anderen Materialien, wie z.B. zu Kunststoffen, Gläsern und Hölzern, wenn sie zum Einsatz kommen,

(3) Nicht lösbare Verbindungselemente innerhalb einer Legierungsgruppe können benutzt werden (z.B. Löt- oder Kleben von Messing mit Bronze),

(C) Erstellt eine Zeichnung des spekulativen Artefakts mitsamt Nutzungsszenario.

Nutzt hierfür die Arbeitsfläche,

(D) Orientiert euch bei der Bearbeitung der Aufgabe an den folgenden Leitfragen:

(i) Welches Material nutzt ihr für welche Komponenten?

- (ii) Welche Verbindungselemente kommen zum Einsatz?
- (iii) Wie wird das spekulative Artefakt genutzt?
- (iv) Welche Einschränkungen oder Möglichkeiten ergeben sich durch „closed-loop“ Design?“

Teil 3: Ebene Produkt

Im dritten fachlichen Teil der Projektmethode geht es um Produkte und um den Problembereich der Recyclingunfreundlichkeit von IKT-Geräten, um Technologiemetalle, ihre vielseitige Verwendung in zeitgenössischen Produkten und um ihre Bedeutung im Kontext der Digitalisierung. Es geht außerdem um die materielle Komplexität von IKT-Geräten, ihre kurzen Nutzungsdauern und ihr erschwertes Recycling. Ferner geht es um die Demontage- und Werkstoffgerechtigkeit, um das Konzept Circular Product Design und zuletzt um das Best-Practice Beispiel Fairphone 2 (*siehe. Tab. 6*).

Fachliche Schwerpunktsetzung (Kenntnisse und Einsichten)	Referenzen u.a.
Das Periodensystem der Elemente	Schmiermund, 2019
Unterscheidung: Basismetalle und Technologiemetalle	UNEP, 2013a; Hagelüken und Meskers, 2010
Haupt- und Nebenmetalle; gekoppelte Produktion (Pb-Zn System)	Zepf et al., 2014; Nuss und Eckelman, 2014
Technologiemetalle, ihre Umweltwirkungen und ihre Nachfrageentwicklungen	Nuss und Eckelman, 2014; Watari et al., 2020
Verwendung von Technologiemetallen in Produkten	EC, 2020a
Zum Hintergrund: Digitalzeitalter und Digitalisierung	Marscheider-Weidemann et al., 2021
Aufzeigen der materiellen Komplexität und Materialinventare von IKT-Geräten am Beispiel eines Smartphones	Isakeit et al., 2021; Manhart et al., 2016
Einordnung: Nutzungsdauer, Verweildauer, Lebensdauer; Gründe für kurze Nutzungsdauern	Wieser und Tröger, 2015
Erschwertes (Produkt-) Recycling von IKT-Geräten	iFixit, o.D.
Demontage- und Werkstoffgerechtigkeit	Liening und Brümmer, 2014; Beitz, 1996 u.a.
Circular Product Design	Bakker, 2014; Van den Berg und Bakker, 2015
Best-Practice Beispiel: Fairphone 2	Reuter et al., 2018

Tabelle 6. Überblick zur fachlichen Schwerpunktsetzung des dritten Teils. Eigene Darstellung.

Das generative Toolkit besteht aus vier Komponenten und einigen Subkomponenten (*siehe Abb. 24*). Es gibt eine Anleitung, auf der die Gestaltungsaufgabe mitsamt Vorgehensweise beschrieben und auch der zur Feedbackbefragung führende QR-Code abgebildet ist **(a)**. Es gibt drei Matrizen mit Guidelines zu Material, Baustruktur und Verbindungstechnik als Baukasten der Gestaltungsaufgabe **(b)**. Zusätzlich wird den Studierenden eine Auswahl an IKT-Geräten zur Verfügung gestellt. Auf den Karten führt sie ein QR-Code zu der frei zugänglichen Website der Plattform iFixit (o.D.), auf der Anleitungen zur Demontage der jeweiligen Geräte einsehbar sind **(c)**. Für die Zeichnung der Konzepte steht den Studierenden erneut eine Arbeitsfläche zur Verfügung **(d)**.

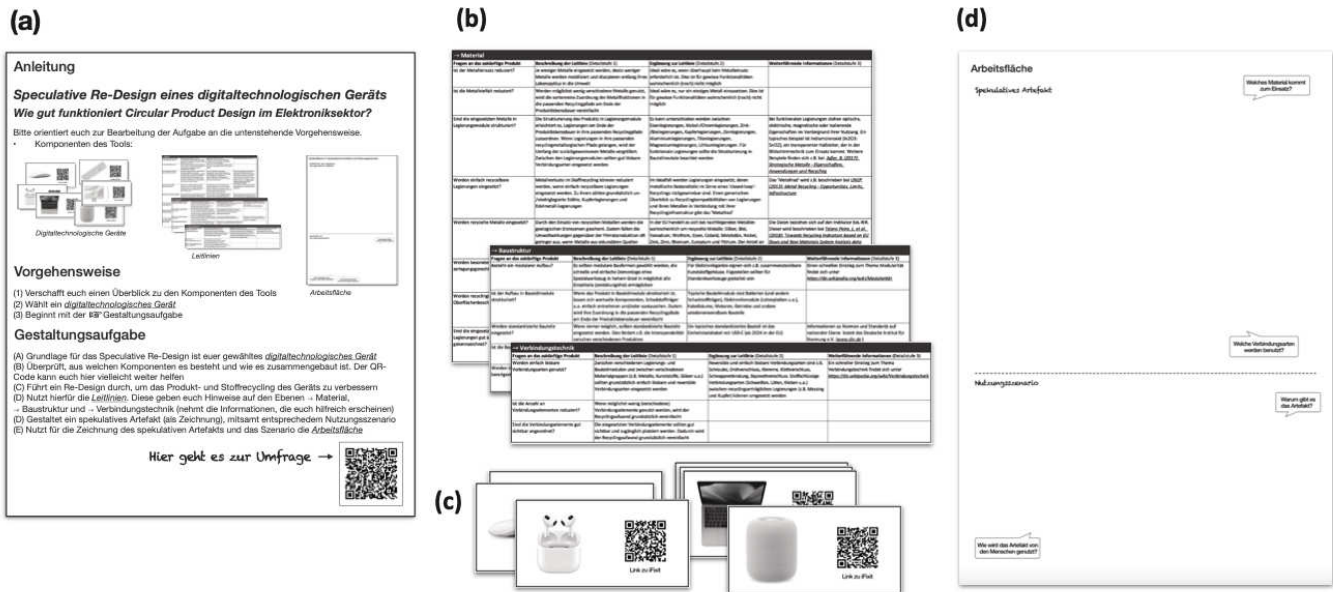


Abbildung 24. Das generative Toolkit für den dritten Teil der Projektmethode. Eigene Darstellung.

Die Gestaltungsaufgabe mit dem Titel „Speculative Re-Design eines digitaltechnologischen Geräts. Wie gut funktioniert Circular Product Design im Elektroniksektor?“ lautet:

- (A) Grundlage für das Speculative Re-Design ist euer gewähltes digitaltechnologisches Gerät,
- (B) Überprüft, aus welchen Komponenten es besteht und wie es zusammengebaut ist. Der QR-Code kann euch hierbei vielleicht weiterhelfen,
- (C) Führt ein Re-Design durch, um das Produkt- und Stoffrecycling des Geräts zu verbessern,
- (D) Nutzt hierfür die Leitlinien. Diese geben euch Hinweise auf den Ebenen:
 - (i) Material, (ii) Baustruktur und (iii) Verbindungstechnik
 - nehmt die Informationen, die euch hilfreich erscheinen,
- (E) Gestaltet ein spekulatives Artefakt (als Zeichnung), mitsamt entsprechendem Nutzungsszenario,
- (F) Nutzt für die Zeichnung des spekulativen Artefakts und das Szenario die Arbeitsfläche

Teil 4: Ebene System

Der vierte fachliche Teil der Projektmethode handelt von Produktsystemen und dem Problembereich geringer Sammelraten. Es geht um die Unterscheidung zwischen Ressourcen und Reserven, um Mineralien und die Entstehung von mineralischen Vorkommen und um die Häufigkeit von Elementen in der Erdkruste. Außerdem geht es um eine Differenzierung der Begriffe Erschöpfung, Knappheit und Kritikalität, um den Indikator Abiotic Depletion Potential und um Anwendungsgebiete von knappen Metallen. Es geht ferner um die Recyclingkette und den signifikanten Einfluss der Sammelrate, um PSS, den Begriff der Rückwärtslogistik und um Best-Practice Beispiele (siehe Tab. 7).

Fachliche Schwerpunktsetzung (Kenntnisse und Einsichten)	Referenzen u.a.
Klassifizierung von Ressourcen und Reserven	U. S. Geological Survey (USGS), 2023
Mineralien und Entstehung mineralischer Vorkommen	Neukirchen und Ries, 2014; USGS, 2005
Elementenhäufigkeit in der Erdkruste	USGS, 2005
Differenzierung der Begriffe Erschöpfung (depletion), Knappheit (scarcity) und Kritikalität (criticality)	Van der Voet, 2013
Abiotic Depletion Potential als Indikator für die Metallknappheit	Van Oers und Guinee, 2016; Van Oers et al., 2019

Knappe Metalle und ihre Anwendungsbereiche (Palladium)	EC, 2016
Recyclingkette und der Einfluss der Sammelrate	Hagelüken und Goldmann, 2022 u.a.
Das Konzept der PSS	Tukker, 2004; Tukker, 2015
Best-Practice Beispiele: Share Now und ReCup	Jochem et al., 2020; ReCup GmbH, 2024
Rückwärtslogistik	Steven, 2004
Bekannte Beispiele bekannter Sammelsysteme (z.B. Handysammelbox)	NABU, o.D.

Tabelle 7. Überblick zur fachlichen Schwerpunktsetzung des vierten Teils. Eigene Darstellung.

Das generative Toolkit besteht aus vier Komponenten und einigen Subkomponenten (siehe Abb. 25). Den Studierenden steht eine Anleitung zur Verfügung, auf der die Gestaltungsaufgabe mitsamt Vorgehensweise beschrieben wird (a). Es gibt eine Storyline (b) und Metallkarten (c). Die Arbeitsfläche ist zweigeteilt (d).

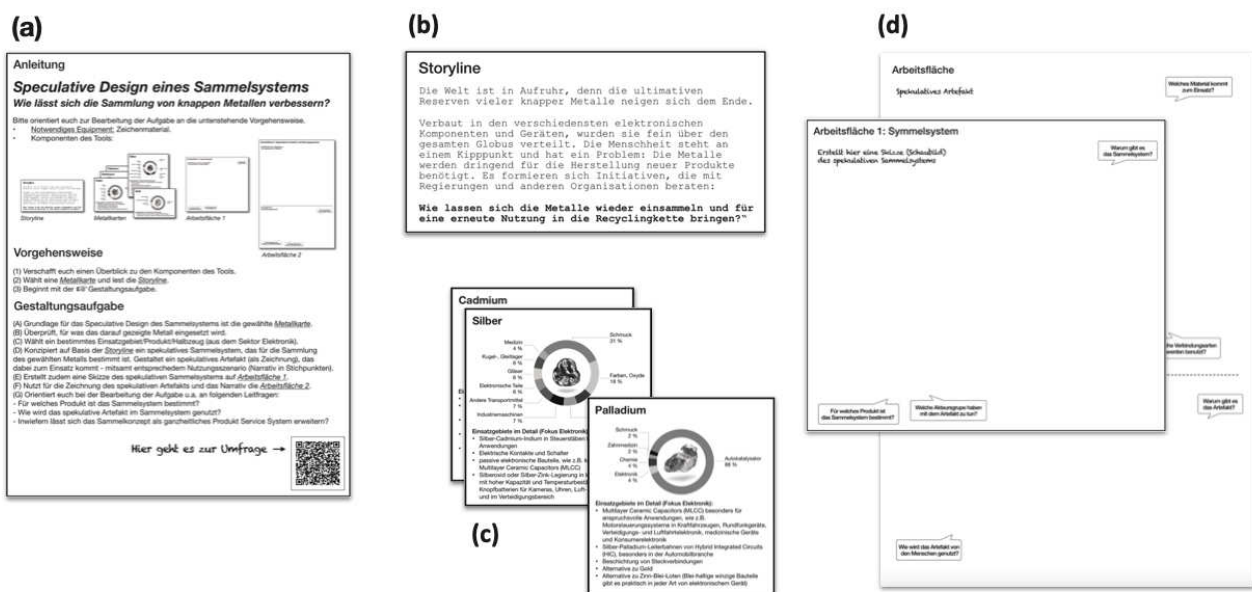


Abbildung 25. Das vierteilige generative Toolkit für den vierten Teil der Projektmethode. Eigene Darstellung.

Die Gestaltungsaufgabe mit dem Titel „Speculative Design eines Sammelsystems. Wie lässt sich die Sammlung von knappen Metallen verbessern?“ lautet:

- (A) Grundlage für das Speculative Design des Sammelsystems ist die gewählte Metallkarte,
- (B) Überprüft, wofür das darauf gezeigte Metall genutzt wird,
- (C) Wählt ein bestimmtes Einsatzgebiet/Produkt/Halbzeug (aus dem Sektor Elektronik),
- (D) Konzipiert auf Basis der Storyline ein spekulatives Sammelsystem, das für die Sammlung des gewählten Metalls bestimmt ist. Gestaltet ein spekulatives Artefakt (als Zeichnung), das dabei zum Einsatz kommt – mitsamt entsprechendem Nutzungsszenario (Narrativ in Stichpunkten),
- (E) Erstellt zudem eine Skizze des spekulativen Sammelsystems auf Arbeitsfläche 1,
- (F) Nutzt für die Zeichnung des spekulativen Artefakts und das Narrativ die Arbeitsfläche 2,
- (G) Orientiert euch bei der Bearbeitung der Aufgabe u.a. an folgenden Leitfragen:
 - (i) Für welches Produkt ist das Sammelsystem bestimmt?
 - (ii) Wie wird das spekulative Artefakt im Sammelsystem genutzt?
 - (iii) Inwiefern lässt sich das Sammelkonzept als ganzheitliches PSS erweitern?

5.2.2 Studienziele und Studiendesign

Nach der bislang vorgenommenen Erläuterung des didaktisch-methodischen Konzepts der Projektmethode folgt nun die Spezifizierung der Ziele und des Designs der Evaluation. Wie einleitend bereits beschrieben, ist das Hauptanliegen der entwickelten

Projektmethode, Industrie-Designstudent*innen im Rahmen ihrer Ausbildung dazu zu motivieren, sich für ein verbessertes Metallrecycling einzusetzen. Das Ziel der Evaluation ist es entsprechend herauszufinden, wie die Zielgruppe die Potenziale der Projektmethode einschätzt und welches die Einflussfaktoren sind, die sich positiv oder negativ auf die Motivationssteigerung auswirken (*siehe Kap. 1.1*).

Vor diesem Hintergrund bedarf es eines qualitativen Forschungsansatzes, weil die subjektiven Sichtweisen der teilnehmenden Akteur*innen Grundlage für die Konzeptbildung sind. Als offene Forschungsstrategie eignet sich qualitative Forschung, um neue und wenig erforschte Gegenstände zu erkunden (Flick et al., 2012). Ausgangspunkt qualitativer Forschung sind oftmals Einzelfälle (ebd.) und als ein solcher Einzelfall lässt sich die Projektmethode charakterisieren. Weil sich die Erkundung des Forschungsgegenstandes unerwarteten Befunden gegenüber öffnet, handelt es sich bei der Evaluation um eine explorative Studie (Döring, 2023). Mit ihrer Frage nach der angemessenen Integration von Einflussfaktoren bewegt sich die Studie im Bereich der Evaluationsforschung. Hier geht es im Kern darum, Interventionsmaßnahmen mit Hilfe von sozialwissenschaftlichen Methoden anhand bestimmter Kriterien, wie z.B. Effektivität oder Akzeptanz, zu bewerten, um Verbesserungen zu erzielen (Döring, 2023). Die Evaluation von Unterrichtsgeschehen ist heutzutage eine weit verbreitete Möglichkeit, um die individuelle Qualität von Lehr-Lernprozessen zu optimieren (Standop und Jürgens, 2015). Zu den wesentlichen Schritten zählen, mit Blick auf generische Evaluationszyklen, die Datensammlung und die Ergebnisanalyse, um auf Grundlage der Evaluationsergebnisse gezielt Konsequenzen für eine zukünftige Durchführung zu ziehen (Schmidt und Perels, 2010; Standop und Jürgens, 2015). Es gibt eine große Bandbreite an Methoden, um Unterricht zu beurteilen (Bastian et al., 2016). Die für die Evaluation eingesetzten Erhebungsmethoden werden im Folgenden beschrieben.

5.2.2.1 Datenerhebung

Die Auswahl und Konzeption der Erhebungsmethoden, die im Rahmen der Evaluation eingesetzt werden, orientieren sich an dem Evaluationsgegenstand, der Zielsetzung und Fragestellung. Insgesamt wird von zwei Datenerhebungstechniken Gebrauch gemacht: Dem qualitativen Interview und der Fragebogenmethode.

5.2.2.1.1 Qualitative Interviews

Qualitative Interviews sind vielfältig in ihren Typen und Verfahren und eignen sich, um subjektive Perspektiven zu erfassen und zu analysieren (Hopf, 2012). Die für die Evaluation gewählte Variante ist das fokussierte Interview, weil bei dieser Form ein bestimmter Gesprächsgegenstand, wie z.B. eine soziale Situation, an der die Befragten teilgenommen haben, im Mittelpunkt steht. Mit Blick auf den Grad der Strukturierung lassen sich fokussierte Interviews als halbstrukturierte Interviews fassen, weil es darum geht, den Befragten die Möglichkeit zu eröffnen, auch unvorhersehbare Aspekte einzubringen (ebd.).

Die fokussierten Interviews der Evaluation wurden online als Einzelinterviews über die kostenfreie Software Google Meet (Google Ireland Limited, o.D. b) durchgeführt. Die Datenerhebung erfolgte jeweils an einem Messzeitpunkt ca. zwei bis drei Wochen im Nachgang zur Projektmethode. Bei den Interviews nahmen insgesamt sieben Studierende teil. Interviewer war der Dozent und gleichzeitig Verfasser der vorliegenden Arbeit. Die offenen Fragen des Interview-Leitfadens adressierten hauptsächlich die jeweiligen vier

fachlichen Teile der Projektmethode. Ziel war es, mit Blick auf das didaktisch-methodische Konzept, möglichst offen über empfundene Stärken, Schwächen und Verbesserungsmöglichkeiten zu sprechen. Die Fragen orientierten sich an denen aus Nutzer*innenstudien (Moran, 2019) und an den Kategorien einer SOFT-Analyse (Satisfactions, Opportunities, Faults, Threats), welches eine typische Feedbackmethode im Kontext der Unterrichtsevaluation darstellt (Bastian, et al., 2016; Schmidt und Perels, 2010). Der Interviewleitfaden ist in *Tab. A.4* im *Anhang A.4* zu finden. Das computervermittelte fokussierte Interview wurde von einer Bildschirmpräsentation begleitet, die der Interviewer während der Durchführung teilte. Gezeigt wurden, neben der didaktisch-methodischen Struktur der vier inhaltlichen Teile, auch die darin jeweils verankerten generativen Toolkits, um die Befragten mental bei der Beantwortung der offenen Fragen zu unterstützen. Alle Studierenden, die an der Projektmethode teilgenommen hatten, wurden nur wenige Tage nach der Projektmethode via E-Mail zu den Interviews eingeladen. Von den in einer Kalenderübersicht auf ca. 40 min. angesetzten Terminen, konnten sich die Student*innen jeweils einen passenden auswählen. Vorab waren sie am letzten Tag der Projektmethode über die bevorstehende Einladung in Kenntnis gesetzt worden. Das Ziel der Rekrutierungsstrategie war es, möglichst motivierte Studierende für die Interviews zu gewinnen und auf diese Weise den Informationsgehalt der erhobenen Daten zu maximieren.

5.2.2.1.2 Qualitative Fragebögen

In der qualitativen Fragebogenmethode werden Fragebögen mit offenen Fragen eingesetzt. Die Befragten erhalten dadurch die Möglichkeit, ihre Antworten frei verschriftlichen zu können (Döring, 2023). Dabei gilt *„der halbstandardisierte Fragebogen für halbstrukturierte schriftliche Befragungen (...) [als] Pendant zum Interviewleitfaden bei halbstrukturierten mündlichen Befragungen“* (ebd., S.398). Die schriftliche Befragung bietet gegenüber der mündlichen Befragung die Vorteile, dass Befragte ihre Antworten sorgfältiger abwägen können und dass die Befragungsergebnisse frei von den Einflüssen von Interviewer*innen sind (Diekmann, 2012).

Der für die Evaluation der Projektmethode eingesetzte Fragebogen lag digital vor, um diesen von den Studierenden innerhalb von ca. fünf Minuten individuell über ihr Smartphone ausfüllen zu lassen. Der Online-Fragebogen wurde mit der kostenfreien Software Google Forms (Google Ireland Limited, o.D. a) konstruiert. Verbreitet wurde er über einen in die generativen Toolkits integrierten QR-Code, welcher zusätzlich in die visuell erweiterten Vorträge der informierenden Darbietung eingebettet war. Die mobile Umfrage ermöglichte es den Studierenden, von überall an der anonymen Befragung teilzunehmen. Dies war besonders für Version **(B)** der Projektmethode relevant, weil die Arbeit mit dem generativen Toolkit an der Gestaltungsaufgabe nicht vor Ort erfolgte, sondern als Hausaufgabe durchgeführt wurde. Der Messzeitpunkt der Datenerhebung lag jeweils nach Bearbeitung der vier Gestaltungsaufgaben.

Der Aufbau des Online-Fragebogens war in zwei thematische Blöcke strukturiert. Im ersten Block stand die Normaktivationsphase mitsamt der zugrunde liegenden relevanten Kognitionen im Mittelpunkt. Im zweiten Block ging es, wie bereits bei den fokussierten Interviews, um offene Fragen nach Stärken, Schwächen und Verbesserungsmöglichkeiten der jeweiligen vier fachlichen Teile inklusive generativer Toolkits. Alle acht Fragen des Messinstruments sind in *Tab. A.2* (Items zu Version (B)) und *Tab. A.3* (Items zu Version (C)) im *Anhang A.2 und A.3* zu finden.

Zum ersten thematischen Block lässt sich folgendes notieren: Schwartz und Howard (1984) folgend lässt sich das Gefühl der moralischen Motivation annäherungsweise über Fragebögen bestimmen. Entsprechend formulierte Beispielfragen der Autor*innen beziehen sich insgesamt auf die persönliche Norm. Weil das perspektivische Ziel der Projektmethode darin besteht, die persönliche Norm bzw. die moralische Motivation der Student*innen möglichst wirksam zu aktivieren und die hierfür gewählten Maßnahmen der methodischen Struktur direkt an den drei relevanten Kognitionen ansetzen, wurde eine Ordinalskala mit mehreren Indikatoren als Operationalisierungsvariante gewählt. Während im ersten thematischen Block des Messinstruments von Version **(B)** noch keine einheitliche Antwortskalen eingesetzt wurden, wurde bei Version **(C)** auf eine einheitliche fünfstufige Antwortskala geachtet. Einheitliche Antwortformate verbessern die Datenqualität und reduzieren die kognitive Beanspruchung unter den Befragten (Döring, 2023). Der erste thematische Block des Messinstruments begann mit drei halboffenen Fragen, die jeweils als erstes nach dem Effekt der Lehrveranstaltung auf die relevanten Kognitionen (Antwortskala: 1 = „sehr stark“ bis 5 = „überhaupt nicht“) und als zweites nach den zugrunde liegenden Gründen dafür fragten. Die gleich strukturierte vierte Frage adressierte insgesamt die persönliche Norm, die sich gemäß des Modells normativer Entscheidungen aus den vorherigen drei Items zusammensetzt. Die halboffene Frage als gewählter Fragetyp wurde gewählt, um einerseits Indizien zur Wirksamkeit der Projektmethode und ihrer integrierten Maßnahmen zu erhalten und um andererseits herauszufinden, durch welche Einflussfaktoren die Wirksamkeit zur Motivationssteigerung beeinflusst wird.

Die Datenerhebung der Evaluation wurde von der standardisierten Lehrveranstaltungsbewertung der Universität Wuppertal abgerundet, einer weiteren Fragebogenmethode. Um eine hohe Rücklaufquote zu erzielen, wurde die Befragung vor Ort per Austeilen und Einsammeln durchgeführt. Für das Ausfüllen der Paper-Pencil-Fragebögen, die traditionelle Methode der schriftlichen Befragung (Diekmann, 2012), hatten die Studierenden an einem Messzeitpunkt am Ende des letzten Tages ca. 15 Minuten Zeit. Dem Standardfragebogen wurden im Vorfeld weitere Fragen hinzugefügt, die sich, gemäß Zielsetzung der Projektmethode bzw. der Evaluation, und wie bereits für den ersten thematischen Block des Online-Fragebogens beschrieben, an den relevanten Kognitionen der Normaktivationsphase ausrichten. Die halboffenen Fragen bezogen sich allerdings auf die gesamte Lehrveranstaltung und differenzierten nicht zwischen den verankerten vier inhaltlichen Teilen. Auf diese Weise sollte den Studierenden abschließend die Möglichkeit gegeben werden, die gewählten Maßnahmen der methodischen Struktur übergeordnet reflektieren zu können. Alle ergänzten Fragen des Messinstruments sind im *Anhang A.5* und *Anhang A.6* zu finden. Im ursprünglichen Messinstrument sind für die Evaluation relevante Fragen nach Stärken und Verbesserungsmöglichkeiten der Lehrveranstaltung bereits vorhanden, weshalb diese nicht extra hinzugefügt werden mussten. Die in den Paper-Pencil-Fragebogen hinzugefügten Fragen unterschieden sich je nach Versionen der Projektmethode: Während in den Fragen von Version **(B)** noch das Konzept Urban Mining adressiert wurde, wurde in den Fragen von Version **(C)** der Fokus auf das Problem geringer Metallrecyclingraten gelegt. Der veränderte Formulierungsstil ergab sich aus der bereits oben angedeuteten leichten Abwandlung der generell formulierten Zielsetzung der Projektmethode, blieb mit Blick auf die verankerten inhaltlichen Teile aber ohne Auswirkungen.

5.2.2.2 Datenaufbereitung und Datenanalyse

Die qualitative Inhaltsanalyse eignet sich, um qualitatives Material systematisch anhand von Kategorien auszuwerten. Es lassen sich grundsätzlich alle üblichen Datenarten in der qualitativen Forschung bearbeiten, zu denen transkribierte Interviews unterschiedlicher Art und Antworten zu offenen Fragestellungen in Umfragen zählen (Kuckartz und Rädiker, 2022). Dabei können drei grundlegende Analysetechniken unterschieden werden: Zusammenfassung, Explikation und Strukturierung (Mayring, 2015). In der zusammenfassenden qualitativen Inhaltsanalyse geht es um die schrittweise induktive Reduktion qualitativer Daten auf ihre Kerninhalte (Döring, 2023), um wesentliche, auf einzelne Kategorien reduzierte, Aussagen herauszuarbeiten. Durch die Zusammenfassung wird das qualitative Material in einen überschaubaren Textkorpus reduziert, der das Ausgangsmaterial widerspiegeln soll (Diekmann, 2012).

Das Verfahren zur Auswertung der im Rahmen der Evaluation erhobenen empirischen Daten orientierte sich an einer zusammenfassenden qualitativen Inhaltsanalyse, wobei die Kategorienbildung nicht über die von Mayring (2015) beschriebene Paraphrasierung durchgeführt wurde. Bezugspunkt war die von Kuckartz und Rädiker (2022) dargestellte „Guideline für die induktive Kategorienbildung“, in der die Kategorien via offenes Codieren direkt am Material gebildet werden. Die daraus resultierende Zeitersparnis wird als großer Vorteil der direkten Kategorienbildung am Material beschrieben (ebd.). Relevant für die Betrachtungen waren die Antworten aller Befragten zu einem spezifischen Thema, weshalb die Strukturierung des Datenmaterials themenorientiert erfolgte. Die thematische Analyse gilt als eine Form der fallübergreifenden Auswertung: Zentrale Themen werden über alle Fälle hinweg zusammengefasst und auf diese Weise übergeordnete Themenkategorien gebildet (Döring, 2023).

Für den generellen Ablauf der Datenanalyse wurde das allgemeine inhaltsanalytische Ablaufmodell von Mayring (2015) herangezogen. Die Schritte des Ablaufmodells für die Datenanalyse werden in *Tab. 8* für beide Versionen der Projektmethode dargestellt.

Schritt	Version (B)	Version (C)
Feststellung des Materials	Datensätze von 3 Interviews, 44 Fragebögen (aus Online-Befragung), 14 Fragebögen (aus Paper-Pencil-Befragung)	Datensätze von 4 Interviews, 48 Fragebögen (aus Online-Befragung), 12 Fragebögen (aus Paper-Pencil-Befragung)
Analyse der Entstehungssituation	- Interviews: Durchführung ca. zwei bis drei Wochen nach der Projektmethode (computervermittelt) - Online-Befragung: Ausfüllen jeweils nach den Gestaltungsaufgaben der vier inhaltlichen Teile der Projektmethode am eigenen mobilen Endgerät von überall aus - Paper-Pencil-Befragung: Ausfüllen vor Ort zum Abschluss am Ende des letzten Tages der Projektmethode	
Formale Charakteristika des Materials	Vorliegend als digitale Datensätze. Für die Interviews: Word-Dokumente. Für die Fragebögen: Excel-Tabellen.	
Entsprechende Analysetechnik	Zusammenfassende qualitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2015)	
Konkretes Ablaufmodell	Guideline für die induktive Kategorienbildung (Kuckartz und Rädiker, 2022) mit der Software MAXQDA	
Segmentierungsumfang*	Einzelne oder zusammenhängende Wörter bei stichwortartigen Antworten der schriftlichen Befragung. Vollständige Aussagen bzw. Sinneinheiten bei den Antworten der Interviews. Zuerst fallbezogen, dann fallübergreifend	
Analyseschritte	i) Erster Materialdurchlauf (fallbezogen), (ii) thematische Kategorien direkt am Text entwickeln (inklusive Subkategorien), (iii) Memos und illustrative	

	Zitate notieren, (iv) Kategoriensystem konzipieren, (v) zweiter Materialdurchlauf (auch fallübergreifend), (vi) Kategoriensystem überarbeiten, (vii) Kategoriendefinitionen formulieren (viii) Ergebnisse zusammenstellen und gemäß Fragestellung interpretieren
--	--

*Tabelle 8. Der generelle Ablauf der Datenanalyse in Anlehnung an das allgemeine inhaltsanalytische Ablaufmodell von Mayring (2015). *nach Kuckartz und Rädiker (2022). Eigene Darstellung.*

Bei der qualitativen Inhaltsanalyse wurden mehrere qualitative Gütekriterien beachtet (Mayring, 2002; Mayring, 2015). Die Verfahrensdokumentation wurde gewährleistet, indem Durchführung und Auswertung des qualitativen Materials unter Verwendung von MAXQDA, einer Software zur computergestützten qualitativen Daten- und Textanalyse, durchgeführt wurde. Die Regelgeleitetheit wurde garantiert, indem das inhaltsanalytische Ablaufmodell von Mayring (2015) und die Guideline für die induktive Kategorienbildung von Kuckartz und Rädiker (2022) herangezogen wurden. Die Nähe zum Gegenstand war insbesondere bei den qualitativen Fragebögen gesichert, weil diese von den Befragten unmittelbar nach den Gestaltungsaufgaben bzw. unmittelbar am Ende der gesamten Projektmethode, und hier sogar vor Ort, ausgefüllt wurden.

Dem Kriterium der Objektivität wurde mit Blick auf die schriftliche Befragung insofern Rechnung getragen, als dass die Befragten jeweils selbst und anonym antworteten. Gleichzeitig ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei dem Dozenten der Projektmethode ebenso um den Forscher handelt, der für die Durchführung der Evaluation verantwortlich war. Während der fokussierten Interviews war es daher unmöglich, sich gänzlich unvoreingenommen der Gesprächssituation anzunähern. Allerdings wurde darauf geachtet, den Einsatz von Suggestivfragen zu begrenzen. Mit Blick auf das Kriterium der Triangulation lässt sich folgendes notieren: Die Evaluation stützt sich insgesamt auf drei verschiedene Datenquellen. Während mithilfe der Fragebögen eher kompaktes und direktes Feedback erhoben wurde, konnte mittels fokussierter Interviews der Informationsgehalt im Sinne einer Vertiefung erweitert werden. Der zeitliche Abstand von ca. zwei bis drei Wochen erwies sich dabei nicht als nachteilig, sondern ermöglichte es den Befragten, ihre vergangenen Eindrücke gründlich zu verarbeiten und auf dieser Basis in den Interviews differenzierte Aussagen zu treffen. Da sich die Befragten vorab freiwillig zur Teilnahme an den Interviews bereit erklärt hatten, zeigten sie ein hohes Maß an Engagement und Motivation. Die Kombination mehrerer Erhebungsmethoden und der damit verbundene Zeitaufwand hatten allerdings zur Folge, dass die Studierenden in den schriftlichen Befragungen tendenziell kürzer und weniger detailliert antworteten. Um eine ausreichende Rücklaufquote zu gewährleisten, war es gelegentlich notwendig, die Studierenden zur Teilnahme an den schriftlichen Befragungen zu motivieren.

6 Ergebnisse

Nach den Einblicken in die Vorstudie und der Beschreibung des didaktisch-methodischen Konzepts der Projektmethode mitsamt Charakteristika der korrespondierenden Hauptstudie folgt nun die Untersuchung der im Rahmen der Evaluation erhobenen Daten. Bevor die entsprechenden Ergebnisse herausgearbeitet werden (siehe Kap. 6.2), sollen zunächst die sichtbaren Ergebnisse aus den Gestaltungsaufgaben präsentiert werden, um den Leser*innen der vorliegenden Arbeit die Fülle und Vielschichtigkeit der erstellten Konzepte zu verdeutlichen.

6.1 Sichtbare Ergebnisse der Gestaltungsaufgaben

Die Gestaltungsaufgaben sind ein essenzieller konzeptioneller Baustein der Projektmethode, weil es um die praktische Erprobung und Verinnerlichung der zuvor gelernten fachlichen Perspektiven geht. Ihre konzipierten spekulativen Artefakte setzen die Studierenden überwiegend als schnelle und einfache Skizzen um. In manchen Fällen entstehen allerdings auch präzise und detaillierte Zeichnungen. Die Ergebnisse der Gestaltungsaufgaben haben keinen Selbstzweck, sondern sind das Resultat individueller kognitiver Prozesse, die sich, gemäß Zielausrichtung der vorliegenden Arbeit, im besten Fall motivierend auf die Studierenden auswirken. In diesem Kontext mag es umso passender erscheinen, den Begriff Design als Prozess zu charakterisieren (Glanville, 2023) und an das wesentliche Attribut der Projektmethode „*learning by doing*“ (Gudjons, 2014, S.76) zu erinnern. Der Darstellungsweise der entwickelten Konzepte, ihrer Vollständigkeit oder gar ihrer Richtigkeit sind, gemäß des leitenden Design-Ansatzes Speculative Design, keinerlei Grenzen gesetzt, solange sie sich an den vorgegebenen Informationen aus den Gestaltungsaufgaben orientieren. So kommt es vor, dass einige der Student*innen die Arbeitsflächen der generativen Toolkits nicht nutzen, sondern stattdessen eigenes Papier ohne vorgegebenes Layout zur Hand nehmen. Hintergründe zu diesem Umstand werden in Kap. 7.1.1 weiter ausgeführt und diskutiert.

Die nachfolgenden Einblicke in den Prozess der Projektmethode werden bezugnehmend auf Version **(C)** der Projektmethode vorgenommen (siehe Abb. 26). Aus der Abbildung geht hervor, dass der Arbeitsraum allen Studierenden ausreichend Platz geboten hatte, um jeweils individuell an den Gestaltungsaufgaben zu arbeiten **(1-2)**. Die erstellten Konzepte wurden am Ende der jeweiligen fachlichen Teile auf einem zentral positionierten Tisch gesammelt, um sie abschließend in der Gruppe zu diskutieren **(3-4)**.

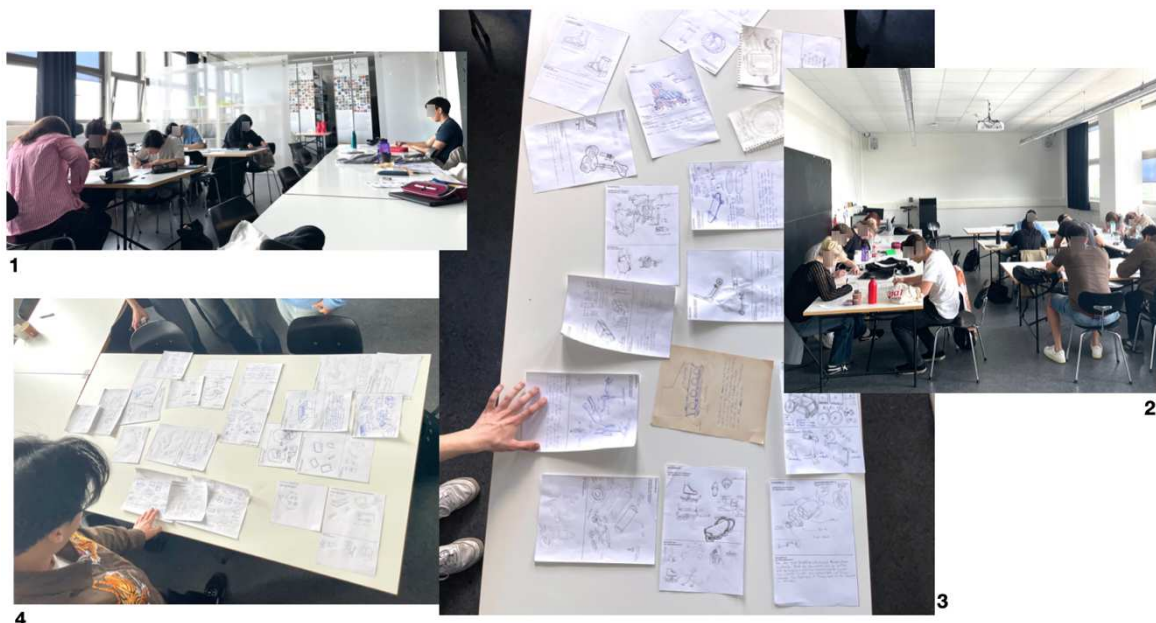


Abbildung 26. Einblick in den Prozess der Projektmethode (1-2) und Ergebnisse der Gestaltungsaufgaben (3-4) für Version (C). Eigene Darstellung.

Eine Auswahl an erstellten Konzepten wird nachfolgend entlang ihrer fachlichen Teile für beide Version **(B)** und **(C)** der Projektmethode abgebildet (siehe Abb. 27-34). Auf eine genauere Charakterisierung der einzelnen Arbeiten wird dabei verzichtet. Sie sollen

stattdessen einen Überblick über Vielfalt und gestalterische Möglichkeiten geben, die aus den Gestaltungsaufgaben hervorgegangen sind. Die erstellten Konzepte des ersten fachlichen Teils von Version (B) auf der Ebene Metall werden teilweise bereits bei Schoch et al. (2024) beschrieben (siehe Anhang B.3).

(i) Fachlicher Teil 1, Version (B): Ebene Metall

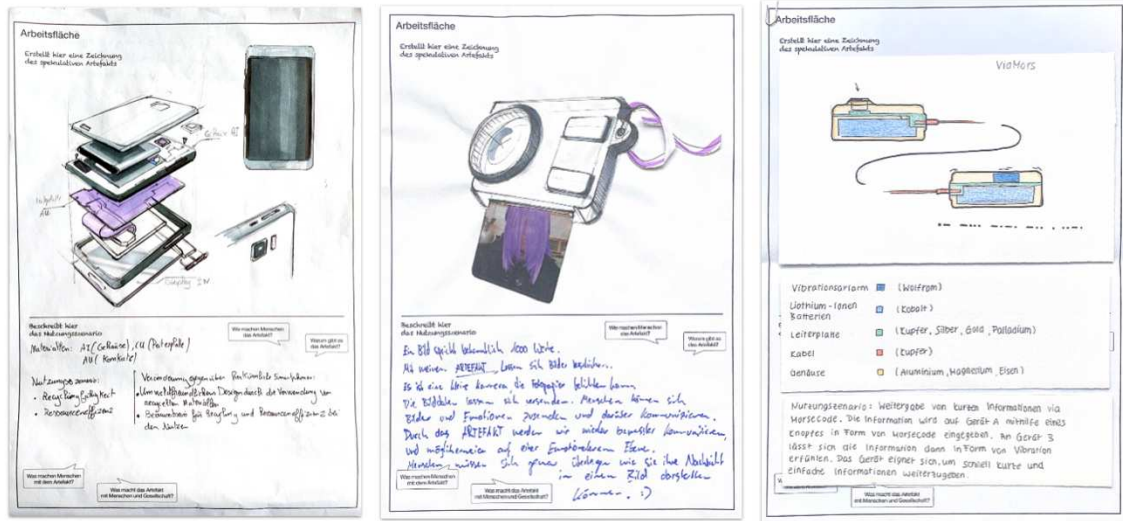


Abbildung 27. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des ersten fachlichen Teils von Version (B) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).

(ii) Fachlicher Teil 1, Version (C): Ebene Metall

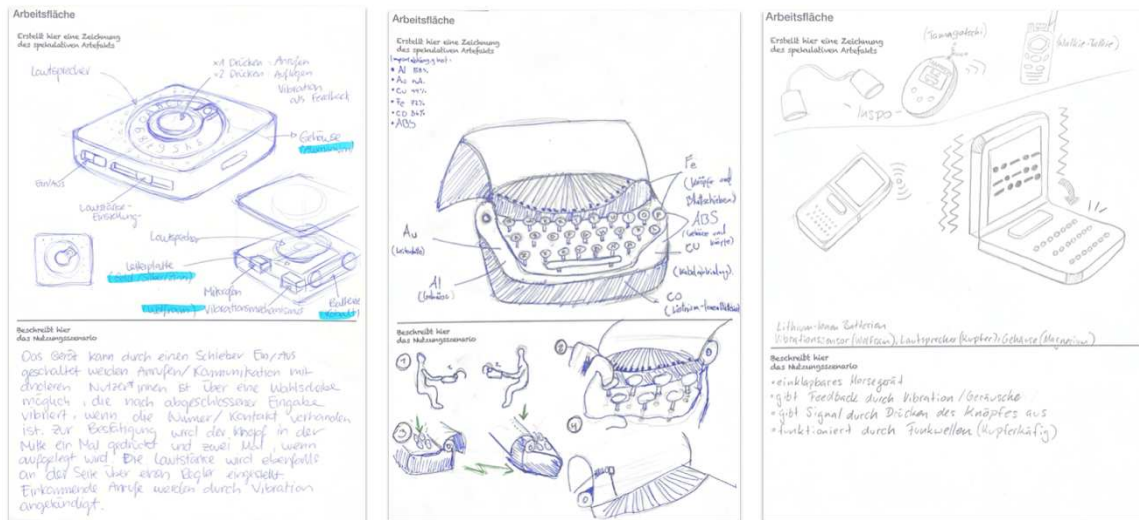


Abbildung 28. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des ersten fachlichen Teils von Version (C) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).

(iii) **Fachlicher Teil 2, Version (B): Ebene Legierung**

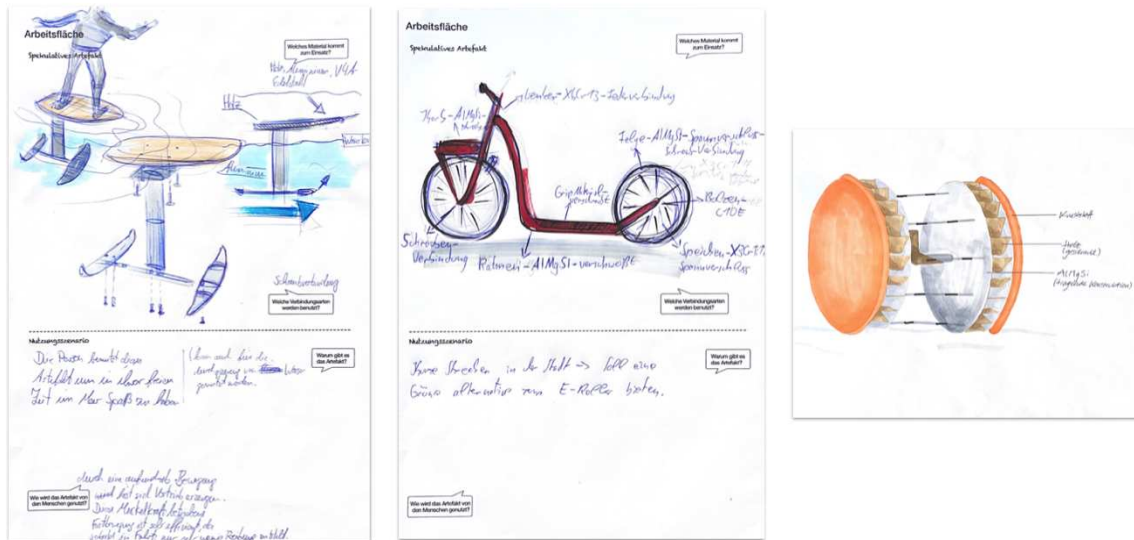


Abbildung 29. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des zweiten fachlichen Teils von Version (B) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).

(iv) **Fachlicher Teil 2, Version (C): Ebene Legierung**

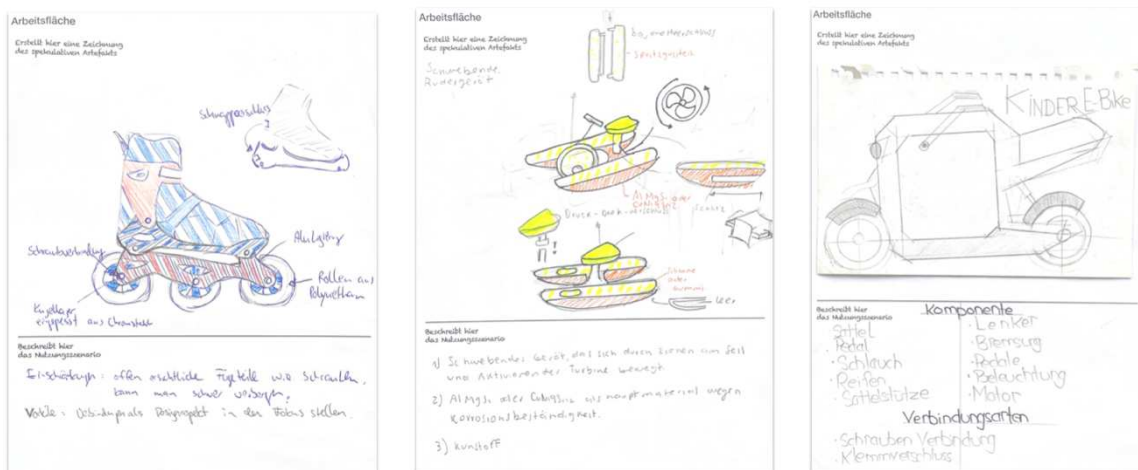


Abbildung 30. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des zweiten fachlichen Teils von Version (C) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).

(v) Fachlicher Teil 3, Version (B): Ebene Produkt

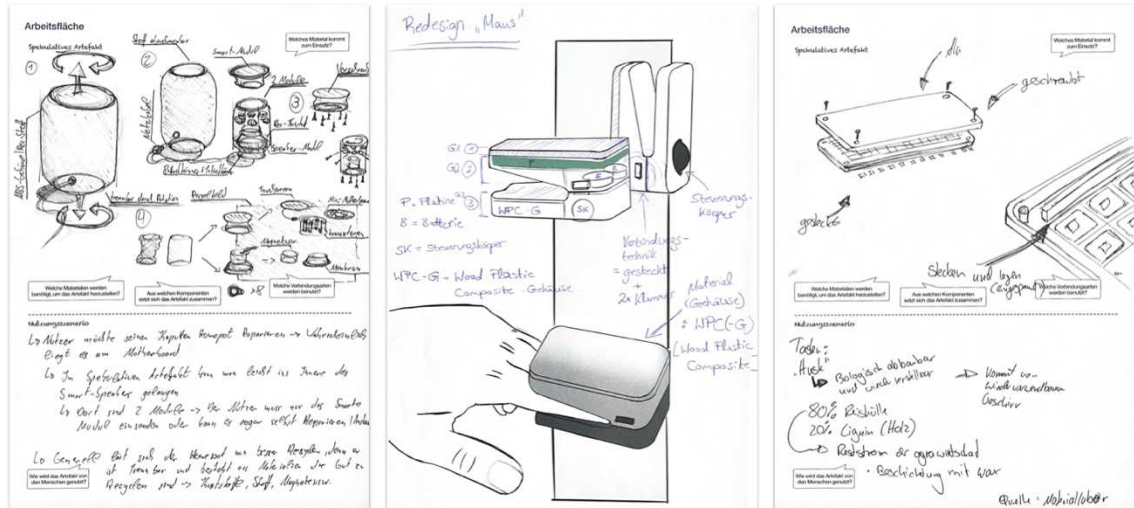


Abbildung 31. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des dritten fachlichen Teils von Version (B) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).

(vi) Fachlicher Teil 3, Version (C): Ebene Produkt

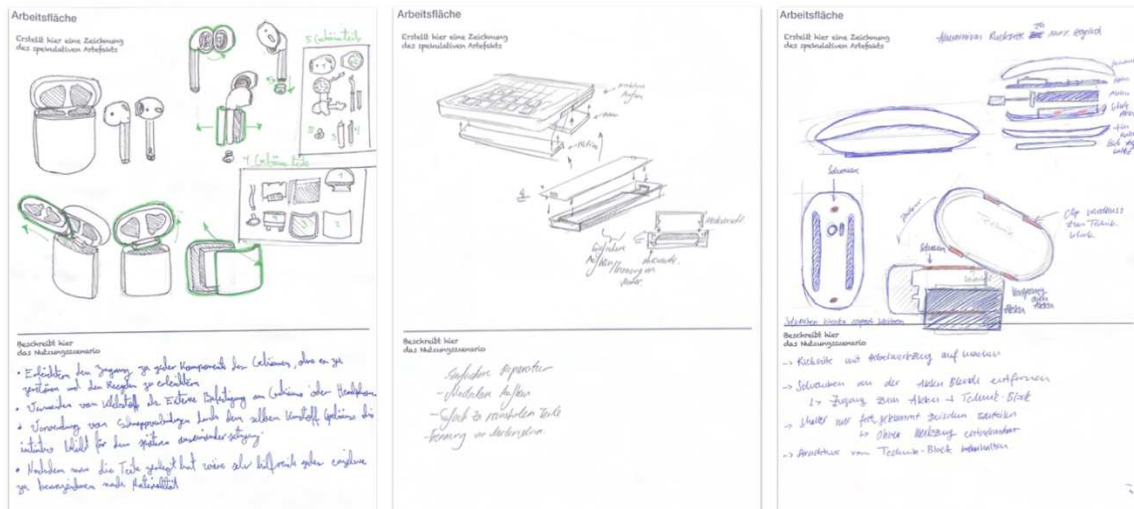


Abbildung 32. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des dritten fachlichen Teils von Version (C) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).

(vii) **Fachlicher Teil 4, Version (B): Ebene System**



Abbildung 33. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des vierten fachlichen Teils von Version (B) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).

(viii) **Fachlicher Teil 4, Version (C): Ebene System**

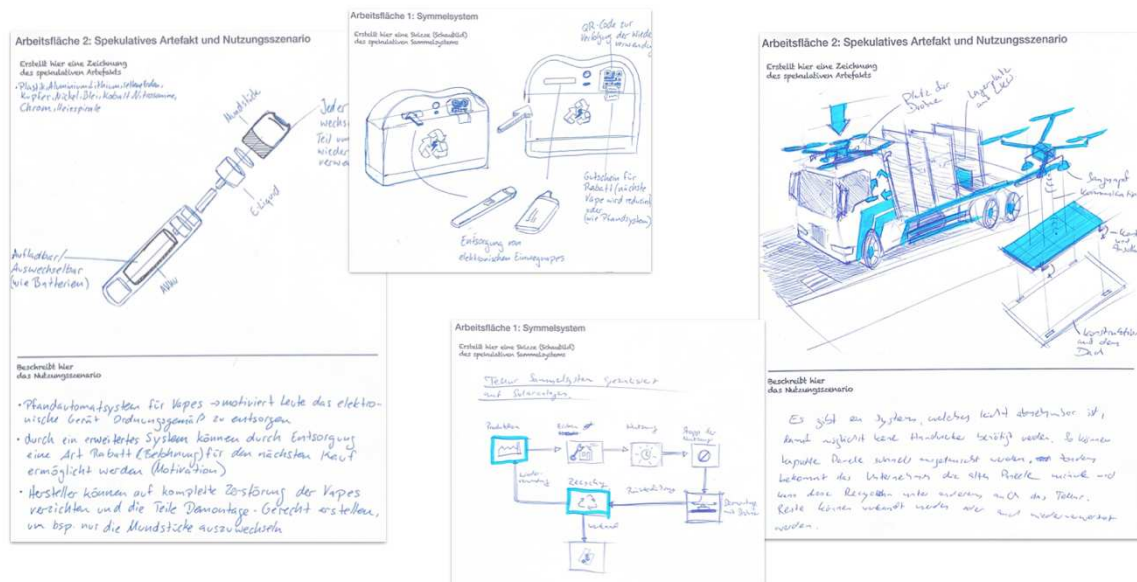


Abbildung 34. Drei exemplarische Konzepte aus der Gestaltungsaufgabe des vierten fachlichen Teils von Version (C) der Projektmethode. Eigene Zusammenstellung der Ergebnisse (anonymisiert; schriftliche Erlaubnis zur Nutzung und Verbreitung der erstellten Konzepte wurde von den Studierenden erteilt).

6.2. Ergebnisse der Datenanalyse

Nach der Präsentation der sichtbaren Ergebnisse aus den Gestaltungsaufgaben ist die Auseinandersetzung mit den Ergebnissen aus der Hauptstudie zu leisten. In die qualitative Auswertung gingen insgesamt Datensätze von sieben Interviews, 92 Fragebögen aus der Online-Befragung und 26 Fragebögen aus der Paper-Pencil-Befragung ein. Es geht als erstes darum herauszufinden, wie die Zielgruppe die Potenziale der Projektmethode einschätzt und als zweites um die Frage, wie sich daraus ableitende Einflussfaktoren zur Motivationssteigerung entlang der Normaktivationsphase strukturieren lassen (*siehe Kap. 6.2.2*). Zuvor bedarf es einer möglichst transparent und nachvollziehbaren Darlegung des über mehrere Schritte hinweg erstellten Kategoriensystems der Datenanalyse.

6.2.1 Einblicke in die Datenanalyse

Die Themenkategorien werden via offenes Codieren direkt am Material gebildet (*siehe Kap. 5.2.2.2*). Nach dem ersten Materialdurchlauf liegt ein aus sieben Hauptkategorien bestehendes Kategoriensystem vor, welches das erste Interimsergebnis der Analyse darstellt. Die Hauptkategorien darin heißen (i) Informationswert, (ii) Informationsvermittlung, (iii) Informationsform, (iv) Informationsvolumen, (v) Gestaltungsaufgabe, (vi) Generatives Toolkit und (vii) Methodische Struktur (*siehe Abb. 35*). Während der qualitativen Datenanalyse wird alsbald deutlich, dass sich das Kategoriensystem in eine schematische Richtung entwickelt, welche den vier Ebenen einer SOFT-Analyse entspricht und sich in die Logik eines praktischen und theoretischen Teils gliedert. Die entsprechenden Hauptkategorien nach dem zweiten Materialdurchlauf heißen demnach (i) Stärken, (ii) Chancen, (iii) Schwächen und (iv) Gefährdungen. In die Kategorie (v) Sonstiges werden zunächst nicht eindeutig zuordenbare Themenkategorien integriert (*siehe Abb. 36*).

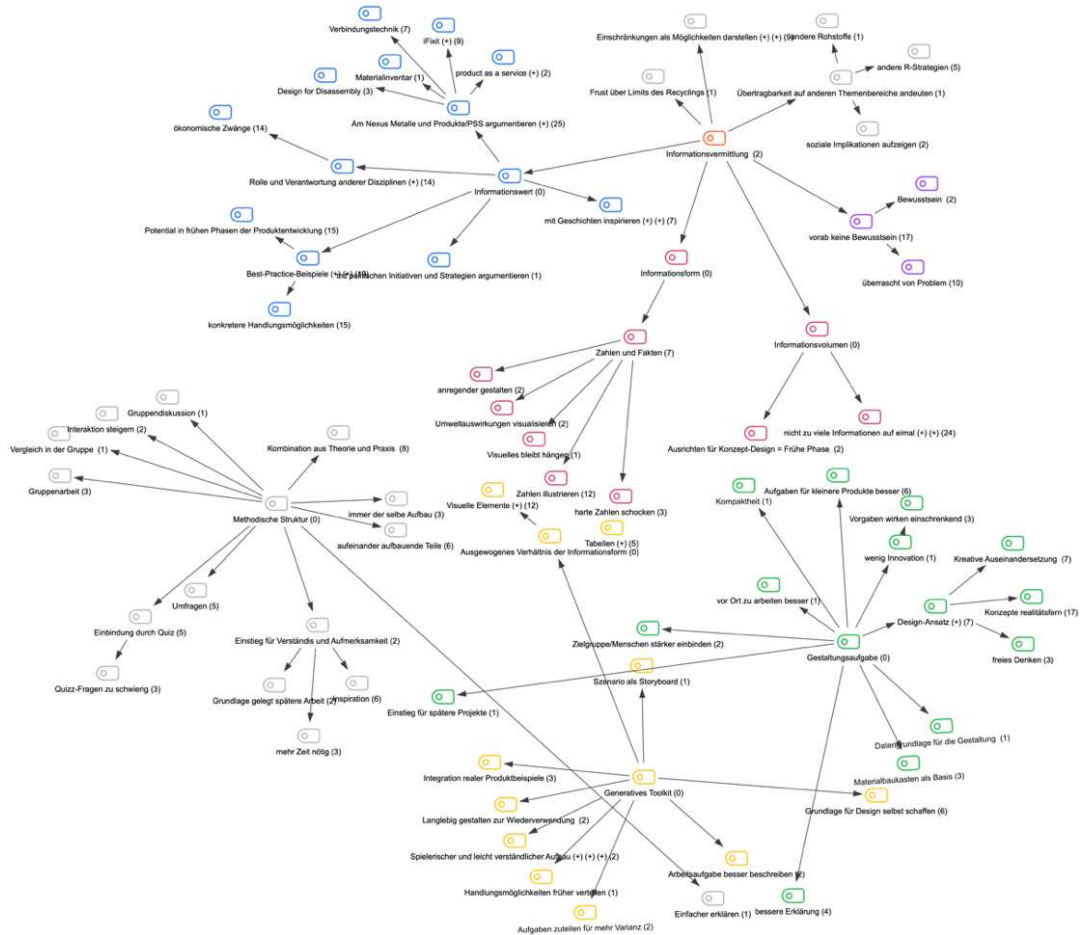


Abbildung 35. Das Kategoriensystem des ersten Materialdurchlaufs. Die Abbildung wurde mit MAXQDA und der integrierten Funktion „Creative Coding“ generiert.

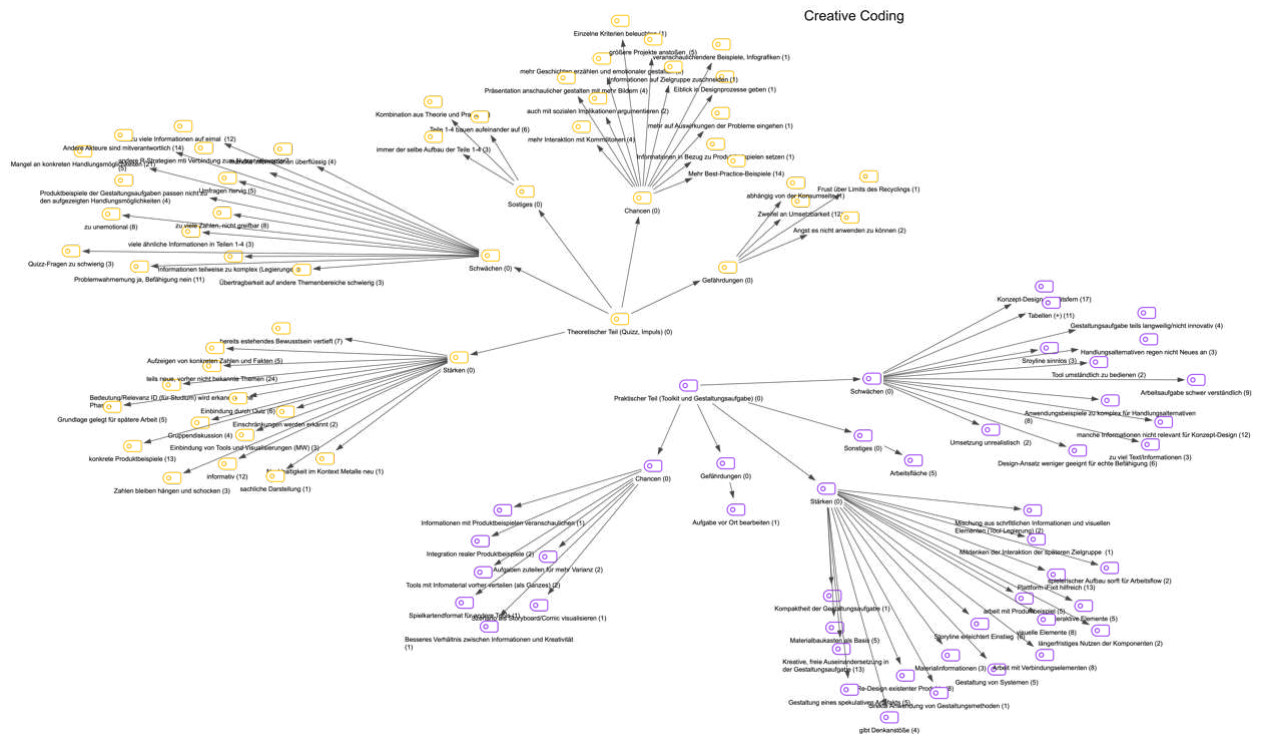


Abbildung 36. Das Kategoriensystem des zweiten Materialdurchlaufs systematisiert in einen theoretischen Teil (gelb) und in einen praktischen Teil (violett). Die Abbildung wurde mit MAXQDA und der integrierten Funktion „Creative Coding“ generiert.

Im finalisierten Kategoriensystem werden Themenkategorien mit großer Ähnlichkeit aggregiert und möglichst präzise betitelt und definiert. Während die Systematik der SOFT-Analyse und die Unterscheidung in einen theoretischen und einen praktischen Teil bestehen bleibt, wird das Kategoriensystem lediglich um die Kategorie „Generelles“ erweitert, welche sich auf die Schnittstelle zwischen Theorie und Praxis bezieht. Dabei überlappen sich die Inhalte der Themenkategorien teilweise (*siehe Abb. 37*).

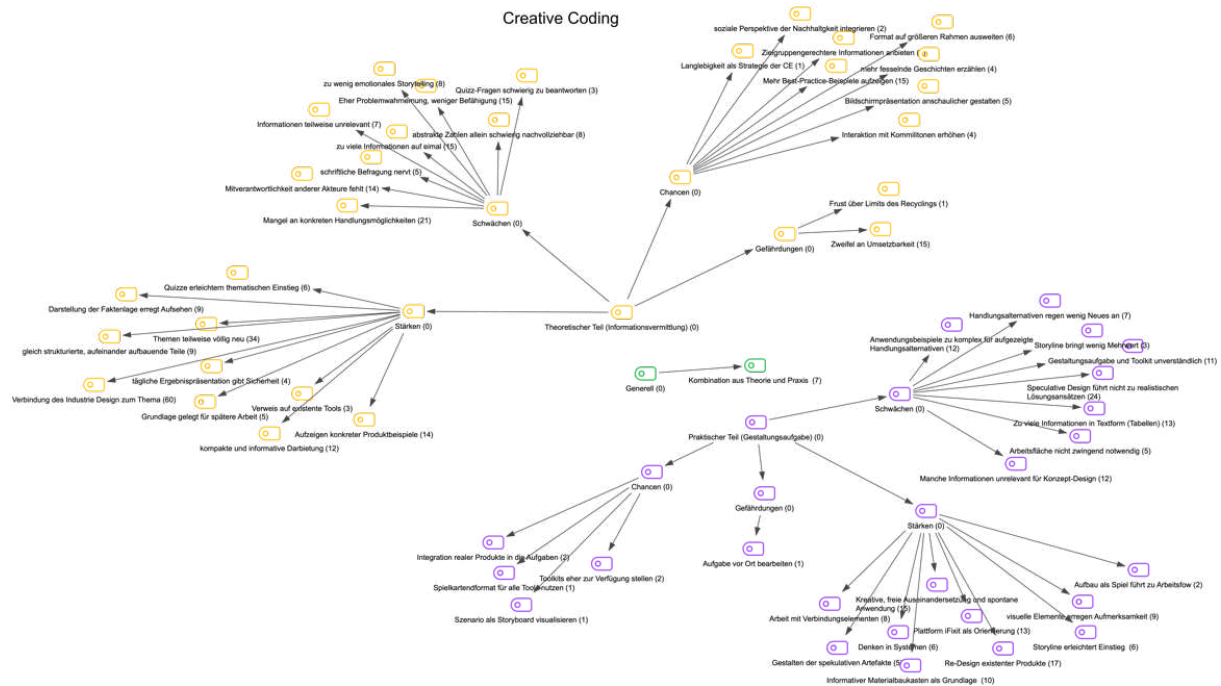


Abbildung 37. Das finalisierte Kategoriensystem. Die Abbildung wurde mit MAXQDA und der integrierten Funktion „Creative Coding“ generiert.

6.2.2 Die Potenziale der Projektmethode

Im Anschluss an den Einblick in die Erstellung des Kategoriensystems der Datenanalyse folgt nun die Auseinandersetzung mit den identifizierten Themenkategorien. Es wird angenommen, dass sich die Themenkategorien der Bereiche Stärken und Schwächen als Einflussfaktoren charakterisieren lassen, weil sie sich entweder positiv oder negativ auf die Aktivierung der moralischen Motivation der Zielgruppe auswirken.

Wie aus der übergeordneten Forschungsfrage und dem gewählten qualitativen Forschungsansatz hervorgeht, ist die Frage der Wirksamkeit nicht Gegenstand der in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Evaluation. Tendenzen sind bei Schoch et al. (2025) einsehbar (*siehe Anhang B.4*). Vielmehr geht es um die Frage nach dem angemessenen Einsatz der in das didaktisch-methodische Konzept der Projektmethode integrierten Maßnahmen, d.h. ihrer Potenziale.

Diese werden nach den oben genannten Hauptkategorien aus der SOFT-Analyse zunächst bezüglich des theoretischen und danach bezüglich des praktischen Teils der Projektmethode in tabellarischer Form zusammengefasst und im Anhang ausführlich dargestellt. Während der theoretische Teil die Informationsvermittlung umfasst, liegen dem praktischen Teil die Gestaltungsaufgaben mitsamt der generativen Toolkits zugrunde. Die Tabellen sind entlang ihrer Zeilen nach dem Namen, der inhaltlichen Beschreibung und entsprechend referenzierten illustrativen Zitaten der jeweiligen Themenkategorie strukturiert. Die einzelnen Themen sind nach absteigender absoluter Häufigkeit (H)

sortiert, um ihre Bedeutung untereinander zu relativieren. Die Angaben der Häufigkeit sind allerdings nur als Tendenz zu verstehen, weil es an manchen Stellen vorkommt, dass sich mehrere der den Themenkategorien zugrunde liegenden Textstellen auf die Antworten einer einzigen Person zurückführen lassen. Dies betrifft alle der Datenanalyse zugrunde liegenden Datensätze gleichermaßen (*siehe Anhang C.1 bis C.9*).

Im Folgenden werden die identifizierten Potenziale in zwei Schritten visuell reflektiert. Im ersten Schritt werden sie in ein generisches Raster der SOFT-Analyse übertragen (*siehe Abb. 38*), in dem sie gemäß ihrer Nummerierung, ihrem Namen und ihrer absoluten Häufigkeit (H) gekennzeichnet werden. Die Abbildung zeigt, dass es am häufigsten verschiedene Aussagen zu Potenzialen in den Bereichen Stärken und Schwächen gibt und am wenigsten in puncto Gefährdungen. Generelle Potenziale werden gesondert dargestellt und keinem der Felder zugeordnet. Auch die absolute Häufigkeit (H) der jeweiligen identifizierten Potenziale ist in den Bereichen Stärken und Schwächen am höchsten, während sie bei den Gefährdungen zurückfällt.



Abbildung 38. Alle identifizierten Potenziale im generischen Raster einer SOFT-Analyse. Eigene Darstellung.

Selbstverständlich sind die ausgewiesenen quantitativen Angaben der einzelnen Themenkategorien nur als grobe Anhaltspunkte zu verstehen. Durch sie lässt sich tendenziell andeuten, welche Themen der Zielgruppe wichtig zu sein scheinen und welche weniger, oder welche Themen überhaupt nicht rückgemeldet werden und scheinbar keinen bleibenden Eindruck unter den Befragten hinterlassen haben.

Insbesondere die Themenkategorie ‚Thematische Relevanz für das Industrie-Design‘ (Nr.1) muss mit Bedacht in den Kontext der Studie eingeordnet werden, weil sie, im Gegensatz zu den anderen Themenkategorien, explizit von einer Frage der Online-Befragung aufgegriffen wird. Es liegt nahe, dass sich die Befragten weitaus häufiger zu diesem Thema äußern. Ähnlich verhält es sich mit allen weiteren Themenkategorien, die mehr oder weniger direkt durch Fragen aus den Interviews, der Online-Befragung und der Paper-Pencil-Befragung adressiert wurden. Außerdem ist darauf hinzuweisen, dass, anders als bei den Stärken, Schwächen und Verbesserungsmöglichkeiten, die Gefährdungen nicht separat in der Online-Befragung adressiert wurden. Dies ist sehr wahrscheinlich der Grund, weshalb der Umfang an Rückmeldungen deutlich kleiner ausfiel.

Im zweiten Schritt der visuellen Aufarbeitung werden die Potenziale systematisiert, indem alle Stärken **(a)** und Schwächen **(c)** entlang der Normaktivationsphase zur Aktivierung der persönlichen Norm zugeordnet werden **(b)** (siehe Abb. 39). Die Abbildung zeigt, dass sich die Einflussfaktoren des theoretischen Teils (Nr. 1-17) eher an der ersten relevanten Kognition, d.h. der Problemwahrnehmung, ausrichten und dass sich die Einflussfaktoren des praktischen Teils (Nr. 28-44) tendenziell mit der dritten relevanten Kognition, d.h. der Wahrnehmung eigener Fähigkeiten, verbinden. Zwischen allen drei relevanten Kognitionen gibt es jedoch mehrere Überschneidungen. Ein Beispiel: Die Plattform iFixit als Orientierung wirkt sich nicht nur positiv auf die Wahrnehmung effektiver Handlungsmöglichkeiten aus, sondern hilft der Zielgruppe auch insgesamt bei der Wahrnehmung von spezifischen Problemen auf der Produkt-Ebene. Ein weiteres Beispiel: Der Einsatz von grafischen Elementen kann nicht nur für die Informationsvermittlung über die Bildschirmpräsentation des visuell erweiterten Vortrags sinnvoll sein, sondern lässt sich ebenso auf die Handlungsalternativen, die in die generativen Toolkits integriert sind, übertragen.

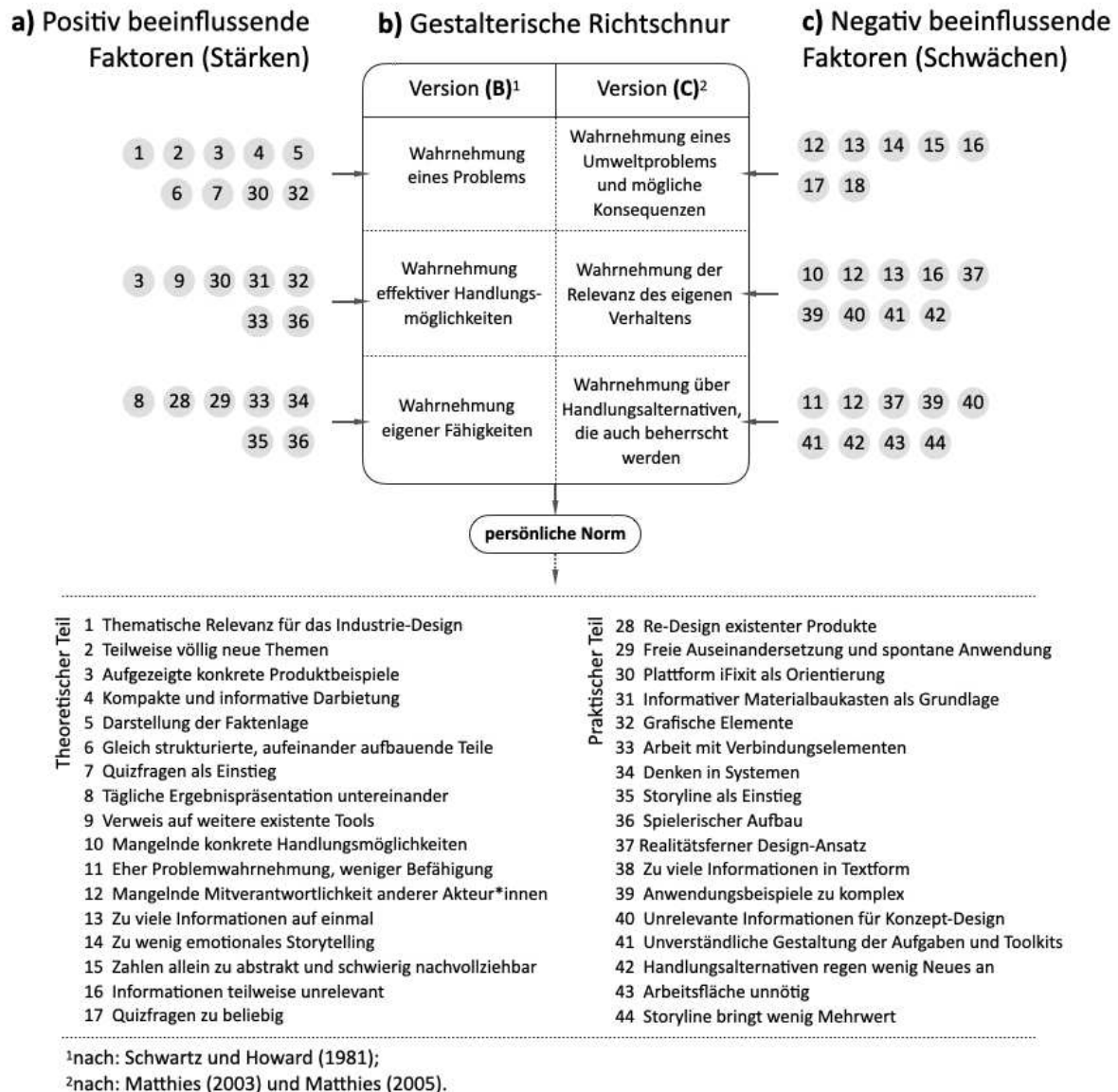


Abbildung 39. Die Einflussfaktoren entlang der Normaktivationsphase zur Aktivierung der persönlichen Norm.
Eigene Darstellung.

7 Diskussion

Die identifizierten Potenziale der Projektmethode und ihre Systematisierung entlang der Normaktivationsphase zur Aktivierung der persönlichen Norm geben bereits einen ersten Überblick darüber, welche Möglichkeiten es gibt, um das didaktisch-methodische Konzept und die darin verankerten Maßnahmen zielgruppengerechter zu gestalten. Auf dieser Grundlage sind die Ergebnisse jetzt zu diskutieren und theoriebezogen zu interpretieren (siehe Kap. 7.1), um letztendlich praxisrelevante Hinweise darüber geben zu können, wie genau die Zielgruppe motiviert werden kann, um sich für ein verbessertes Metallrecycling einzusetzen (siehe Kap. 7.2).

7.1 Diskussion der Potenziale und Einflussfaktoren

Im Folgenden werden die induktiv am Material gebildeten Themenkategorien, welche den Potenzialen der Projektmethode entsprechen, unter Bezugnahme auf einige relevante Informations-Parameter von Mewes (1973) differenziert betrachtet, erläutert und

theoriebezogen interpretiert. Zu den gewählten Parametern zählen: **(i)** der Wert, d.h. Wichtigkeit von Informationen für Empfänger*innen, **(ii)** das Volumen und die Dichte, d.h. die Menge an Wort- und Bildinformationen, **(iii)** der Feinheitsgrad, d.h. wie detailliert Informationen Empfänger*innen vorliegen, **(iv)** die Aktualität, d.h. Aussagen zum Zeitpunkt der Verwendung von Informationen und **(v)** die Informationsform, d.h. grafische oder alphanumerische Informationen. Das Ziel dieser systematischen Vorgehensweise ist es, eine fundierte Grundlage für die praxisrelevanten Hinweise zur Verbesserung der Projektmethode zu schaffen.

Die im Folgenden in den Klammern angeführten Nummerierungen entsprechen den Themenkategorien, dargestellt in den *Tabellen 9 – 17* und den *Abbildungen 38 und 39*. Um vorab der Frage nachzugehen, wie die Befragten insgesamt über die Projektmethode urteilen, können die unter „Generelles“ subsumierten Themenkategorien (*Nr. 50 – 52*) herangezogen werden. Hier lässt sich als erstes darauf verweisen, dass die Zielgruppe grundsätzlich Gefallen daran hatte, dass in der Projektmethode theoretische Erkenntnisse und praktische Erfahrungen miteinander kombiniert werden (*Nr. 50*). Die methodische Struktur der Projektmethode scheint in dieser Hinsicht also angemessen zu sein, um die Student*innen einerseits mit umweltspezifischen Problembereichen zu konfrontieren und andererseits daran anknüpfend Lösungsvorschläge erarbeiten zu lassen. Ein ausbalanciertes Verhältnis zwischen Kopf- und Handarbeit ist charakteristisch für Projektmethoden (Meyer, 2010; Frey, 2010) und ist als gestalterisches Element bei vielen der innerhalb der Forschungslandschaft aufgegriffenen Projekten vorzufinden (*siehe Kap.3.3*), weshalb diese Erkenntnis wenig überraschen mag. Möglicherweise lässt sich diese Struktur auch auf andere Umweltprobleme, wenn nicht sogar übergeordnet auf die von Klafki (2007) beschriebenen exemplarischen Schlüsselprobleme, ausweiten, wenn es darum geht, Industrie-Designer*innen zu adressieren. Dass es zwischen der kritisch-konstruktiven Didaktik und der Normaktivationsphase des Modells normativer Entscheidungen große Ähnlichkeiten gibt, geht aus den Beschreibungen zum didaktisch-methodischen Konzept der Projektmethode hervor (*siehe Kap. 5.2.1*).

Es ist besonders die praktische Erfahrung im Rahmen der eigenständigen Gestaltungsaufgaben, die den Befragten viel bedeutete. Sie mochten es, kritisch zu denken und sich spontan und kreativ mit den Problembereichen der fachlichen Teile auseinanderzusetzen (*Nr.29*). Ihre Rückmeldungen deuten darauf hin, dass sie die Projektmethode als ersten Schritt zur weiteren thematischen Erschließung begreifen und sie es per se nicht als negativ erachten, dass der Aspekt der Befähigung im Gegensatz zur Problemwahrnehmung weniger stark gefördert wird (*Nr.51*). Hierzu wird unten noch genauer eingegangen.

Vorab sollte außerdem noch auf die in das didaktisch-methodische Konzept der Projektmethode integrierte schriftliche Befragung eingegangen werden, die einen wesentlichen Teil der Evaluation ausmachte. Aus den Rückmeldungen der Befragten wird deutlich, dass einige der Studierenden diese als störend empfinden. Sie verstanden den Mehrwert dahinter nicht richtig und bemängelten die häufige Durchführung (*Nr.52*). Ersichtlich wird dies unmittelbar mit Blick auf die teils sehr kurzen stichpunktartigen Antworten und ebenso daran, dass sich nur relativ wenige Teilnehmer*innen im Nachgang zur Projektmethode auf die Interview-Einladungen zurückmeldeten. Möglicherweise fühlte sich die Zielgruppe nicht ausreichend über die Bedeutung der Evaluation aufgeklärt und verstand nicht, dass es sich bei der durchgeführten Projektmethode auch gleichzeitig um eine wissenschaftliche Studie handelte. Um die Teilnahme an der Evaluation also

attraktiver zu gestalten, sollte bei einer zukünftigen Durchführung darauf geachtet werden, die Bedeutung der Evaluation nachdrücklicher zu kommunizieren. Gleichzeitig bietet es sich bei der Gelegenheit an, den Umfang und die Konzeption der eingesetzten Erhebungsmethoden kritisch zu prüfen und, sofern möglich, noch stärker auf das Wesentliche zu reduzieren, sodass sie nicht zu Unbehagen unter den Studierenden führt.

(i) Zum Informationswert: Der Informationswert bezieht sich auf die Wichtigkeit von Informationen für den Empfänger (Mewes, 1973). Die Antworten der Befragten deuten darauf hin, dass der inhaltliche Fokus der Projektmethode bedeutsam für sie als angehende Industrie-Designer*innen ist (*Nr.1*). Die aufgegriffenen Problembereiche, insbesondere auf den Ebenen der Metalle und der Legierungen, waren teilweise völlig neu für sie, wodurch ihnen neue Perspektiven auf den Themenkomplex Nachhaltigkeit eröffnet wurden, von denen sie vorher nicht oder nur bedingt Kenntnis hatten (*Nr. 2*). Bei der didaktischen Erschließung des Circular Economy-Bereichs gab den Befragten die inhaltliche Reihenfolge von Material über Produkt bis hin zum System ein sicheres Gefühl. Die jeweils gleich strukturierten, aufeinander aufbauenden Teile unterstützten die Zielgruppe dabei, sich auf die Projektmethode einzulassen (*Nr.6*). Die Rückmeldungen der Befragten stärken zunächst einmal die Aussagen und Empfehlungen der Literatur, die auf die Relevanz der Zielgruppe im Kontext Metallrecycling verweisen (Graedel, 2011; Reck und Graedel, 2012; Ciacci et al., 2015) und sich für eine Integration des Circular Economy-Bereichs in universitäre Lehrpläne aussprechen (acatech, 2021; KRU, 2023; KRU, 2024). Die Student*innen erkannten ihre eigene Relevanz und hielten es deshalb für gerechtfertigt, sie während ihres Studiums zu inhaltlichen Perspektiven des Metallrecyclings zu unterrichten (*Nr.1*). Dass sie sich auf der anderen Seite über ihre eigene Bedeutung in dem Kontext überwiegend noch nicht bewusst sein konnten, spiegelt sich im Modulhandbuch des Studiengangs (Universität Wuppertal, 2021): Bis zum vierten Semester werden offiziell keine vergleichbaren Unterrichtsformate angeboten. Für Studierende aus höheren Semestern bzw. für berufserfahrene Designer*innen wären die Themen vermutlich weniger neu gewesen.

Aus den Antworten der Befragten lässt sich weiterhin schließen, dass sie auch andere Akteur*innen als mitverantwortlich für die aufgezeigten Problembereiche halten (*Nr.12*). Möglicherweise fehlt ihnen noch eine deutlichere Einordnung ihres Zuständigkeitsbereichs in Produktentwicklungsprozesse oder darüber hinaus in den Kontext eines Unternehmenssystems, wie z.B. von Hales und Gooch (2004) dargestellt und dies in Abgrenzung zu den Wirkungskreisen anderer Disziplinen. Natürlich ist es falsch, von der besonderen Relevanz des Industrie-Designs eine einseitige Zuschreibung der Verantwortlichkeit abzuleiten und entsprechend zu lehren. Es wäre sogar fahrlässig, weil dies der Zielgruppe das frustrierende Gefühl geben könnte, dass sie im Kontext der vielschichtigen und miteinander gekoppelten Problembereiche gänzlich allein dastünden. Richtig ist es hingegen aufzuzeigen, dass das Industrie-Design zwar eine zentrale Rolle einnimmt, diese aber durch viele weitere Akteur*innen ergänzt und deutlich beeinflusst wird (KRU, 2023). Insgesamt sollte klarer eingeordnet und entsprechend gelehrt werden, dass es zielführend sein kann, bereits mit kleinen Anstrengungen innerhalb eines möglicherweise nicht auf den ersten Blick sichtbaren Kollektivs, dazu beizutragen, an innovativen Lösungsvorschlägen zu arbeiten, um Veränderungen zu erwirken. Auf die Bedeutung von Designer*innen zwischen Nische und Mainstream, wie es im Kontext der Transformationsforschung beschrieben wird, gehen Liedtke et al. (2019) in ihrem Transition Design Guide ein.

Eine Schwäche der Projektmethode war die Tatsache, dass es den Befragten noch an konkreten Handlungsmöglichkeiten fehlte, die auch perspektivisch in der Realität funktionieren und nicht nur im Rahmen der konzeptionell angelegten Gestaltungsaufgabe (Nr.10). Aus den Antworten lässt sich ableiten, dass sich der Informationswert eher positiv auf die Problemwahrnehmung und weniger auf den Aspekt der Befähigung auswirkt (Nr.11). Dass es der Zielgruppe mit Blick auf die spätere Umsetzbarkeit noch an relevanten Informationen fehlt, ist riskant. Denn wenn für aufgezeigte Problembereiche, für die die Zielgruppe mitverantwortlich sein soll, keine angemessenen Handlungsalternativen präsentiert bzw. wahrgenommen werden, könnte dies eine Verantwortungsabwehr mit dem möglichen Verweis auf andere verantwortliche Akteur*innen anstoßen. Dann besteht die Gefahr, dass die Zielgruppe ihre zuvor aktivierten relevanten Kognitionen umdeutet, um sich vor etwaigen Schuldgefühlen zu schützen (Matthies, 2005; Schahn und Matthies, 2008). Dieser Effekt deutete sich bereits an dem Zweifel seitens Zielgruppe an, das zuvor Gelernte in der Realität auch wirklich umsetzen zu können (Nr.26). Sie verwiesen insbesondere auf ökonomische Faktoren und auch auf den Einfluss der Konsumseite, welcher zu Bedenken und Unsicherheit führe. Die Antworten der Befragten machen deutlich, dass sie sich im Rahmen der Informationsvermittlung mehr Best-Practice-Beispiele wünschen (Nr. 18). Gestützt wird dies insbesondere durch die Arbeit von Lofthouse (2006), in der beschrieben wird, dass der Rückgriff auf inspirierende Best-Practice-Beispiele essenziell für die Zielgruppe ist, wenn es darum geht, Eco Design Tools für Industrie-Designer*innen zu gestalten. Um den Realitätsbezug der Projektmethode zu verbessern, könnte die Verbindung zu komplementären Geschäftsmodellen im Circular Economy-Kontext (Bocken et al., 2016; Geissdoerfer et al., 2020) zukünftig noch deutlicher herausgearbeitet werden. Sofern es die Datenverfügbarkeit zulässt, könnten dabei ebenso die korrespondierenden Design-Prozesse in den Blick genommen werden, die von Unternehmen dabei im Rahmen der Produktentwicklung verfolgt werden. Ansätze dazu finden sich in der Literatur z.B. in dem Kurs von Kirchherr und Piscicelli (2019), die in ihrem Einführungskurs zur Circular Economy sowohl das Produkt-Design als auch den Bereich der Geschäftsmodelle integrieren. Die Bedeutung von nachhaltigen Geschäftsmodellen für das Design wird ebenso in der Arbeit von Liedtke et al. (2019) herausgearbeitet und findet sich z.B. auch in dem Kartenspiel von Konietzko et al. (2020).

Als eine weitere Schwäche der Projektmethode ist auf den Umstand zu verweisen, dass die Befragten die anwendungsorientierten Fallbeispiele aus den Gestaltungsaufgaben als zu komplex für die in die generativen Toolkits integrierten Handlungsalternativen erachteten (Nr.39). Anstatt z.B. mit Smartphones in die praktische Erprobung des ersten fachlichen Teils zu starten, wäre es als Einstieg angemessener, auf weniger komplexe Produktbeispiele zu verweisen. Das übergeordnete Ziel sollte es sein, der Zielgruppe zu vermitteln, dass Veränderungen möglich und einfach umsetzbar sind, um ihnen ein Erfolgserlebnis mit auf den Weg zu geben und ihr Interesse für tiefergehende Auseinandersetzungen in späteren Projekten zu wecken.

Der bereits angeführte Befund, dass die Wahrnehmung von beherrschbaren Handlungsalternativen im Gegensatz zur Problemwahrnehmung zurückfällt (Nr.11), kann mit dem konzeptionellen Design-Ansatz begründet werden. Die Rückmeldungen der Befragten deuten ebenso darauf hin (Nr.37). Es wird das offenkundig, was bereits oben in Kap. 4.3 beschrieben und dann in Kap. 4.4 bewusst als gestalterisches Mittel zur Konzeption der Projektmethode gewählt wird, nämlich, dass sich an den Design-Ansatz Speculative Design ausrichtende Projekte weniger dazu eignen, um Lösungsvorschläge für realistische und anwendungsnahe Problembereiche zu erarbeiten, wie es ursprünglich im

Kontext von Projekten vorgesehen ist (Gudjons, 2014) und sich auch in der kritisch-konstruktiven Didaktik von Klafki (2007) spiegelt. Mit dem Grundgedanken, den teilnehmenden Studierenden einen spekulativen Gestaltungsraum zu eröffnen, in dem sie sich allein mit den geförderten fachlichen Kompetenzen aus Sicht des Industrie-Designs auseinandersetzen können, um ihrem Auftrag, Möglichkeiten zu erzeugen und Vermutungen anzustellen (Krippendorf, 2007), nachgehen zu können, rangiert die Projektmethode im Zwiespalt zwischen dem Anknüpfen an realitätsnahe Anwendungsfelder auf der einen Seite und dem Anliegen, mit alternativen, möglicherweise noch weniger real wirkenden, Handlungsalternativen zu experimentieren. Grundsätzlich ließe sich diesem Befund begegnen, indem vor Durchführung der Projektmethode nachdrücklicher an die Zielgruppe kommuniziert würde, dass sich die Handlungsalternativen ausschließlich auf die Möglichkeiten aus Sicht des Industrie-Designs beziehen, um externe Faktoren zunächst außen vor zu lassen. Auf der anderen Seite ließen sich die anwendungsorientierten Fallbeispiele aus den Gestaltungsaufgaben so anpassen und auch zielgerichteter mit den Handlungsalternativen koppeln, dass der Aspekt der Realitätsnähe besser zur Geltung kommt. Mit Blick in die Forschungslandschaft sind z.B. auch die bei Schäfer und Richards (2014) und McAloone (2007) beschriebenen Projekte so ausgelegt, dass sie sich an realitätsnahe Fallbeispiele orientieren, allerdings sind sie dabei nur mit Blick auf den Bearbeitungszeitraum deutlich länger angelegt.

Dass sich die mit dem Design-Ansatz Speculative Design intendierte fachliche Fokussierung fernab von externen Faktoren als weniger erfolgreich herausstellt, kann auch mit Blick auf das breit gefächerte Kompetenzprofil des Industrie-Designs (Loftthouse und Bhamra, 2000) begründet werden, dessen Stärken insbesondere in den früheren konzeptionellen Phasen von Design-Prozessen zum Tragen kommen. Hier geraten vermeintliche externe Faktoren, wie z.B. marktspezifische oder auch psychologische, ganz automatisch in das Blickfeld von Industrie-Designer*innen. Insofern könnte geschlussfolgert werden, dass die Zielgruppe im Rahmen der Gestaltungsaufgaben sogar fachlich eingeschränkt wird, da es nicht in ihrer Natur liegt, sich im Rahmen von Projekten engstirnig fachlichen Zuspitzungen zu unterwerfen. Zu dieser Argumentation passt die Rückmeldung der Befragten, die das Potenzial der verankerten Handlungsalternativen eher als gering einschätzt, um etwas Neues anzuregen (*Nr.42*). Es scheint, als würden die Studierenden im Rahmen der Gestaltungsaufgaben ihrem grundlegenden Auftrag, über die Grenzen des Denkens hinaus zu gehen und das Nichtexistierende zu adressieren (Stolterman, 2008), nicht oder nur bedingt nachkommen können. Die Notiz von Schaik und Reuter (2014a), dass sich lange Vorschriftenlisten aus einer spezifischen fachlichen Perspektive, z.B. der ökologischen Nachhaltigkeit, negativ auf die Kreativität ausüben können, ist unter diesem Gesichtspunkt nachvollziehbar.

Folgendes lässt sich schließen: Die in den generativen Toolkits der Gestaltungsaufgaben integrierten Handlungsalternativen sollten sich inspirierend auf die Ideengenerierung auswirken und holistisches Denken fördern, um der Zielgruppe die Möglichkeit zu geben, ihr umfassendes und breit gefächertes Kompetenzprofil auszuspielen und etwas Neues entwickeln zu können. Sehr wahrscheinlich braucht es dann allerdings mehr Zeit als bisher für die Projektmethode zur Verfügung steht. Dies lässt sich auch in den Rückmeldungen der Befragten wiederfinden, aus deren Sicht für die Projektmethode bereits jetzt ein durchaus größerer zeitlicher Rahmen angemessen wäre (*Nr.19*). Auf der anderen Seite sollte den Rückmeldungen einiger Befragten Rechnung getragen werden, die es als nicht negativ erachteten, dass die Befähigung im Gegensatz zu Problemwahrnehmung weniger stark gefördert wird. Sie ordnen die Projektmethode als

Grundlage für spätere Arbeiten ein (Nr.51). Wenn es zukünftig bei dem angesetzten zeitlichen Rahmen der Projektmethode bleibt, sollte insgesamt nachdrücklicher kommuniziert werden, dass es sich bei ihr um eine fachliche Schwerpunktsetzung handelt, oder anders formuliert, um einen Crash-Kurs, indem die vielen weiteren Faktoren in der Produktentwicklung zwecks Veranschaulichung des Themas in Klammern gesetzt werden, ohne ihre Bedeutsamkeit einzuschränken. Ob es dann konzeptionell noch gerechtfertigt ist, sich für die Gestaltungsaufgaben an dem Ansatz Speculative Design zu orientieren oder sich besser auf generische Design-Prozesse aus dem Industrie-Design zu stützen (Cross, 2001), sollte für zukünftige Versionen kritisch geprüft werden (*siehe Kap. 8*).

Aus den bisherigen Ausführungen zum Informationswert lässt sich ein möglicherweise folgenreicher Aspekt für das didaktisch-methodische Konzept der Projektmethode ableiten: Bisher dient die Normaktivationsphase von Schwartz und Howard (1981) bzw. Matthies (2003) und Matthies (2005) als konzeptioneller Rahmen, um die Aktivierung der persönlichen Norm seitens der Zielgruppe zu aktivieren. Andere externe Motive, wie z.B. in sozialer Hinsicht, werden erst in der darauffolgenden Motivationsphase integriert und beeinflussen den Prozess zur Aktivierung der persönlichen Norm gemäß Modellbeschreibung nicht. Dies ist ein großer Unterschied gegenüber der Version von Bamberg (2013), bei dem die soziale Norm direkten Einfluss auf die persönliche Norm hat und sich maßgeblich auf deren Aktivierung auswirkt.

Der Befund aus der Befragung, dass es der Zielgruppe während ihrer Teilnahme an der Projektmethode nicht leichtfällt, externe Faktoren außen vor zu lassen, stützt die Erkenntnis, dass es entweder angemessener wäre, wenn das didaktisch-methodische Konzept der Projektmethode die gesamte Motivationsphase adressieren und sich nicht nur auf die Aktivierung der persönlichen Norm beschränken würde, oder die Konstrukte des Stufenmodells von Bamberg (2013) herangezogen würden, um die persönliche Norm unter Berücksichtigung von sozialen Normen zu aktivieren. Letztere Option hätte mit Blick auf eine zukünftige Weiterentwicklung allerdings eine umfassendere Anpassung des didaktisch-methodischen Konzepts der Projektmethode zur Folge, weil das Aufzeigen bzw. die Wahrnehmung von Handlungsalternativen keinen Einfluss auf die Aktivierung der persönlichen Norm hat, sondern erst in späteren Stufen aufgegriffen wird.

Dass im Rahmen der Projektmethode auf existente Tools im thematischen Kontext verwiesen wird, lässt sich als Stärke anführen (Nr.9). Dies ist z.B. auch ein gestalterisches Mittel bei Liedtke et al. (2019). Die Befragten hielten dies für hilfreich, um sich selbstständig weiterführende Informationen erschließen zu können. Insbesondere ist hier auf die Plattform iFixit zu verweisen (Nr.30) und ebenso auf den Befund, dass die Befragten es bevorzugten, ein Re-Design für existente Alltagsprodukte vorzunehmen (Nr.28). Offenbar hat die Zielgruppe Gefallen daran, anhand von bebilderten Demontageanleitungen auf der Produkt-Ebene nach konkreten Problemen zu suchen und auf dieser Basis Lösungsvorschläge zu erarbeiten. Die Produkt-Ebene scheint daher ein angemessener Zugang zu sein, um die Zielgruppe mit dem Thema Metallrecycling zu konfrontieren. Dies ist vor dem Hintergrund des ursprünglichen Auftrags des Industrie-Designs, industriell fertigbare Produkte zu gestalten (Erlhoff und Marshall 2008), ebenso wenig überraschend, wie auch mit Blick in das Modulhandbuch des Studiengangs (BUW, 2021). In den meisten der Projekte, die im Zuge der Ausführungen zum Forschungsstand beschrieben werden (*siehe Kap. 3.3*), werden die Zielgruppen mit der Gestaltung von Produkten und auch korrespondierenden Systemen konfrontiert. Z.B. dreht sich das Projekt bei McAloone (2007) um eine Waschmaschine, einen Grill oder ein Transportsystem, bei Leal Filho et al. (2016) sind es Autobatterien und Verpackungen und

bei Schäfer und Richards (2014) geht es um ein Produktsystem zur Wasseraufbereitung. Die Bedeutung der Produkt-Ebene für die Zielgruppe wird darüber hinaus im produktspezifischen Ansatz Design for Recycling hervorgehoben (Schaik und Reuter, 2014a). Interessant könnte es mit Blick auf eine zeitlich länger angelegte Projektmethode sein, real vorliegende Produkte in die Gestaltungsaufgaben zu integrieren (*Nr.46*), um insbesondere die primär zu aktivierende Bewusstseinssteigerung während einer selbst durchgeführten Demontage zu intensivieren. Wie bereits weiter oben angedeutet, sollte dabei jedoch unbedingt darauf geachtet werden, dass die Anwendungsbeispiele nicht zu komplex für die aufgezeigten Handlungsalternativen sind (*Nr.39*), um die Zielgruppe in der kurzen Zeit nicht zu überfordern. Aus den Antworten der Befragten lässt sich weiterhin schließen, dass die Handlungsalternativen im Bereich der Verbindungstechnik eine angemessene Möglichkeit darstellen, um sich auf der Produkt-Ebene für eine Verbesserung des Recyclingsystems einzusetzen (*Nr.33*). Ebenso sehen die Befragten Potenziale auf der System-Ebene, die sie insbesondere mit Perspektiven der Konsumseite in Verbindung bringen (*Nr.34*).

Bezüglich des Informationswerts des praktischen Teils sei abschließend auf zwei Komponenten der Toolkits verwiesen. Die Storyline stellt eine von vier Komponenten des vierten Toolkits dar, auf deren Basis die Zielgruppe ein Sammelsystem mitsamt spekulativen Artefakten gestalten sollte. Aus den Antworten der Befragten geht hervor, dass sich die Storyline positiv auf den Einstieg in die Gestaltungsaufgabe auswirkt (*Nr.35*) und insofern ein angemessenes Mittel sein kann, um die thematische Brisanz nochmals zu steigern. Auf der anderen Seite gibt es Stimmen, die anderer Meinung sind und in der Storyline, mit dem Verweis darauf, dass die darin beschriebene Metallknappheit nicht erst zukünftig, sondern bereits heute problematisch ist, wenig Mehrwert sieht (*Nr.44*). Die Rückmeldungen sind demnach nicht eindeutig.

Die Arbeitsflächen sind Bestandteil eines jeden Toolkits und werden angeboten, um der Zielgruppe die Möglichkeit zu geben, ihre Konzepte aus den Gestaltungsaufgaben zeichnerisch festhalten zu können. Die Antworten der Befragten legen nahe, dass es die Arbeitsflächen nicht zwingend braucht, um die Aufgaben zu bearbeiten (*Nr.43*). Vermutlich hätte einfaches Papier ohne vorgegebene Strukturen völlig ausgereicht und evtl. sogar hinsichtlich der Darstellungsform den Vorteil, dass eigenständige und exklusive Versionen entwickelt worden wären. Die Arbeitsflächen bringen hingegen den Vorteil, dass die erstellten Konzepte für die Ergebnispräsentation in einem einheitlichen Format vorliegen und auf diese Weise ihre Vergleichbarkeit untereinander verbessert wird.

(ii) Zum Informationsvolumen: Das Informationsvolumen bezieht sich auf die Menge an Wort- und Bildinformationen (Mewes, 1973). Die Antworten der Befragten deuten darauf hin, dass es zunächst einmal viele Informationen in kompakter Form braucht, um den Einstieg in neue Themen zu meistern (*Nr.4*). Insofern scheint die informative Darbietung zu Beginn eines jeden fachlichen Teils der Projektmethode angemessen zu sein, um entsprechend fachspezifische Informationen an die Zielgruppe zu vermitteln. Der Hinweis von Jank und Meyer (1991), dass Elemente des Frontalunterrichts besonders für diesen Anlass geeignet sind, wird bestätigt. Dies passt auch zu den Ausführungen bei Konietzko et al. (2020), die über einen theoretischen Input zum Thema Circular Economy in ihren Workshop einleiten. Gleichzeitig lässt sich aus den Rückmeldungen der Befragten schließen, dass es überfordernd wirken kann, wenn zu viele Informationen in zu kurzer Zeit vermittelt werden (*Nr.13*). Durch das Risiko einer kognitiven Überlastung kann es passieren, dass einige Student*innen dem Verlauf der Projektmethode nicht mehr folgen

können. Dieser Sachverhalt ließ sich ebenso in dem praktischen Teil wiederfinden, als die Zielgruppe mit zu umfangreichen textlastigen Tabellen der Toolkits konfrontiert wurde (*Nr.38*). Dass es eher kurze und aggregiert dargestellte Informationsblöcke sind, die den Vorlieben der Zielgruppe entsprechen, wird in der Arbeit von Lofthouse (2006) deutlich beschrieben. Deshalb lässt sich aus den Rückmeldungen schließen, dass bei einer erneuten Durchführung der Projektmethode noch stärker darauf geachtet werden sollte, dass das Informationsvolumen dem zeitlichen Rahmen der Projektmethode und den kognitiven Leistungen der Zielgruppe, Informationen aufzunehmen und entsprechend zu verarbeiten, entspricht.

Was von einigen der Befragten indes als positiv erachtet wurde, ist die datenbankähnliche Zusammenstellung von Materialinformationen (*Nr.31*), wie im Übrigen auch von den Befragten in der Arbeit von Lofthouse (2006). Die Studierenden erhalten dadurch die Möglichkeit, sich all die Informationen auszusuchen, die für ihr jeweiliges Konzept als relevant erachtet werden. Dieser Umstand lässt sich bei einer etwaigen erneuten Durchführung der Projektmethode als vorteilhaftes Narrativ nutzen, um den Charakter der aufgezeigten Handlungsalternativen innerhalb der Toolkits aufzuwerten.

Es sollte dann treffender kommuniziert werden, dass es sich bei den Handlungsalternativen aus den Toolkits eher um eine Diskussionsgrundlage in Form einer aus verschiedenen Indikatoren bestehenden Materialdatenbank handelt, von denen die Zielgruppe die in ihren Augen relevanten aussuchen und für ihre Konzepte nutzen kann. Zwar kann es mit Blick auf das Recyclingsystem sinnvoll sein, alle aufgezeigten Handlungsalternativen auf einmal zu nutzen. Zu beurteilen, welche der Handlungsalternativen für welche Produktgruppen oder einzelnen Produkte tatsächlich geeignet sind und welche weniger, um das Produkt- und Materialrecycling effektiv zu verbessern, ist allerdings alles andere als trivial und geht über den Rahmen der vorliegenden Arbeit hinaus. Schaik und Reuter (2014a) plädieren in dieser Hinsicht für einen produktspezifischen Ansatz, der z.B. auf die jeweiligen Produktstrukturen und verfügbare recyclingmetallurgischen Infrastrukturen Rücksicht nimmt.

Zum Feinheitsgrad: Der Feinheitsgrad gibt an, wie detailliert Informationen den Empfänger*innen vorliegen (Mewes, 1973). Die Antworten der Befragten deuten darauf hin, dass manche Informationen des theoretischen Teils als überflüssig erachtet wurden (*Nr.16*). Entweder, weil sie sich zu oft wiederholten oder weil für die spätere Entwicklung der Konzepte kein praktischer Mehrwert gesehen wurde. Während der Aufgabenbearbeitung griffen die Studierenden zum Teil intuitiv auf all jene Informationen zurück, die sie als relevant erachteten und ihnen weiterhalfen. Dabei wurden einige Informationen als zu detailliert und folglich als irrelevant für das Konzept-Design erachtet (*Nr.40*). Vor allem die Informationen aus dem Toolkit auf der Legierungs-Ebene zu den Haupteigenschaften, der Lieferform, der Bearbeitbarkeit und zu Optionen der Oberflächenbehandlung ließen sich in den Augen der Befragten für ihre entwickelten Konzepte kaum einsetzen. Hauptsächlich waren es die aufgezeigten Anwendungsbeispiele der Legierungen, die zu inspirieren schienen und entsprechend in die Konzeption einfließen. Eine Person hinterfragte den Feinheitsgrad der aufgezeigten Handlungsmöglichkeiten sogar für das gesamte Studium, da die Umsetzung eines Produkts inklusive tatsächlicher Materialwahl weniger im Fokus stehe. Dies lässt sich mit Blick in das Modulhandbuch des Studiengangs nicht vollumfänglich bestätigen, weil z.B. Perspektiven der Werkstoffkunde und Fertigungsverfahren als Bestandteile ausgewiesen werden (BUW, 2021). Gleichzeitig ist natürlich nachvollziehbar, dass zu detaillierte Materialinformationen

in den frühen konzeptionellen Phasen der Produktentwicklung tendenziell untypisch und besonders im Konzept-Design von geringer Bedeutung sind. Insgesamt kann geschlussfolgert werden, dass von der Vermittlung und dem Angebot weniger relevanter Informationen abgesehen werden sollte. Besser ist es, sich auf das Wesentliche zu beschränken und Informationen zielgruppengerechter aufzuarbeiten. Dies geht aus den Antworten der Befragten unmittelbar hervor (Nr.24). Dazu zählt, eher entlang von Produkten zu argumentieren (siehe Kap. 7.1.1), den Fokus auf häufig genutzte Materialien zu setzen und diese zwecks Inspiration mit ihren jeweiligen Anwendungsfeldern zu verknüpfen. Im Zuge der fachspezifischen Ausgestaltung der Projektmethode könnte es zukünftig hilfreich sein, noch systematischer zu definieren und zu eruieren, welche einzelnen Fachkompetenzen gefördert werden sollen und wie sie sich mit den relevanten Kognitionen der Normaktivationsphase verknüpfen lassen. Hierfür können verschiedene Stufenmodelle für die Unterrichtsplanung in Betracht gezogen werden (Meyer und Junghans, 2021).

Zur Aktualität: Die Aktualität bezieht sich auf den Zeitpunkt, wann Informationen verwendet werden (Mewes, 1973). Aus den Rückmeldungen der Befragten lässt sich schließen, dass es möglicherweise hilfreich gewesen wäre, der Zielgruppe die Toolkits schon eher zur Verfügung zu stellen und nicht erst am Tag der tatsächlichen Aufgabenbearbeitung (Nr.45). Die Studierenden hätten sich somit schon eher mit den fachlichen Schwerpunktsetzungen und den korrespondierenden Handlungsalternativen auseinandersetzen und im Vorfeld erste Ideen generieren können. Dies hätte sicherlich auch mit Blick auf die Verständlichkeit der Gestaltungsaufgaben und der Toolkits (Nr.41) einen positiven Effekt gehabt. Demgegenüber steht allerdings die Tatsache, dass es sich bei der Projektmethode gleichzeitig um eine Studie handelte und die spontane Konfrontation als grundlegend erachtet wurde, um die jeweiligen Forschungsfragen zu beantworten. Was allerdings verbessert werden könnte, ist, die Zielgruppe vor Beginn der Projektmethode z.B. via E-Mail noch nachhaltiger über die Ziele und ungefähren Inhalte aufzuklären, um ihr im Vorfeld die Möglichkeit zu geben, sich mental besser auf die Projektmethode einstellen zu können.

Ein weiterer Aspekt der Aktualität stützt sich bezüglich Version (B) der Projektmethode auf die Antwort einer Person, die nahelegt, dass es besser gewesen wäre, die Gestaltungsaufgaben direkt vor Ort und nicht als Hausaufgabe zu bearbeiten (Nr.19). Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund dessen, dass es sich für die Zielgruppe um teils völlig neue Themen handelte und die Gestaltungsaufgaben in Einzelarbeit durchzuführen waren, nachvollziehbar. Bei etwaigen Informationsverlusten oder Unklarheiten hätte der Dozent direkt unterstützen können. Es lässt sich schließen, dass es für die Zielgruppe von Vorteil ist, wenn Dozent*innen während der Arbeit an den Gestaltungsaufgaben anwesend sind, wie es z.B. im Kurs von Boks und Diehl (2006) der Fall ist und auch als eine Erkenntnis aus der Evaluation von Konietzko et al. (2020) hervorgeht. Außerdem hätte die Zielgruppe über diesen Weg die Möglichkeit bekommen, sich untereinander abzustimmen und zu helfen. In Version (C) der Projektmethode wurde dieser Aspekt bei der Konzeption der methodischen Struktur aufgegriffen und entsprechend berücksichtigt. Auf diese Weise konnte gleichzeitig der Wunsch der Befragten, die Interaktion unter den Kommiliton*innen zu erhöhen (Nr.21), erfüllt werden.

Der Bedarf der Zielgruppe nach mehr Gruppenzugehörigkeit und Interaktion untereinander (Nr.21) spiegelt sich auch in der Rückmeldung der Studierenden, dass sie die täglich stattfindenden Ergebnispräsentationen als hilfreich erachteten und sie darüber

ein Gefühl der Sicherheit erhielten (Nr.8). Ihnen half es, gemeinsam über die erarbeiteten Lösungsvorschläge zu sprechen, diese zu reflektieren und auf diese Weise Informationen zu teilen. Aufgrund der Bedeutung für die Zielgruppe, die Interaktion zu intensivieren und einen konstanten Informationsfluss aufrechtzuerhalten, könnte es zukünftig Sinn ergeben, die Gestaltungsaufgaben nicht in Einzel- sondern in Gruppenarbeit realisieren zu lassen. Die Relevanz wird insbesondere von den Befunden gestützt, dass die Themen der Projektmethode teils völlig neu für die Zielgruppe waren (Nr.2) und die Aufgabenbearbeitung anfangs schwierig zu verstehen waren (Nr.41).

In der Tat ist die Zusammenarbeit in Gruppen ein Merkmal der Projektarbeit, um das soziale Lernen, die Kooperation und das gemeinsame Handeln zu fördern (Gudjons, 2014). Dass die Arbeit in Gruppen im Rahmen von Projekten bedeutsam ist, wird ebenso mit Blick in die Literatur deutlich, wie die Arbeiten von Boks und Diehl (2006), Tomkinson et al. (2008), Schäfer und Richards (2014) und Leal Filho et al. (2016) zeigen (*siehe Kap. 3.3.*). Die im Rahmen der Konzeption der Projektmethode bewusst getroffene Entscheidung zur individuellen Bearbeitung der Gestaltungsaufgabe, folgte der weiter oben beschriebenen Argumentation, allen Studierenden gleichermaßen die Möglichkeit zu geben, den Prozess der Normaktivierung individuell und vollumfänglich durchlaufen zu können (*siehe Kap. 5.1.1*). Inwiefern sich die individuelle Arbeit an den Gestaltungsaufgaben im Vergleich zur Arbeit in kleineren Gruppen mit Blick auf die Aktivierung der persönlichen Norm unterscheidet, kann die vorliegende Arbeit aufgrund ihrer Zielausrichtung nicht beantworten, könnte allerdings zukünftig in weiterführender Forschung vertieft betrachtet werden (*siehe Kap. 8*).

Zur Informationsform: Die Informationsform gibt an, ob Informationen in grafischer oder alphanumerischer Form vorliegen (Mewes, 1973). Aus den Antworten der Befragten lässt sich schlussfolgern, dass durch spezifische Zahlen ausgedrückte Fakten dabei helfen, die adressierten Problembereiche der jeweiligen fachlichen Teile seitens der Zielgruppe gut nachvollziehen zu können (Nr.5). Sie verstärken die Dringlichkeit des Themas und hinterlassen einen nachhaltigen Eindruck. Dabei ist es allerdings nicht ausreichend, allein auf numerische Zeichen basierende Darstellungen für die Informationsvermittlung zu nutzen, sondern es bedarf auch anderer Formen (Nr.15). Hier werden von den Befragten explizit grafische Elemente angeführt, die sich positiv auf die Aufmerksamkeit der Zielgruppe auswirkten (Nr.32). Dies deckt sich mit den Schlussfolgerungen in der Arbeit von Lofthouse (2006). Insbesondere, wenn wenig Zeit für die Ausarbeitung des praktischen Teils und ebenso für die Informationsvermittlung zur Verfügung stehen, eignen sich eingängige Grafiken und Datenvisualisierungen, um komplexere Informationen anschaulich und verständlich zu machen. Es wurde z.B. darauf hingewiesen, dass die Gestaltungsaufgaben und die Toolkits teilweise unverständlich seien (Nr.41). Dies ist mit Blick auf ihre Gestaltung auch durchaus nachvollziehbar, werden doch überwiegend alphanumerische Informationen für die Beschreibung der Gestaltungsaufgaben und der meisten tabellarisch strukturierten Handlungsalternativen eingesetzt (*siehe Kap. 5.2.1.1*). Dass sich grafische Elemente und Formen von Datenvisualisierungen positiv auf die praktische Anwendung der zuvor geförderten fachlichen Kompetenzen auswirken, machen die Antworten einer befragten Person deutlich, die im Hinblick auf das Toolkit der System-Ebene sagt, dass sie der spielerische Aufbau und die integrierten Angaben zu Metallen im Spielkartenformat in einen Arbeitsflow gebracht habe (Nr.36). Möglicherweise sind Spiele auch für die Gestaltung der anderen Toolkits eine gute Inspirationsquelle. Dies geht unmittelbar aus der Antwort einer befragten Person hervor

(Nr.47). Eine weitere Möglichkeit, um die Gestaltungsaufgaben noch näher an den Vorlieben der Zielgruppe auszurichten, könnte es sein, wenn sie im Rahmen einer zukünftigen Durchführung dazu aufgefordert würden, ihre erstellten Konzepte nicht als stichpunktartig beschriebene Szenarien, sondern als Storyboards zu visualisieren (Nr.47).

Dass die Zielgruppe Gefallen daran fand, sich mit den Handlungsalternativen auf der Produkt-Ebene auseinanderzusetzen (Nr.28), wird bereits weiter oben beschrieben. Die bebilderten Demontageanleitungen der Website iFixit (Nr.30) ist nicht nur ein Informationswert, sondern ist als konkretes Produktbeispiel (Nr.3) eine Form der Informationsvermittlung. Dies erachten die Befragten als positiv, weil sichtbar wird, welche realisierten Möglichkeiten es bereits gibt, um angemessen auf den aufgezeigten Problembereich zu reagieren. Die Kombination aus bildhaften Produktbeispielen und wenigen informativen Textbausteinen scheint eine angemessene Inspirationsquelle zu sein, auf die die Zielgruppe gern zurückgreift, während sie gestaltet. Mit Blick auf die Bildschirmpräsentation wünschten sich die Befragten eine anschaulichere Gestaltung (Nr.20), um die Informationsvermittlung noch anregender zu gestalten. Aus den Antworten geht hervor, dass den Befragten emotional ergreifende Geschichten fehlten, um ihr Mitgefühl im Kontext des Handlungsfelds zu steigern (Nr.14) und ihre Relevanz eigener Verhaltensweisen stärker anzusprechen (Nr.22). Die Geschichten könnten z.B. von involvierten Unternehmen handeln, aber auch anderweitig betroffene Akteur*innen adressieren. Insgesamt scheint der Aspekt des emotionalen Storytellings mit dem Wunsch einiger Befragten zu korrespondieren, Perspektiven der sozialen Nachhaltigkeit in die Argumentationskette der Projektmethode mit aufzunehmen (Nr.23) und auch das Thema der Langlebigkeit als Strategie im Circular Economy-Komplex zu integrieren (Nr.25). Zusammenfassend lässt sich schließen, dass der Zielgruppe einiges daran liegt, die Rolle von im adressierten Handlungsfeld der Circular Economy agierenden, betroffenen oder anderweitig involvierten Akteur*innen aufgezeigt zu bekommen. Dies ist nachvollziehbar, schließlich wirken Industrie-Designer*innen an der Schnittstelle zwischen Objekten und ihren nutzenden Subjekten. Sie folgen in Projektkontexten verschiedensten Gestaltungszielen, z.B. in ergonomischer Hinsicht (Bender et al., 2021) und stellen entsprechend Fragen nach Implikationen, die aus der direkten oder indirekten Nutzung ihrer Produkte resultieren können. Während die Schnittstelle zwischen Objekten und ihren nutzenden oder betroffenen Subjekten bereits in den Gestaltungsaufgaben und ihren zu entwickelnden Szenarien adressiert wird, sollte sie ebenso im theoretischen Teil stärker berücksichtigt werden, um die Relevanz des eigenen Verhaltens stärker anzusprechen.

Abschließend wird der Blick auf die im didaktisch-methodischen Konzept eingesetzten Quizfragen gerichtet, die darauf abzielten, der Zielgruppe den mentalen Einstieg in die Projektmethode zu erleichtern (siehe Kap. 5.2.1). In der Tat geht aus den Antworten der Befragten hervor, dass sich die Quizfragen positiv auf den Einstieg in die Inhalte der fachlichen Teile auswirkten (Nr.7). Sie scheinen demnach eine angemessene Methode zu sein, um die thematische Aufmerksamkeit der Zielgruppe zu erregen. Gleichzeitig deuten die Antworten der Befragten darauf hin, dass die integrierten Fragen teils schwierig zu beantworten waren (Nr.17) und insofern noch nicht den kognitiven Ansprüchen der Zielgruppe entsprachen. Daraus folgt, dass der Einsatz von Quizfragen zu Beginn der jeweiligen fachlichen Teile zur Sensibilisierung seitens der Zielgruppe beitragen können. Allerdings nur, wenn die verankerten Fragen noch mehr dem inhaltlichen Kenntnisspektrum der Zielgruppe entsprechen.

7.2 Strategien zur Motivationssteigerung

Im Anschluss an die systematische Diskussion und Interpretation der Einflussfaktoren folgt nun die kompakte Formulierung von praxisrelevanten Hinweisen für zukünftige Versionen der Projektmethode, die sich positiv auf den Prozess der Motivationssteigerung auswirken sollten und daher als Strategien zur Motivationssteigerung charakterisiert werden.

Weil es sich bei der Zielgruppe und den gleichzeitig Befragten um Studierende des vierten Semesters an der Bergischen Universität handelte, sollte von einer Verallgemeinerung abgesehen werden. Primäres Ziel von qualitativer Forschung ist ohnehin nicht die Generalisierung (Kuckartz und Rädiker, 2022). Gleichzeitig ist es durchaus denkbar, dass die Erkenntnisse auch für das Design anderer Projektmethoden oder Unterrichtsmethoden im weitesten Sinne relevant sein können.

Die insgesamt 18 Strategien zur Motivationssteigerung, inklusive Zuordnung zu den entsprechenden Informations-Parametern, lauten im Einzelnen:

1. **Ausgewogenes Verhältnis zwischen Theorie und Praxis beachten (übergeordnet):** Es entspricht den Vorlieben der Zielgruppe, zuvor Erlerntes spontan im Rahmen einer Gestaltungsaufgabe anzuwenden. Im Falle von zukünftigen Durchführungen oder anderen Versionen der Projektmethode, sollte auf ein ausgewogenes Verhältnis innerhalb der methodischen Struktur zwischen theoretischer Informationsvermittlung durch Dozent*innen und der praktischen Erfahrung seitens Studierender geachtet werden. Dies ist grundlegend, um zu ermöglichen, dass die in die methodische Struktur der Projektmethode integrierten Maßnahmen alle relevanten Kognitionen der Normaktivationsphase gleichermaßen ansprechen können.
2. **Das Industrie-Design in seiner Beziehung zu anderen Disziplinen einordnen (Informationswert):** Damit die Zielgruppe ein Bewusstsein für ihr eigenes Verhalten entwickelt und entsprechend erste Handlungsalternativen wahrnimmt, ist es erforderlich, dass in der Informationsvermittlung der Wirkungskreis des Industrie-Designs im thematischen Kontext und in Abgrenzung zu anderen involvierten Disziplinen deutlich herausgearbeitet wird. Um das Risiko einer möglichen Verantwortungsabwehr seitens der Zielgruppe entgegenzuwirken, sollte kommuniziert werden, dass das Industrie-Design zwar bedeutsam für die aufgezeigten Problembereiche ist, es aber gleichzeitig viele weitere relevante und mitverantwortliche Akteur*innen gibt und es schon kleine Beiträge sind, die im Gesamtkontext große Wirkungen entfalten können.
3. **Niederkomplexe Anwendungsbeispiele wählen (Informationswert):** Für die Gestaltungsaufgaben sollten einfache und niederkomplexe Anwendungsbeispiele gewählt werden. Hochkomplexe technische Artefakte, wie z.B. Smartphones, sind insbesondere aufgrund des zu kurz angesetzten zeitlichen Rahmens und dem gewählten Design-Ansatz weniger dafür geeignet, um der Zielgruppe zu vermitteln, dass Veränderungen einfach umzusetzen sind.
4. **Best-Practice-Beispiele aufzeigen (Informationswert):** Damit die Zielgruppe realistische Handlungsalternativen und auch eigene Fähigkeiten wahrnimmt, ist es bedeutsam, ihnen im Rahmen der Informationsvermittlung mehr inspirierende Best-Practice-Beispiele an die Hand zu geben und in diesem Zuge auch auf korrespondierende Geschäftsmodelle und, sofern die Datenlage es zulässt, zugrundeliegende Design-Prozesse zu verweisen. Konzeptionell hätte dies eine

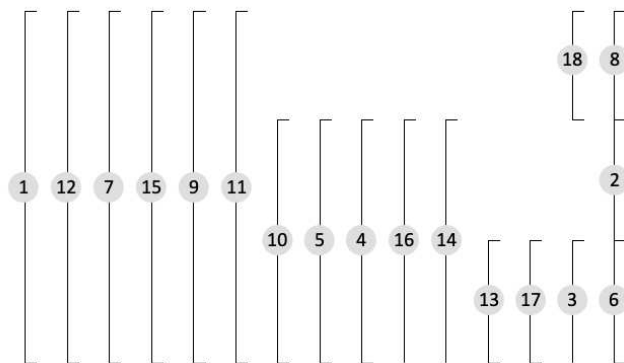
Erweiterung des didaktisch-methodischen Konzepts um die gesamte Motivationsphase zur Folge, in der weitere Motive berücksichtigt werden, die sozialer und ökonomischer Natur sein können.

5. **Die Projektmethode als Crash-Kurs einordnen (Informationswert):** Einer möglicherweise zu großen Erwartungshaltung seitens der Zielgruppe, durch ihre Teilnahme an der Projektmethode allwissend und vollends befähigt zu sein, sollte entgegengewirkt werden. Eingangs sollte auf den zeitlichen Rahmen eingegangen- und nachdrücklich kommuniziert werden, dass es sich bei der fachlichen Schwerpunktsetzung um einen Crash-Kurs handelt, in dem eine Vielzahl weiterer Anforderungen und Gestaltungsrichtlinien im Produktentwicklungsprozess zwecks Veranschaulichung des Themas in Klammern gesetzt werden, ohne ihre Bedeutsamkeit einzuschränken.
6. **Einen angemessenen Design-Ansatz wählen (Informationswert):** Speculative Design ist nicht dafür geeignet, um die Zielgruppe bei der Erarbeitung von Lösungsvorschlägen zu unterstützen. Weil es einen angemessenen Design-Ansatz braucht, bei dem nicht nur die Suche nach, sondern auch die Lösung von Problemen fokussiert wird, könnte im Rahmen zukünftiger Durchführungen getestet werden, inwiefern sich generische Design-Prozesse des Industrie-Designs für die Projektmethode eignen.
7. **Produkt- und System-Ebene bevorzugen (Informationswert):** Die Zielgruppe sollte primär über die Produkt-Ebene mit dem Thema Metallrecycling konfrontiert werden. Ebenso scheint die System-Ebene ein angemessener Zugang zu sein. Beide Ebenen sind eng mit der Konsumseite und somit auch mit sozialen Perspektiven verknüpft und entsprechen eher der Kompetenz des Industrie-Designs, ganzheitlich zu Denken und entsprechende Konzepte zu entwickeln.
8. **Emotionales Storytelling zu sozialen Perspektiven nutzen (Informationswert):** Emotionale Geschichten von betroffenen Akteur*innen im Recyclingsystem können die Relevanz des eigenen Verhaltens für die Zielgruppe verdeutlichen und das Mitgefühl an den Problembereichen steigern. Die Einbindung von derart sozialen und ggf. weiteren ökonomischen Motiven in die Projektmethode hätte, wie bereits bei den Best-Practice-Beispielen verdeutlicht, eine Erweiterung des didaktisch-methodischen Konzepts um die gesamte Motivationsphase zur Folge.
9. **Zeit- und zielgruppengerechtes Informationsvolumen bedenken (Informationsvolumen):** Die Menge an Informationen sollte dem zeitlichen Rahmen der Projektmethode und der kognitiven Leistung der Zielgruppe entsprechen. Dies gilt für alle in die methodische Struktur der Projektmethode integrierten Maßnahmen.
10. **Narrativ einer Datenbank nutzen (Informationsvolumen):** Um die Zielgruppe wegen der Fülle an Handlungsalternativen nicht zu überfordern, sollte kommuniziert werden, dass es sich bei diesen um ein Angebot im Sinne einer Datenbank handelt, in der sie gezielt nach den für sie relevanten Informationen filtern kann. Es sollte nicht der falsche Eindruck geweckt werden, dass die Zielgruppe mit allen Handlungsalternativen auf einmal arbeiten soll.
11. **Zeit- und zielgruppengerechten Informations-Feinheitsgrad bedenken (Feinheitsgrad):** Insgesamt sollte die Zielgruppe bevorzugt mit solchen Informationen konfrontiert werden, die für ihr Studium auch wirklich relevant sind. Sie sollten sich außerdem unterstützend auf die Bearbeitung der Gestaltungsaufgaben auswirken und in die frühe konzeptionelle Phase von Design-

Prozessen passen. Der Bezug zu Kompetenzstufen bietet im Falle zukünftiger Durchführungen der Projektmethode die Möglichkeit, die zu fördernden Fachkompetenzen noch zielgruppengerechter zu modellieren.

12. **Zielgruppe im Vorfeld über Studienziele aufklären (Aktualität):** Die Zielgruppe sollte frühzeitig über die Ziele der Studie aufgeklärt werden, um sich noch aktiver an der Projektmethode beteiligen zu können und die Möglichkeit zu haben, sich mental auf die Partizipation vorzubereiten. Entsprechende Informationen könnten z.B. vorab via E-Mail übermittelt werden.
13. **Durchführung der Gestaltungsaufgabe vor Ort ermöglichen (Aktualität):** Die kurz angelegten Gestaltungsaufgaben sollten von der Zielgruppe vor Ort durchgeführt werden, um bei Bedarf die Möglichkeit zu erhalten, sich bei Unklarheiten untereinander abstimmen oder sich bei Dozent*innen nach entsprechenden Informationen erkundigen zu können.
14. **Arbeit in Kleingruppen ermöglichen (Aktualität):** Um die Interaktion und den Austausch untereinander anzuregen, sollte der Zielgruppe zukünftig die Möglichkeit gegeben werden, in Kleingruppen an den Gestaltungsaufgaben zu arbeiten. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund dessen relevant, dass sich die Zielgruppe gegebenenfalls mit teils völlig neuen Themen und Methoden auseinandersetzt.
15. **Komplementäre Informationsformen wählen (Informationsform):** Für alle in die methodische Struktur der Projektmethode integrierten Maßnahmen sollte auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen informativen Textbausteinen und grafischen Elementen zur Datenvisualisierung geachtet werden. Wenn Informationsformen komplementär eingesetzt werden, lassen sich entsprechende Informationen nachhaltiger an die Zielgruppe vermitteln.
16. **Aufbau der Toolkits spielerisch anlegen (Informationsform):** Spiele können sich als Inspirationsquelle positiv auf die Gestaltung der Toolkits auswirken und ihre spätere Benutzerfreundlichkeit verbessern. Nur wenn sie sich intuitiv und leicht verständlich nutzen lassen, können die integrierten Handlungsalternativen effektiv von der Zielgruppe wahrgenommen werden.
17. **Szenarien als Storyboards visualisieren lassen (Informationsform):** Um die Außenkommunikation von komplexen Ideen effektiver zu gestalten, sollten die im Rahmen der Gestaltungsaufgaben erstellten Szenarien als Storyboards visualisiert werden.
18. **Quizfragen zeit- und zielgruppengerecht anlegen (Informationsform):** Mit anonymisierten Einstiegsfragen lässt sich die Zielgruppe für die Inhalte der Projektmethode sensibilisieren. Dabei sollte allerdings auf eine zeit- und zielgruppengerechte Formulierung der Fragen geachtet werden.

Die bis hierher dargelegten Strategien zur Motivationssteigerung werden abschließend mit der Normaktivationsphase des Modells normativer Entscheidungen verknüpft, um ihre Bedeutung für die jeweiligen Prozessschritte zur Motivationssteigerung herauszuarbeiten (*siehe Abb. 40*). Einige der Strategien **(a)** wirken dabei eher auf alle drei, auf zwei oder eher auf einzelne relevante Kognitionen **(b)**, wobei derart vereinfachte Abgrenzungen weniger der Realität entsprechen, da sich fließende Übergänge nicht ausschließen lassen.

a) Strategien zur Motivationssteigerung

- 1 Ausgewogenes Verhältnis zwischen Theorie und Praxis
- 2 Das Industrie-Design in seiner Beziehung zu anderen Disziplinen einordnen
- 3 Niederkomplexe Anwendungsbeispiele wählen
- 4 Best-Practice-Beispiele aufzeigen
- 5 Die Projektmethode als Crash-Kurs einordnen
- 6 Einen angemessenen Design-Ansatz wählen
- 7 Produkt- und Systemebene bevorzugen
- 8 Emotionales Storytelling zu sozialen Perspektiven nutzen
- 9 Zeit- und zielgruppengerechtes Informationsvolumen bedenken

- 10 Narrativ einer Datenbank nutzen
- 11 Zeit- und zielgruppengerechten Informations-Feinheitsgrad bedenken
- 12 Zielgruppe im Vorfeld über Studien-Ziele aufklären
- 13 Durchführung der Gestaltungsaufgabe vor Ort ermöglichen
- 14 Arbeit in Kleingruppen ermöglichen
- 15 Komplementäre Informationsformen wählen
- 16 Aufbau der Toolkits spielerisch anlegen
- 17 Szenarien als Storyboards visualisieren lassen
- 18 Quizfragen zeit- und zielgruppengerecht anlegen

¹nach: Schwartz und Howard (1981);

²nach: Matthies (2003) und Matthies (2005).

b) Gestalterische Richtschnur

Version (B) ¹	Version (C) ²
Wahrnehmung eines Problems	Wahrnehmung eines Umweltproblems und mögliche Konsequenzen
Wahrnehmung effektiver Handlungsmöglichkeiten	Wahrnehmung der Relevanz des eigenen Verhaltens
Wahrnehmung eigener Fähigkeiten	Wahrnehmung über Handlungsalternativen, die auch beherrscht werden

persönliche Norm

Abbildung 40. Strategien zur Motivationssteigerung entlang der Normaktivationsphase zur Aktivierung der persönlichen Norm. Eigene Darstellung.

8 Fazit und Ausblick

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es herauszufinden, wie es gelingen kann, Studierende des Industrie-Designs im Rahmen ihrer Ausbildung dazu zu motivieren, sich für ein verbessertes Metallrecycling einzusetzen. Über einen vierteilig strukturierten Design-Prozess wurde hierfür eine entsprechende Projektmethode konzipiert und im Rahmen einer qualitativ angelegten Studie evaluiert. Insgesamt wurden 52 Potenziale identifiziert. Die Stärken und Schwächen wurden anschließend als Einflussfaktoren zur Motivationssteigerung charakterisiert. Die daraus aggregierten 18 Strategien zur Motivationssteigerung können als Gestaltungsempfehlungen für zukünftige Versionen berücksichtigt und ebenso in die generelle universitäre Ausbildung von Industrie-Designer*innen einbezogen werden. Die motivationale Grundlage ist seit jeher ein zentrales Element der Projektmethode und daher eng verwoben mit der Ausbildung von Industrie-Designer*innen. Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, wie der Prozess der Motivationssteigerung im Rahmen von Projekten gezielt stimuliert und auf das Metallrecycling, als einen spezifischen Circular Economy-Bereich, ausgerichtet werden kann und welche Maßnahmen dafür in Frage kommen können. In der frühen explorativen Phase der Arbeit wurden hierfür drei übergeordnete fachliche Ebenen differenziert, um die Verbindung zwischen den jeweiligen Problembereichen und korrespondierenden Handlungsmöglichkeiten aus Sicht des Industrie-Designs herauszuarbeiten. Damit leistet die vorliegende Arbeit einen Beitrag zur Lösung von konkreten Praxisproblemen und lässt

sich infolgedessen als eindeutig anwendungswissenschaftliche Studie charakterisieren – was dem zugrundeliegenden Forschungsansatz Forschung durch Design vollends entspricht (Jonas, 2023). Bei den aufgezeigten Handlungsfeldern der fachlichen Ebenen (i) Material, (ii) Produkt und (iii) System handelt es sich um Möglichkeitsräume, die das Gesamtsystem aufgrund der Komplexität selbstverständlich nicht vollends widerspiegeln. Die korrespondierenden Lehr-Lehrinhalte sind bisher generisch ausgelegt und daher noch nicht auf spezifische Produkte zugeschnitten, wie es von Schaik und Reuter (2014a) im Kontext Design for Recycling gefordert wird. Ebenso wird noch nicht thematisiert, wie sich die verschiedenen Handlungsalternativen auf die tatsächliche Recyclingfähigkeit auswirken und welche Zielkonflikte in ökologischer, sozialer oder ökonomischer Hinsicht daraus hervorgehen können. Das Recyclingsystem wird in der Realität von vielen weiteren Faktoren beeinflusst, zu denen dominierende ökonomische Faktoren zählen, die Verfügbarkeit von erforderlichen Recyclinginfrastrukturen und die Bereitschaft der Konsument*innen sich an einer Verbesserung zu beteiligen.

Für Industrie-Designer*innen ist die Informationsverarbeitung im Kontext der Produktentwicklung allgegenwärtig (Dörner, 1979). Gleiches gilt im Ausbildungskontext, wenn sie an Unterrichtsmethoden teilhaben, in denen Kenntnisse, Einsichten, Fähigkeiten und Fertigkeiten übermittelt werden (Böhm und Seichter, 2018). Um beide Perspektiven miteinander zu verknüpfen und ihre Anwendungsfreundlichkeit durch Lehrende zu stärken, werden die 18 Strategien zur Motivationssteigerung in der vorliegenden Arbeit entlang ausgewählter Informationsparameter systematisiert, wie sie bei Mewes (1973) beschrieben werden. Zwar liegen die Ursprünge im konstruktiven Maschinenbau und erwecken möglicherweise den Eindruck, sie seien veraltet, allerdings erwiesen sie sich schon während der Konzeption der Projektmethode als hilfreich, um beispielsweise Formen, Volumen und Zeitpunkte von zu vermittelnden Informationen regelmäßig zu reflektieren und unterstützten ebenso in der theoriegeleiteten Diskussion der Potenziale. Alles in allem wird ihr Wert nicht nur für den Design-Prozess der Projektmethode als hoch erachtet, sondern auch für die Ausarbeitung anderer Unterrichtsmethoden, die Industrie-Designer*innen adressieren.

Die Online-Fragebögen der Evaluation ermöglichten die Erhebung quantitativer Daten zur Wirksamkeit der Projektmethode. Auf dieser Grundlage deuten Schoch et al. (2025) darauf hin, dass die Projektmethode die Zielgruppe tatsächlich stark motivieren kann. Aufgrund der geringen Gruppengröße handelt es sich dabei jedoch um Tendenzen. Um valide Aussagen zur Wirksamkeit der Projektmethode treffen zu können, müssten der Befragung deutlich größere Gruppen zugrunde liegen. Ebenso müsste die Datenerhebung zu mehreren Messzeitpunkten erfolgen, um aus einer eher kurzangelegten Intervention ein längerfristiges Training zu machen. Gemäß der übergeordneten Forschungsfrage beschränkt sich der Fokus der vorliegenden Arbeit auf die Analyse der erhobenen qualitativen Daten. Mit Hilfe der Strategien lässt sich die Projektmethode in weiterführender Forschung so verbessern, dass sie den Bedürfnissen der Zielgruppe noch mehr entspricht und von ihr akzeptiert wird. Auf dieser Basis ließen sich dann Fragestellungen nachgehen, die auf der Empirie von quantitativ angelegten Studien basieren. Neben der Untersuchung der Wirksamkeit zur Motivationssteigerung könnte dann auch die Förderung fachspezifischer Kompetenzen mithilfe von Kompetenzstufen stärker in den Blick genommen werden, wofür eine Längsschnittstudie mit mehreren Messzeitpunkten erforderlich wäre. Es wäre dann ebenso möglich, die Wirksamkeit zwischen den einzelnen fachlichen Teilen zu differenzieren und den Einfluss von Einzel-

und Gruppenarbeit an den Gestaltungsaufgaben auf die Aktivierung der persönlichen Norm zu untersuchen.

Neben der Möglichkeit, das didaktisch-methodische Konzept der Projektmethode auch auf andere Bereiche der Circular Economy auszurichten oder perspektivisch sogar weitere exemplarische Schlüsselprobleme im Sinne Klafkis in den Blick zu nehmen, könnte ebenso bedacht werden, andere Zielgruppen zu adressieren. Dazu zählen Schüler*innen, Student*innen höherer Semester, berufstätige Industrie-Designer*innen oder weitere relevante Personenkreise innerhalb eines Unternehmens oder der Politik. Dafür müsste es allerdings zu einer zielgruppengerechten Anpassung der fachlichen Lehr-Lerninhalte bzw. des Kompetenzprofils kommen, welches gefördert werden soll. Sofern es zu einer Durchführung in Unternehmenskreisen käme, könnte ferner überlegt werden, wie die aufgezeigten generischen Handlungsalternativen derart gefiltert werden können, um sie auf spezifische Produkte auszurichten. Gleichzeitig würde dadurch die Notwendigkeit, das didaktisch-methodische Konzept der Projektmethode auf die gesamte Motivationsphase des gewählten Normaktivationsmodells auszurichten, nochmals unterstrichen werden. Außerhalb des schulischen oder universitären Kontexts lassen sich externe Motive nicht mehr so einfach ausklammern, da sie das Tagesgeschäft von Unternehmen mitbestimmen. Gleichzeitig könnten Testungen auf Basis von neueren Stufenmodellen forciert werden, wie sie mittlerweile im Bereich der Sozialpsychologie diskutiert werden.

Der vorliegenden Arbeit liegt der designeigene Ansatz Forschung durch Design zugrunde, der Design als Medium zur Wissensgenerierung nutzt. Die Grenzen zwischen Wissenschaft und Design werden aufgelöst, indem wissenschaftliche Methoden in Design-Prozesse integriert werden (Jonas, 2007; Jonas, 2023). Vor diesem Hintergrund orientiert sich das Verfahren zur Auswertung der innerhalb der Evaluation erhobenen empirischen Daten an einer zusammenfassenden qualitativen Inhaltsanalyse und der von Kuckartz und Rädiker (2022) verfassten „Guideline für die induktive Kategorienbildung“. Der generelle Ablauf wird in Anlehnung an das allgemeine inhaltsanalytische Ablaufmodell von Mayring (2015) beschrieben. Weil es sich bei der vorliegenden Arbeit nicht um eine sozialwissenschaftliche Studie im klassischen Sinne handelt, mag die Vorgehensweise für außenstehende Personen überraschen und/oder mitunter als zu aufwändig erscheinen, um sich als wissenschaftliche Handreichung für den Ansatz Forschung durch Design zu qualifizieren. Allerdings zählen Methoden der Befragung, wie z.B. Interviews, seit jeher zum Repertoire von Designer*innen (Kumar, 2023; Van Aerssen und Buchholz, 2018) und eine wissenschaftliche Integration solcher Methoden in die Design-Forschung ist anerkannt (Jonas, 2007), solange entsprechende Gütekriterien befolgt werden (Cross, 2001). Es war eher die Einarbeitung in die Methode, die sich als zeitaufwendig erwies. Die Anwendung der Software MAXQDA überzeugte mit Blick auf das Handling der verschiedenen Datensätze hingegen, insbesondere beim zweiten fallübergreifenden Materialdurchlauf und der Entwicklung des Kategoriensystems. Über diesen Weg konnten außerdem verschiedene qualitative Gütekriterien eingehalten werden. Das Kriterium der Objektivität hätte noch stärker zur Geltung kommen können, indem die Interviews und die Datenanalysen nicht vom Verfasser der vorliegenden Arbeit, sondern von einer anderen Person durchgeführt worden wären.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass es sich bei den 18 aggregierten Strategien zur Motivationssteigerung um praxisnahe Handreichungen handelt, die in die Gestaltung von Unterrichtsmethoden im Circular Economy-Kontext einfließen können. Auf dieser

Grundlage können zukünftige Forschungsvorhaben die Projektmethode verfeinern, zielgruppengerechter aufarbeiten und andere Circular Economy-Bereiche adressieren.

Literaturverzeichnis

- acatech (2021) *Circular Economy Roadmap for Germany, Technical report*.
- Ajzen, I. (1985) 'From Intentions to Actions: A Theory of Planned Behavior', in J. Kuhl and J. Beckmann (eds) *Action Control: From Cognition to Behavior*. Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 11–39. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-642-69746-3_2.
- Ajzen, I. (1991) 'The Theory of Planned Behavior', *Organizational behavior and human decision processes*, 50, pp. 179–211. Available at: <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.028>.
- Ajzen, I., Brown, T.C. and Carvajal, F. (2004) 'Explaining the Discrepancy Between Intentions and Actions: The Case of Hypothetical Bias in Contingent Valuation', *Personality and Social Psychology Bulletin*, 30(9), pp. 1108–1121. Available at: <https://doi.org/10.1177/0146167204264079>.
- AK Mehrweg GbR (2024) *Mehrwegsystem - Funktionsweise, Arbeitskreis Mehrweg GbR*. Available at: <https://www.mehrweg.org/mehrwegsystem/funktionsweise/> (Accessed: 19 March 2024).
- Alonzo, M., Van Den Hoek, J. and Ahmed, N. (2016) 'Capturing coupled riparian and coastal disturbance from industrial mining using cloud-resilient satellite time series analysis', *Scientific Reports*, 6(1), p. 35129. Available at: <https://doi.org/10.1038/srep35129>.
- Amer, M., Daim, T.U. and Jetter, A. (2013) 'A review of scenario planning', *Futures*, 46, pp. 23–40. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2012.10.003>.
- Archer, B. (1979) 'Design as a Discipline', *Design Studies*, 1(1).
- Ashby, M. and Johnson, K. (2010) *Materials and Design. The Art and Science of Material Selection in Product Design*. Oxford UK, Burlington MA: Butterworth-Heinemann.
- Auger, J. (2013) 'Speculative design: crafting the speculation', *Digital Creativity*, 24(1). Available at: <https://doi.org/10.1080/14626268.2013.767276>.
- Ayres, R.U., Méndez, G.V. and Peiró, L.T. (2014) 'Chapter 4 - Recycling Rare Metals', in E. Worrell and M.A. Reuter (eds) *Handbook of Recycling*. Boston: Elsevier, pp. 27–38. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396459-5.00004-0>.
- Bakırlioğlu, Y. and McMahon, M. (2021) 'Co-learning for sustainable design: The case of a circular design collaborative project in Ireland', *Journal of Cleaner Production*, 279. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123474>.
- Bakker, C. et al. (2014) 'Products that go round: exploring product life extension through design', *Journal of Cleaner Production*, 69, pp. 10–16.
- Bamberg, S. (1996) 'Allgemeine oder spezifische Einstellungen bei der Erklärung umweltschonenden Verhaltens? Eine Erweiterung der Theorie des geplanten Verhaltens um Einstellungen gegenüber Objekten', *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 27, pp. 47–60.
- Bamberg, S. (2013) 'Applying the stage model of self-regulated behavioral change in a car use reduction intervention', *Journal of Environmental Psychology*, 33, pp. 68–75. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.10.001>.
- Bamberg, S. (2015) *Theoriegeleitete Entwicklung einer internet-basierten Intervention zur Förderung klimaschonender Mobilität*. 423. Bonn - Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz, pp. 47–56.
- Bamberg, S. and Möser, G. (2007) 'Twenty years after Hines, Hungerford, and Tomera: A new meta-analysis of psycho-social determinants of pro-environmental behaviour', *Journal of Environmental Psychology*, 27(1), pp. 14–25. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2006.12.002>.
- Bamberg, S. and Schmidt, P. (1994) 'Auto oder Fahrrad? Empirischer Test einer Handlungstheorie zur Erklärung der Verkehrsmittelwahl', *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 46, pp. 80–102.

- Bastian, J., Combe, A. and Langer, R. (2016) *Feedbackmethoden. Erprobte Konzepte, evaluierte Erfahrungen*. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Behrendt, S., Göll, E. and Korte, F. (2018) *Effizienz, Konsistenz, Suffizienz Strategieanalytische Betrachtung für eine Green Economy*. Berlin: IZT.
- Beitz, W. (1996) 'Recyclinggerechtes Gestalten', in W. Nickel (ed.) *Recycling-Handbuch: Strategien - Technologien - Produkte*. Düsseldorf: VDI-Verlag, pp. 32–87.
- Bell, S. (2010) 'Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future', *The Clearing House*, 83(2), pp. 39–43.
- Bender, B. et al. (2021) 'Gestaltungsrichtlinien', in B. Bender and K. Gericke (eds) *Pahl/Beitz Konstruktionslehre. Methoden und Anwendungen erfolgreicher Produktentwicklung*. Berlin: Springer Verlag, pp. 567–811.
- Bhamra, T. and Hernandez, R.J. (2021) 'Thirty years of design for sustainability: an evolution of research, policy and practice', *Design Science*, 7(e2). Available at: <https://doi.org/10.1017/dsj.2021.2>.
- Bleeker, J. (2009) *Design Fiction. A short essay on design, science, fact and fiction*. San Francisco: Near Future Laboratory.
- Bliesner, A. et al. (2014) "'Norm-Oriented Interpretation Learning" and Resource Use: The Concept of "Open-Didactic Exploration" as a Contribution to Raising Awareness of a Responsible Resource Use', *Resources*, 3, pp. 1–30.
- Bliesner, A. and Rohn, H. (2013) *Qualifizierungsmodul RessourcenKultur - Materialien zur Kompetenzentwicklung für Praktiker/-innen*. Edited by Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH and Universität Bremen, artec Forschungszentrum Nachhaltigkeit. Bremen/Wuppertal.
- Blumenfeld, P.C. et al. (1991) 'Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning', *Educational Psychologist*, 26(3–4), pp. 369–398. Available at: <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>.
- BMU (2020) *Deutsches Ressourceneffizienzprogramm III - 2020 bis 2023. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen*. Berlin.
- BMWi (2019) *Rohstoffstrategie der Bundesregierung. Sicherung einer nachhaltigen Rohstoffversorgung Deutschlands mit nichtenergetischen mineralischen Rohstoffen*. Berlin: Die Bundesregierung.
- Bocken, N.M.P. et al. (2016) 'Product design and business model strategies for a circular economy', *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), pp. 308–320. Available at: <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>.
- Böhm, W. and Seichter, S. (2018) *Wörterbuch der Pädagogik*. 17th edn. Paderborn: Brill Schöningh.
- Boks, C. and Diehl, J.C. (2006) 'Integration of sustainability in regular courses: experiences in industrial design engineering', *Journal of Cleaner Production*, 14(9), pp. 932–939. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.038>.
- Bovea, M.D. and Pérez-Belis, V. (2018) 'Identifying design guidelines to meet the circular economy principles: A case study on electric and electronic equipment', *Journal of Environmental Management*, 228, pp. 483–494. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.014>.
- Brandt, E., Binder, T. and Sanders, E.B.-N. (2013) 'Tools and techniques: Ways to engage telling, making and enacting', in J. Simonsen and T. Robertson (eds) *Routledge International Handbook of Participatory Design*. New York: Routledge, pp. 145–181.
- Brandt, M. (2023) *Deutsche bunkern fast 200 Millionen Alt-Handys*. Available at: <https://de.statista.com/infografik/13203/anzahl-alt-handys-in-deutschen-haushalten/> (Accessed: 12 September 2023).
- Braungart, M. and McDonough, W. (2016) *Cradle to Cradle. Einfach intelligent produzieren*. 4th edn. München, Berlin: Piper Verlag GmbH.
- Braungart, M.R. and McDonough, W.A. (1999) 'Von der Öko-Effizienz zur Öko-Effektivität. Die nächste industrielle Revolution', *Politische Ökologie*, 62.

de Brito, M.P. and Dekker, R. (2004) 'A Framework of Reverse Logistics', in R. Dekker et al. (eds) *Reverse Logistics. Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains*. Berlin, Germany: Springer, pp. 3–27.

Buijs, J.A., Smulders, F. and Van der Meer, H. (2009) 'Towards a More Realistic Creative Problem Solving Approach', *Creativity and Innovation Management*, 18(4), pp. 286–298. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8691.2009.00541.x>.

Bundesrepublik Deutschland (2012) *Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 2. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 56) geändert worden ist*.

Bundesrepublik Deutschland (2015) *Elektro- und Elektronikgerätegesetz vom 20. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1739), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2240) geändert worden ist*.

Bürdek, B.E. (2005) *Design: Geschichte, Theorie und Praxis der Produktgestaltung*. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.

BUW (2021) 'Modulhandbuch zu der Prüfungsordnung. Studiengang Industrial Design mit dem Abschluss Bachelor of Arts.'

Carrara, S. et al. (2023) *Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study*. JRC Science for Policy Report. Luxembourg: European Commission.

Ceschin, F. and Gaziulusoy, I. (2016) 'Evolution of design for sustainability: From product design to design for system innovations and transitions', *Design Studies*, 47, pp. 118–163. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2016.09.002>.

Ciacchi, L. et al. (2015) 'Lost by design', *Environ. Sci. Technol.*, 49, pp. 9443–9451. Available at: <https://doi.org/10.1021/es505515z>.

Clarkson, J. and Eckert, C. (eds) (2005) *Design Process Improvement. A review of current practice*. London: Springer-Verlag.

Cross, N. (1982) 'Designerly ways of knowing', *Design Science*, 3(4), pp. 221–227.

Cross, N. (2001) 'Designerly Ways of Knowing: Design Discipline Versus Design Science', *Design Issues*, 17(3), pp. 49–55.

Cross, N. (2006) *Designerly Ways of Knowing*. London: Springer.

Cross, N. (2021) *Engineering Design Methods. Strategies for Product Design*. 5th edn. Hoboken: John Wiley & Sons Ltd.

Den Hollander, M.C., Bakker, C.A. and Hultink, E.J. (2017) 'Product Design in a Circular Economy. Development of a Typology of Key Concepts and Terms', *Journal of Industrial Ecology*, pp. 517–525. Available at: <https://doi.org/doi:10.1111/jiec.12610>.

Deutscher Bundestag (1998) *Konzept Nachhaltigkeit. Vom Leitbild zur Umsetzung*. Abschlussbericht. Bonn.

Dewulf, J. et al. (2016) 'Criticality on the international scene: Quo vadis?', *Resources Policy*, 50, pp. 169–176. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2016.09.008>.

Die Bundesregierung (2020) *Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021*. Berlin.

Diekmann, A. (2012) *Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. Reinbek: Rowohlt.

Dießenbacher, J. and Reller, A. (2016) 'Das „Fairphone“ – ein Impuls in Richtung nachhaltige Elektronik?', in A. Exner, M. Held, and K. Kümmerer (eds) *Kritische Metalle in der Großen Transformation*. Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 269–292. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-662-44839-7_14.

Doğan, Ç., Turhan, S. and Bakırlioğlu, Y. (2016) 'Evolving Paths: Undergraduate Design Education through Graduate and Generative Research with a Particular Focus on Sustainability', *The Design Journal*, 19(4), pp. 585–604. Available at: <https://doi.org/10.1080/14606925.2016.1177318>.

Dong, F. (2020) 'BUILDING THE HISTORY OF THE FUTURE: A TOOL FOR CULTURE-CENTRED DESIGN FOR THE SPECULATIVE FUTURE', in *DS 102: Proceedings of the DESIGN 2020 16th International Design Conference. DESIGN 2020 - 16th International Design Conference is online now*, pp. 1–1890. Available at: <https://doi.org/10.1017/dsd.2020.63>.

Döring, N. (2023) *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Berlin: Springer.

Dörner, D. (1979) *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer. Available at: <https://fis.uni-bamberg.de/handle/uniba/32350> (Accessed: 1 November 2024).

Drielsma, J.A. et al. (2016) 'Mineral resources in life cycle impact assessment—defining the path forward', *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(1), pp. 85–105. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0991-7>.

Dunne, A. and Raby, F. (2001) *Design Noir: The Secret Life of Electronic Objects*. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Design-Noir%3A-The-Secret-Life-of-Electronic-Objects-Dunne-Raby/dff78bbce1d3b88b9b792eaac8b843ad630d1652> (Accessed: 16 July 2021).

Dunne, A. and Raby, F. (2013) *Speculative Everything. Design, Fiction, and Social Dreaming*. Cambridge MA, London: MIT Press.

EC (2014) *Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Brussels: European Commission.

EC (2015) *Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*. Brussels: European Commission.

EC (2016) 'Raw materials scoreboard - European innovation partnership on raw materials'. Publications Office of the European Union.

EC (2017) *On the 2017 list of Critical Raw Materials for the EU*. COM/2017/490 final. Brussels: European Commission.

EC (2020c) *Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe*. COM/2020/98 final. Brussels.

EC (2023b) *Establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU)168/2013, (EU) 2018/858, 2018/1724 and (EU) 2019/1020*. COM/2023/160 final. Brussels.

EC (2023a) *Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 - Final Report*. Brussels: European Union.

EEA (2017) *Circular by design. Products in the circular economy*. Copenhagen.

Ekins, P. et al. (2014) 'Reducing Resource Consumption – A Proposal for Global Resource and Environmental Policy', in M. Angrick (ed.) *Factor X: Policy, Strategies and Instruments for a Sustainable Resource Use*. Dordrecht: Springer Science + Business Media, pp. 249–273.

Emer, W. and Lenzen, K.-D. (2002) 'Projektunterricht gestalten - Schule verändern. Projektunterricht als Beitrag zur Schulentwicklung.' Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren (Basiswissen Pädagogik. Unterrichtskonzepte und -techniken. 6).

Erlhoff, M. and Marshall, T. (eds) (2008) *Wörterbuch Design. Begriffliche Perspektiven des Design*. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.

EU (2022) *Richtlinie (EU) 2022/2464 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2022 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 und der Richtlinien 2004/109/EG, 2006/43/EG und 2013/34/EU hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen*.

EU (2024b) *Richtlinie (EU) 2024/1760 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 über die Sorgfaltspflichten von Unternehmen im Hinblick auf Nachhaltigkeit und zur Änderung der Richtlinie (EU) 2019/1937 und der Verordnung (EU) 2023/2859*.

EU (2024a) *Verordnung (EU) 2024/1781 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen für nachhaltige Produkte, zur Änderung der Richtlinie (EU) 2020/1828 und der Verordnung (EU) 2023/1542 und zur Aufhebung der Richtlinie 2009/125/EG (Text von Bedeutung für den EWR)*. Available at: <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1781/oj/deu> (Accessed: 20 February 2025).

- European Parliament and Council (2009) *Directive 2009/125/EC. Establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products (recast)*.
- Fetting, C. (2020) *The European Green Deal*. ESDN Report. Vienna: ESDN Office.
- Fishbein, M. and Ajzen, I. (1975) *Belief, Attitude, Intention and Behaviour: An Introduction to Theory and Research*. Reading, Masach: Addison-Wesely.
- Flick, U., von Kardorff, E. and Steinke, I. (2012) 'Was ist qualitative Forschung?', in U. Flick, E. von Kardorff, and I. Steinke (eds) *Qualitative Forschung: Ein Handbuch*. Reinbek: Rowohlt, pp. 13–29.
- Forslund, T., Clinton, N. and Webster, K. (2018) *A global snapshot of circular economy learning offering in higher education*. Available at: <https://indd.adobe.com/view/a76263e6-f75f-4f12-bbdc-920c01f42c6f> (Accessed: 27 September 2023).
- Fraser, J. et al. (2021) *Study on future demand and supply security of nickel for electric vehicle batteries*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Frey, K. (2002) *Die Projektmethode*. 9th edn. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Frey, K. (2010) *Die Projektmethode*. 11th edn. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Frey, K. and Frey-Eiling, A. (2016) 'Die Projektmethode', in J. Wiechmann and S. Wildhirt (eds) *12 Unterrichtsmethoden*. 6th edn. Weinheim, Basel: Beltz Verlag, pp. 176–182.
- Geissdoerfer, M. et al. (2017) 'The Circular Economy – A new sustainability paradigm?', *Journal of Cleaner Production*, 143, pp. 757–768. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>.
- Gericke, K. et al. (2021b) 'Der Produktenwicklungsprozess', in B. Bender and K. Gericke (eds) *Pahl/Beitz Konstruktionslehre*. Berlin, Germany: Springer-Verlag, pp. 57–93.
- Gericke, K. et al. (2021a) 'Grundlagen methodischen Vorgehens in der Produktentwicklung', in B. Bender and K. Gericke (eds) *Pahl/Beitz Konstruktionslehre*. Berlin, Germany: Springer-Verlag, pp. 27–55.
- Geyer, R. et al. (2015) 'Common Misconceptions about Recycling', *Journal of Industrial Ecology* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1111/jiec.12355>.
- Glanville, R. (2023) 'The sometimes uncomfortable marriages of design and research', in *The Routledge Companion to Design Research*. 2nd edn. Routledge.
- Gleich, A. von (2006) 'Outline of a sustainable metals industry', in A. von Gleich, R.U. Ayres, and S. Gößling-Reisemann (eds) *Sustainable Metals Management. Securing Our Future - Steps Towards a Closed Loop Economy*. Dordrecht: Springer, pp. 3–40.
- Google Ireland Limited (o.D. a) *Google Formulare: App zum Erstellen von Onlineformularen, Google Forms*. Available at: <https://www.google.de/intl/de/forms/about/>.
- Google Ireland Limited (o.D. b) *Google Meet: Telefon- und Videokonferenzen online, Google Workspace*. Available at: <https://workspace.google.com/products/meet/>.
- Graedel, T. (1994) 'Industrial Ecology: Definition and Implementation', in R. Socolow et al. (eds). Cambridge University Press, pp. 23–42.
- Graedel, T.E. (2011) 'The Prospects for Urban Mining', *The Bridge*, pp. 43–50.
- Graedel, T.E. et al. (2015) 'Criticality of metals and metalloids', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(14), pp. 4257–4262. Available at: <https://doi.org/10.1073/pnas.1500415112>.
- Graedel, T.E. and Miatto, A. (2022) 'Alloy Profusion, Spice Metals, and Resource Loss by Design', *Sustainability*, 14(7535). Available at: <https://doi.org/10.3390/su14137535>.
- Graedel, T.E., Reck, B.K. and Miatto, A. (2022) 'Alloy information helps prioritize material criticality lists', *Nature Communications*, 13(1), p. 150. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27829-w>.
- Greenfield, A. and Graedel, T.E. (2013) 'The omnivorous diet of modern technology', *Resources, Conservation and Recycling*, 74, pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.02.010>.
- Gregory, S.A. (1966) 'Design and the Design Method', in S.A. Gregory (ed.) *The Design Method*. New York: Springer Science + Business Media, LLC, pp. 3–10.

- Gudjons, H. (2014) *Handlungsorientiert lehren und lernen*. 8th edn. Julius Klinkhardt.
- Haan, G. de (2006) 'The BLK "21" programme in Germany: a "Gestaltungskompetenz"-based model for Education for Sustainable Development', *Environmental Education Research*, 12(1), pp. 19–32. Available at: <https://doi.org/10.1080/13504620500526362>.
- Hagelüken, C. and Goldmann, D. (2022) 'Recycling and circular economy—towards a closed loop for metals in emerging clean technologies', *Mineral Economics*, 35, pp. 539–562. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13563-022-00319-1>.
- Hales, D. (2013) 'Design fictions an introduction and provisional taxonomy', *Digital Creativity*, 24(1), pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/10.1080/14626268.2013.769453>.
- Harland, P., Staats, H. and Wilke, H.A.M. (1999) 'Explaining Proenvironmental Intention and Behavior by Personal Norms and the Theory of Planned Behavior1', *Journal of Applied Social Psychology*, 29(12), pp. 2505–2528. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.1999.tb00123.x>.
- Hauschild, M.Z., Rosenbaum, R.K. and Olsen, S.I. (eds) (2018) *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Cham: Springer International Publishing. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3>.
- Heide, L. (1) *et al.* (2023) 'Affective Learning Goals - Key for Teaching Sustainable Product Development', in *DS 122: Proceedings of the Design Society: 24th International Conference on Engineering Design (ICED23)*. *ICED23 International Conference on Engineering Design*, pp. 0485–0494. Available at: <https://doi.org/10.1017/pds.2023.49>.
- Held, M. (2018) 'Metallzeiten – von der Kupferzeit zum All Metals Age', in M. Held, R.D. Jenny, and M. Hempel (eds) *Metalle auf der Bühne der Menschheit. Von Ötztis Kupferbeil zum Smartphone im All Metals Age*. München: oekom (DBU-Umweltkommunikation), pp. 11–26.
- Herwig, H., Kautz, C. and Moschallski, A. (2016) *Technische Thermodynamik. Grundlagen und Anleitung zum Lösen von Aufgaben*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Hinz, R., Radhoff, M. and Wieckert, S. (2016) 'Grundbegriffe der Didaktik', in R. Porsch (ed.). Münster, New York: Waxmann, pp. 25–49.
- Hopf, C. (2012) 'Qualitative Interviews - ein Überblick', in U. Flick, E. von Kardorff, and I. Steinke (eds) *Qualitative Forschung: Ein Handbuch*. Reinbek: Rowohlt, pp. 349–360.
- Hopper, J.R. and Nielsen, J.M. (1991) 'Recycling as altruistic behavior: Normative and behavioral strategies to expand participation in a community recycling program', *Environment and Behavior*, 23(2), pp. 195–220. Available at: <https://doi.org/10.1177/0013916591232004>.
- Huber, J. (2000a) 'Industrielle Ökologie: Konsistenz, Effizienz und Suffizienz in zyklusanalytischer Betrachtung', in. Baden-Baden, p. 16.
- Hunecke, M. *et al.* (2001) 'Responsibility and Environment: Ecological Norm Orientation and External Factors in the Domain of Travel Mode Choice Behavior', *Environment and Behavior*, 33(6), pp. 830–852. Available at: <https://doi.org/10.1177/00139160121973269>.
- IEA (2023) *Critical Minerals Market Review 2023*. Paris: IEA Publications.
- iFixit (o.D.) *Gadget Teardown - iFixit*. Available at: <https://de.ifixit.com/Teardown> (Accessed: 27 March 2024).
- Isakeit, T. (2021) *iPhone 13 Pro Teardown - iFixit*. Available at: <https://de.ifixit.com/Teardown/iPhone+13+Pro+Teardown/144928> (Accessed: 27 March 2024).
- Jäger, O. (1998) *Projektwoche. Möglichkeiten für eine humane Schule und Gesellschaft*. Neuwied: Luchterhand.
- Jank, W. and Meyer, H. (1991) *Didaktische Modelle*. Berlin: Cornelsen.
- Johannessen, L.K., Keitsch, M.M. and Pettersen, I.N. (2019) 'Speculative and Critical Design ? Features, Methods, and Practices', in *DS 94: Proceedings of the Design Society: 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19)*. *22nd International Conference on Engineering Design (ICED19)*. Available at: <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.168>.
- Jonas, W. (2004) 'Forschung durch Design', in *Erstes Design Forschungssymposium*. HGK Basel: SWISSDESIGNNETWORK, pp. 26–33.

Jonas, W. (2007) 'Research through DESIGN through research. A cybernetic model of designing design foundations', *Kybernetes*, 36(9/10), pp. 1362–1380. Available at: <https://doi.org/10.1108/03684920710827355>.

Jonas, W. (2023) 'A cybernetic model of design research towards a trans-domain of knowing', in *The Routledge Companion to Design Research*. 2nd edn. Routledge.

Karlsson, R. and Luttrupp, C. (2006) 'EcoDesign: what's happening? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue', *Journal of Cleaner Production*, 14(15), pp. 1291–1298. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.010>.

Kattwinkel, D., Song, Y.-W. and Bender, B. (2018) 'ANALYSIS OF ECODESIGN AND SUSTAINABLE DESIGN IN HIGHER EDUCATION', in *DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference. DESIGN 2018 - 15th International Design Conference*, pp. 2451–2460. Available at: <https://doi.org/10.21278/idc.2018.0305>.

Kind, A. (2016) 'Introduction: Exploring imagination', in A. Kind (ed.) *The Routledge Handbook of Philosophy of Imagination*. Oxford, New York: Routledge, pp. 1–11.

King, A.H. (2019) 'Our elemental footprint', *Nature Materials*, 18(5), pp. 408–409. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41563-019-0334-3>.

Kirby, D. (2010) 'The Future is Now: Diegetic Prototypes and the Role of Popular Films in Generating Real-world Technological Development', *Social Studies of Science*, 40(1), pp. 41–70.

Kirchherr, J. and Piscicelli, L. (2019) 'Towards an Education for the Circular Economy (ECE): Five Teaching Principles and a Case Study', *Resources, Conservation & Recycling*, 150, p. 104406. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104406>.

Kitchenham, B.A. and Charters, S. (2007) *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. EBSE-2007-1. School of Computer Science and Mathematics, Keele University.

Klafki, W. (1995) "'Schlüsselprobleme" als thematische Dimension einer zukunftsbezogenen "Allgemeinbildung"', in W. Münzinger and W. Klafki (eds) *Schlüsselprobleme im Unterricht. Thematische Dimensionen einer zukunftsorientierten Allgemeinbildung*. Weinheim: Juventa, pp. 9–14.

Klafki, W. (2007) *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. 6th edn. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Klöckner, A.K. and Matthies, E. (2004) 'How habits interfere with norm-directed behaviour: A normative decision-making model for travel mode choice', *Journal of Environmental Psychology*, 24, pp. 319–327. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2004.08.004>.

Koch-Priewe, B., Köker, A. and Störtländer, J.C. (2016) 'Die bildungstheoretische Didaktik und die kritisch-konstruktive Didaktik', in R. Porsch (ed.) *Einführung in die Allgemeine Didaktik*. Münster, New York: Waxmann, pp. 101–132.

Kollmuss, A. and Agyeman, J. (2002) 'Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior?', *Environmental Education Research*, 8(3), pp. 239–260. Available at: <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>.

Konietzko, J., Bocken, N. and Hultink, E.J. (2020) 'A Tool to Analyze, Ideate and Develop Circular Innovation Ecosystems', *Sustainability*, 12(1), p. 417. Available at: <https://doi.org/10.3390/su12010417>.

Kopnina, H. (2018) 'Circular economy and Cradle to Cradle in educational practice', *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 15(1), pp. 119–134. Available at: <https://doi.org/10.1080/1943815X.2018.1471724>.

Koskinen, I. et al. (2011) *Design Research Through Practice. From the Lab, Field, and Showroom*. Waltham: Elsevier.

Köster, H. et al. (2022) *Securing raw material supply: Benchmarking of measures of foreign manufacturing companies and recommendations for action*. Berlin: German Mineral Resources Agency (DERA) at the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR).

Krippendorff, K. (2007) 'Design Research, an Oxymoron?', in K. Michel (ed.) *Design Research; Essays and Selected Projects*. Zürich: Birkhäuser Verlag.

Kron, F.W. (1999) *Wissenschaftstheorie für Pädagogen*. München, Basel: Ernst Reinhardt Verlag.

KRU (2023) *Chancen und Grenzen des Recyclings im Kontext der Circular Economy: Rahmenbedingungen, Anforderungen und Handlungsempfehlungen*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Kuckartz, U. and Rädiker, S. (2022) *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Kumar, V. (2013) *101 design methods: a structured approach for driving innovation in your organization*. Hoboken: Wiley.

Kümmerer, K. (2016) 'Konzentration, Funktionalität und Dissipation – Grundkategorien zum Verständnis der Verfügbarkeit metallischer Rohstoffe', in A. Exner, M. Held, and K. Kümmerer (eds) *Kritische Metalle in der Großen Transformation*. Berlin Heidelberg, Germany: Springer Spektrum, pp. 53–85.

Leal Filho, W., Shiel, C. and Paço, A. (2016) 'Implementing and operationalising integrative approaches to sustainability in higher education: the role of project-oriented learning', *Journal of Cleaner Production*, 133, pp. 126–135. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.079>.

Lettenmeier, M. et al. (2009) *Resource Productivity in 7 Steps; How to Develop Eco-Innovative Products and Services and Improve Their Material Footprint*. Wuppertal: Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy.

Lettenmeier, M., Liedtke, C. and Rohn, H. (2014) 'Eight Tons of Material Footprint—Suggestion for a Resource Cap for Household Consumption in Finland', *Resources*, 3(3), pp. 488–515. Available at: <https://doi.org/10.3390/resources3030488>.

Liedtke, C. et al. (2014) 'Resource Use in the Production and Consumption System—The MIPS Approach', *Resources*, 3, pp. 544–574. Available at: <https://doi.org/doi:10.3390/resources3030544>.

Liedtke, C. (2018) 'Design for sustainability', A UNA-UK online publication [Preprint].

Liedtke, C. et al. (2019) *Transition Design Guide – Design für Nachhaltigkeit. Gestalten für das Heute und Morgen. Ein Guide für Gestaltung und Entwicklung in Unternehmen, Städten und Quartieren, Forschung und Lehre*. 55. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.

Liening, J. and Brümmer, H. (2014) *Elektronische Gerätetechnik. Grundlagen für das Entwickeln elektronischer Baugruppen und Geräte*. Berlin Heidelberg, Germany: Springer Vieweg.

Lindley, J. and Coulton, P. (2015) 'Back to the future: 10 years of design fiction', in *British HCI '15: Proceedings of the 2015 British HCI Conference. British HCI '15: Proceedings of the 2015 British HCI Conference*, New York: Association for Computing Machinery, pp. 210–211. Available at: <https://doi.org/10.1145/2783446.2783592>.

Linz, M. (2004) *Weder Mangel noch Übermaß. Über Suffizienz und Suffizienzforschung*. 145. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.

Lofthouse, V. (2006) 'Ecodesign tools for designers: defining the requirements', *Journal of Cleaner Production*, 14(15), pp. 1386–1395. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.013>.

Lofthouse, V.A. and Bhamra, T.A. (2000) 'Ecodesign Integration: Putting the Co into Ecodesign', in S.A.R. Scrivener, L.J. Ball, and A. Woodcock (eds) *Collaborative Design*. London: Springer-Verlag, pp. 163–171.

Lozano, R. (2006) 'Incorporation and institutionalization of SD into universities: breaking through barriers to change', *Journal of Cleaner Production*, 14(9), pp. 787–796. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.12.010>.

Lozano, R. et al. (2015) 'A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: results from a worldwide survey', *Journal of Cleaner Production*, 108, pp. 1–18. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.048>.

Luttrupp, C. and Lagerstedt, J. (2006) 'EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development', *Journal of Cleaner Production*, 14(15), pp. 1396–1408. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.022>.

- Manhart, A. et al. (2016) *Resource Efficiency in the ICT Sector*. Freiburg: Öko-Institut.
- Mareis, C. (2012) 'The Epistemology of the Unspoken: On the Concept of Tacit Knowledge in Contemporary Design Research', *Design Issues*, 28(2), pp. 61–71.
- Markussen, T. and Knutz, E. (2013) 'The poetics of design fiction', in: *DPPI '13: Proceedings of the 6th International Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces*, Newcastle upon Tyne, pp. 231–240.
- Martens, H. and Goldmann, D. (2016) *Recyclingtechnik. Fachbuch für Lehre und Praxis*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Matthies, E. (2003) 'One to bind them all: How the modified moral decision making model can be used for the integration of measures to promote pro-environmental travel mode choices.', in T. Craig (ed.) *Crossing boundaries—The value of inter- disciplinary research*. Aberdeen: Robert Gordon University, pp. 103–109.
- Matthies, E. (2005) 'Wie können PsychologInnen ihr Wissen besser an die PraktikerIn bringen? Vorschlag eines neuen integrativen Einflussschemas umweltgerechten Alltagshandelns', *Umweltpsychologie*, 9(1), pp. 62–81.
- Matthies, E., Selge, S. and Klöckner, C.A. (2012) 'The role of parental behaviour for the development of behaviour specific environmental norms - The example of recycling and re-use behaviour', *Journal of Environmental Psychology*, 32, pp. 277–284.
- Mayring, P. (2002) *Einführung in die qualitative Sozialforschung: Eine Anleitung zu qualitativem Denken*. Weinheim: Beltz Verlag.
- Mayring, P. (2015) *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- McAloon, T.C. (2007) 'A Competence-Based Approach to Sustainable Innovation Teaching: Experiences Within a New Engineering Program', *Journal of Mechanical Design*, 129(7), pp. 769–778. Available at: <https://doi.org/10.1115/1.2723806>.
- Mewes, D. (1973) *Der Informationsbedarf im konstruktiven Maschinenbau. VDI-Taschenbuch T 49*. Düsseldorf: VDI Verlag.
- Meyer, H. (2010) *Leitfaden Unterrichtsvorbereitung*. 5th edn. Berlin: Cornelsen.
- Meyer, H. and Junghans, C. (2021) *Unterrichtsmethoden II - Praxisband*. 17th edn. Berlin: Cornelsen.
- Möbius + Ruppert (o.D.) *Messingspitzer - M+ R*. Available at: <https://www.moebius-ruppert.com/messingspitzer/> (Accessed: 24 November 2023).
- Moran, K. (2019) *Usability Testing 101*, Nielsen Norman Group. Available at: <https://www.nngroup.com/articles/usability-testing-101/> (Accessed: 23 October 2023).
- Mostert, C. and Bringezu, S. (2019) 'Measuring Product Material Footprint as New Life Cycle Impact Assessment Method: Indicators and Abiotic Characterization Factors', *Resources*, 8(2), p. 61. Available at: <https://doi.org/10.3390/resources8020061>.
- NABU (o.D.) *Wohin mit alten und defekten Handys? - NABU Düsseldorf*. Available at: <https://www.nabu-duesseldorf.de/archiv-1/2021/handys-für-hummeln-bienen/> (Accessed: 27 March 2024).
- Nakamura, S. et al. (2014) 'MaTrace: Tracing the Fate of Materials over Time and Across Products in Open-Loop Recycling', *Environ. Sci. Technol.*, 48(13), pp. 7207–7214. Available at: <https://doi.org/10.1021/es500820h>.
- Neukirchen, F. and Ries, G. (2014) *Die Welt der Rohstoffe. Lagerstätten, Förderung und wirtschaftliche Aspekte*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Nuss, C., Sahamie, R. and Stindt, D. (2014) 'The Reverse Supply Chain Planning Matrix: A Classification Scheme for Planning Problems in Reverse Logistics', *International Journal of Management Reviews*, 17(4), pp. 413–436. Available at: <https://doi.org/10.1111/ijmr.12046>.
- Nuss, P. and Eckelman, M.J. (2014) 'Life Cycle Assessment of Metals: A Scientific Synthesis', *PLOS*, 9(7). Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101298>.
- van Oers, L. and Guinée, J. (2016) 'The Abiotic Depletion Potential: Background, Updates, and Future', *Resources*, 5(1), p. 16. Available at: <https://doi.org/10.3390/resources5010016>.

- van Oers, L., Guinée, J.B. and Heijungs, R. (2020) 'Abiotic resource depletion potentials (ADPs) for elements revisited—updating ultimate reserve estimates and introducing time series for production data', *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(2), pp. 294–308. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01683-x>.
- Polanyi, M. (1966) *The Tacit Dimension*. Chicago, London: The University of Chicago Press.
- Potting, J. et al. (2017) *Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain*. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Raabe, D., Cem Tasan, C. and Olivetti, E.A. (2019) 'Strategies for improving the sustainability of structural metals', *Nature*, 575, p. 6474. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1702-5>.
- Reck, B.K. and Graedel, T.E. (2012) 'Challenges in Metal Recycling', *Science*, 337, pp. 690–695. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.1217501>.
- reCup GmbH (2024) *RECUP – die Mehrwegbecher für To-go-Getränke*. Available at: <https://recup.de/mehrwegbecher/> (Accessed: 12 October 2023).
- Reller, A. et al. (2009) 'The Mobile Phone: Powerful Communicator and Potential Metal Dissipator', *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 18(2), pp. 127–135. Available at: <https://doi.org/10.14512/gaia.18.2.10>.
- Reuter, M., Schaik, A. and Ballester, M. (2018) 'Limits of the Circular Economy: Fairphone Modular Design Pushing the Limits', *World of Metallurgy - ERZMETALL*, 71, pp. 68–79.
- Rieckmann, M. (2012) 'Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning?', *Futures*, 44(2), pp. 127–135. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.09.005>.
- Rittel, H.W.J. (1972) 'On the Planning Crisis: Systems Analysis of the "First and Second Generations"', *BEDRIFTSØKONOMEN*, 8.
- Rittel, H.W.J. (1987) 'The Reasoning of Designers'. University of California, Berkeley.
- Rittel, H.W.J. and Webber, M.M. (1973) 'Dilemmas in a General Theory of Planning', *Policy Sciences*, 4, pp. 155–169.
- Ritthoff, M., Rohn, H. and Liedtke, C. (2002) 'Calculating MIPS: Resource productivity of products and services', *Wuppertal Spezial*, 27e.
- Rogall, H. (2008) *Ökologische Ökonomie. Eine Einführung*. 2nd edn. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Rossi, M., Germani, M. and Zamagni, A. (2016) 'Review of ecodesign methods and tools. Barriers and strategies for an effective implementation in industrial companies', *Journal of Cleaner Production*, 129, pp. 361–373. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.051>.
- Royo, M. et al. (2023) 'Analysis of parameters about useful life extension in 70 tools and methods related to eco-design and circular economy', *Journal of Industrial Ecology*, 27(2), pp. 562–586. Available at: <https://doi.org/10.1111/jiec.13378>.
- Sanders, E.B.-N. (2000) 'Generative Tools for Co-designing', in S.A.R. Scrivener, L.J. Ball, and A. Woodcock (eds) *Collaborative Design*. London: Springer-Verlag, pp. 3–12.
- Sanders, E.B.-N. and Stappers, P.J. (2008) 'Co-creation and the new landscapes of design', *CoDesign*, 4(1), pp. 5–18. Available at: <https://doi.org/10.1080/15710880701875068>.
- Sanders, E.B.-N. and Stappers, P.J. (2014) 'Probes, toolkits and prototypes: three approaches to making in codesigning', *CoDesign*, 10(1), pp. 5–14. Available at: <https://doi.org/10.1080/15710882.2014.888183>.
- Schäfer, A.I. and Richards, B.S. (2007) 'From concept to commercialisation: student learning in a sustainable engineering innovation project', *European Journal of Engineering Education*, 32(2), pp. 143–165. Available at: <https://doi.org/10.1080/03043790601118689>.
- Schahn, J. and Matthies, E. (2008) 'Moral, Umweltbewusstsein und umweltbewusstes Handeln', in E.-D. Lantermann and V. Linneweber (eds) *Grundlagen, Paradigmen und Methoden der Umweltpsychologie*. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe Verlag, pp. 663–689.

Schaik, A. and Reuter, M.A. (2014b) 'Material-Centric and Product-Centric Recycling and DfR Rules', in E. Worrell and M.A. Reuter (eds) *Handbook of Recycling. State-of-the-art for Practitioners, Analysts, and Scientists*. Waltham Oxford Amsterdam: Elsevier, pp. 307–378.

Schaik, A. and Reuter, M.A. (2014a) *Product Centric Simulation Based Design for Recycling (DfR) and Design for Resource Efficiency (DfRE). 10 Fundamental Rules & General Guidelines for Design for Recycling & Resource Efficiency*. The Netherlands: NVMP/Wecycle.

Schmidt, M. and Perels, F. (2010) *Der optimale Unterricht!? Praxishandbuch Evaluation*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Schmidt-Bleek, F. (1993) *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS - Das Maß für ökologisches Wirtschaften*. Berlin: Birkhäuser.

Schmidt-Bleek, F. and Tischner, U. (1995) *Produktentwicklung: Nutzen gestalten - Natur schonen*. Wien: Wirtschaftskammer Österreich.

Schmirmund, T. (2019) *Die Entdeckung des Periodensystems der chemischen Elemente. Eine kurze Reise von den Anfängen bis heute*. Wiesbaden: Springer Spektrum.

Schoch, K. et al. (2025) 'Circular economy from scratch: A novel project-based learning method to increase motivation in metal recycling among industrial design students', *MethodsX*, 14, p. 103137. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.103137>.

Schoch, K., Hemmert, F. and Liedtke, C. (2023) 'Form Follows Recyclability? Instruments for Dissipation-Aware Product Design', in F.J. García-Peñalvo and A. García-Holgado (eds) *Proceedings TEEM 2022: Tenth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*. Singapore: Springer Nature (Lecture Notes in Educational Technology), pp. 935–943. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-99-0942-1_98.

Schoch, K., Hemmert, F. and Liedtke, C. (2024) 'A generative toolkit to help raise industrial design students' awareness of low metal recycling rates', *Proceedings of the Design Society*, 4, pp. 2953–2962. Available at: <https://doi.org/10.1017/pds.2024.299>.

Schoch, K., Liedtke, C. and Bienge, K. (2021) 'Designing on the Basis of Recycling-Metallurgy Possibilities: Material-Specific Rules and Standards for "Anti-Dissipative" Products', *Resources*, 10(1), p. 5. Available at: <https://doi.org/10.3390/resources10010005>.

Schwartz, S.H. (1977) 'Normative influences on altruism', *Advances in Experimental Social Psychology*, 10, pp. 221–279.

Schwartz, S.H. and Howard, J.A. (1981) 'A Normative Decision-Making Model of Altruism', in J.P. Rushton and R.M. Sorrentino (eds) *Altruism and Helping Behavior*. Hillsdale: Erlbaum, pp. 189–211.

Schwartz, S.H. and Howard, J.A. (1984) 'Internalized Values as Motivators of Altruism', in E. Staub et al. (eds) *Development and Maintenance of Prosocial Behavior: International Perspectives on Positive Morality*. Boston, MA: Springer US (Critical Issues in Social Justice), pp. 229–255. Available at: https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2645-8_14.

Scurati, G.W. et al. (2022) 'Sustainability awareness in engineering design through serious gaming', *Design Science*, 8. Available at: <https://doi.org/10.1017/dsj.2022.9>.

Serrano-Bedia, A.-M. and Perez-Perez, M. (2022) 'Transition towards a circular economy: A review of the role of higher education as a key supporting stakeholder in Web of Science', *Sustainable Production and Consumption*, 31, pp. 82–96. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.02.001>.

Standop, J. and Jürgens, E. (2015) *Unterricht planen, gestalten und evaluieren*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Stengel, O. et al. (2008) 'Theorie und Praxis eines Bildungskonzepts für eine nachhaltige Entwicklung', *Umweltpsychologie*, 12(2), pp. 29–42.

Steven, M. (2004) 'Networks in Reverse Logistics', in H. Dyckhoff, R. Lackes, and J. Reese (eds) *Supply Chain Management and Reverse Logistics*. Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 163–180.

Stolterman, E. (2008) 'The Nature of Design Practice and Implications for Interaction Design Research', *International Journal of Design*, 2(1).

- Sumter, D. *et al.* (2020) 'Circular Economy Competencies for Design', *Sustainability*, 12(4), p. 1561. Available at: <https://doi.org/10.3390/su12041561>.
- Talens Peiro, L. *et al.* (2018) *Towards Recycling Indicators based on EU flows and Raw Materials System Analysis data*. EUR 29435 EN. Luxembourg: European Union.
- Tercero Espinoza, L. *et al.* (2020) *The promise and limits of Urban Mining - Potentials, Trade-Offs and Supporting Factors for the Recovery of Raw Materials from the Anthroposphere*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Thürer, M. *et al.* (2018) 'A systematic review of the literature on integrating sustainability into engineering curricula', *Journal of Cleaner Production*, 181, pp. 608–617. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.130>.
- thyssenkrupp Materials Processing Europe GmbH (no date) X5CrNi18-10 / 1.4301. Available at: <https://www.thyssenkrupp-materials-processing-europe.com/de/edelstahl/austenitischer-stahl/x5crni18-10-or-1.4301> (Accessed: 1 December 2023).
- Tomkinson, B. *et al.* (2008) 'Education for sustainable development – an inter-disciplinary pilot module for undergraduate engineers and scientists', *International Journal of Sustainable Engineering*, 1(1), pp. 69–76. Available at: <https://doi.org/10.1080/19397030802188100>.
- Treffinger, D.J. (1995) 'Creative Problem Solving: Overview and Educational Implications', *Educational Psychology Review*, 7(3), pp. 301–312.
- Tsekleves, E. *et al.* (2020) *The little book of Speculative Design for Policy-makers*. Lancaster: Lancaster University.
- TU Delft (2023) *Engineering Design for a Circular Economy*. Available at: <https://online-learning.tudelft.nl/courses/engineering-design-for-a-circular-economy/>.
- Tukker, A. (2015) 'Product services for a resource-efficient and circular economy – a review', *Journal of Cleaner Production*, 97, pp. 76–91. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.049>.
- UBA (2021) *OptiMet. Ressourceneffizienzsteigerung in der Metallindustrie - Substitution von Primärrohstoffen durch optimiertes legierungsspezifisches Recycling*. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: UBA.
- UNEP (2010) *Metal Stocks in Society. Scientific Synthesis*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- UNEP (2013a) *Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure. A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- UNESCO (2017) *Education for Sustainable Development Goals. Learning Objectives*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Universität Leiden (2018) *Learn about the Circular Economy of Metals*. Available at: <https://www.universiteitleiden.nl/en/news/2018/01/learn-about-the-circular-economy-of-metals>.
- USGS (2005) *The Life Cycle of a Mineral Deposit— A Teacher's Guide for Hands-On Mineral Education Activities*. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey.
- USGS (2023) *Mineral Commodity Summaries 2023*. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, p. 210.
- Van Aerssen, B. and Buchholz, C. (eds) (2018) *Das große Handbuch Innovation. 555 Methoden und Instrumente für mehr Kreativität und Innovation im Unternehmen*. München: Vahlen.
- Van den Berg, M.R. and Bakker, C.A. (2015) 'A product design framework for a circular economy', in: *PLATE conference*, Nottingham Trent University, pp. 365–379.
- Vereinte Nationen (2015) *Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung*. A/RES/70/1. Vereinte Nationen.
- Verhoef, E.V., Dijkema, G.P.J. and Reuter, M.A. (2004) 'Process Knowledge, System Dynamics, and Metal Ecology', *Journal of Industrial Ecology*, 8(1–2), pp. 23–43.
- van der Voet, E. (2013) 'Criticality and Abiotic Resource Depletion in Life Cycle Assessment', in L. Mancini, C. De Camillis, and D. Pennington (eds) *Security of supply and scarcity of raw*

materials. Towards a methodological framework for sustainability assessment. Luxembourg: Publications Office of the European Union, pp. 21–23.

Wakkary, R. et al. (2015) 'Material speculation: actual artifacts for critical inquiry', in *Proceedings of The Fifth Decennial Aarhus Conference on Critical Alternatives*. Aarhus N: Aarhus University Press (CA '15), pp. 97–108. Available at: <https://doi.org/10.7146/aahcc.v1i1.21299>.

Watari, T., Nansai, K. and Nakajima, K. (2020) 'Review of critical metal dynamics to 2050 for 48 elements', *Resources, Conservation & Recycling*, 155, p. 104669. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104669>.

Watkins, M. et al. (2021) 'Sustainable Product Design Education: Current Practice', *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 7(4), pp. 611–637. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2021.11.003>.

WCED (1987) *Our Common Future*. United Nations.

Weinert, F.E. (2014) 'Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit', in F.E. Weinert (ed.) *Leistungs-messungen in Schulen*. 3rd edn. Weinheim, Basel: Beltz Verlag, pp. 17–31.

Whalen, K.A. et al. (2018) '"All they do is win": Lessons learned from use of a serious game for Circular Economy education', *Resources, Conservation and Recycling*, 135, pp. 335–345. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.021>.

Wiechmann, J. (2016) 'Frontalunterricht', in J. Wiechmann and S. Wildhirt (eds) *12 Unterrichtsmethoden. Vielfalt für die Praxis*. Weinheim, Basel: Beltz Verlag, pp. 24–39.

Wiechmann, J. and Wildhirt, S. (2016) 'Unterrichtsmethoden - vom Nutzen der Vielfalt', in *12 Unterrichtsmethoden. Vielfalt für die Praxis*. Weinheim, Basel: Beltz Verlag, pp. 11–23.

Wiek, A., Withycombe, L. and Redman, C.L. (2011) 'Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development', *Sustainability Science*, 6(2), pp. 203–218. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>.

Wieser, H. and Tröger, N. (2015) *Die Nutzungsdauer und Obsoleszenz von Gebrauchsgütern im Zeitalter der Beschleunigung. Eine empirische Untersuchung in österreichischen Haushalten*. Wien: AK-Wien.

Wohlin, C. (2014) 'Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering', in *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (EASE '14), pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/10.1145/2601248.2601268>.

Worrell, E. and Reuter, M.A. (2014) *Handbook of Recycling: State-of-the-art for Practitioners, Analysts, and Scientists*. Elsevier: Waltham, p. 581.

Yamaguchi, S. (2022) *Securing reverse supply chains for a resource efficient and circular economy*. OECD.

Zepf, V. et al. (2014) 'Materials critical to the energy industry. An introduction. 2nd edition.' BP.

Zhang, C., Yan, J. and You, F. (2023) 'Critical metal requirement for clean energy transition: A quantitative review on the case of transportation electrification', *Advances in Applied Energy*, 9, p. 100116. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2022.100116>.

Ziemann, S. et al. (2018) 'Modeling the potential impact of lithium recycling from EV batteries on lithium demand: A dynamic MFA approach', *Resources, Conservation and Recycling*, 133, pp. 76–85. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.031>.

Zimmerman, J. and Forlizzi, J. (2014) 'Research Through Design in HCI', in J.S. Olsen and W.A. Kellogg (eds) *Ways of Knowing in HCI*. New York: Springer Science + Business Media, LLC.

Anhang

A Dokumente zur Datenerhebung im Rahmen der Hauptstudie

A.1 Quiz für alle fachlichen Teile 1-4 für Version (B) und Version (C) (Tab. A1)

Quiz zum ersten fachlichen Teil der Projektmethode (Ebene Metall)	
Intro 1	Die EoL-Recyclingrate (%) ist ein Maß für die Sammlung und das Recycling eines Materials am Ende dessen Lebenszyklus im Vergleich zur insgesamt erzeugten Abfallmenge. Sie zeigt, wie es potenziell um die ‚Kreislauffähigkeit‘ eines Materials innerhalb einer Volkswirtschaft steht.
Frage 1.1	Schätze: Wie hoch ist die EoL-Recyclingrate von Metallen (im globalen Durchschnitt)? (Multiple-Choice-Frage: 1-10%, 10-20%, ... 90-100%)
Frage 1.2	Schätze: Wie hoch ist die EoL-Recyclingrate von Precious Metals (Gold, Iridium, Palladium, Platin, Rhodium, Ruthenium, Silber) (im globalen Durchschnitt)? (Multiple-Choice-Frage: 1-10%, 10-20%, ... 90-100%)
Frage 1.3	Schätze: Wie hoch ist die EoL-Recyclingrate von Metallen der Seltenen Erden (im globalen Durchschnitt)? (Multiple-Choice-Frage: 1-10%, 10-20%, ... 90-100%)
Intro 2	Die Importabhängigkeit (%) basiert auf Importen, Exporten und der heimischen Produktion eines Materials. Sie steht für den Grad der Einfuhrabhängigkeit eines Materials. Wir blicken für die nachfolgenden Fragen auf die EU.
Frage 2.1	Schätze: Wie hoch ist die Importabhängigkeit von Metallen (EU)? (Multiple-Choice-Frage: 1-10%, 10-20%, ... 90-100%)
Frage 2.2	Schätze: Wie hoch ist die Importabhängigkeit von Precious Metals (Gold, Iridium, Palladium, Platin, Rhodium, Ruthenium, Silber) (EU)? (Multiple-Choice-Frage: 1-10%, 10-20%, ... 90-100%)
Frage 2.3	Schätze: Wie hoch ist die Importabhängigkeit von Metallen der Seltenen Erden (EU)? (Multiple-Choice-Frage: 1-10%, 10-20%, ... 90-100%)
Frage 3	Wie stark ist dein Wunsch, mehr über Recyclingraten und Importabhängigkeiten von Metallen zu erfahren? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
Quiz zum zweiten fachlichen Teil der Projektmethode (Ebene Legierung)	
Intro 1	Legierungen: "In der Technik werden meist nicht die reinen Metalle verwendet, sondern Legierungen. Durch Zusatz anderer Elemente können die Eigenschaften eines Metalls (am häufigsten die Festigkeit) gezielt verändert und bestimmte Eigenschaftsprofile verwirklicht werden" (Weißbach et al., 2018). Der Werkstoff Bronze ist bspw. eine Legierung aus Kupfer und Zinn.
Frage 1.1	Schraubendreher werden gewöhnlich aus Kaltarbeitsstahl (Kurzname: C45U) gefertigt. Tippe: Wie viele Metalle sind in dieser Legierung enthalten? (Multiple-Choice-Frage: 1 bis 2, 3 bis 4, ... 9 bis 10)
Frage 1.2	Spiralbohrer werden gewöhnlich aus Schnellarbeitsstahl (Kurzname: HS6-5-2-5) gefertigt. Tippe: Wie viele Metalle sind in dieser Legierung enthalten?
Intro 2	Stoffrecycling "Einmal ist jedes Gerät stofflich zu entsorgen, d.h. in seine stofflichen Bestandteile zu zerlegen und umweltgerecht zu verwerten" (Liening und Brümmer, 2014). <u>Funktionales Recycling (= "closed-loop")</u> liegt vor, wenn das Funktionsspektrum eines Metalls nach dem stofflichen Recycling erhalten bleibt (Erhalt der ursprünglichen Eigenschaften). Beim <u>nicht-funktionalen Recycling (= "open-loop")</u> gehen die ursprünglichen Eigenschaften eines Metalls verloren, sodass es nur noch für minderwertige Anwendungen eingesetzt werden kann.
Frage 2	Schätze: Bei welcher Legierung handelt es sich um eine „closed-loop“ Legierung? (Multiple-Choice-Frage: AlMn1 (Aluminiumlegierung, z.B. für Getränkedosen) / C45U (Kaltarbeitsstahl, z.B. für Schraubendreher) / X5CrNi18-10 (Korrosionsbeständiger Stahl, z.B. für Kochtöpfe) / HS6-5-2-5 (Schnellarbeitsstahl, z.B. für Spiralbohrer))
Frage 3	Wie stark ist dein Wunsch, mehr zu den Themen ‚Legierungen‘ und ‚Stoffrecycling‘ von Metallen erfahren? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
Quiz zum dritten fachlichen Teil der Projektmethode (Ebene Produkt)	
Intro 1	Technologiemetalle: Die Verbreitung von digitaltechnologischen Geräten nimmt im Zuge der Digitalisierung weiter zu. Gleichermaßen steigt die Bedeutung von Technologiemetallen. Sie gelten als die materielle Voraussetzung des Digitalzeitalters. Durch ihre Extraktion und Verarbeitung wird die Umwelt auf verschiedene Weise beeinträchtigt. Der Carbon Footprint gibt bspw. an, wieviel CO ₂ -eq. bei der Herstellung von einem Kilogramm eines bestimmten Metalls in die Atmosphäre emittiert werden.
Frage 1.1	Der Carbon Footprint der Basismetalle Magnesium, Eisen, Kupfer, Zink und Blei liegt durchschnittlich bei 2,8 kg CO ₂ -eq./kg. Tippe: Wie groß ist der Carbon Footprint der Technologiemetalle Tantal, Indium, Dysprosium, Palladium und Gold (Durchschnitt)? (Multiple-Choice-Frage: 420 / 840 / 1680 / 3360)
Intro 2	Nutzungsdauer: Ein weit verbreitetes digitaltechnologisches Gerät ist das Smartphone, dessen Multifunktionalität durch die Eigenschaften vieler verbauter Technologiemetalle ermöglicht wird. Allein im Jahr 2022 wurde es 1,5 Mrd. mal verkauft (global). Die Nutzungsdauer "entspricht der Zeitspanne zwischen dem Zeitpunkt der ersten und der letzten Nutzung [eines Geräts] durch dieselbe Person (...)" (Wieser und Tröger, 2015)
Frage 2.1	Schätze: Wie lang ist die Nutzungsdauer von Smartphones (Durchschnitt in Österreich)? (Multiple-Choice-Frage: 2,2 Jahre / 2,7 Jahre / 3,2 Jahre / 3,7 Jahre)
Frage 3	Wie stark ist dein Wunsch, mehr zu den Themen ‚Technologiemetalle‘ und ‚Nutzungsdauer‘ zu erfahren? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)

Quiz zum vierten fachlichen Teil der Projektmethode (Ebene System)	
Intro 1	Die Erdkruste enthält alle Metalle, die natürlich vorkommen. Die ultimativen Reserven eines Metalls stehen für dessen Gehalt in der Erdkruste, der insgesamt zur Verfügung steht.
Frage 1.1	Schätze: Welches Metall ist in der Erdkruste am wenigsten enthalten und somit das seltenste Metall überhaupt? (Multiple-Choice-Frage: Silizium / Neodym / Iridium / Vanadium)
Frage 1.2	Schätze: Welches Metall ist in der Erdkruste am meisten enthalten und somit das häufigste Metall überhaupt? (Multiple-Choice-Frage: Silizium / Neodym / Iridium / Vanadium)
Intro 2	Zusätzlich zur Perspektive des Gehalts in der Erdkruste (erste Frage), kann die Extraktionsrate (Nachfrage) eines bestimmten Metalls hinzugezogen werden, um eine Aussage darüber zu treffen, wie knapp die zur Verfügung stehende Menge eines Metalls ist. „Knapp“ bedeutet, dass die zur Verfügung stehende Menge jetzt oder bald nicht mehr ausreicht.
Frage 2.1	Schätze: Welches Metall ist zurzeit das „knappste“ Metall überhaupt? (Multiple-Choice-Frage: Indium / Ytterbium / Gold / Tantal)
Frage 3	Wie stark ist dein Wunsch, mehr zu den Themen ‚Verfügbarkeit‘ und ‚Knappheit‘ von Metallen zu erfahren? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)

A.2 Fragebögen zu den fachlichen Teilen 1-4 von Version (B) (Tab. A.2)

Feedbackbefragung des ersten fachlichen Teils der Projektmethode	
Nr.	Fragen zur Wirksamkeit
1	Wie stark hat die erste Session dein Bewusstsein für das Problem geringer Recyclingraten von Metallen gesteigert? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
1.1	Wieso? (offene Frage)
2	Bitte beurteile folgende Aussage: „Die erste Session hat mich zu effektiven Handlungsmöglichkeiten inspiriert.“ Bitte kreuze an. Mit den Werten zwischen 1 und 7 kannst du deine Meinung abstimmen. (Lineare Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (trifft voll und ganz zu))
2.1	Wieso? (offene Frage)
3	Wie stark fühlst du dich durch Session 1 dazu befähigt, in deinem gestalterischen Handeln Einfluss auf das Problem geringer Recyclingraten von Metallen nehmen zu können? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
3.1	Wieso? (offene Frage)
4	Bitte beurteile folgende Aussage: „Ich halte die Problematik geringer Recyclingraten und Importabhängigkeiten von Metallen relevant für mein Studium.“ Bitte kreuze an. Mit den Werten zwischen 1 und 7 kannst du deine Meinung abstimmen. (Lineare Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (trifft voll und ganz zu))
4.1	Wieso? (offene Frage)
Nr.	Fragen zu Potenzialen
5	Was hat dir bei der Nutzung des Tools am meisten gefallen? (offene Frage)
6	Was hat dir bei der Nutzung des Tools am wenigsten gefallen? (offene Frage)
7	Hast du noch weitere Anmerkungen oder konkrete Verbesserungsvorschläge? (offene Frage)
Feedbackbefragung des zweiten fachlichen Teils der Projektmethode	
Nr.	Fragen zur Wirksamkeit
1	Wie stark hat die zweite Session dein Bewusstsein für das Problem des Verlusts von Legierungsmetallen in das nicht-funktionale Recycling („open-loop“) gesteigert? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
1.1	Wieso? (offene Frage)
2	Bitte beurteile folgende Aussage: „Die zweite Session hat mich zu effektiven Handlungsmöglichkeiten inspiriert.“ Bitte kreuze an. Mit den Werten zwischen 1 und 7 kannst du deine Meinung abstimmen. (Lineare Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (trifft voll und ganz zu))
2.1	Wieso? (offene Frage)
3	Wie stark fühlst du dich durch Session 2 dazu befähigt, in deinem gestalterischen Handeln Einfluss auf das Problem des Verlusts von Legierungsmetallen in das nicht-funktionale Recycling („open-loop“) nehmen zu können? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
3.1	Wieso? (offene Frage)
4	Bitte beurteile folgende Aussage: „Ich halte die Problematik des Verlusts von Legierungsmetallen in das nicht-funktionale Recycling („open-loop“) relevant für mein Studium.“ Bitte kreuze an. Mit den Werten zwischen 1 und 7 kannst du deine Meinung abstimmen. (Lineare Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (trifft voll und ganz zu))
4.1	Wieso? (offene Frage)
Nr.	Fragen zu Potenzialen
5	Was hat dir bei der Nutzung des Tools am meisten gefallen? (offene Frage)
6	Was hat dir bei der Nutzung des Tools am wenigsten gefallen? (offene Frage)
7	Hast du noch weitere Anmerkungen oder konkrete Verbesserungsvorschläge? (offene Frage)
Feedbackbefragung des dritten fachlichen Teils der Projektmethode	
Nr.	Fragen zur Wirksamkeit
1	Wie stark hat die vierte Session dein Bewusstsein für das Problem der kurzen Nutzungsdauer von technischen Geräten (und Technologiemetallen) gesteigert? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
1.1	Wieso? (offene Frage)

2	Bitte beurteile folgende Aussage: „Die dritte Session hat mich zu effektiven Handlungsmöglichkeiten inspiriert“. Bitte kreuze an. Mit den Werten zwischen 1 und 7 kannst du deine Meinung abstimmen. (Lineare Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (trifft voll und ganz zu))
2.1	Wieso? (offene Frage)
3	Wie stark fühlst du dich durch Session 3 dazu befähigt, in deinem gestalterischen Handeln Einfluss auf das Problem der kurzen Nutzungsdauer von IKT-Geräten (und Technologiemetallen) nehmen zu können? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
3.1	Wieso? (offene Frage)
4	Bitte beurteile folgende Aussage „Ich halte die Problematik der kurzen Nutzungsdauer von IKT-Geräten (und Technologiemetallen) relevant für mein Studium“. Bitte kreuze an. Mit den Werten zwischen 1 und 7 kannst du deine Meinung abstimmen. (Lineare Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (trifft voll und ganz zu))
4.1	Wieso? (offene Frage)
Nr. Fragen zu Potenzialen	
5	Was hat dir bei der Nutzung des Tools am meisten gefallen? (offene Frage)
6	Was hat dir bei der Nutzung des Tools am wenigsten gefallen? (offene Frage)
7	Hast du noch weitere Anmerkungen oder konkrete Verbesserungsvorschläge? (offene Frage)
Feedbackbefragung des vierten fachlichen Teils der Projektmethode	
Nr. Fragen zur Wirksamkeit	
1	Wie stark hat die vierte Session dein Bewusstsein für das Problem der begrenzten Verfügbarkeit und Knappheit von Metallen gesteigert? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
1.1	Wieso? (offene Frage)
2	Bitte beurteile folgende Aussage: „Die vierte Session hat mich zu effektiven Handlungsmöglichkeiten inspiriert“. Bitte kreuze an. Mit den Werten zwischen 1 und 7 kannst du deine Meinung abstimmen. (Lineare Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (trifft voll und ganz zu))
2.1	Wieso? (offene Frage)
3	Wie stark fühlst du dich durch Session 4 dazu befähigt, in deinem gestalterischen Handeln Einfluss auf das Problem der begrenzten Verfügbarkeit und Knappheit von Metallen nehmen zu können? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
3.1	Wieso? (offene Frage)
4	Bitte beurteile folgende Aussage „Ich halte die Problematik der begrenzten Verfügbarkeit und Knappheit von Metallen relevant für mein Studium“. Bitte kreuze an. Mit den Werten zwischen 1 und 7 kannst du deine Meinung abstimmen. (Lineare Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (trifft voll und ganz zu))
4.1	Wieso? (offene Frage)
Nr. Fragen zu Potenzialen	
5	Was hat dir bei der Nutzung des Tools am meisten gefallen? (offene Frage)
6	Was hat dir bei der Nutzung des Tools am wenigsten gefallen? (offene Frage)
7	Hast du noch weitere Anmerkungen oder konkrete Verbesserungsvorschläge? (offene Frage)

A.3 Fragebögen zu den fachlichen Teilen 1-4 von Version (C) (Tab. A.3)

Feedbackbefragung des ersten fachlichen Teils der Projektmethode	
Nr. Fragen zur Wirksamkeit	
1	Wie stark hat der erste Teil der Lehrveranstaltung dein Bewusstsein für das Problem geringer Recyclingraten von Metallen (bei hohen Importabhängigkeiten) gesteigert? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
1.1	Wieso? (offene Frage)
2	Wie stark hat der erste Teil der Lehrveranstaltung dein Bewusstsein dafür gesteigert, dass dein (berufliches) Verhalten zum Problem geringer Recyclingraten von Metallen (bei hohen Importabhängigkeiten) beiträgt? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
2.1	Wieso? (offene Frage)
3	Wie stark hat der erste Teil der Lehrveranstaltung dein Bewusstsein dafür gesteigert, dass es Handlungsalternativen gibt (Recyclingraten als Indikator), die auch beherrscht werden? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
3.1	Wieso? (offene Frage)
4	Wie stark würdest du dich in der realen Produktentwicklung moralisch dazu verpflichtet fühlen, dich für eine Verbesserung des Problems geringer Recyclingraten von Metallen (bei hohen Importabhängigkeiten) einzusetzen? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
4.1	Wieso? (offene Frage)
5	Für wie relevant hältst du das Problem geringer Recyclingraten von Metallen (bei hohen Importabhängigkeiten) für dein eigenes Studium? (Multiple-Choice-Frage: sehr relevant / relevant / mittel / wenig relevant / überhaupt nicht relevant)
5.1	Wieso? (offene Frage)
Nr. Fragen zu Potenzialen	
6	Was hat dir an Teil 1 der Lehrveranstaltung am meisten gefallen? (offene Frage)
7	Was hat dir an Teil 1 der Lehrveranstaltung am wenigsten gefallen? (offene Frage)
8	Hast du noch weitere Anmerkungen oder konkrete Verbesserungsvorschläge? (offene Frage)
Feedbackbefragung des zweiten fachlichen Teils der Projektmethode	
Nr. Fragen zur Wirksamkeit	

1	Wie stark hat der zweite Teil der Lehrveranstaltung dein Bewusstsein für das Problem des Verlusts von Legierungsmetallen in das nicht-funktionale Recycling („open-loop“) gesteigert? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
1.1	Wieso? (offene Frage)
2	Wie stark hat der zweite Teil der Lehrveranstaltung dein Bewusstsein dafür gesteigert, dass dein (berufliches) Verhalten zum Problem des Verlusts von Legierungsmetallen in das nicht-funktionale Recycling („open-loop“) beiträgt? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
2.1	Wieso? (offene Frage)
3	Wie stark hat der zweite Teil der Lehrveranstaltung dein Bewusstsein dafür gesteigert, dass es Handlungsalternativen gibt (Rückgriff auf „closed-loop“ Legierungen), die auch beherrscht werden? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
3.1	Wieso? (offene Frage)
4	Wie stark würdest du dich in der realen Produktentwicklung moralisch dazu verpflichtet fühlen, dich für eine Verbesserung des Problems des Verlusts von Legierungsmetallen in das nicht-funktionale Recycling („open-loop“) einzusetzen? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
4.1	Wieso? (offene Frage)
5	Für wie relevant hältst du das Problem des Verlusts von Legierungsmetallen in das nicht-funktionale Recycling („open-loop“) für dein eigenes Studium? (Multiple-Choice-Frage: sehr relevant/ relevant / mittel / wenig relevant / überhaupt nicht relevant)
5.1	Wieso? (offene Frage)
Nr.	Fragen zu Potenzialen
6	Was hat dir an Teil 2 der Lehrveranstaltung am meisten gefallen? (offene Frage)
7	Was hat dir an Teil 2 der Lehrveranstaltung am wenigsten gefallen? (offene Frage)
8	Hast du noch weitere Anmerkungen oder konkrete Verbesserungsvorschläge? (offene Frage)
Feedbackbefragung des dritten fachlichen Teils der Projektwoche	
Nr.	Fragen zur Wirksamkeit
1	Wie stark hat der dritte Teil der Lehrveranstaltung dein Bewusstsein für das Problem von recyclingunfreundlich gestalteten IKT-Geräten gesteigert? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
1.1	Wieso? (offene Frage)
2	Wie stark hat der dritte Teil der Lehrveranstaltung dein Bewusstsein dafür gesteigert, dass dein (berufliches) Verhalten zum Problem von recyclingunfreundlich gestalteten IKT-Geräten beiträgt? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
2.1	Wieso? (offene Frage)
3	Wie stark hat der dritte Teil der Lehrveranstaltung dein Bewusstsein dafür gesteigert, dass es Handlungsalternativen gibt (demontage- und materialgerechte Gestaltung), die auch beherrscht werden? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
3.1	Wieso? (offene Frage)
4	Wie stark würdest du dich in der realen Produktentwicklung moralisch dazu verpflichtet fühlen, dich für eine Verbesserung des Problems von recyclingunfreundlich gestalteten IKT-Geräten einzusetzen? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
4.1	Wieso? (offene Frage)
5	Für wie relevant hältst du das Problem von recyclingunfreundlich gestalteten IKT-Geräten für dein eigenes Studium? (Multiple-Choice-Frage: sehr relevant/ relevant / mittel / wenig relevant / überhaupt nicht relevant)
5.1	Wieso? (offene Frage)
Nr.	Fragen zu Potenzialen
6	Was hat dir an Teil 3 der Lehrveranstaltung am meisten gefallen? (offene Frage)
7	Was hat dir an Teil 3 der Lehrveranstaltung am wenigsten gefallen? (offene Frage)
8	Hast du noch weitere Anmerkungen oder konkrete Verbesserungsvorschläge? (offene Frage)
Feedbackbefragung des vierten fachlichen Teils der Projektwoche	
Nr.	Fragen zur Wirksamkeit
1	Wie stark hat der vierte Teil der Lehrveranstaltung dein Bewusstsein für das Problem des Fehlens von Sammelsystemen gesteigert? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
1.1	Wieso? (offene Frage)
2	Wie stark hat der vierte Teil der Lehrveranstaltung dein Bewusstsein dafür gesteigert, dass dein (berufliches) Verhalten zum Problem des Fehlens von Sammelsystemen beiträgt? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
2.1	Wieso? (offene Frage)
3	Wie stark hat der vierte Teil der Lehrveranstaltung dein Bewusstsein dafür gesteigert, dass es Handlungsalternativen gibt (Gestaltung von Sammelsystemen), die auch beherrscht werden? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
3.1	Wieso? (offene Frage)
4	Wie stark würdest du dich in der realen Produktentwicklung moralisch dazu verpflichtet fühlen, dich für eine Verbesserung des Problems des Fehlens von Sammelsystemen einzusetzen? (Multiple-Choice-Frage: sehr stark / stark / mittel / wenig / überhaupt nicht)
4.1	Wieso? (offene Frage)
5	Für wie relevant hältst du das Problem des Fehlens von Sammelsystemen für dein eigenes Studium? (Multiple-Choice-Frage: sehr relevant/ relevant / mittel / wenig relevant / überhaupt nicht relevant)

5.1	Wieso? (offene Frage)
Nr.	Fragen zu Potenzialen
6	Was hat dir an Teil 4 der Lehrveranstaltung am meisten gefallen? (offene Frage)
7	Was hat dir an Teil 4 der Lehrveranstaltung am wenigsten gefallen? (offene Frage)
8	Hast du noch weitere Anmerkungen oder konkrete Verbesserungsvorschläge? (offene Frage)

A.4 Interviewleitfaden für Version (B) und Version (C) (Tab. A.4)

Nr.	Aspekt	Fragen
1	Einleitung	Beschreibung der Hintergründe und Ziele, die mit der Durchführung der Interviews einhergehen
2	Gesamte Projektmethode	1.1) Was (oder welcher fachliche Teil) hat dir besser an der methodischen Struktur gefallen, was schlechter? (→ Eine Folie zur methodischen Struktur wird gezeigt) 1.2) Wieso?
3	Erster fachlicher Teil	2.1) Welche Ziele wurden aus deiner Sicht am wenigsten erreicht und was könnte verbessert werden? (→ Eine Folie zu den Zielen, die den relevanten Kognitionen der Normaktivationsphase entsprechen, wird gezeigt) 2.2) Wieso? 2.3) Was hat dir bei der Nutzung des generativen Toolkits besser gefallen, was schlechter? (→ Eine Folie zum entsprechenden generativen Toolkit wird gezeigt) 2.4) Wieso?
4	Zweiter fachlicher Teil	3.1) Welche Ziele wurden aus deiner Sicht am wenigsten erreicht und was könnte verbessert werden? (→ Eine Folie zu den Zielen, die den relevanten Kognitionen der Normaktivationsphase entsprechen, wird gezeigt) 3.2) Wieso? 3.3) Was hat dir bei der Nutzung des generativen Toolkits besser gefallen, was schlechter? (→ Eine Folie zum entsprechenden generativen Toolkit wird gezeigt) 3.4) Wieso?
5	Dritter fachlicher Teil	4.1) Welche Ziele wurden aus deiner Sicht am wenigsten erreicht und was könnte verbessert werden? (→ Eine Folie zu den Zielen, die den relevanten Kognitionen der Normaktivationsphase entsprechen, wird gezeigt) 4.2) Wieso? 4.3) Was hat dir bei der Nutzung des generativen Toolkits besser gefallen, was schlechter? (→ Eine Folie zum entsprechenden generativen Toolkit wird gezeigt) 4.4) Wieso?
6	Vierter fachlicher Teil	5.1) Welche Ziele wurden aus deiner Sicht am wenigsten erreicht und was könnte verbessert werden? (→ Eine Folie zu den Zielen, die den relevanten Kognitionen der Normaktivationsphase entsprechen, wird gezeigt) 5.2) Wieso? 5.3) Was hat dir bei der Nutzung des generativen Toolkits besser gefallen, was schlechter? (→ Eine Folie zum entsprechenden generativen Toolkit wird gezeigt) 5.4) Wieso?

A.5 Standardisierte Evaluationsbögen der Universität Wuppertal für die Version (B)

evasys	Rahmenfragebogen Seminar (2017)	evasys
Bitte so markieren: ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst. Korrektur: ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen. Liebe Studierende, die Qualität der Lehre soll stetig verbessert werden. Ein wichtiges Instrument dazu ist der vorliegende Fragebogen, mit dem Sie die Möglichkeit haben, Ihre Meinung zur Lehrveranstaltung zu äußern. Die Ergebnisse werden in der Lehrveranstaltung besprochen werden. Dadurch soll eine Kommunikation zwischen den Lehrenden und den Studierenden über die Lehre gefördert werden. Die Auswertung des Fragebogens ist freiwillig und anonym. Füllen Sie den Fragebogen sorgfältig aus und beachten Sie dazu die oben genannten Hinweise. Vielen Dank für Ihre Unterstützung! Prof. Dr. Konrad Schoch Institute for Quality Evaluation of Studium und Lehre Weitere Informationen unter: www.qel.uni-wuppertal.de		
1. Struktur und Didaktik		
1.1	Die Lehrveranstaltung war gut strukturiert.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
1.2	Die Lehrzeiten waren klar und nachvollziehbar.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
1.3	Die Lehrzeiten waren transparent dargestellt.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
1.4	Der/die Lehrende wirkte gut vorbereitet.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
1.5	Der/die Lehrende konnte komplexe Sachverhalte verständlich erklären.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
1.6	Der/die Lehrende hat ein gutes Zeitmanagement.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
1.7	Das Tempo im Vorgehen des Stoffes war für mich	☐ zu schnell ☐ zu hoch ☐ genau richtig ☐ genau richtig ☐ zu langsam
1.8	nicht Schweregrad des behandelten Stoffes war für	☐ zu schnell ☐ zu hoch ☐ genau richtig ☐ genau richtig ☐ zu langsam
1.9	Der/die Lehrende hat didaktische Hilfsmittel (z.B. Tafel, Folien, Präsentationen, etc.; bzw. ggfs. Sporgerate) sinnvoll eingesetzt.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
2. Anregung und Motivation		
2.1	Der/die Lehrende wirkte in der Veranstaltung engagiert.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
2.2	Der/die Lehrende hat akustisch verständlich gesprochen.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
2.3	Der/die Lehrende hat angemessen gesprochen.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
2.4	Der/die Lehrende hat die Veranstaltung interessant gestaltet.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
2.5	Der/die Lehrende hat mich motiviert, der Veranstaltung konzentriert zu folgen.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
2.6	Der/die Lehrende regte die Studierenden an, sich mit den Lehrinhalten auch außerhalb der Veranstaltung auseinanderzusetzen.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
3. Interaktion und Betreuung		
3.1	In der Veranstaltung waren Fragen und Beiträge willkommen.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
3.2	Der/die Lehrende konnte angemessen mit Unruhe und Störungen umgehen.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
3.3	Meine Fragen wurden von der/dem Lehrenden für mich zufriedenstellend beantwortet.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
3.4	Mit der fachlichen Betreuung durch die/den Lehrende/n war ich insgesamt zufrieden.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
3.5	Die Sprechstundenangebote waren für mich ausreichend.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
4. Seminar		
4.1	Der/die Lehrende stellt Bezüge zu den bereits behandelten Lehrinhalten her.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
4.2	Der/die Lehrende stellt Fragen, die den Studierenden die Gelegenheit geben, zu überprüfen, ob sie den Stoff verstanden haben.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
4.3	Ich habe genügend Möglichkeiten Fragen zu stellen.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
4.4	Es fanden ausreichend Diskussionen statt.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
4.5	Die Diskussionen der Studierenden waren produktiv.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
4.6	Der/die Lehrende moderiert die Diskussionen angemessen.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
4.7	Der/die Lehrende unterstützt die Studierenden bei der Bearbeitung von Referaten, Lerntagsbüchern etc.; ausreichend.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
4.8	Der/die Lehrende gibt den Studierenden nach ihrem Referat ausreichend Rückmeldung.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu

Seite 1 (DIN A4-Format)

evasys	Rahmenfragebogen Seminar (2017)	evasys
5. Gesamteindruck		
5.1	In dieser Lehrveranstaltung habe ich viel dazugelernt.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
5.2	Insgesamt bin ich mit dieser Lehrveranstaltung zufrieden.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
5.3	Diese Lehrveranstaltung kann ich weiterempfehlen.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
5.4	Die Inhalte der Veranstaltung haben mich interessiert.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
5.5	Die Inhalte der Veranstaltung haben mich interessiert.	☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu ☐ trifft gar nicht zu
6. Zeitaufwand		
6.1	Wie oft haben Sie in der Lehrveranstaltung gefehlt?	☐ nie ☐ 1-2 mal ☐ 3-4 mal ☐ 5-6 mal ☐ mehr als 6 mal
6.2	Wenn Sie gefehlt haben, was waren die Ursachen?	
7. Zur Person		
7.1	Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.	☐ männlich ☐ weiblich
7.2	Bitte geben Sie Ihre Fachsemesterzahl (im aktuellen Studiengang) an.	☐ 1. - 2. ☐ 3. - 4. ☐ 5. - 6. ☐ 7. - 8. ☐ 9. - 10. ☐ 11. oder höher
8. Rückmeldung an den/die Lehrende/n		
8.1	Was fanden Sie an dieser Lehrveranstaltung besonders gut? (Bitte schreiben Sie nur innerhalb der Markierungen. Falls Sie keine Anmerkungen haben, lassen Sie das nachfolgende Feld bitte leer.)	
8.2	Was könnte der/die Lehrende an dieser Lehrveranstaltung verbessern und warum? (Bitte schreiben Sie nur innerhalb der Markierungen. Falls Sie keine Anmerkungen haben, lassen Sie das nachfolgende Feld bitte leer.)	
9. Wirkung der Lehrveranstaltung		
F3002UWP2P-DVO		
27.06.2023, Seite 2/3		

Seite 2 (DIN A4-Format)

evasys	Rahmenfragebogen Seminar (2017)	evasys
9. Wirkung der Lehrveranstaltung [Fortsetzung]		
9.1 Wie stark hat die Lehrveranstaltung den Bewusstsein für das Konzept Urban Mining gesteigert?	sehr stark ☐ ☐ ☐ ☐	☐ überhaupt nicht
9.2 Wieso? (bezüglich 9.1)		
9.3 Bitte beurteile folgende Aussage: "Die Lehrveranstaltung hat mich zu effektiven Handlungsmöglichkeiten für verbessertes Urban Mining inspiriert".	trifft überhaupt nicht zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	☐ trifft voll und ganz zu
9.4 Wieso? (bezüglich 9.3)		
9.5 Wie stark findest du dich durch die Lehrveranstaltung dazu befähigt, in deinem eigenen Einfluss auf ein verbessertes Urban Mining nehmen zu können?	sehr stark ☐ ☐ ☐ ☐	☐ überhaupt nicht
9.6 Wieso? (bezüglich 9.5)		
9.7 Bitte beurteile folgende Aussage: "Ich halte das Konzept Urban Mining relevant für mein Studium".	trifft überhaupt nicht zu ☐ ☐ ☐ ☐	☐ trifft voll und ganz zu
9.8 Wieso? (bezüglich 9.7)		

A.6 Standardisierte Evaluationsbögen der Universität Wuppertal für die Version (C)

Seite 1 (DIN A4-Format)

evasys	Rahmenfragebogen Seminar (2017)	evasys
Bergische Universität Wuppertal – UNISERVICE Qualität in Studium und Lehre (QSL) Konrad Schoch		
Fk 8 - Design Metals, Futures, Prototypes		

Bitte so markieren: ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ Bitte wenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.
 Korrektur: ☐ ☒ ☐ ☒ Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

Liebe Studierende,

die Qualität der Lehre soll stetig verbessert werden. Ein wichtiges Instrument dazu ist der vorliegende Fragebogen, mit dem Sie die Möglichkeit haben, die Qualität der Lehre zu bewerten. Die Ergebnisse dieser Befragung müssen von der oder dem Lehrenden mit Ihnen in der Veranstaltung besprochen werden. Dadurch soll eine Kommunikation zwischen den Lehrenden und den Studierenden über die Lehre gefördert werden. Das Ausfüllen des Fragebogens ist freiwillig und anonym. Füllen Sie den Fragebogen sorgfältig aus und beachten Sie dazu die oben genannten Hinweise.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Ihre Qualitätsicherung und Evaluation von Studium und Lehre*

Weitere Informationen unter: www.qsl.uni-wuppertal.de

1. Struktur und Didaktik	2. Anregung und Motivation	3. Interaktion und Betreuung	4. Seminar
1.1 Die Lehrveranstaltung war gut strukturiert. 1.2 Die Lehrziele waren klar und nachvollziehbar. 1.3 Die Leistungsanforderungen wurden für mich transparent dargestellt. 1.4 Die Lehrveranstaltung wurde gut vorbereitet. 1.5 Die Lehrveranstaltung wurde inhaltlich verständlich erklärt. 1.6 Der Dozent hat ein gutes Zeitmanagement. 1.7 Das Tempo im Vorgehen des Stoffes war für mich ☐ zu schnell ☐ zu hoch 1.8 Der Schwierigkeitsgrad des behandelten Stoffes war für mich ☐ zu leicht ☐ zu schwierig 1.9 Die Lehrveranstaltung hat didaktisches Material (z.B. Tafel, Folien, Präsentationen, etc.) bzw. ggfs. Sportgeräte) sinnvoll eingesetzt.	2.1 Der Dozent wirkte in der Veranstaltung engagiert. 2.2 Der Dozent hat auszuwendig gesprochen. 2.3 Der Dozent hat sich für mich interessiert. 2.4 Der Dozent hat die Veranstaltung interessant gestaltet. 2.5 Der Dozent hat mich motiviert, der Veranstaltung konzentriert zu folgen. 2.6 Der Dozent hat mich die Studierenden an, sich mit den Lernmaterialien aus der Veranstaltung auseinanderzusetzen.	3.1 In der Veranstaltung waren Fragen und Beiträge willkommen. 3.2 Der Dozent hat meine Beiträge aufgenommen und mich ermutigt. 3.3 Meine Fragen wurden von der Dozentin/ dem Dozenten für mich zufriedenstellend beantwortet. 3.4 Mit der fachlichen Betreuung durch die Dozentin/ den Dozenten war ich insgesamt zufrieden. 3.5 Die Sprechungsangebote waren für mich ausreichend.	4.1 Der Dozent hat die Studierenden in der Veranstaltung angewiesen. 4.2 Der Dozent hat die Studierenden in der Veranstaltung angewiesen. 4.3 Ich hatte genügend Möglichkeiten Fragen zu stellen. 4.4 Es fanden ausreichend Diskussionen statt. 4.5 Die Diskussionen der Studierenden waren produktiv. 4.6 Der Dozent hat die Diskussionen der Studierenden angewiesen. 4.7 Der Dozent hat die Studierenden in der Veranstaltung angewiesen. 4.8 Der Dozent hat die Studierenden in der Veranstaltung angewiesen.

F3101UA02318775P/PLV00 01.03.2024 Seite 10

evasys

Rahmenfragebogen Seminar (2017)



5. Gesamteindruck

5.1 In dieser Lehrveranstaltung habe ich viel dazugelernt.
Insgesamt bin ich mit dieser Lehrveranstaltung zufrieden.

5.2 Diese Lehrveranstaltung kann ich weiterempfehlen.

5.3 Die Inhalte der Veranstaltung waren für mich bedeutsam und relevant.

5.4 Die Inhalte der Veranstaltung haben mich interessiert.

5.5

trifft völlig zu

trifft völlig zu

trifft völlig zu

trifft gar nicht zu

trifft gar nicht zu

trifft gar nicht zu

6. Zeitaufwand

6.1 Wie oft haben Sie in der Lehrveranstaltung gefehlt?

6.2 Wenn Sie gefehlt haben, was waren die Ursachen?

nie

5-4 mal

1-2 mal

mehr als 6 mal

3-4 mal

6.3 Wie hoch war Ihr regelmäßiger wöchentlicher Zeitaufwand zur Vor- und Nachbereitung dieser Lehrveranstaltung? (Ohne die Zeit der Lehrveranstaltung)

bis 1 Std.

bis 2 Std.

bis 3 Std.

bis 4 Std.

bis 5 Std.

bis 6 Std.

bis 7 Std.

bis 8 Std.

mehr als 8 Std.

6.4 Der Vor- und Nachbereitungsaufwand war von mir zeitlich gut zu bewerkstelligen.

trifft völlig zu

trifft völlig zu

trifft gar nicht zu

trifft gar nicht zu

6.5 Auf die Veranstaltung habe ich mich ausreichend vorbereitet.

trifft völlig zu

trifft völlig zu

trifft gar nicht zu

trifft gar nicht zu

7. Zur Person

7.1 Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.

7.2 Bitte geben Sie Ihre Fachsemesterzahl (im aktuellen Studiengang) an.

männlich

weiblich

1.-2.

3.-4.

5.-6.

7.-8.

9.-10.

11. oder höher

8. Rückmeldung an die/die Lehrende/n

8.1 Was fanden Sie an dieser Lehrveranstaltung besonders gut? (Bitte schreiben Sie nur innerhalb der Markierungen. Falls Sie keine Anmerkungen haben, lassen Sie das nachfolgende Feld bitte leer.)

8.2 Was könnte die/die Lehrende an dieser Lehrveranstaltung verbessern und warum? (Bitte schreiben Sie nur innerhalb der Markierungen. Falls Sie keine Anmerkungen haben, lassen Sie das nachfolgende Feld bitte leer.)

9. Wirksamkeit der Lehrveranstaltung

F3101U482318779P9L0V0

01.03.2024, Seite 2/3

Seite 2 (DIN A4-Format)

evasys

Rahmenfragebogen Seminar (2017)



9. Wirksamkeit der Lehrveranstaltung [Fortsetzung]

9.1 Wie stark hat die Lehrveranstaltung dein Bewusstsein für das Problem geringer Recyclingraten von Metallen gesteigert?

9.2 Wieso? (bezüglich 9.1)

sehr stark

sehr stark

9.3 Wie stark hat die Lehrveranstaltung dein Bewusstsein dafür gesteigert, dass dein (heimlicher) Verhalten zum Problem geringer Recyclingraten von Metallen beiträgt?

9.4 Wieso? (bezüglich 9.3)

sehr stark

sehr stark

9.5 Wie stark hat die Lehrveranstaltung dein Bewusstsein dafür gesteigert, dass es Handlungsalternativen gibt, die auch beherzigt werden?

9.6 Wieso? (bezüglich 9.5)

sehr stark

sehr stark

9.7 Wie stark würdest du dich in der realen Produktentwicklung moralisch engagieren, um das Problem geringer Recyclingraten von Metallen einzusetzen?

9.8 Wieso? (bezüglich 9.7)

sehr stark

sehr stark

9.9 Für wie relevant hältst du das Problem geringer Recyclingraten von Metallen für dein Studium?

9.10 Wieso? (bezüglich 9.9)

sehr relevant

sehr relevant

9. Wirksamkeit der Lehrveranstaltung

F3101U482318779P9L0V0

01.03.2024, Seite 3/3

Seite 3 (DIN A4-Format)

A.7 Vereinbarung über die Übertragung von Nutzungs- und Verwertungsrechten

BERGISCHE UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Vereinbarung über die Übertragung von Nutzungs- und Verwertungsrechten

zwischen der Bergischen Universität Wuppertal, vertreten durch den Kanzler
- im nachfolgenden Universität – (oder: vertreten durch die Fakultät... (geht im Einzelfall, dann „vertr. durch den Dekan“ bei Mitarbeit von Studierenden, wenn nichts weiter zu beachten, auch möglich „dieser vertreten durch Frau/Herrn (Prof.)...)
und
Herrn/ Frau [Doktorand(in) / Student(in) / etc.] - im nachfolgenden Projektteammitglied -
1. Das Projektteammitglied wirkt mit oder hat an der Entwicklung des Projektes
der Professur für
-Professurinhaber/in ist Frau / Herr Prof.
- der Bergischen Universität Wuppertal mitgewirkt.
2. Die Universität erhält an sämtlichen Arbeitsergebnissen einschließlich Erfindungen, die im Zusammenhang mit der Arbeit des Entwicklungsteammitglieds am o. g. Projekt entstehen oder entstanden sind, unmittelbar in dem Moment der Entstehung ein umfassendes, ausschließliches, unbefristetes und unbeschränktes Nutzungs- und Verwertungsrecht. Die Rechte der Universität und deren Ausschließlichkeit erstrecken sich auf alle Entwurfsmaterialien und Arbeitsunterlagen hierzu, auch auf den Softwarecode, und zwar den Objekt- und den Quellcode, letzteren in geschriebener und in elektronischer Form, soweit er noch beim Entwicklungsteammitglied befindlich bzw. gespeichert ist.

Seite 1 (DIN A4-Format)

BERGISCHE UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

(3. (wenn erforderlich: Die Arbeitsergebnisse sollen im Rahmen der Projektentwicklung angelehnt an den Kooperationsvertrag zwischen der UNI WUPPERTAL und
[Partner]
genutzt werden. Anders:)
3. Das Nutzungs- und Verwertungsrecht erstreckt sich auf sämtliche bekannte Nutzungsarten und umfasst neben dem Recht auf Nutzung im Projekt, dem Recht der Vervielfältigung sowie Verbreitung und Übersetzung, auch das Recht der Überlassung an Dritte ohne erneute Zustimmung des Projektteammitglieds. Es umfasst die Bearbeitung und Änderung inklusive Nutzung und Vervielfältigung der dabei entstehenden Ergebnisse sowie deren entsprechende Verbreitung.
4. Das Projektteammitglied verpflichtet sich, sämtliche Informationen, die es als Projektmitglied erlangt hat, streng geheim zu halten und diese ohne schriftliche Zustimmung der Universität Dritten nicht zugänglich zu machen;
5. Das Projektteammitglied versichert, dass keinerlei Rechte Dritter an den Arbeitsergebnissen bestehen.
Datum:
(Unterschrift Kanzler/oder Dekan oder im Einzelfall Professur) (Unterschrift Projektteammitglied)
Wenn Kanzlerunterschrift, zusätzlich:
Ausführende Stelle: Fakultät/Fach/Professur,...

Seite 2 (DIN A4-Format)

B Beiträge in Zeitschriften und auf internationalen Konferenzen

B.1 Manuskript 1: Resources

Der Journal-Artikel “Designing on the basis of recycling-metallurgy possibilities: Material-specific rules and standards for ‘anti-dissipative’ products” wurde am 13.1.2021 im Journal “resources” veröffentlicht (Open Access, mdpi). Die genaue Zitation lautet: Schoch, K.; Liedtke, C.; Bienge, K. (2021): Designing on the basis of recycling-metallurgy possibilities: Material-specific rules and standards for ‘anti-dissipative’ products. Resources, 2021, 10, 5. Doi:10.3390/resources10010005. Die Veröffentlichung ist unter dem Link <https://www.mdpi.com/2079-9276/10/1/5> einsehbar (zugegriffen am 6.12.2024) und kann bei Bedarf direkt beim Autor der vorliegenden Arbeit nachgefragt werden.

B.2 Manuskript 2: TEEM2022

Der Konferenz-Artikel “Form follows recyclability? Instruments for dissipation-aware product design” wurde am 4.5.2023 in der Buchreihe „Lecture Notes in Educational Technology“ veröffentlicht. Die genaue Zitation lautet: Schoch, K.; Hemmert, F.; Liedtke, C. (2023): Form follows recyclability? Instruments for dissipation-aware product design. In: García-Peñalvo, F.J.; García-Holgado, A. (Hrsg.): Proceedings TEEM 2022: Tenth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality. TEEM, 2022. Lecture Notes in Educational Technology. Springer: Singapore. Doi:10.1007/978-981-99-0942-1_98. Die Veröffentlichung ist unter dem Link https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-99-0942-1_98 zu finden und kann bei Bedarf direkt beim Autor der vorliegenden Arbeit nachgefragt werden. Dieser hat an der Konferenz in Salamanca (Spanien) im Zeitraum vom 19.-21.10.2022 teilgenommen, um die Arbeit vor einem Fachpublikum zu präsentieren und zur Diskussion zu stellen. Die Website der Konferenz ist unter dem Link <https://2022.teemconference.eu> zu finden (zugegriffen am 6.12.2024).

B.3 Manuskript 3: DESIGN2024

Der Konferenz-Artikel “A generative toolkit to help raise industrial design students’ awareness of low metal recycling rates” wurde am 16.5.2024 im Berichtsband der Design Society veröffentlicht (Open Access, Cambridge University Press). Die genaue Zitation lautet: Schoch, K.; Hemmert, F.; Liedtke, C. (2024): A generative toolkit to help raise industrial design students’ awareness of low metal recycling rates. Proceedings of the Design Society, 2024, 4: 2953-2962. Doi:10.1017/pds.2024.299. Die Veröffentlichung ist unter dem Link <https://core-prod.cambridgecore.org/core/journals/proceedings-of-the-design-society/article/generative-toolkit-to-help-raise-industrial-design-students-awareness-of-low-metal-recycling-rates/5486E35853862BC27A3F34CA768627CE> einsehbar (zugegriffen am 6.12.2024) und kann bei Bedarf direkt beim Autor der vorliegenden Arbeit nachgefragt werden. Dieser hat an der Konferenz in Cavtat (Kroatien) im Zeitraum vom 20.-23.5.2024 teilgenommen, um die Arbeit vor einem Fachpublikum zu präsentieren und zur Diskussion zu stellen. Die Website der Konferenz ist unter dem Link <https://www.designconference.org> zu finden (zugegriffen am 6.12.2024).

B.4 Manuskript 4: MethodsX

Der Journal-Artikel “Circular economy from scratch: A novel project-based learning method to increase motivation in metal recycling among industrial design students” wurde

am 27.12.2024 online im Journal “MethodsX” veröffentlicht (Open Access, Elsevier). Die genaue Zitation lautet: Schoch, K.; Bickel, M.; Liedtke, C.; Hemmert, F. (2025): Circular economy from scratch: A novel project-based learning method to increase motivation in metal recycling among industrial design students. MethodsX, 2025, 14, 103137. Doi:10.1016/j.mex.2024.103137. Die Veröffentlichung ist unter dem Link <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016124005880> einsehbar (zugegriffen am 2.1.2025) und kann bei Bedarf direkt beim Autor der vorliegenden Arbeit nachgefragt werden.

C Die Potenziale der Projektmethode

C.1 Die Stärken des theoretischen Teils

Nr.1	Name der Themenkategorie (H)	Thematische Relevanz für das Industrie-Design (60)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten sehen sich als mitverantwortlich für die aufgezeigten Problembereiche (1), weil sie im Prozess der Materialwahl mitbestimmen, welche Metalle für Produkte eingesetzt werden (2). Sie verweisen auf den Produktentwicklungsprozess und ihre Position als treibende Kraft darin (3) und sorgen sich um die Verfügbarkeit von Metallen für Angehörige zukünftiger Generationen (4, 5).
Nr.2	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Ich denke, die Thematik ist total relevant, da Metalle in sehr vielen Produkten eine große Rolle spielen und wir als Designer (...) eine Mitverantwortung in der Thematik tragen“ (SB1_2023: 51) (1) • „Als angehende Industriedesigner sind wir auch mitverantwortlich für die Materialwahl und sollten im Rahmen des Studiums darüber auch genügend informiert werden“ (SB1_2024: 83) (2) • „In der Kette des Produkts als treibende Kraft mit großer Verantwortung“ (SB4_2024: 48) (3) • „Wir gestalten Produkte, die aus Materialien, wie Metallen produziert werden und wenn diese nicht mehr vorhanden sind, sind wir in unserer Gestaltung eingeschränkt“ (SB4_2023: 57) (4) • „Um die Materialverfügbarkeit für zukünftige Generationen zu sichern, fühle ich mich schon sehr verpflichtet mir über dieses Thema bei der Gestaltung Gedanken zu machen“ (SB2_2024: 41) (5)
	Name der Themenkategorie (H)	Teilweise völlig neue Themen (34)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten wissen nicht, dass Metalle im Sinne eines „open-loop“ Recyclings verloren gehen können (1). Sie überrascht der Umstand, dass sich der Trend der Miniaturisierung negativ auf das Recycling auswirkt (2). Eine Person betont im Interview, dass Metalle bisher weniger im Kontext Nachhaltigkeit betrachtet würden, sondern es Kunststoffe und Holz seien, die den Diskurs prägten (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Ich wusste nicht, dass die Metalle verloren gehen können, also nicht mehr zurückgewinnbar sind“ (SB2_2023: 7) (1) • „Weil mir nicht klar war, wie viele Metalle im Elektroniksektor kleinteilig verbaut werden und so kaum recycelt werden können“ (SB4_2023: 4) (2) • „Es war anders, weil immer wenn man über Nachhaltigkeit denkt, man denkt an Kunststoffe und

		vielleicht Holz und (...) nicht direkt an Metalle. Und wenn mir jemand vor der Workshopwoche gesagt hätte, wie könnte man Nachhaltigkeit mit Metalle verbinden, dann hätte ich eigentlich nicht so viel Erfahrung“ (I1_2024: 24) (3)
Nr.3	Name der Themenkategorie (H)	Aufgezeigte konkrete Produktbeispiele (14)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten erachten es als positiv, dass greifbare Beispiele aufgezeigt werden (1), an denen sie sich bei der Aufgabenbearbeitung orientieren können (2). Good- bzw. Best-Practice-Beispiele werden als interessant beschrieben, da sie zeigen, welche Möglichkeiten gegenwärtig bereits existieren (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Heute war es besonders gut, dass greifbare Beispiele genutzt wurden. Es ist vorher manchmal der Fall gewesen, dass man unbewusst abgeschaltet da es sehr technisch und kompliziert dargestellt wurde“ (SB3_2024: 9) (1) • „Viele haben sich an so einem Beispielsprodukt, wie diesem Fairphone orientiert. Also diese herausnehmbaren Batterien und die ganzen herausnehmbaren Teile. Ich glaube halt, das ist bei uns jedenfalls ein bisschen so, wenn man was gesehen hat und das schwirrt im Kopf rum und man muss auf Schnelligkeit irgendwie ein Konzept machen. Dann wird halt voll oft zu dem zurückgegriffen, was man gesehen hat“ (I1_2023: 31) (2) • „Die Good-Practice-Beispiele waren interessant, im bisher existierende Ansätze zu sehen und zu vergleichen“ (SB4_2024: 71) (3)
Nr.4	Name der Themenkategorie (H)	Kompakte und informative Darbietung (12)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten würdigen die kompakte und informative Darbietung (1) als thematischen Einstieg (2), die sie zwar als sehr umfangreich, aber dennoch als notwendig bezeichnen (3), insbesondere, weil es sich um ein völlig neues Thema handelt (4).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „[es] hat wie immer sehr gut geklappt, weil es sehr kompakt zusammengefasst, aber trotzdem sehr informativ war im Kurzvortrag“ (I4_2024) (1) • „Viel Input an Infos über Metalle haben einen in das Thema reingebracht“ (SB1_2024: 9) (2) • „Viel Input auf einmal, aber war notwendig“ (SB1_2024: 118) (3) • „[Ich] habe mehr Informationen bekommen, die ich nicht gekannt habe“ (SB2_2024: 37) (4)
Nr.5	Name der Themenkategorie (H)	Dargelegte Faktenlage (9)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten heben hervor, dass die Kommunikation von spezifischen Zahlen (1) dabei helfe, bestimmte Probleme nachvollziehen zu können (2). Sie bezeichnen es als erschreckend und schockierend, wenn aufgezeigt werde, wie es um die genaue Faktenlage stehe (3, 4).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Es ist gut spezifische Zahlen zu sehen wie viel Prozent tatsächlich auch recycelt werden von den Materialien“ (SB1_2024: 40) (1) • „Die Statistiken helfen mir, die Situation von Knappheit besser zu verstehen“ (SB4_2024: 21) (2)

		• „Ich finde es erstaunlich und erschreckend, wie hoch die Fußabdrücke sind. Gut dargestellt. Sachlich“ (SB5_2023: 8) (3) • „dass man mit Daten und Fakten arbeitet, sowas bleibt halt voll im Gedächtnis. Weil ich saß dann da so, oh mein Gott, so groß war das. (...) wenn man (...) die Größe vor Augen hat, finde ich, das schockt (...) und mich motiviert das auch, da was gegen zu machen“ (I1_2023: 7) (4)
Nr.6	Name der Themenkategorie (H)	Gleich strukturierte, aufeinander aufbauende Teile (9)
	Inhaltliche Beschreibung	Als positiv erachten die Befragten den immer gleichen Aufbau der verschiedenen Sessions (1), der ihnen dabei helfe, sich auf die nachfolgenden Sessions einzustellen (2). Ebenso hilfreich finden sie die Reihenfolge der einzelnen Teile, die inhaltlich aufeinander aufbauen (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Was ich wirklich gut fand war, dass man halt in diesen verschiedenen Sessions, die ja nochmal verschiedene Blickwinkel und Perspektiven oder auch gleich Themen hatten, sage ich mal, dass es immer der gleiche Aufbau war“ (I2_2023: 5) (1) • „Ich finde es eigentlich auch ganz gut, dass wir so repetitiv gearbeitet haben, also das ich quasi die Struktur nicht geändert hat. Das hat mir relativ gut auch geholfen (...), [um mich] auf die nächste Session wieder so ein bisschen einzustellen“ (I3_2023: 7) (2) • „Und das fand ich sehr interessant, weil das ist eine Verknüpfung von allem, was wir in diesen Tagen gemacht haben. Also zuerst hatten wir die Metalle, dann die Legierungen und dann hatten wir die Produkte und jetzt kommt ein System, das das alles verwendet (...)“ (I1_2024: 79) (3)
Nr.7	Name der Themenkategorie (H)	Quizfragen als Einstieg (6)
	Inhaltliche Beschreibung	Als hilfreich für den thematischen Einstieg und Spaßig beschreiben die Befragten die Quizfragen der einzelnen inhaltlichen Teile (1, 2).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Die Einleitung der Quizze war eine spaßige Einführung in die Präsentation“ (SB5_2024: 81) (1) • „Das Quiz war ein guter Einstieg, um das eigene Wissen zu testen“ (SB5_2024: 77) (2)
Nr.8	Name der Themenkategorie (H)	Tägliche Ergebnispräsentation untereinander (4)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten finden, dass der Austausch in der Gruppe im Rahmen der Ergebnispräsentation nach der individuellen Arbeit an den Gestaltungsaufgaben hilfreich sei (1). Eine Person verweist darauf, dass ihr die Reflexion Sicherheit gebe und die Bearbeitung der weiteren Gestaltungsaufgaben dadurch leichter falle (2).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Durch die Gestaltungsaufgaben haben wir Anreize bekommen, uns selber mit dem Thema zu beschäftigen und durch den Austausch/Vergleich mit den anderen“ (SB5_2023: 22) (1) • „Und ich glaube nach und nach, dadurch dass man immer die Gestaltungsaufgaben gemacht hat, ist man da so ein bisschen mehr reingekommen. Die sind ja auch immer nicht ganz realistisch sage ich mal oder überhaupt nicht, aber dadurch hat man zumindest schon mal so einen Ansatz bekommen, wie man das

		überhaupt hinterher in anderen Projekten mit einfließen lassen kann. Genau, deswegen war es vielleicht immer ganz wichtig, dass man da diese Reflexion am Ende auch hatte, dass man da nochmal drüber gesprochen hat. Da habe ich nochmal Feedback bekommen und dadurch auch immer mehr gewusst, okay, was muss ich da machen?“ (I2_2023: 7-8) (2)
Nr.9	Name der Themenkategorie (H)	Verweis auf weitere existente Tools (3)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten schreiben, dass sie anschauliche Übersichten gut fänden (1) und es hilfreich sei, auf bereits existente Tools zu verweisen (2).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Anschauliche Übersicht mit roten und grünen Punkten“ (SB2_2024: 36) (1) • „Einige Probleme und Beispiele waren bereits bekannt, aber die Nennung von konkreten Tools wie iFixit war hilfreich“ (SB5_2024: 20) (2)

C.2 Die Schwächen des theoretischen Teils

Nr.10	Name der Themenkategorie (H)	Mangelnde konkrete Handlungsmöglichkeiten (21)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten weisen darauf hin, dass es ihnen an konkreten Handlungsmöglichkeiten fehle, die sich auch in der Realität umsetzen ließen (1, 2). Eine Person sagt mit Blick auf den ersten Teil, dass vieles noch zu abstrakt wirke, als dass es in der Realität funktionieren könne (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Mir fehlt es an konkreten Handlungsmöglichkeiten, vieles wirkt leider etwas zu utopisch und nicht umsetzbar“ (SB4_2023: 23) (1) • „Mir fehlen noch realistische Ansätze, die sich auch in der Industrie umsetzen lassen“ (SB5_2023: 30) (2) • „Ja, ist noch zu abstrakt, weil ich weiß, das Thema ist kompliziert und man hatte das Gefühl, dass es zu viele Dinge gibt, die ausgespart werden. Also man hat gedacht, OK, ich mache jetzt dafür was, aber es hat sich nicht so richtig angefühlt, wie eine Handlungsalternative die wirklich funktionieren könnte. (...) Ich find's schwer“ (I3_2024: 20) (3)
Nr.11	Name der Themenkategorie (H)	Eher Problemwahrnehmung, weniger Befähigung (15)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten urteilen differenziert über den Erfolg der Projektmethode, indem sie schreiben, dass insbesondere das Ziel der Problemwahrnehmung gut erreicht worden sei (1), allerdings noch weitere Informationen nötig seien, um wirklich recyclinggerecht gestalten zu können (2). Sie verweisen auf ökonomische, technische und soziale Faktoren (3) und betonen, dass sich die inhaltlichen Teile in puncto Befähigung unterscheiden würden (4).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „(...) was auf jeden Fall erstmal gut geklappt hat, war natürlich erstmal das mit der Wahrnehmung. Dass wir einfach diesen Input hatten zu Legierungen, wieviel da eigentlich verloren geht und (...) die kritischen Metallen bei der Relevanz des eigenen Verhaltens. Das war auf jeden Fall sehr klar und deutlich.“ (I4_2024: 51) (1) • „Ich benötige noch mehr Wissen in diesem Gebiet, um wirklich recyclinggerecht gestalten zu können“ (SB1_2023: 34) (2) • „Ich habe zu einem gewissen Grad Input erhalten, wie man als Designer handeln kann, um ein nachhaltigeres

		Produkt zu erzeugen. Allerdings wurde bis jetzt nicht genug auf Produktionskosten, Machbarkeit bei der Herstellung und Einbindung in unsere Gesellschaft eingegangen“ (SB3_2023: 17) (3) • „Das Thema ist zwar mehr in den Vordergrund gerückt, allerdings ist es immer noch schwer konkret in gestalterischen Aufgaben das Thema mit einzubeziehen. Hierbei habe ich allerdings einen Fortschritt im Gegensatz zur ersten Session gemerkt.“ (SB4_2023: 40) (4)
Nr.12	Name der Themenkategorie (H)	Mangelnde Mitverantwortlichkeit anderer Akteur*innen (14)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten verweisen auf den Einfluss anderer Akteur*innen (1, 2) und zitieren insbesondere ökonomische Faktoren, die in der Produktentwicklung berücksichtigt werden müssten (3) und das Metallrecycling entsprechend beeinflussen könnten. Eine Person äußert sich mit Blick auf die System-Ebene bedenklich, weil es ihrer Meinung nach auf die Motivation der Menschen ankomme, Produkte zurück in den Kreislauf zu bringen (4).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Es ist wichtig sich als Designer*in mit Alternativen zu diesen Materialien zu beschäftigen. Im realen Berufsleben könnten Entscheidungen aber von anderen Abteilungen getroffen werden“ (SB4_2023: 50) (1) • „Ehrlicherweise bin ich der Meinung, dass ein solch komplexes Thema zwar auf jeden Fall im Industrial Design Studium gelehrt werden sollte, aber der Fokus auf allen relevanten, bzw. am häufigsten genutzten Materialien liegen sollte. (...) Ich denke aber, dass diese Thematik vor allem relevant für Bauingenieurwesen, Maschinenbau oder Konstruktionssystematik ist und dort vertieft behandelt werden sollte (da man gerade in dieser Branche über die Probleme von Rohstoffen aufgrund von Kosten hinweg sieht)“ (SB1_2024: 57) (2) • „Ja kann man machen im Design, aber wir müssen auf echt viel achten mittlerweile und eventuell gibt es da Wichtigeres, wie z.B. Produktionswege- und kosten“ (SB2_2023: 51) (3) • „Ich hätte nicht gesagt, dass es nicht mein Aufgabengebiet ist. Allerdings, dass es ein sehr großer Bereich ist, der kaum allein wirklich zu planen wäre, allein weil, wenn man das ganze durch Sammelkästen einsammeln möchte, dann hängt wenig vom Produkt selber ab, wie das ganze designt ist, sondern eher von den Menschen und wie man die Motivation schafft, dass diese Menschen eben gewillt sind, Sachen abzugeben“ (I2_2024: 123) (4)
Nr.13	Name der Themenkategorie (H)	Zu viele Informationen auf einmal (14)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten fühlen sich mit zu vielen Informationen auf einmal überfordert (1). Insbesondere für den zeitlich knapp bemessenen Rahmen halten sie es für sehr anspruchsvoll, sich alles zu merken und entsprechend in der Gestaltungsaufgabe anwenden zu können (2). Sie verweisen auf den Umstand der kognitiven Überlastung (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Es waren sehr viele Informationen, die für mich in dem Ausmaß schwer zu fassen waren“ (SB2_2024: 79) (1)

		• „Bei der Verbindungstechnik fand ich ein bisschen, dass die Kombination von Verbindungen, Verbindungstechnik und Legierungen, also alles gleichzeitig zu beachten, war schon sehr anspruchsvoll. Weil wir uns da doch schon technisch mit dem Produkt befassen mussten. In dieser kurzen Zeit“ (I4_2024: 59) (2) • „Mir persönlich wurden die ganzen Zahlen/Fakten nach einer gewissen Zeit zu kompliziert und habe somit manchmal den Faden verloren. Vielleicht das nächste Mal die Präsentation so gestalten, dass man als Zuhörer die Inhalte etwas besser nachvollziehen kann“ (SB5_2024: 94) (3)
Nr.14	Name der Themenkategorie (H)	Zu wenig emotionales Storytelling (8)
	Inhaltliche Beschreibung	Als zu unemotional bezeichnen die Befragten die Informationsvermittlung. Ihnen fehlten einleuchtende Geschichten, um noch besser abgeholt zu werden (1, 2, 3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Es ist zu unemotional. Man hat Fakten erklärt bekommen, die einleuchten, aber man könnte es noch mehr in Geschichten oder Storys packen, um es einleuchtender darzustellen“ (SB4_2024: 25) (1) • „Etwas zu wenig emotionales Storytelling, um einen abzuholen“ (SB1_2024: 124) (2) • „Ich habe noch keine handfesten Geschichten gehört, die mich moralisch dazu veranlassen. Es ist zu unemotional“ (SB1_2024: 69) (3)
Nr.15	Name der Themenkategorie (H)	Zahlen allein zu abstrakt und schwierig nachvollziehbar (8)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten finden, dass Darstellungen, die allein auf Zahlen basierten, zu abstrakt seien, um richtig verstanden zu werden (1, 2). Es sei schwierig, sich alles zu merken und der Informationsvermittlung zu folgen (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Die Prozente sind zu abstrakt. Man bekommt schlecht ein Gefühl für die nackten Zahlen“ (SB1_2024: 12) (1) • „Das Verhältnis der Knappheit war nur durch die Darstellung der Zahlen etwas zu abstrakt, um es richtig zu verstehen“ (SB4_2024: 84) (2) • „Leider ist der ganze theoretische Teil (mit Zahlenfakten) nicht ganz gut nachvollziehbar (mir persönlich fällt es einfach unglaublich schwer da permanent aufzupassen geschweige denn alles aufzunehmen)“ (SB4_2024: 92) (3)
Nr.16	Name der Themenkategorie (H)	Informationen teilweise irrelevant (7)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten halten einige der vermittelten Informationen für irrelevant (1) und redundant (2, 3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Nicht alle Infos aus der Präsentation schienen mir relevant, z.B. wie viele Leute online oder offline sind, sind Werte die nicht sonderlich greifbar sind“ (SB3_2024: 87) (1) • „Ich fand auch, das war sehr ähnlich wie das erste. Ich kann mich erinnern, als du den Impuls von dem zweiten gemacht hast, war das sehr ähnlich und hat sich überschneiden mit dem ersten (...). Und in der ersten Einführung hat sich auch etwas überschneiden mit der Einführung generell. Das haben auch zwei, drei Leute um mich auch so gesagt, hä hatten wir das nicht letzte Woche oder so? (...) Vielleicht hättest du das gar nicht

		so oft wiederholen müssen, dann hättest du mehr Zeit für die Auswertungen gehabt oder für Rückfragen an uns nochmal“ (I1_2023: 75) (2) • „Einige Punkte bei den Leitlinien haben sich mehr oder weniger wiederholt und haben nicht weiter geholfen für die Entwicklung vom Konzept“ (SB3_92) (3)
Nr.17	Name der Themenkategorie (H)	Quizfragen zu beliebig (3)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten geben an, dass sie die Quizfragen zu beliebig fänden (1) und sie teils per Zufall geantwortet hätten (2).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Das Quiz zum Beispiel fand ich eine coole Idee. Die Fragen waren nur teilweise zu weit weg, also da hast du geschrieben, welche Seltenen Erden sind am seltensten und da waren fünf verschiedene wo ich zumindest wirklich gar keine Ahnung von hatte, dann war die Spannung so ein bisschen weg, weil die Fragen teilweise einfach zu weit weg waren“ (I3_2024: 7) (1) • „Was ich nicht so sinnvoll fand (...) war, dass wir am Anfang das Quiz hatten, weil ich fand, es war viel zu offen. (...) Es gab mehrere Möglichkeiten da zu wählen, aber ich hatte das Gefühl, dass ich immer so aus Zufall da irgendwas gewählt habe und ich habe nicht viel darüber nachgedacht“ (I1_2024: 10) (2)

C.3 Die Chancen des theoretischen Teils

Nr.18	Name der Themenkategorie (H)	Mehr Best-Practice-Beispiele (15)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten finden, dass noch mehr reale Beispiele von bereits bestehenden Produkten oder Unternehmen benötigt würden (1, 2). Eine Person wünscht sich Einblicke in die zugrundeliegenden Design-Prozesse (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Mehr echte Anwendungen wie Beispiele von Firmen/Produkte, Strukturen, die den Status Quo brechen“ (SB5_2024: 89) (1) • „Die Session hat gute Beispiele für mögliche Lösungen gegeben. Bei sowas wünsche ich mir immer etwas mehr reale Beispiele bei Produkten, die man kennt“ (SB2_2023: 24) (2) • „Und ich bräuchte noch ein bisschen mehr so Beispiele, wo das quasi funktioniert hat und wie das funktioniert hat. Also wie die das im Designprozess das mit eingebunden haben“ (I1_2023: 19) (3)
Nr.19	Name der Themenkategorie (H)	Format auf größeren Rahmen ausweiten (6)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten halten den zeitlichen Rahmen für ausbaufähig, um sich mit dem Thema tiefergehend auseinandersetzen zu können (1, 2). Es wird vorgeschlagen, das Thema auf größere Projekte auszuweiten (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Dann hat man alles so ganz, ganz schnell komprimiert gemacht. Und ich hätte wahrscheinlich noch mehr rausholen können, sag ich mal, hätte ich mir dann ein bisschen mehr Zeit dafür genommen“ (I3_2023: 8) (1) • „Etwas längere Bearbeitungszeit wäre angemessen“ (SB2_2024: 96) (2) • „Wichtiger machen im Semester -> mehr Credit Points -> größere Projekte“ (SB5_2023: 53) (3)
Nr.20	Name der Themenkategorie (H)	Bildschirmpräsentation anschaulicher gestalten (5)

	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten finden die Informationsvermittlung zu trocken formuliert. Sie verweisen auf einprägsamere Schaubilder (1) und Grafiken (2), um die Präsentation anschaulicher und anregender zu gestalten (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Der Theorieteil ist natürlich wichtig, aber teilweise war das ein bisschen trocken formuliert, also in dem Sinne, dass die interessanten Teile daran irgendwie nicht so greifbar waren für mich (...) da vielleicht auch so ein Beispielbild einfach um die Skala besser verstehen zu können (...) [ein] Schaubild (...) was ein Verhältnis aufzeigt. Das wäre irgendwie einprägsamer, glaube ich nochmal gewesen“ (I2_2024: 8) (1) • „Um Verhältnisse von der Vorkommenshäufigkeit und der Knappheit wäre es schön gewesen ein veranschaulichendes Beispiel zu haben, z.B. sowas wie Sandkörner oder Grafiken o.ä.“ (SB4_2024: 97) (2) • „Präsentation anschaulicher, einfacher und anregender gestalten -> mehr Ergänzung zum Gesagten“ (SB5_2024: 88) (3)
Nr.21	Name der Themenkategorie (H)	Mehr Interaktion zwischen Kommiliton*innen (4)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten finden es besser, wenn die Interaktion mit ihren Kommiliton*innen erhöht würde (1), z.B. vor jedem neuen fachlichen Teil (2).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Vielleicht etwas mehr Interaktion mit den Kommilitonen“ (SB1_2024: 127) (1) • „Und dass man da vielleicht nochmal (...) so eine Art Diskussion darüber einbaut (...). Also ich glaube, das wäre nochmal ganz gut gewesen, um die theoretischen Infos auch noch mehr zu behalten. In der Gestaltungsaufgabe hat man sich zwar nochmal damit selber auseinandergesetzt, aber natürlich jeder vertieft für sich, meistens mehr auf eine Sache als auf das gesamte und dann könnte man sich nochmal ein bisschen mehr ergänzen vielleicht“ (I2_2023: 13-17) (2)
Nr.22	Name der Themenkategorie (H)	Mehr fesselnde Geschichten (4)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten finden die Informationsvermittlung zu unemotional (1), als dass die Auswirkungen und die Ernsthaftigkeit wirklich deutlich würden (2). Mit mehr Geschichten ließe sich die thematische Relevanz und das Mitgefühl erhöhen (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Es ist zu unemotional. Man hat Fakten erklärt bekommen die einleuchten, aber man könnte es noch mehr in Geschichten oder Storys packen, um es einleuchtender darzustellen“ (SB4_2024: 25) (1) • „Es hätte noch mehr auf Auswirkungen eingegangen werden und die Ernsthaftigkeit“ (SB5_2024: 21) (2) • „(...) rational weiß ich wie relevant das ist. Aber ich hätte mir immer mal wieder so einen emotionalen Aspekt gewünscht, (...) zwischendurch mal irgendwas, was ein bisschen diese emotionalen Zentren weckt, dass noch mehr klar wird, okay es ist wirklich relevant und nicht nur aus dem Verstand heraus, sondern irgendwie durch eine Story, durch Dinge, die noch mehr packen. Ich habe gemerkt, dass das durchgängig sehr rational war, was natürlich auch an dem Thema liegt, (...) aber zwischendrin mal so ein bisschen was

		reinbringt, was emotional passt. Irgendwie so eine Story oder eine Firma die das kann oder mal irgendwelche Geschichten, die passieren können, wenn was darauf entsteht, wo man ein bisschen mehr Gefühl dazu hat“ (I3_2024: 100) (3)
Nr.23	Name der Themenkategorie (H)	Soziale Perspektive der Nachhaltigkeit integrieren (2)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten finden es interessant, auch die soziale Perspektive der Nachhaltigkeit im thematischen Kontext kennenzulernen (1, 2).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Ich hätte es auch interessant gefunden, die humanitären Hintergründe hinter Rohstoffen näher zu beleuchten, aber ich sehe es ein, dass es hier vordergründlich um den Umweltgedanken geht.“ (SB1_2023: 102) (1) • „Hinweis auf Zusammenhänge zwischen ökologischen Zielen und sozial gerechter Rohstoffförderung“ (SB5_2024: 79) (2)
Nr.24	Name der Themenkategorie (H)	Zielgruppengerechtere Informationen anbieten (2)
	Inhaltliche Beschreibung	Eine Person sagt, dass es nahbarer für das Industrie-Design sei, wenn mehr Produktbeispiele aufgezeigt würden (1). Eine andere Person findet es mit Blick auf die Legierungsebene wichtig, den Fokus verstärkt auf relevante und häufig genutzte Materialien zu setzen (2).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Jetzt nur eine Idee, wenn man das vielleicht wirklich in Produktbeispielen, das ist ja auch unsere Welt, Industriedesign, wirklich in Produktbeispielen, wo eben bestimmte Materialien zu Legierungen gemischt werden, um eben bestimmte Anforderungen zu erfüllen. Wenn man da vielleicht spezifischere Beispiele hätte, wäre das nochmal ein bisschen nahbarer (...)“ (I2_2024: 74) (1) • „Ehrlicherweise bin ich der Meinung, dass ein solch komplexes Thema zwar auf jeden Fall im Industrial Design Studium gelehrt werden sollte, aber der Fokus auf allen relevanten, bzw. am häufigsten genutzten Materialien liegen sollte. (...) Ich denke aber, dass diese Thematik vor allem relevant für Bauingenieurwesen, Maschinenbau oder Konstruktionssystematik ist und dort vertieft behandelt werden sollte (da man gerade in dieser Branche über die Probleme von Rohstoffen aufgrund von Kosten hinwegsieht)“ (SB1_2024: 57) (2)
Nr.25	Name der Themenkategorie (H)	Langlebigkeit als Strategie der Circular Economy (1)
	Inhaltliche Beschreibung	Ein Befragter schreibt, dass es sein Anspruch sei, langlebige Produkte zu gestalten, die sich durch einen emotionalen Charakter auszeichneten (1).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Langlebige Produkte, die dadurch auch emotionalen Charakter entwickeln, wäre mein Anspruch für meine Designs“ (SB3_2024: 21) (1)

C.4 Die Gefährdungen des theoretischen Teils

Nr.26	Name der Themenkategorie (H)	Zweifel an der Umsetzbarkeit (15)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten verweisen auf ökonomische Faktoren, die einer tatsächlichen Umsetzung entgegenwirken können (1, 2). Eine Person nennt in diesem Kontext sogar den Begriff der Angst (3). Auf der System-Ebene wird aufgrund von zu vielen Abhängigkeiten von einem zu geringen Einfluss des

		Industrie-Designs gesprochen (4). Gegenüber der Bedeutung der Konsumseite fühlt sich eine Person als hilflos (5).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Um den Fortbestand unserer Gesellschaft zu sichern ist das zwar sehr wichtig. Aber ein Produktdesigner, der aufgrund diverser materialbedingter Einschränkungen kaum Produkte entwerfen kann, verdient nichts“ (SB1_2024: 61) (1) • „Schwierig gegen Unternehmensprioritäten gegenzusteuern – Umsatz etc.“ (SB1_2024: 63) (2) • „Aktuelle bin ich noch sehr überzeugt davon. Ich habe Angst zukünftig dies nicht anwenden zu können -> Industrie“ (SB5_2023: 17) (3) • „Bei der Wahrnehmung des eigenen Verhaltens. Ich weiß gar nicht mehr, aber dort hätte ich dann gesagt, dass wir als Industriedesigner relativ wenig Einfluss auf Systeme haben oder gesamte Systeme, so große Systeme wie Sammelsysteme. Und deswegen würde ich sagen, war das für mich auch ein bisschen schwer“ (I4_2024: 112) (4) • „Ich denke das ein großes Problem, was zu den kurzen Nutzungsdauern führt auch ist, dass der Markt so schnelllebig ist und viele immer das Neueste haben wollen. Das löst eine gewisse ‚Hilflosigkeit‘ aus“ (SB3_2023: 29) (5)
Nr.27	Name der Themenkategorie (H)	Frust über die Limits des Recyclings (1)
	Inhaltliche Beschreibung	Eine Person schreibt, dass selbst mit dem Fairphone keine wirklich guten Recyclingraten erzielt würden (1).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Beispiel Fairphone zeigt, dass selbst auf Nachhaltigkeit ausgelegte Systeme keine wirklich guten Recyclingraten erzielen können“ (SB1_2023: 39) (1)

C.5 Die Stärken des praktischen Teils

Nr.28	Name der Themenkategorie (H)	Re-Design existenter Produkte (17)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten finden es interessant und lehrreich, existierende und bekannte Produkte zu dekonstruieren und mit Blick auf bestimmte Gestaltungsmöglichkeiten zu untersuchen (1, 2). Sie beziehen sich dabei auf Alltagsprodukte (3) und auf die Arbeit mit dem Materialinventar von Produkten (4).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Die tatsächliche Dekonstruktion eines Produkts und Untersuchung auf Umsetzung bestimmter Gestaltungsmöglichkeiten zur Langlebigkeit eines Produkts war sehr interessant“ (SB3_2024: 74) (1) • „Das konkrete Gestalten an existierenden Produkten hat sehr viel Spaß gemacht und war sehr lehrreich“ (SB3_2023: 13) (2) • „Ich fand das eine meiner Lieblingsaufgaben eigentlich, weil man konnte sich da mit Produkten, die man in der Hand normalerweise hat, zum Beispiel ich habe auch airpods, konnte man gucken, wie die innen aufgebaut sind“ (I1_2024: 70) (3) • „Genau, also das, was sehr gut funktioniert hat und was eigentlich so eine schöne Vorgehensweise war, als ich das Materialinventar durchgegangen bin, ich geh halt

		alles so genau durch und guck dann halt, okay, was kann ich überhaupt benutzen? Und dadurch hat man halt sehr sehr stark natürlich wahrgenommen, okay krass so und so viel fällt eigentlich weg, was ich an Möglichkeiten habe (...)“ (I3_2023: 114) (4)
Nr.29	Name der Themenkategorie (H)	Freie Auseinandersetzung und spontane Anwendung (17)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten mögen die Gestaltungsaufgaben und den Bezug zu den spekulativen Artefakten. Sie verweisen auf die direkte Möglichkeit, eigene Gedanken darin frei und nicht eingeschränkt darstellen zu können (1 – 3). Sie erachten die Gelegenheit der kreativen und kritischen Auseinandersetzung als positiv, z.B. mit Blick auf die Produkt-Ebene (4, 5).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Was mir natürlich direkt in den Kopf als sehr positiv springt, sind die Gestaltungsaufgaben. Ich glaube gerade im Kontext, oder in unserem Kontext jetzt vom Industriedesign, macht es halt sehr viel aus, wenn man den Menschen die Möglichkeit gibt, direkt zu gestalten. Ich glaube, das ist aber auch in jeglicher anderer Richtung super hilfreich, wenn man einen Gedanken sehr frei darstellen kann. Genau, so das habe ich als sehr positiv empfunden“ (I3_2023: 6) (1) • „Durch das Anwenden des gelernten Wissens in den spekulativen Artefakten wurde ich dazu bewegt, mir reale Lösungen für echte Probleme auszudenken“ (SB5_2023: 20) (2) • „Also ich fand es total gut, dass die Gestaltungsaufgabe so offen war und nicht irgendwie eingeschränkt, (...) weil man dadurch halt viel offener denken konnte und sonst wäre es halt noch viel schwieriger gewesen, das irgendwo mit einzubauen“ (I2_2023: 21) (3) • „Die Handlungsaufgaben geben einem die Möglichkeit, sich auf einem kreativeren Weg mit solchen Themen auseinander zu setzen“ (SB5_2024: 39) (4) • „Also insgesamt würde ich sagen, dass das die Gestaltungsaufgabe war, die mit am meisten Spaß gemacht hat, einfach weil man sonst normalerweise gar nicht so sehr darauf achtet, wie bestimmte Produkte überhaupt aufgebaut sind. Und dadurch hatte man mal so die Gelegenheit, wirklich ein Ding, was man so im Alltag auch immer wieder so hat, mal wirklich auseinanderzunehmen und wirklich kritisch zu betrachten, was da eigentlich alles dumm gemacht ist. Also allein, ich hatte ja die Magic Mouse. Allein, dass da so viel verklebt ist, was man mega einfach mit einem Klippverschluss machen könnte. Ist ja schon ziemlich dumm gestaltet und dann einfach so zu sehen und wirklich kritisch auseinanderzunehmen, was man da bessermachen kann, hat mir sehr gut gefallen“ (I2_2024: 107) (5)
Nr.30	Name der Themenkategorie (H)	Plattform iFixit als Orientierung (12)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten finden die Links zu der Plattform iFixit in dem Tool der Produkt-Ebene hilfreich (1). Sie schätzen die Videos darin als gute Grundlage für ihre eigenen Arbeiten (2) und als Inspirationsquelle, um nach Verbesserungsmöglichkeiten zu suchen (3).

	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Einige Probleme und Beispiele waren bereits bekannt, aber die Nennung von konkreten Tools wie iFixit war hilfreich“ (SB5_2024: 10) (1) • „Die Videos von iFixit haben auch eine gute Grundlage gegeben, was man ändern könnte“ (SB3_2023: 13) (2) • „Also gut, bei dem Tool hat mir auf jeden Fall gefallen, dass man sich das über die QR-Codes auf der iFixit Seite mal angeguckt hat, weil das war so das realistischste irgendwie generell. Weil das ja sonst auch was ist, wo man sich vielleicht andere Produkte anguckt und schaut, wie sind die gemacht und wie kann man das besser machen“ (I2_2023: 39) (3)
Nr.31	Name der Themenkategorie (H)	Informativer Materialbaukasten als Grundlage (10)
	Inhaltliche Beschreibung	Den Befragten gefällt es, auf Basis von verfügbaren Materialien zu gestalten (1) und hierfür auf informative Beschreibungen zurückgreifen zu können (2). Eine Person vergleicht die mit Materialinformationen gefüllten Tabellen der Tools mit einer Datenbank (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Erarbeiten eines Nutzungsszenarios anhand der verfügbaren Materialien und nicht wie sonst andersherum (das möchte ich gestalten – diese Materialien brauche ich dafür)“ (SB1_2023: 65) • „Aber vor allem die Beschreibung, wofür manche Legierungen geeignet sind und inwiefern die ja gut wofür sind und auch wieder gut trennbar sind. Das war hilfreich, weil das hatte man so gar nicht im Kopf vorher zu. Und das ist eigentlich ein guter Anhaltspunkt gewesen dafür fand ich“ (I2_2024: 82) • „Ja, also gleichzeitig gut und nicht so gut gefallen hat mir, dass man sich die Sachen aus den Tabellen so raussuchen konnte (...), weil die Sachen waren ja auch ein bisschen zugeschnitten auf das was man vielleicht für ein Produkt (...) braucht. Von daher war es eigentlich ganz cool, wenn man sich hinterher wie aus einer Datenbank was aussuchen konnte, was dann irgendwie ganz gut passt“ (I2_2023: 67)
Nr.32	Name der Themenkategorie (H)	Grafische Elemente (9)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten werden von den visuellen Elementen der Tools direkt angesprochen (1), auf die sie in den Gestaltungsaufgaben zurückgreifen (2). Eine Person nennt die Vorzüge schöner Grafiken im Vergleich zu Tabellen (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Also es ist natürlich ganz klar, dass gerade bei dem Tool, wo du auch die Produktbeispiele gezeigt hast, dass man die visuellen Sachen direkt angeschaut hat. Also die sprechen einen natürlich sehr sehr stark an, vor allem, wenn man im zweiten Schritt ja dann selber auch visuell etwas gestalten soll“ (I3_2023: 46) (1) • „Ich glaube halt, das ist bei uns jedenfalls ein bisschen so, wen man was gesehen hat und das schwirrt im Kopf rum und man muss auf Schnelligkeit irgendwie ein Konzept machen. Dann wird halt voll oft zu dem zurückgegriffen, was man gesehen hat“ (I1_2023: 31) (2) • „Ja, ich glaube, was mir hier sehr sehr gut gefallen hat, ist, dass du quasi die einzelnen Metalle immer auf einen einzelnen Bereich gemacht hast und anders als die

		Tabellen, du die Metalle, die ganzen Informationen einmal sehr stark visualisiert durch die schöne Grafik und dann da drunter die Stichpunkte die einzelnen weiteren Charakteristika aufgeführt wurden. Also da habe ich tatsächlich (...) jedes Metall wirklich von der Abbildung bis zum letzten Stichpunkt mir komplett angeguckt. Weil es aber auch so ein guter Flow war (...)“ (I3_2023: 90) (3)
Nr.33	Name der Themenkategorie (H)	Arbeit mit Verbindungselementen (8)
	Inhaltliche Beschreibung	Den Befragten gefällt die Arbeit mit den Verbindungselementen im gestalterischen Teil, weil sie im Gegensatz zu Legierungen als klarer und handfester angesehen werden (1, 2). Eine Person mag es neue Verbindungsmöglichkeiten mit altbekannten Produkten zu verbinden (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Der gestalterische Teil und zu schauen, welche Verbindungen man nutzt“ (SB2_2023: 67) (1) • „Das ist irgendwie direkter. Also Verbindungselemente sind ja auch irgendwie noch ein bisschen klarer als ich sag mal, Legierungen, sind ein bisschen handfester“ (I3_2024: 44) (2) • „was sehr, sehr gut funktioniert hat. Also das fand ich war Nummer zwei auf jeden Fall, also da auch noch ein bisschen mehr mit den Informationen und die Verbindungsmöglichkeiten gerade. Das fand ich hat sehr, sehr gut funktioniert, diese Verbindungsmöglichkeiten kannte ich noch gar nicht. Aber generelle Verbindungsmöglichkeiten, die wir halt aktuell in Produkten haben, nochmal viel, viel stärker zu hinterfragen“ (I3_2023: 68) (3)
Nr.34	Name der Themenkategorie (H)	Denken in Systemen (6)
	Inhaltliche Beschreibung	Den Befragten gefällt es, über Produkte hinaus zu denken (1). Sie müssen nicht viel von Recyclingprozessen verstehen und können dennoch einen Mehrwert für eine Verbesserung des Recyclingsystems leisten (2). Eine Person verweist auf die Schnittstelle zwischen Produktion und Konsum und die Frage, wie man aus Sicht des Industriedesigns Menschen besser dazu bewegen kann, sich ebenfalls zu engagieren (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Das Artefakt nicht nur in einem einzelnen Produkt zu denken, sondern in einer Dienstleistung“ (SB4_2023: 61) (1) • „Die Aufgabenstellung hat gezeigt, dass man nicht unbedingt Experte sein muss was den eigentlichen Recyclingprozess angeht, sondern auch Systeme drumherum gestalten kann“ (SB4_2023: 33) (2) • „Also zum Beispiel fand ich diese jetzt noch mal interessanter, weil wir da auch sehr viel mit in die Diskussion reingekommen sind, wie sehr man dafür sorgt (...), dass die Menschen das nutzen (...), dass das auch damit was zu tun hat, dass man es irgendwie den Menschen auch einfach machen muss. Zum Beispiel, dass man dann irgendwie sagt, ey, wenn es dazu noch Spaß macht, dann ist es noch einfacher. Also die Art und Weise, wie man Menschen dazu bringt, etwas zu machen, wo sie jetzt nicht direkt Bock drauf haben (...),

		dass man das irgendwie auch steuern kann und dass man kreativ damit umgehen kann, das kam in der Aufgabe ziemlich gut raus“ (I3_2024: 104) (3)
Nr.35	Name der Themenkategorie (H)	Storyline als Einstieg (6)
	Inhaltliche Beschreibung	Den Befragten gefällt die Storyline, die ihnen den Einstieg in die Gestaltungsaufgabe erleichtere (1) und dabei unterstütze, spontan auf Ideen zu kommen (2). Auch wenn das Thema heute schon drastisch sei, könne die Brisanz durch eine Storyline noch weiter gesteigert werden (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Auch diese, diese Storyline, diese Einleitung, die das sagt, stell dir vor, das und das ist gerade die Situation das fand ich eigentlich auch gut. Wie so ein Setting so ein Frame, wo man auch irgendwie weiß, darauf kommunizieren wir alle und das ist der Start und die Umgebung, in der man arbeitet, finde ich gut“ (I3_2024: 84) (1) • „Also ich fand die Storyline gut. Also mir hat die geholfen (...). Also dann bin ich auch am schnellsten auf die Idee gekommen. Also am spontansten“ (I1_2023: 97) (2) • „Ja, ich fand es eigentlich ganz cool. Ich glaube, viele werden auch wahrscheinlich schon wissen, dass es irgendwie ein drastisches Thema ist, aber eine Storyline kann dem ganzen natürlich auch noch mal so ein bisschen so einen Anschub geben“ (I3_2023: 94) (3)
Nr.36	Name der Themenkategorie (H)	Spielerischer Aufbau (2)
	Inhaltliche Beschreibung	Eine Person mag den spielerischen Aufbau eines Tools, der sie in einen Arbeitsflow bringe (1).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Session zwei war sehr wir ein Spiel aufgebaut, aber in positivem Sinne. Man konnte, also das alles, die Angaben, die Metalle könnten Spielkarten sein“ (I3_2023: 94) • „Weil es aber auch so ein guter Flow war, also man konnte sich deshalb einfach dann so jetzt hier Palladium, man konnte das dann einfach alles so richtig schön in einem runter und dann bin ich in die Gestaltungsaufgabe gegangen“ (I3_2023: 90)

C.6 Die Schwächen des praktischen Teils

Nr.37	Name der Themenkategorie (H)	Realitätsferner Design-Ansatz (24)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten finden, dass ihre mit dem Ansatz Speculative Design entwickelten Konzepte realitätsfern seien und sich nicht wirklich umsetzen ließen (1 – 3). Eine Person findet dies schade und schreibt, dass die Umsetzung stärker im Fokus der Lehre stehen solle (4).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Motivation ist entstanden, Speculative Design führt evtl. nicht zu realistischen Handlungsansätzen“ (SB3_2023: 20) (1) • „Sehr weit von der Realität entfernt“ (SB1_2023: 86) (2) • „Ich habe das Gefühl, vieles funktioniert in unseren Speculative Designs aber lässt sich nicht in der Realität umsetzen“ (SB3_2023: 27) (3) • „Es fehlt noch konkret die Methodik, die auch wirtschaftlich ist. Die Konzepte waren noch sehr fern ab von potenziellen Produkten. Das finde ich eigentlich

		schade, weil so das Thema überhaupt keine Traktion bekommt, die es aber eigentlich benötigt. Es ist ein wichtiges Thema, aber von der Umsetzung muss man da einfach noch mehr das ‚Machbare‘ lehren“ (SB1_2023: 30) (4)
Nr.38	Name der Themenkategorie (H)	Zu viele Informationen in Textform (14)
	Inhaltliche Beschreibung	Eine Person sagt, dass sie es schwierig finde alle Informationen auf einmal zu beachten (1). Besonders die Tabellen seien unübersichtlich (2), weshalb sie nur wenig benutzt würden (3). Eine Person weist darauf hin, dass nur die wenigsten der Studierenden gerne lesen würden (4).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Alles gelesen oder zumindest überflogen auf jeden Fall. Aber ich würde sagen, insgesamt dann, während dem Arbeiten musste ich immer wieder noch reinlesen und hin und her springen. Das ist aber auch, glaube ich schwer zu vermeiden bei so vielen Informationen, die auch nötig sind. Ich glaube, es war schwer auf alles gleichzeitig zu achten“ (I4_2024: 80) (1) • „Unübersichtliche Tabellen in der Handlungsaufgaben“ (SB3_2024: 86) (2) • „Ich muss sagen, ich habe die Tabellen sehr wenig benutzt. Ich bin direkt auf den Link gegangen. Ich hatte die Tastatur und dann habe ich mir das Video und die einzelnen Schritte angeguckt, dann war mir eigentlich schon relativ schnell klar, was die Probleme sind (...)“ (I1_2023: 43) (3) • „(...) dann habe ich angefangen zu zeichnen und dann habe ich mir beim Zeichnen unten die Sätze auch durchgelesen. Bei uns lesen sehr wenig Leute gerne“ (I1_2023: 95) (4)
Nr.39	Name der Themenkategorie (H)	Anwendungsbeispiele zu komplex (13)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten geben an, dass sie die Aufgaben zu komplex fänden, als dass ihre komplette Umsetzbarkeit berücksichtigt werden könne. Eine Person verweist als Gründe auf den aktuellen Wissenstand und die kurze Bearbeitungszeit (1). Eine Person schlussfolgert aufgrund der Komplexität eines Smartphones, dass es unmöglich sei, eine Alternative zu gestalten (2). Zwei Person schlagen vor, weniger komplexe Produkte als Anwendungsbeispiele zu benutzen, wie z.B. einen Seifenspender, Händetrockner oder Stiftspitzer (3, 4).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Also bei manchen Aufgaben war es zu komplex, hätte man da komplett die Umsetzbarkeit berücksichtigt. Weil man sich dann wirklich intensiv mit dem Produkt, welches man entwerfen will, auseinander hätte setzen müssen auf einer technischen Ebene auch. Und dieses technische Know How haben wir halt nicht in dem Ausmaß, was es da gebraucht hätte oder man hätte halt zu lange gebraucht, um sich das anzueignen (...)“ (I2_2024: 136) (1) • „Beim Thema Smartphone war das tatsächlich für mich eher schwierig. Also das mit den Handlungsalternativen, weil so ein Smartphone ja sehr technisch ist und extrem viel Hightech drin ist, was man jetzt so einfach nicht versteht, ja dementsprechend wäre es natürlich bei manchen Dingen möglich dort

		Handlungsalternativen zu finden, aber prinzipiell ist halt herausgekommen, dass im Grunde genommen niemand so einen richtigen Ersatz für ein Smartphone gestalten konnte, weil es ist wirklich unmöglich. Ist ja auch eine Erkenntnis (...)" (I4_ 2024: 31) (2) • „Genau, da würde ich sagen, wäre es vielleicht besser gewesen, ein Thema zu haben, das weniger komplex ist als ein Fortbewegungsmittel, das ist ja schon sehr komplex. Dann ist wahrscheinlich eher so ein kleines Thema wie (...) irgend so ein Hygienegerät, vielleicht ein Seifenspender oder Händetrockner, ich weiß selber nicht, aber irgendwas was nicht mit Kräften und großen Belastungen zu tun hat" (I4_ 2024: 63) (3) • „Die Aufgabe war viel zu groß, um sie nur auf einem DIN A4 Blatt zu bearbeiten. Ich denke, eine kleiner Aufgabe wie zum Beispiel das Design eines Stiftspitzers, wie du ihn auch gezeigt hattest, wäre besser gewesen" (SB2_ 2023: 79) (4)
Nr.40	Name der Themenkategorie (H)	Unrelevante Informationen für Konzept-Design (12)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten geben mit Blick auf die Legierungsebene an, dass sie einige der bereitgestellten Informationen nicht als hilfreich für die Aufgabenbearbeitung erachteten. Allein die Anwendungsbeispiele werden als greifbar beschrieben (1, 2). Eine Person schreibt, dass die finale Umsetzung eines Produkts weniger Gegenstand ihres Studiums sei, sondern eher Vormodelle aus Schaum umgesetzt würden (3). Eine andere Person gibt an, dass es im Studium eher selten sei, dass Produkte entwickelt würden, die knappe Metalle enthalten (4).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Dann steht da hinten galvanisierbar und so und ich habe aber das Gefühl, wir waren jetzt noch nicht so weit, dass wir das einordnen können, wie sehr zum Beispiel das Material bearbeitet werden muss, damit es irgendwie den entsprechenden Zweck erfüllt (...)." (I3_ 2024: 52) (1) • „Ich habe hauptsächlich auf die Anwendungsbeispiele geschaut und daraus lassen sich viel von den Haupteigenschaften schon viel schneller herleiten und viel greifbarer herleiten, als wenn man jetzt die Haupteigenschaften raus liest (...)" (I2_ 2024: 90) (2) • „In meinem Studium ist eher nicht wirklich praktisch die Projekte umzusetzen, maximal bauen wir bis zum Vormodell aus Schaum, bei den Materialien zur Auswahl wird nicht wirklich realistisch gedacht" (SB4_ 2023: 56) (3) • „In unserem Studium werden selten Produkte behandelt, die aus so knappen Materialien hergestellt werden. Prinzipiell würde ich aber in Zukunft mehr darauf achten" (SB4_ 2024: 64) (4)
Nr.41	Name der Themenkategorie (H)	Unverständliche Gestaltung der Aufgaben und Toolkits (11)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten finden es teils schwierig, mit der Bearbeitung der Gestaltungsaufgabe zu starten und darauf zu achten, in welcher Reihenfolge sie durchzuführen ist (1, 2). Ebenso finden sie es schwierig, den Überblick bei den Toolkits zu bewahren (3).

	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Genau die Gestaltungsaufgabe, die fand ich prinzipiell gut und interessant, allerdings manchmal etwas schwierig, da reinzukommen“ (I4_2024: 7) (1) • „Die Aufgabenstellungsübersicht war etwas ungeordnet und durcheinander, sodass nicht von Anfang an klar war, was genau und in welcher Reihenfolge relevant und zu bearbeiten ist“ (SB1_2023: 81) (2) • „War schon etwas umständlich. Finde das bei dem Tool immer schwierig den Überblick zu bewahren“ (SB2_2023: 77) (3)
Nr.42	Name der Themenkategorie (H)	Handlungsalternativen regen wenig Neues an (7)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten schreiben, dass die aufgezeigten Handlungsalternativen wenig Spielraum für innovative Ideen eröffneten (1, 2). Eine Person sagt, dass sie sich in ihrer Kreativität eingeschränkt fühle und das gestalterische Potenzial nicht gänzlich ausschöpfen könne (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Man hatte dieses Mal sehr wenig Spielraum, bzw. es ist einem nicht so schnell etwas Innovatives eingefallen“ (SB2_2023: 76) (1) • „Man hat sich Gedanken über die Handlungsmöglichkeiten gemacht, ist hier aber vielleicht eher auf bekannte Vorgehen eingegangen als auf innovative neue Verfahren“ (SB4_2023: 20) (2) • „Das einzig Doofe war bei den Aufgaben also, die Aufgaben an sich eigentlich super, nur manche Aufgaben waren so ja gerade aus dem designerischen Standpunkt her ein bisschen ja, fragt man sich okay, dann designt man halt das zweite Skateboard jetzt allerdings aus besserem Material (...). Ich mein, es war gut, dass die Menge an Möglichkeiten verringert wurde. Dadurch, dass wir spezielle Vorgaben hatten. Aber das hat natürlich auch gleichzeitig die Kreativität in dem Ganzen ein bisschen eingeschränkt, was ich ein wenig schade fand“ (I2_2024: 8-10) (3)
Nr.43	Name der Themenkategorie (H)	Arbeitsfläche unnötig (5)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten sagen, dass für die Darstellung der Lösungsvorschläge auch einfaches DIN A4-Papier ausreichend gewesen wäre. Zumindest am Anfang erwiesen sich die Arbeitsflächen als hilfreich (1, 2). Eine Person äußert das Gefühl, dass die auf DIN A4-Papier dargestellten Konzepte im Vergleich zur strukturierten Arbeitsfläche nicht viel befreiter gewesen wären (3).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Also ich bin da neutral. Mir hat das jetzt nicht so viel gebracht, dass es eine geteilte Fläche war, aber es hätte wahrscheinlich auch denke ich gereicht, wenn man gesagt hat, OK, ein Blatt Papier für die eine Aufgabe und eins für die andere“ (I4_2024: 132) (1) • „Ich glaube, man hätte das auch einfach auf einem A4-Papier machen können. Ich fand es aber so eigentlich gar nicht schlecht, oder zumindest am Anfang (...)“ (I2_2023: 87) (2) • „Weil ich meine, auch wenn ich mich jetzt so an die Ergebnisse erinnere, dann haben auch gerade zum Schluss auch ein paar immer Sachen auf A4 mitgebracht. Und ich hatte jetzt nicht das Gefühl, dass deren Lösungen viel befreiter von der Struktur der

		Session waren, also die die auf dem Blatt gearbeitet haben. Ich glaube das funktioniert beides“ (I3_2023: 59) (3)
Nr.44	Name der Themenkategorie (H)	Storyline bringt wenig Mehrwert (3)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten finden, die Storyline sei wenig hilfreich, weil das dargelegte Problem bereits für die Gegenwart bedeutsam sei (1) bzw. das Problem bereits ausreichend vorgestellt worden sei (2).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Also ich persönlich habe mir die Storyline gar nicht richtig durchgelesen. Weil ich es für mich nicht so relevant gehalten habe. Weil (...) es ein existierendes Problem ist, was einer Lösung bedarf und leider nicht fiktiv ist. Und ich hatte halt auch recht früh schon eine Idee, mit der ich dann auch weitergearbeitet hatte, was wahrscheinlich auch dazu beigetragen hat, dass ich mir das nicht großartig durchgelesen hatte.“ (I2_2024: 131) (1) • „Genau. In meinen Augen war die weniger nötig, weil die in der Aufgabenstellung selbst mehr oder weniger drin war, dass wir ein Problem haben und das haben wir auch vorher schon beim Input mitbekommen, dass das ein großes Problem ist mit der Wiederverwertung, dem Sammeln und dem damit verbundenen Verlust von Rohstoffen und da fand ich die Storyline jetzt eher weniger hilfreich oder nötig für die Aufgabe“ (I4_2024: 128) (2)

C.7 Die Chancen des praktischen Teils

Nr.45	Name der Themenkategorie (H)	Toolkits eher zur Verfügung stellen (2)
	Inhaltliche Beschreibung	Eine Person sagt, dass sie es gut gefunden hätte, wenn die Toolkits und ihre enthaltenen Handlungsalternativen einige Tage vorher verteilt worden wären (1), um sich schon einmal ein wenig damit beschäftigen zu können (2).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Genau, genau. Und da wäre jetzt zum Beispiel meine Frage, wieso man zum Beispiel die Sheets, wo die Informationen draufstanden, dass man die vielleicht schon vorher rausgegeben hätte, weil wir paar Tage später die Gestaltungsaufgabe bekommen (...) also das man schon mal so ein bisschen mit dem Material, das gehört jetzt zu dem Thema und ich denke dann nebenbei, über irgendwas nach und dann fallen dann schon mal Sachen ein“ (I3_2023: 16-20) (1) • „Weil ich glaube, ich hätte mich dann schon mal im Grundsatz mit den Tabellen beschäftigt, wüsste schon mal so ein bisschen, wo was ist, hätte mir dann die Bilder angeguckt und dann so, ich habe doch vor paar Tagen, hab ich mir doch schon in den Tabellen die und die Sachen angeguckt, dann gehe ich nochmal kurz ein bisschen tiefer rein und fang an mit der Gestaltungsaufgabe“ (I3_2023: 63) (2)
Nr.46	Name der Themenkategorie (H)	Integration realer Produkte in die Aufgabe (2)
	Inhaltliche Beschreibung	Eine Person gibt mit Blick auf die Produkt-Ebene an, dass es nochmal eine andere Art der Erfahrung sei, Produkte selbst zu demontieren. Das technische Verständnis ließe sich leichter verinnerlichen. Im Kontext der Aufgabe

		erachtet sie den Link zu Online-Anleitungen als ausreichend (1).
	Illustrative Zitate (Nr.)	„Also wenn man selbst demontiert ist das halt nochmal eine ganz andere Art der Erfahrung. (...) Das kostet natürlich dementsprechend mehr Zeit. Aber wenn man es selber demontiert, erfährt man noch mal Sachen irgendwie anders. Die prägt sich dann auch besser ein vor allem das technische Verständnis dafür, wie das aufgebaut ist. Allerdings ich glaub für die Aufgabe hat das fast gereicht einfach online zu sehen, wie das Ganze aufgeteilt wird und die Website die du dann verlinkt hattest war ja auch echt detailliert genug.“ (I2_2024: 115) (1)
Nr.47	Name der Themenkategorie (H)	Spielkartenformat für alle Toolkits (1)
	Inhaltliche Beschreibung	Eine Person verweist auf die Möglichkeit, auch die anderen Tools in ein Spielkartenformat umzuwandeln und sich auf die wichtigsten Informationen zu beschränken (1).
	Illustrative Zitate (Nr.)	„(...) ich wüsste jetzt auch nicht genau, wie ich es selber ausstellen würde, aber da auch wieder dieses, sag ich mal, Spielkartenformat, was wir in Session zwei hatten, dass du quasi nochmal diese die Karte quasi hast. Es kann ja auch schon funktionieren für die wichtigsten oder die Metalle, die auf jeden Fall quasi mit reinkommen werden, weil sie wahrscheinlich von den meisten ausgewählt werden (...)“ (I3_2023: 118) (1)
Nr.48	Name der Themenkategorie (H)	Szenarien als Storyboard visualisieren (1)
	Inhaltliche Beschreibung	Eine Person findet es besser, wenn die Szenarien als bebilderte Storyboards dargestellt würden, weil sich die Texte niemand durchlese (1).
	Illustrative Zitate (Nr.)	„Ich fand es ein bisschen schade, dass die meisten von uns das Storyboard da drunter irgendwie in Text geschrieben haben. Ich fand das eigentlich immer ganz nett mit so kleinen Bildchen, das hab ich persönlich halt auch selber so gemacht, einfach weil es so eine kleine Story erzählt. Ich find das macht es irgendwie gleich viel nahbarer, als wenn man da irgendwas Geschriebenes hat, was sich keiner durchliest“ (I2_2024: 58) (1)

C.8 Die Gefährdungen des praktischen Teils

Nr.49	Name der Themenkategorie (H)	Aufgaben vor Ort bearbeiten (1)
	Inhaltliche Beschreibung	Eine Person schreibt, dass es besser wäre, die Gestaltungsaufgabe vor Ort zu bearbeiten, weil man es sonst vor sich herschiebe und relevante Informationen vergesse (1).
	Illustrative Zitate (Nr.)	„Speculative Design im Kurs bearbeiten (sonst schiebt man es auf und die Infos sind weniger präsent)“ (SB3_2023: 72) (1)

C.9 Generelles zum theoretischen und praktischen Teil

Nr.50	Name der Themenkategorie (H)	Kombination aus Theorie und Praxis (7)
	Inhaltliche Beschreibung	Den Befragten gefällt die Mischung aus Frontalunterricht und eigener aktiver Arbeit, die zu einem praktischen Output führt (1 – 3). Eine Person sagt, dass sie es wichtig finde, sich selbstständig mit dem Erlernen

		auseinanderzusetzen und praktische Ansätze skizzieren zu können (4).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Gute Mischung aus Frontalunterricht und eigener Initiative“ (SB1_2024: 106) (1) • „(...) ich fand das echt ganz cool, dass man da in einer knackigen Zeit irgendwie Input gekriegt hat und danach halt ins Aktive gehen konnte oder ins Interaktive (...)“ (I3_2024: 7) (2) • „Ich mag Aufgaben, die einen theoretischen Input beinhalten und einen praktischen Output ‚einfordern‘“ (SB1_2023: 72) (3) • „(...) gerade diese Gestaltungsaufgaben fand ich halt total wichtig, weil man sich dadurch selber noch mal mit diesen theoretischen Sessions auseinanderzusetzen konnte und dann ein bisschen verknüpfen konnte und sich nochmal selber damit besser beschäftigen konnte und das dann auch schon mal praktisch zumindest anreißen konnte“ (I2_2023: 7) (4)
Nr.51	Name der Themenkategorie (H)	Grundlage für spätere Arbeiten (5)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten sehen die Projektmethode als ersten Schritt in die thematische Auseinandersetzung und als Basis für ihr Verständnis (1), welches in späteren Projekten vertieft werden kann. Eine Person sagt, dass sie es vor dem Hintergrund der Komplexität des Themas überhaupt nicht als negativ empfinde, dass Ziel drei, d.h. der Aspekt der Befähigung, weniger erreicht worden sei (2).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Gute Basis für das Verständnis und die Aufmerksamkeit“ (SB1_2023: 43) (1) • „(...) ich finde, das ist gerade ein sehr guter Start und deswegen ist die Motivation auf jeden Fall gegeben, [für] (...) Ziel drei müsste man sich einfach noch mehr damit beschäftigen mit dem gezielten Thema. Aber das wäre für mich auch eher, quasi, das Rausgehen aus der Veranstaltung, dass ich jetzt zum Beispiel noch weiter an dem Ziel drei arbeiten kann. Weil es wäre natürlich übelst krass, wenn wir (...) [in] vier Sessions immer Ziel drei zu 100% erfüllt hätten, weil dann wäre das Thema ja gar nicht so komplex, wie es eigentlich ist. Deswegen finde ich das auch überhaupt nicht negativ, dass man Ziel drei gar nicht in der Fülle schon, sag ich mal, erfüllt hat.“ (I3_2023: 28) (2)
Nr.52	Name der Themenkategorie (H)	Schriftliche Befragung störend (5)
	Inhaltliche Beschreibung	Die Befragten finden, dass es zu viele Umfragen gebe und es nicht klar sei, für was sie genutzt würden (1). Ebenso halten sie einige Fragen daraus als zu kompliziert formuliert (2).
	Illustrative Zitate (Nr.)	• „Weniger Umfragen. Oder mehr Bezug, für was die Umfragen genutzt werden“ (SB2_2023: 86) (1) • „Manchmal sind bei der Umfrage die Fragen schon sehr kompliziert gestellt und nur auf den Inhalt bezogen“ (SB3_2024: 65) (2)

