

## Design Thinking im experimentellen Chemieunterricht

Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Implementierung von  
Unterrichtskonzepten

Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Pädagogik

vorgelegt von  
Petra Wolthaus

eingereicht bei der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät  
der Universität Siegen  
Siegen 2022



Erstgutachter: Prof. Dr. Martin Gröger – Universität Siegen  
Zweitgutachter: Prof. Dr. Oliver Schwarz – Universität Siegen  
Datum der Disputation: 12.05.2022  
Prüfer: Prof. Dr. Martin Gröger (Didaktik der Chemie)  
gedruckt auf alterungsbeständigem holz- und säurefreiem Papier



# Danksagung

Herrn Prof. Dr. Martin Gröger danke ich für die Überlassung des innovativen Themas, wobei mein besonderer Dank seinen konstruktiven Diskussionen und hilfreichen Anregungen gilt.

Bei Herrn Prof. Dr. Oliver Schwarz bedanke ich mich für die Bereitschaft als Zweitprüfer zu agieren.

Besonders danken möchte ich auch Ass.-Prof. Dr. Philipp Spitzer für den Austausch hinsichtlich quantitativer Fragestellungen. Prof. Dr. Alexandra Nonnenmacher, Schirin Strunkheide und Constance Remhof danke ich für die Zustimmung an ihren Seminaren und Übungen zu SPSS, der qualitativen und quantitativen Forschung teilnehmen zu dürfen. Sie standen mir jederzeit bei Fragen zur Verfügung. Weiterhin bedanke ich mich bei Eva Maria Feige, Christine Zinke, Lea Feldhaus und Julia Volkmer für die Unterstützung bei den Codierungen.

Für wertvolles Feedback zu den Unterrichtsmodulen möchte ich mich besonders bei Mechthild Wiesmann, Tim Kantereit, Julia Volkmer und Lea Feldhaus bedanken. Mein Dank richtet sich auch an Frau Dr. Magdalena Spaude für rechtliche Hinweise zur Veröffentlichung meines Unterrichtsmaterials.

Mein weiterer Dank richtet sich an Nele Mortsiefer und Patrik Frackiewicz für die Beobachtungen und Protokollierungen meines Unterrichtes.

Für die Würdigung meines Unterrichtskonzeptes möchte ich mich insbesondere bei Frau Dr. Doris Fischer-Henningsen, Chefredakteurin der Zeitschrift „Chemie in unserer Zeit“ und Dr. Thomas Eberle, Head of Educational Partnerships and Strategic Projects CR der Firma Merck, bedanken sowie bei Frau Gepa Häusslein, Geschäftsführerin der Hopp Foundation, und dem Team des Zentrums für Lehrer\*innenbildung der Universität Köln.

Die kritische Durchsicht der Arbeit und nützlichen Anmerkungen von Julia und Dr. Frank Volkmer, Dr. Josef Lüneburg-Wolthaus und Niklas Wolthaus waren mir eine große Hilfe.

Für institutionelle Unterstützung möchte ich mich bei allen Beteiligten der Fachdidaktik Chemie an der Universität Siegen bedanken.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Christoph Blickberndt, Direktor der Europaschule Köln, für die Genehmigung, die Module in meinen Kursen durchführen zu können sowie allen Schülern\*innen, die drei Jahre lang an meinen Studien teilgenommen haben.

Darüber hinaus danke ich den Schülern\*innen, die mir die Fotos aus dem Unterricht zur freien Nutzung überlassen haben.

Zum Schluss möchte ich mich bei meinen Eltern Roswitha und Johannes für die uneingeschränkte Unterstützung während meines Studiums und der Promotion bedanken.

# Zusammenfassung

In der heutigen global vernetzten Welt stehen Informationen aus verschiedensten Fachdisziplinen in fast unbegrenzter Fülle und unterschiedlichster Qualität zur Verfügung. Um Schüler\*innen auf die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts vorzubereiten, wurde in dieser Arbeit ein Unterrichtskonzept zur Förderung der dafür erforderlichen Fähigkeiten Kreativität, kritisches Denken, Kommunikation und Kollaboration, der 4 Ks, erarbeitet – mit dem Schwerpunkt auf der Kreativität.

Dabei wurde auf ein agiles Unterrichtskonzept – das Design Thinking – zurückgegriffen und dieses an den Chemieunterricht angepasst. Design Thinking eignet sich insbesondere für komplexe Aufgabenstellungen, für die ein innovatives Produkt entworfen werden soll. Gerade für die chemische Industrie ist die Entwicklung neuer, umweltverträglicher Verbindungen und Nutzung nachhaltiger Rohstoffe sowie daraus resultierender Produkte eine zentrale Herausforderung.

Entwickelt wurde der Design Thinking-Ansatz an der Universität Stanford unter Winograd und Leifer, um Unternehmen dabei zu unterstützen Lösungsideen auszuarbeiten. Daraus entstand später die d.school, an der Studenten\*innen den Prozess des Design Thinkings erlernen. Ein multidisziplinäres Team folgt dabei einem systematischen Prozess. Der Prozess ist nicht linear, sondern iterativ, so dass immer wieder Änderungen integriert werden können und aus Fehlern gelernt werden kann.

Design Thinking wird bislang im Unterricht beinahe ausschließlich in Projektkursen und gesellschaftswissenschaftlichen oder sprachlichen Fächern eingesetzt.

Damit möglichst viele Jungen und Mädchen Förderung in den 4Ks erfahren, sollte Design Thinking auf alle Fächer – auch Chemie – ausgeweitet werden. So kann auf die Interessen aller Jungen und Mädchen zur Motivationssteigerung eingegangen werden. Wird Design Thinking an die Lehrpläne angebunden, wird den Beteiligten vermutlich die Bedeutung dieses innovativen Ansatzes bewusster.

Weitere Besonderheiten dieses Konzeptes sind die Integration einer Bewertungsphase und einer Präsentationsphase. Mit der Bewertungsphase werden die Aspekte des Design Thinkings „Wirtschaftlichkeit, Machbarkeit und Nutzer\*innenbedürfnisse“ vollständig dargestellt. Die Präsentationsphase dient der Förderung der Kommunikationskompetenz. Die Problemstellungen wurden mithilfe von Themen aus dem Bereich der Nachhaltigkeit so formuliert, dass sie möglichst komplex sind.

Um einen Ansatz für das Fach Chemie zu erproben, wurden zuerst aus anderen Forschungen vielversprechende Rahmenbedingungen abgeleitet. Es wurden drei Unterrichtsmodule in drei aufeinanderfolgenden Jahren in zwei Parallelkursen in der 11., 12. und 13. Klasse mit jeweils zehn Unterrichtsstunden durchgeführt.

Mithilfe der Analyse von Lerntagebüchern der Schüler\*innen konnte in einem ersten Schritt gezeigt werden, dass die Integration von Design Thinking gelingt. Im zweiten Schritt wurden – entsprechend dem Design-Based Research-Ansatz – Änderungen vorgenommen und im Unterricht getestet. Die Schwierigkeiten, die die Jungen und Mädchen mit einzelnen Phasen des Design Thinkings hatten, konnten durch den Einsatz von Methoden zur Förderung der für diese Phasen erforderlichen Kompetenzen verbessert werden. So nahmen sowohl die Kreativität als auch die Bewertungskompetenz der Schüler\*innen zu. Gleichzeitig konnte die Eignung der abgeleiteten Rahmenbedingungen aufgezeigt werden.

Als Folge eines solch ergebnisoffenen, kreativen Konzepts wurde vermutet, dass die Intervention einen Einfluss auf die üblichen Annahmen über die Charakteristika und Inhalte des Faches Chemie (Image) hat und die Selbstwirksamkeitserwartung der Jungen und Mädchen zunimmt. Dies konnte mithilfe der Auswertung bereits etablierter Fragebögen durch Pre-post-Befragungen mit Likertskalen weitestgehend bestätigt werden. Gleichzeitig konnte gezeigt werden, dass insbesondere die leistungsschwachen Schüler\*innen der beteiligten Kurse von diesem Konzept profitieren.

## Abstract

In today's globally networked world, information from the most diverse disciplines is available in almost unlimited abundance and varying quality. In order to prepare pupils for the challenges of the 21st century, this work developed a teaching concept to promote the necessary skills of creativity, critical thinking, communication and collaboration, 4 Cs, – with a focus on creativity.

In doing so, an agile teaching concept - design thinking - was used and adapted to chemistry lessons. Design thinking is particularly suitable for complex tasks for which an innovative product is to be designed. Especially for the chemical industry, the development of new, environmentally friendly compounds and the use of sustainable raw materials as well as the resulting products is a central challenge.

The design thinking approach was developed at Stanford University under Winograd and Leifer to support companies in developing solution ideas. This later gave rise to the d.school, where students learn the process of design thinking. A multidisciplinary team follows a systematic process. The process is not linear, but iterative, so that changes can be integrated again and again and it can be learned from mistakes.

Design thinking has so far been used almost exclusively in project courses and social science or language subjects.

To ensure that as many boys and girls as possible receive support in the 4Cs, Design Thinking should be extended to all subjects - including chemistry. This way, the interests of all boys and girls can be addressed to increase motivation. If Design Thinking is integrated into the curricula, the participants will probably become more aware of the importance of this innovative approach.

Other special features of this concept are the integration of an assessment phase and a presentation phase. With the evaluation phase, the aspects of design thinking „economic viability, feasibility and user needs“ are fully presented. The presentation phase serves to promote communication competence. The problems were formulated with the help of topics from the field of sustainability in such a way that they are as complex as possible.

In order to test an approach for the subject of chemistry, promising framework conditions were first derived from other research. Three teaching modules were carried out in three consecutive years in two parallel courses in 11th, 12th and 13th grade, each with 10 teaching hours.

With the help of the analysis of the pupils' learning diaries, it could be shown in a first step that the integration of Design Thinking is successful. In the second step - according to the Design-Based Research approach - changes were made and tested in class. The difficulties that the boys and girls had with individual phases of Design Thinking could be improved by using methods to promote the skills required for these phases. Thus, both the creativity and the evaluation skills of the students increased. At the same time, the suitability of the derived framework conditions could be demonstrated.

As a result of such an open-ended, creative concept, it was assumed that the intervention would have an influence on the usual assumptions about the characteristics and contents of the subject chemistry (image) and that the boys' and girls' self-efficacy expectations would increase. This could be largely confirmed with the help of the evaluation of already established questionnaires through pre-post surveys with Likert scales. At the same time, it could be shown that especially the low-performing pupils of the participating courses benefit from this concept.

# Inhaltsverzeichnis

Danksagung .....	I
Zusammenfassung .....	III
Abstract .....	V
Inhaltsverzeichnis .....	VII
Tabellenverzeichnis .....	IX
Abbildungsverzeichnis .....	XI
1 Einleitung .....	13
2 Forschungsrahmen und theoretische Grundlagen .....	21
2.1 Erforderliche Fähigkeiten des 21. Jahrhunderts .....	21
2.1.1 Kreativität .....	23
2.1.2 Selbstwirksamkeitserwartung .....	31
2.1.3 Kollaboration .....	38
2.2 Design Thinking als Lösungsansatz .....	44
2.2.1 Definitionen .....	46
2.2.2 Entstehungsgeschichte als Grundlage der Prinzipien .....	48
2.2.3 Prinzipien des Design Thinking .....	50
2.2.4 Vorgehensweise und Methoden beim Design Thinking .....	58
2.2.5 Grundlagen der Implementierung von Design Thinking .....	70
2.3 Forschungsfragen .....	77
3 Forschungsansatz und Methoden .....	83
3.1 Design-Based Research .....	83
3.2 Dokumentation des Unterrichtsverlaufes .....	87
3.2.1 Lerntagebuch- Konzepte .....	87
3.2.2 Funktionen .....	91
3.3 Qualitative Analyse .....	96
3.3.1 Inhaltsanalyse .....	96
3.3.2 Gütekriterien .....	101
3.4 Fragebögen .....	103
3.4.1 Kreativität und Selbstwirksamkeitserwartung .....	103
3.4.2 Image Chemie .....	108
3.4.3 Untersuchungsdesign und Aufbau der Fragebögen .....	111
4 Umsetzung des Unterrichtskonzeptes .....	115
4.1 Umsetzung von Design Thinking im Chemieunterricht .....	115
4.2 Lerntagebücher .....	136
4.3 Implementierung der Module .....	143

4.3.1	Modul 1 – Nachhaltig waschen ohne Palmöl .....	144
4.3.2	Modul 2 – Titration mit Pflanzenfarbstoffen .....	155
4.3.3	Modul 3 – Ressourcenschonende Makromoleküle .....	163
5	Ergebnisse und Diskussion.....	185
5.1	Lerntagebücher .....	185
5.2	Rahmenbedingungen .....	205
5.3	Fragebögen .....	213
6	Fazit und Ausblick.....	231
7	Literaturverzeichnis .....	239
	Eidesstattliche Erklärung .....	268
	Anhang .....	267
A	Forschungsethik .....	267
B	Unterrichtsmaterial .....	271
C	Unterrichtsverlaufspläne.....	328
D	Fachlicher und methodischer Hintergrund.....	338
E	Gefährdungsbeurteilungen .....	345
F	Beobachteranweisung .....	350
G	Codiervorschrift und Codierleitfäden .....	352
H	Fragebögen .....	357
I	Tabellen der Auswertungen .....	362
J	Abbildungen .....	366

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich von Selbstkonzept und Selbstwirksamkeitserwartung .....	38
Tabelle 2: Merkmale verschiedener Teamrollen nach Belbin .....	41
Tabelle 3: Prinzipien, Einstellungen verschiedener Design Thinking-Konzepte	51
Tabelle 4: Herausforderungen für Studierende beim Design Thinking .....	54
Tabelle 5: Prinzipien beim Design Thinking mit jeweiligem Nutzen und Ziel ....	56
Tabelle 6: Umsetzung konstruktivistischer Merkmale im Design Thinking .....	59
Tabelle 7: Kompetenzniveaus „Bewerten, Entscheiden, Reflektieren“ .....	68
Tabelle 8: Phasen mit zugeordneten Aktivitäten und Methoden.....	69
Tabelle 9: Nutzung von Lerntagebüchern im Unterricht .....	93
Tabelle 10: Werkzeugkasten für die qualitative Inhaltsanalyse nach Schreier ..	99
Tabelle 11: Lernziele .....	117
Tabelle 12: Unterrichtsgang beim Design Thinking im Chemieunterricht .....	123
Tabelle 13: Ausgangsprobleme mit möglichen Versuchen.....	130
Tabelle 14: Eckpunkte der Kurse .....	136
Tabelle 15: Schmutzarten .....	146
Tabelle 16: Unterrichtsgang zu Modul 1 .....	149
Tabelle 17: Unterrichtsgang zu Modul 2 .....	159
Tabelle 18: Unterrichtsgang zu Modul 3 .....	174
Tabelle 19: Bewertung der Phase 5 nach Eggert und Bögeholz (2006) .....	205
Tabelle 20: Anzahl der Codierungen in Modul 1, 2, 3.....	208
Tabelle 21: Statistische Maßzahlen - Vergleich zu anderen Forschungen .....	216
Tabelle 22: Item-Skala-Statistiken zum Image Chemieunterricht.....	223
Tabelle 23: Mittelwerte der Items zum Image Chemie .....	227
Tabelle 24: Abweichung der Items vom Skalenmittelwert .....	227
Tabelle 25: Geschlechtervergleich der Item-Mittelwerte zum Image Chemie.	229



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau dieser Arbeit.....	19
Abbildung 2: Intelligenzstrukturmodell nach Guilford.....	25
Abbildung 3: Das 4P-Konzept der Kreativität nach Rhodes (1961).....	26
Abbildung 4: Originalität und Wirkung als Grundmerkmale kreativer Produkte	29
Abbildung 5: Komponentenmodell der Kreativität.....	29
Abbildung 6: Steuerung menschlichen Handelns .....	33
Abbildung 7: Triadisches Modell nach Bandura .....	35
Abbildung 8: Schalenmodell der Selbstregulation .....	37
Abbildung 9: Aufgaben von Gruppen und Teams.....	40
Abbildung 10: Teambildung nach Tuckmann .....	42
Abbildung 11: Bewertung einzelner agiler Ansätze .....	46
Abbildung 12: Vergleich ähnlicher Prozesse mit Design Thinking-Prozessen..	49
Abbildung 13: Prinzipien von Design Thinking .....	57
Abbildung 14: Philosophischer Rahmen von Lerntheorien .....	58
Abbildung 15: Divergentes, konvergentes Vorgehen beim Design Thinking ....	60
Abbildung 16: Design Thinking nach der Hopp Foundation .....	61
Abbildung 17: Unterschiedliche Arten von Problemen .....	63
Abbildung 18: Göttinger Bewertungskompetenzmodell.....	67
Abbildung 19: Bildungspädagogische Design-Leiter .....	71
Abbildung 20: Erwartete Ergebnisse bei der Ausbildung zu Design Thinking ..	72
Abbildung 21: Entwicklung kreativen Selbstvertrauens durch Design Thinking	73
Abbildung 22: Klassifikationsschema zum Lernen .....	74
Abbildung 23: Das Design Thinking-Kompetenzmodell.....	76
Abbildung 24: Forschungsfragen.....	78
Abbildung 25: Ablaufschema nach dem Design-Based Research-Ansatz .....	87
Abbildung 26: Einordnung von Lerntagebüchern .....	90
Abbildung 27: Anwendungsgebiete und Funktionen von Lerntagebüchern.....	92
Abbildung 28: Checkliste zur Erstellung von Lerntagebüchern .....	95
Abbildung 29: Einordnung der Inhaltsanalyse verschiedener Autoren*innen ...	97
Abbildung 30: Fragebogen zur Messung des Images von Chemieunterricht .	111
Abbildung 31: Design Thinking-Prozess dieser Arbeit.....	124
Abbildung 32: Problemräume .....	128
Abbildung 33: Ziele und methodische Aspekte des Design Thinkings .....	133
Abbildung 34: Leitfragen aus dem Erfindertagebuch.....	138
Abbildung 35: Bewertungsraster aus dem Erfindertagebuch .....	140
Abbildung 36: Ablaufplan .....	144
Abbildung 37: Ein mögliches Grundgerüst eines Saponins.....	145
Abbildung 38: Nachhaltige Aspekte der Palmöl-Problematik.....	148
Abbildung 39: Arbeitsblatt zu Pflanzeninhaltsstoffen.....	154

Abbildung 40: Keto-Enol-Tautomerie von Curcurmin .....	157
Abbildung 41: Bewertungsbeispiel .....	162
Abbildung 42: Bau einer Zellwand .....	165
Abbildung 43: Struktureller Aufbau von Pflanzenfasern .....	166
Abbildung 44: Amylose und Amylopektin .....	167
Abbildung 45: Sklerenchymfasern einer Seerose.....	169
Abbildung 46: Einteilung der Polymere .....	172
Abbildung 47: Ökobilanz fossiler Ressourcen – Becher aus PS, PLA.....	173
Abbildung 48: Ökobilanz mehrerer Wirkkategorien – Becher aus PS, PLA....	173
Abbildung 49: Einstiegsfolie .....	175
Abbildung 50: Mögliche Systemgrenzen und ihre Rolle für die Ökobilanz .....	178
Abbildung 51: Schritte beim WebQuest.....	181
Abbildung 52: WebQuest.....	182
Abbildung 53: Vergleich Lerntagebuch mit Beobachtungsprotokoll, 1. Kurs ..	188
Abbildung 54: Vergleich Lerntagebuch mit Beobachtungsprotokoll, 2. Kurs ..	189
Abbildung 55: Phasen der Lerntagebücher (in %), 1. Kurs .....	190
Abbildung 56: Dokument-Portraits dreier Lerntagebücher .....	192
Abbildung 57: Dokumenten-Vergleichsdiagramm .....	192
Abbildung 58: Anzahl der Codierungen zu Design Thinking-Prinzipien.....	193
Abbildung 59:Vergleich der Codierungen beider Kurse.....	195
Abbildung 60: Codierungen der Phasen im Modul 1 .....	196
Abbildung 61: Normierte Codierungen der Phasen im Modul 1 .....	197
Abbildung 62: Codierungen im Vergleich zum Erwartungshorizont.....	199
Abbildung 63: Codierungen der Phasen im Modul 2 .....	200
Abbildung 64: Codierungen der Phasen im Modul 2, normiert .....	202
Abbildung 65: Kreativität in Modul 1, 2, 3 .....	203
Abbildung 66: Design Thinking-Kompetenzen .....	206
Abbildung 67: Anzahl an Design Thinking-Begriffen in Modul 1, 2, 3.....	207
Abbildung 68: Anzahl der Codierungen in Modul 1, 2, 3 .....	210
Abbildung 69: Teambildungsphasen .....	212
Abbildung 70: Selbstwirksamkeitserwartung in Modul 1 .....	218
Abbildung 71: Selbstwirksamkeitserwartung in Modul 2.....	218
Abbildung 72: Selbstwirksamkeitserwartung in Modul 3.....	219
Abbildung 73: Selbstwirksamkeitserwartung in Modul 1, 2, 3.....	220
Abbildung 74: Image Chemieunterricht vor und nach der Intervention .....	224
Abbildung 75: Image Chemieunterricht in Modul 1 .....	225
Abbildung 76: Image Chemieunterricht in Modul 2 .....	225
Abbildung 77: Image Chemieunterricht in Modul 3.....	226

# 1 Einleitung

Die Welt des 21. Jahrhunderts ist geprägt von zwei wesentlichen Entwicklungen. Zum einen sind in einer sich schnell ändernden Welt – der sogenannten VUCA-Welt – zukünftige Probleme schwer vorherzusagen (Lee, 2018, S. 16). Die VUCA-Welt (vgl. Fadel et al., 2017) wird durch die Begriffe Unbeständigkeit (Volatility), Unsicherheit (Uncertainty), Komplexität (Complexity) und Mehrdeutigkeit (Ambiguity) geprägt. Die Unbeständigkeit bezieht sich auf das Ausmaß an Schwankungen sowie deren Geschwindigkeit. Die Vorhersagbarkeit ist gering und damit die Zukunft unsicher. Aufgrund unterschiedlicher Interessen kommt es zu einer Vielzahl an mehrdeutigen, mitunter sich widersprechenden Handlungsoptionen. Früher stellte sich nach einer Innovation eine längere Phase der Normalität ein, so dass man Zeit hatte, sich den Veränderungen anzupassen. Heute folgt oftmals direkt die nächste Innovation (z.B. Kanter et al., 2011; Arn, Bayer, Levesque & MacKevett, 2021, S. 20–33). Diese Vergänglichkeit kann zu Unsicherheit führen, insbesondere da (meist) keine eindeutige Lösung für die mit den Folgen in Verbindung stehenden Problemen möglich ist.

Zum anderen hat sich die Art der Arbeit durch Globalisierung, Digitalisierung, Automatisierung und Vernetzung verändert. Während Arbeitsprozesse früher in erster Linie aus Routinetätigkeiten bestanden, fordern sie heutzutage mehr Kreativität und Eigeninitiative von den Arbeitenden (Lernkompass 2030, 2021, S. 10). Einige dieser Arbeiten können ausgelagert oder automatisiert werden (Fadel et al., 2017, S. 26–31). Zukünftige Arbeiten sind somit eher nicht-routine-mäßige, zwischenmenschliche, komplexere kreative Aufgaben (ebd., S. 26–31).

Um mit den genannten Unwägbarkeiten und Herausforderungen zurechtzukommen, müssen Jugendliche selbstwirksam sein, d.h. sie sollten von sich selbst erwarten, erfolgreich damit umgehen zu können. Dabei sind verschiedene Kompetenzen erforderlich. So nennt D. H. Autor Fähigkeiten in den Bereichen Kreativität und Kommunikation, damit Schüler\*innen Lösungen für komplexe Probleme finden können (2003, S. 1284, 1296 und 1322). Laut Wagner (2010, 2014, S. 18) werden für das 21. Jahrhundert sieben Überlebensfähigkeiten, darunter kritisches Denken und Netzwerken im Team, benötigt. Das wohl bekannteste und im Unterricht bewährte Konzept ist das 4 K-Modell. Es umfasst die Fähigkeiten Kollaboration, Kommunikation, kritisches Denken und Kreativität (Fadel et al., 2017). Diese Arbeit folgt dem zuletzt genannten Modell und setzt dabei den Schwerpunkt auf die Kreativität.

Die Schule sollte Jungen und Mädchen auf die neuen Anforderungen vorbereiten und sie hinsichtlich der 4 Ks fördern, indem anstelle der alten wissensbasierten neue kompetenz- und wertorientierte, agile Bildungskonzepte entwickelt und in den Unterricht integriert werden. Aus dem Unternehmensbereich sind dazu insbesondere drei Konzepte zu nennen, die bereits in einigen Schulen umgesetzt werden. Das sind Scrum, Kanban und Design Thinking (Kantereit et al., 2021, S. 90–117; vgl. Kap. 2.1). Für einen experimentellen Unterricht, in dem ein „neues“ Produkt entwickelt werden soll, stellt besonders Design Thinking einen interessanten Ansatz dar (vgl. Kap. 2.2).

Design Thinking ist ein innovatives Konzept, das an der Universität Stanford entwickelt wurde, um Unternehmen zu unterstützen, kreative Lösungsideen zu komplexen Problemstellungen in einem multidisziplinären Team zu finden. Dabei stehen die Bedürfnisse des\*der Nutzers\*innen im Mittelpunkt (vgl. Plattner, Meinel & Weinberg, 2009).

Bislang wird Design Thinking in der Schule meist jedoch nur in Projektkursen und hauptsächlich in gesellschaftswissenschaftlichen oder sprachlichen Fächern eingesetzt. Im naturwissenschaftlichen Unterricht gibt es z.B. für das Fach Biologie eine Unterrichtseinheit zur Zellbiologie, die einen Teilprozess des Design Thinkings berücksichtigt (Feldhaus, Primavera & Kleible, 2018, S. 262, 267). Die Siemensstiftung testet seit 2019 Design Thinking in MINT-Projekten z.B. in Südafrika und Chile (Siemens, 2021).

In dieser Arbeit wird ein Unterrichtskonzept für das Fach Chemie entwickelt, welches in zwei Parallelkursen in drei aufeinanderfolgenden Jahren an einer Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen erprobt und evaluiert wurde. Oberstes Ziel dabei ist die Festlegung geeigneter Rahmenbedingungen zur Unterrichtsdurchführung.

Durch die Beteiligung des Fachs Chemie werden Schüler\*innen mit unterschiedlichen Interessenschwerpunkten angesprochen, womit das Bildungsziel – die Förderung der 4 Ks – eher erreicht wird. Auch sollen möglichst viele Jungen und Mädchen beteiligt werden, weshalb Design Thinking nicht nur in einem Projektkurs, sondern in den herkömmlichen Unterricht integriert wird. Es wird dabei angenommen, dass sich insbesondere ein Chemieunterricht zur Förderung der 4 Ks eignet, in dem Schüler\*innen handelnd eigenständige Lösungsansätze in Teams finden können. Inwiefern dies zutrifft, wird an konkreten Beispielen mithilfe dreier selbst entwickelter Unterrichtsmodule untersucht.

Die vorliegende Arbeit wird als Design-Based Research-Studie durchgeführt, bei der die Praktikerin selbst zur Forscherin wird, wie Reinmann (2005) es vorschlägt, wobei sie sukzessive das Unterrichtskonzept verbessert (vgl. Kap. 3). Aus diesem Ansatz resultiert das umfassende Forschungsgebiet nach Plomp und Nieveen (2010, S. 19), aus dem

diese Arbeit darauf fokussiert, ob Design Thinking in den Chemieunterricht implementiert werden kann und – wenn ja – welche Rahmenbedingungen dazu erforderlich sind. Da nicht alle Rahmenbedingungen untersucht werden können – wozu auch Kontrollgruppen erforderlich wären – werden mithilfe anderer Forschungsstudien im Vorfeld mögliche Rahmenbedingungen festgelegt und im Anschluss anhand der drei Beispiele auf ihre Eignung hin überprüft.

Die übergeordnete Forschungsfrage dieser Arbeit lautet somit:

---

*Unterstützen die abgeleiteten Rahmenbedingungen die Implementierung von Design Thinking in den Chemieunterricht?*

---

Zu den Rahmenbedingungen zählen z.B., welchen zeitlichen Umfang ein vollständiges Durchlaufen aller Phasen des Design Thinkings haben sollte, welche Themen sich eignen und inwiefern Methodenkenntnisse erforderlich sind (vgl. Kap. 2.3).

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird ein Datenerhebungsinstrument benötigt, welches den Unterricht abbildet. Da sich bereits Lerntagebücher in ähnlichen Zusammenhängen bewährt haben (vgl. Hascher, 2005; ISB, 2008), sollen sie in diesem Kontext auf ihre Eignung hin untersucht werden. Die hieraus abgeleitete Forschungsfrage lautet:

---

*Bilden die Einträge in den Lerntagebüchern das Unterrichtsgeschehen ab?*

---

Überprüft werden soll dies, indem die Texteinträge in den Lerntagebüchern mit Beobachtungsprotokollen verglichen werden. Stimmen diese weitestgehend überein, so wird von der Eignung der Lerntagebücher als Datenerhebungsinstrument ausgegangen.

In einem nächsten Schritt soll gezeigt werden, ob die Lernenden Design Thinking umsetzen. Daraus ergibt sich die folgende Forschungsfrage:

---

*Wenden die Schüler\*innen Design Thinking in dem hier vorgestellten Chemieunterricht an?*

---

Zur Beantwortung der Frage sollen mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse der durch die Schüler\*innengruppen geführten Lerntagebücher der Unterricht nachvollzogen und eventuelle Schwierigkeiten aufgedeckt werden. Die Lerntagebücher sollen dazu in die

Computersoftware MAXQDA übertragen und deduktiv mit Codes der einzelnen Design Thinking-Phasen versehen werden. Sind Codierungen zu allen Phasen zu finden, so wird Design Thinking umgesetzt. Möglicherweise zeigen einige Phasen vergleichsweise geringe Codehäufigkeiten auf, weshalb im Sinne des Design-Based Research-Ansatzes drei aufeinanderfolgende Unterrichtseinheiten entwickelt werden, so dass nach der Durchführung des ersten Moduls dieses evaluiert wird und Änderungen in das zweite bzw. dritte Modul integriert und bewertet werden können. Dabei liegt der Schwerpunkt des ersten Moduls auf einer Einführung in die Methode des Design Thinkings und in das Führen von Lerntagebüchern. Im zweiten und dritten Modul sollen die Schüler\*innen insbesondere in den Phasen von Design Thinking Unterstützungsangebote erhalten, in denen sie noch Schwierigkeiten hatten. Danach soll ermittelt werden, ob diese Angebote hilfreich waren.

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist es, Hinweise zu finden, inwiefern die Umsetzung von Design Thinking die 4 Ks bei den Schülern\*innen fördert. Bisherige Forschungen untersuchten z.B. die Rolle der Teamzusammensetzung oder auf welche Weise Design Thinking die kreative multidisziplinäre Zusammenarbeit über Fachbereichsgrenzen unterstützt (Plattner et al., 2009). Die Datenerhebungen erfolgten dabei an Erwachsenen vor und nach einer längeren Intervention (ebd., S. 156). Datenerhebungen mit Schülern\*innen fehlen somit noch, weshalb diese Arbeit hier ansetzt.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit soll aus verschiedenen Gründen auf der Kreativität liegen. So gibt es im Schulumfeld zahlreiche Umsetzungsvorschläge zur Förderung der Kollaboration und Kommunikation, es mangelt hingegen an Konzepten im Bereich der Kreativität, wobei diese für die Selbstwirksamkeitserwartung hinsichtlich heutiger Herausforderungen zwingend erforderlich ist (vgl. Kap. 2.1.2).

Folgt man den Ansichten von Rauth, Köppen, Jobst und Meinel (2010, S. 6), für die die Förderung des kreativen Selbstvertrauens das wichtigste Lernziel für Design Thinking in der Ausbildung ist, und den von Jobst, Köppen, Lindberg, Moritz, Rhinow und Meinel (2012, S. 37), die das kreative Selbstvertrauen mit der Selbstwirksamkeit von Bandura (1977) gleichsetzen, stellt eine positive Veränderung der Selbstwirksamkeitserwartung ein Indiz für die Umsetzung des Design Thinking-Konzeptes dar. Gleichzeitig weist eine Änderung der Selbstwirksamkeitserwartung auf eine Änderung der selbst eingeschätzten Kreativität hin, denn laut einer Meta-Analyse von Haase, Hoff, Hanel und Innes-Ker (2018) gibt es einen positiven Zusammenhang zwischen beiden Messverfahren mit einem Korrelationsquotienten von  $r = .53$ .

Darüber hinaus wird vermutet, dass sich die Selbstwirksamkeitserwartung positiv verändert, da die Lernenden selbstständig ein „Produkt“ entwickeln und eigene Erfolgserlebnisse haben (vgl. Kap. 2.1.2).

Auch könnte ein derartig kreativer Chemieunterricht den Schülern\*innen ein positiveres Bild von Chemie vermitteln, denn für die meisten Schüler\*innen erscheint Chemieunterricht wohl wenig kreativ, sondern eher starr (vgl. u.a. Euler, 2001; Kessels & Hannover, 2006, Prenzel & Ringelband, 2001). Eigene Ideen sind meist nicht gefragt. So führt eine enge Lenkung im Unterricht nach Gräber und Kleuker (1998) zu einer negativen Einstellung zum Fach. Ein kreativer Chemieunterricht vermittelt zudem ein adäquates Bild naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen und wirkt möglichen Fehlvorstellungen zu Berufsfeldern eines\*r Chemikers\*in entgegen (Bliersbach & Reiners, 2017, S. 324). Dies könnte gleichzeitig bewirken, dass sich Schüler\*innen, die sich gerne kreativ betätigen, eher von Chemie angesprochen fühlen. Dies wiederum könnte zu einem Imagewechsel des Chemieunterrichts beitragen, weshalb eine positive Änderung des Images des Faches Chemie erwartet wird.

Die Konstrukte zur Selbstwirksamkeitserwartung und zum Image des Faches Chemie sollen mit bereits etablierten Fragebögen vor und nach den Interventionen erfasst werden (vgl. Kap. 3.4). Mit den Ergebnissen soll weiteren Forschungsfragen nachgegangen werden:

---

*Kann das in dieser Arbeit entwickelte Unterrichtskonzept die Selbstwirksamkeitserwartung der Schüler\*innen positiv verändern?*

*Führt die Intervention zu einem positiveren Image des Faches Chemie bei den Schülern\*innen?*

---

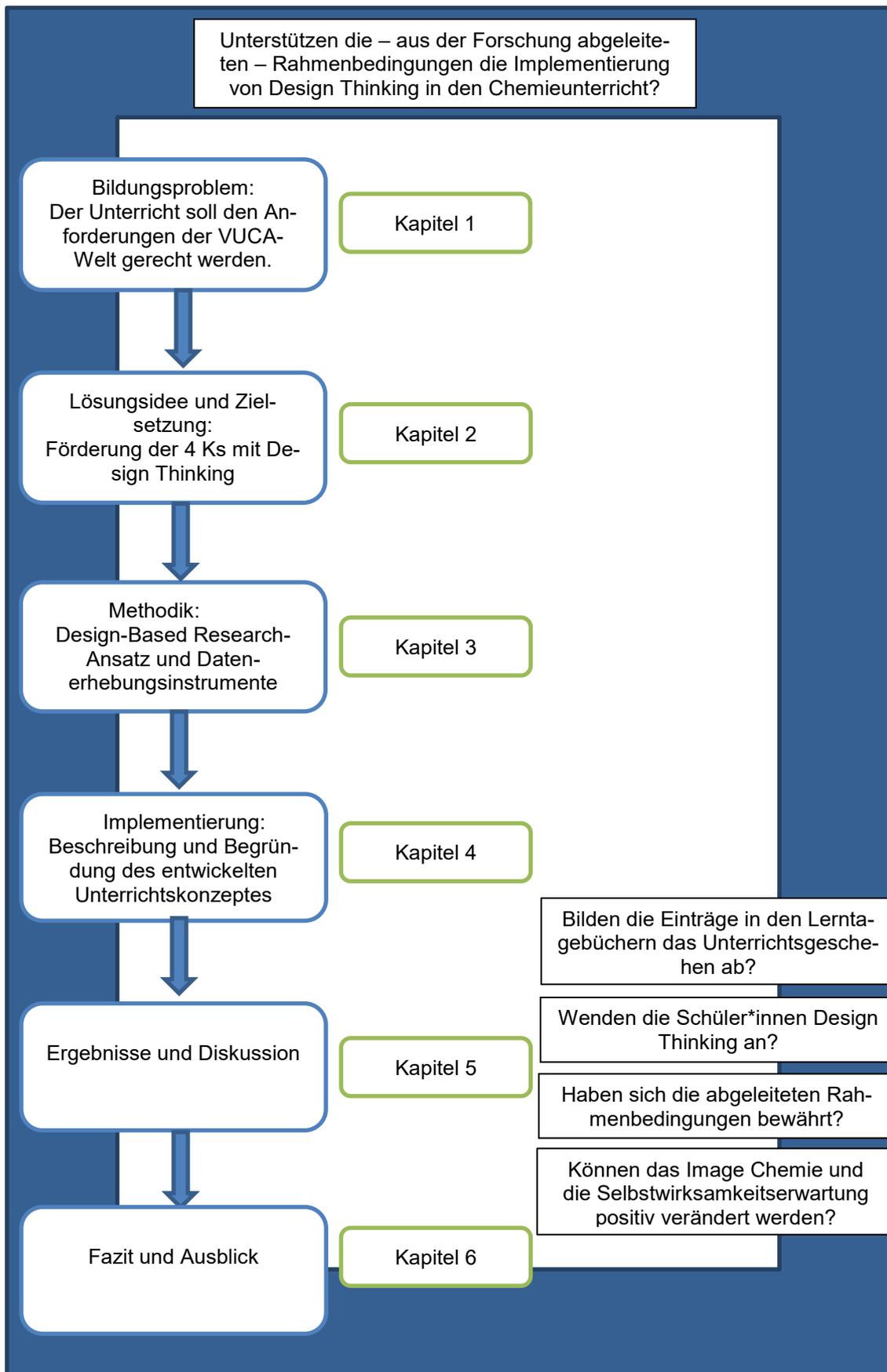
Die Struktur der Arbeit ergibt sich aus der Reihenfolge der zu beantwortenden Forschungsfragen unter Berücksichtigung des Design-Based Research-Ansatzes (siehe Abb. 1). Sie folgt damit der Beantwortung der übergeordneten Fragestellung nach den Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Implementierung von Design Thinking in den Chemieunterricht.

Zuerst wird das im Zusammenhang mit der Globalisierung oder Digitalisierung verursachte Bildungsproblem erläutert und die zur Lösung erforderlichen Fähigkeiten beschrieben, wobei die für diese Arbeit bedeutenden ausführlich dargestellt werden. Es wird aufgezeigt, warum Design Thinking einen Ansatz darstellt, diese Fähigkeiten zu fördern und somit in den Unterricht – auch in den Chemieunterricht – implementiert

werden sollte. Dabei stellen die Grundlage zur Entwicklung eines Konzeptes für einen derartigen agilen Unterricht die Prinzipien von Design Thinking dar (vgl. Kap. 2). Zur Bewertung einer erfolgreichen Umsetzung bedarf es Kriterien, denen mithilfe der Forschungsfragen nachgegangen werden soll. Diese werden in Kapitel 2.3 entwickelt und dabei aufgezeigt, wie sie mit der übergeordneten Fragestellung zusammenhängen. Im folgenden Kapitel 3 werden ein passender Forschungsansatz sowie geeignete Methoden erläutert (vgl. Kap. 3).

Daran anschließend wird das in dieser Arbeit entwickelte Unterrichtskonzept begründet und beschrieben (vgl. Kap. 4). Dazu müssen die organisatorischen Bedingungen in der Schule sowie die Lehrpläne berücksichtigt werden. Aus Sicht unterschiedlicher Forschungsarbeiten werden Rahmenbedingungen für die Implementierung des Konzeptes hergeleitet.

Mithilfe der Ergebnisse der qualitativen Analyse der Lerntagebücher und der Auswertung der Fragebögen, wobei sich diese ergänzen oder sogar kombinieren lassen (mixed method), werden die Rahmenbedingungen auf ihre Eignung überprüft und diskutiert (vgl. Kap. 5). Allgemein gültige Aussagen zur Wirksamkeit von Design Thinking können aufgrund der kleinen Stichprobengrößen nicht getroffen werden. Dennoch können erste Empfehlungen und Perspektiven für spätere Forschungen ausgesprochen werden (vgl. Kap. 6).





## 2 Forschungsrahmen und theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel wird thematisiert, welche Fähigkeiten für die Herausforderungen durch Globalisierung, Digitalisierung oder Bevölkerungswachstum in der Schule gefördert werden sollten. Dabei liegt der Fokus auf der Kreativität, Selbstwirksamkeitserwartung und Kollaboration. Im Anschluss daran wird ein vielversprechender Lösungsansatz zur Förderung der erforderlichen Fähigkeiten, das Design Thinking, vorgestellt. Ändern sich nach der Umsetzung von Design Thinking im Unterricht die Fähigkeiten der Schüler\*innen, so gibt dies auch Aufschluss über die Rahmenbedingungen des Konzeptes wie z.B. die Anzahl der geeigneten Unterrichtsstundenanzahl. Die sich ergebenden Forschungsfragen werden anschließend abgeleitet.

### 2.1 Erforderliche Fähigkeiten des 21. Jahrhunderts

In der heutigen global vernetzten Welt sind Inhalte aus den verschiedensten Fachdisziplinen überall zugänglich und sie nehmen ständig zu (Lor, 2017, S. 37). Der Erwerb von Fachwissen ist weniger von Belang als der von Kompetenzen (vgl. ebd.; Fadel et al., 2017). Nach Fadel et al. (2017, S. 77) sind es – neben dem Fachwissen – die Fähigkeiten („skills“, die 4 Ks), der Charakter und das Meta-Lernen, die die vier Dimensionen von Bildung ausmachen. So müssen Schüler\*innen z.B. die Bedeutung für ihre persönliche und ethische Verantwortung erkennen, um begründet entscheiden zu können (ebd., S. 144). Zu den Charaktereigenschaften zählen die Autoren\*innen u.a. Mut (einschließlich Optimismus) und Neugier (einschließlich Motivation). Beim Meta-Lernen sollen die Jugendlichen reflektieren üben und ein dynamisches Selbstbild („growth mindset“) „verinnerlichen“ (ebd., S. 165). Dies begründen sie damit, dass es außerhalb der Schule keine Fächerzuordnung gibt, Transferleistungen erforderlich sind und herkömmliche Strategien in anderem Kontext eher nicht funktionieren (ebd., S. 166–169).

Eine weitere Folge der Globalisierung liegt darin, dass Innovationen in immer kürzeren Abständen stattfinden (Eagleman & Brandt, 2018, S. 51). Inzwischen folgen Innovationen so schnell aufeinander, dass sie zum Zeitpunkt der Anwendung eventuell bereits wieder veraltet sind (vgl. z.B. Kanter et al., Arn, Bayer, Levesque & MacKevett, 2021). Fadel et al. leiten aus diesen Erkenntnissen eine allgemeine Regel ab. Bildung bzw. Ausbildung soll sich weg von Routine- und unpersönlichen Aufgaben hin zu persönlichen, komplexeren, kreativen Aufgaben bewegen (Fadel et al., 2017, S. 31).

Wirtschaft, Wissenschaft und Organisationen aus dem Bildungsbereich fordern eine Reihe von Fähigkeiten und Kompetenzen, die oft als Fähigkeiten des 21. Jahrhunderts bezeichnet werden (z.B. Pink, 2006; Gardner, 2007; Wagner, 2010). Zur Feststellung, welche Fähigkeiten Schüler\*innen zukünftig benötigen, wurden z.B. von der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) 2004 verschiedene Befragungen durchgeführt (Fadel et al., 2017, S. 125, 126). Ein Zusammenschluss von Pädagogen\*innen, Unternehmen und Regierungen zur Umsetzung von Lernen im 21. Jahrhundert (P21) hat diese Befragungen sowie den Input von Experten\*innen herangezogen und daraus eine Liste mit den wichtigsten Fähigkeiten für Lernen, Erwerbsarbeit und erfolgreiches Leben im 21. Jahrhundert erstellt (Fadel, Bialik & Trilling, 2017).

Die Darstellung dieser Fähigkeiten wurde vereinfacht, um Vorschläge für den Unterricht zu machen sowie Evaluationswege aufzeigen zu können. Daraus resultiert das vermutlich bekannteste Konzept zur Förderung von Fähigkeiten zur Bewältigung der Herausforderungen des 21. Jahrhunderts, das sogenannte 4 K-Modell. Dieses Modell umfasst die vier Kompetenzen Kommunikation, Kollaboration, kritisches Denken und Kreativität (Ingold, Maurer & Trüby, 2019, S. 22). Ursprünglich in den USA entwickelt, wird der Stellenwert inzwischen auch im deutschsprachigen Raum erkannt:

So stellen die 4 Ks nach Andreas Schleicher, Bildungsforscher und OECD-Mitarbeiter, eine Antwort auf die Wissensarbeit in digitalen Kontexten dar (vgl. Schleicher, 2013, 2018). Die Bedeutung der Kompetenzen ("skills") sehen Fadel, Bialik und Trilling hingegen darin, dass Wissen nur oberflächlich erlernt würde, wenn keine "Skills ... beteiligt" (2017, S. 124) sind. "Ein tiefes Verständnis" erfolgt nur, wenn "Skills auf inhaltliches Wissen angewendet werden ..." (ebd.). Hinzukommt, dass die Förderung einer dieser vier Fähigkeiten, das kritische Denken, mit weiteren wichtigen Kompetenzen wie reflexiven und metakognitiven Kompetenzen verbunden ist (Kuhn, 1999; Fadel et al., 2017, S. 137).

Da für viele Schüler\*innen die Schule der wichtigste Ort ist, in dem sie die oben erwähnten Fähigkeiten erwerben können, sollte Schule auch soziale Werte und Einstellungen sowie konstruktive Erfahrungen vermitteln (Noweski, Scheer, Büttner et al., 2012, S. 71). Dies kann nur erfolgen, so Rasfeld (in Meinel et al., 2015, S. 54), wenn sich Schule immer wieder neu erfindet.

Es besteht demnach Bedarf an agilen Unterrichtskonzepten, die flexibel auf die Herausforderungen reagieren können (vgl. Kantereit, Arn, Bayer, Levesque & MacKevett, 2021). Allen diesen Unterrichtskonzepten gemeinsam ist, dass die Zeit, in der die Lösung gefunden werden soll, vorgegeben wird. Neben Scrum und Kanban ist Design

Thinking eines der vielen agilen Konzepte, die aus dem Unternehmensbereich den Weg in die Schule gefunden haben.

Scrum wird in erster Linie im Informatikunterricht eingesetzt, in dem ein Produkt (Software, die ein bestimmtes Ziel erfüllen soll) vorgegeben und ein komplexer Prozess durchlaufen wird. Dabei wird immer wieder Rücksprache mit dem\*r Nutzer\*in gehalten, um die Software an seine\*ihre Bedürfnisse anzupassen (vgl. Mittelbach, 2020). Die Entwicklung eines Produkts findet in Iterationen (sog. Sprints) statt. Die Zeitdauer für die einzelnen Sprints wird vorher festgelegt, wobei sich das Team auf ein Ziel einigt. Der\*die Scrum Master\*in moderiert die Sprints und führt die Regeln ein. Weitere Teamrollen sind der\*die Product Owner\*in, der\*die als Verantwortliche\*r z.B. die Prioritäten bestimmt, und die Entwickler\*innen, die das bestmögliche Produkt u.a. unter Berücksichtigung der Kosten, Funktionalität und Zeit herstellen (vgl. ebd.).

Kanban eignet sich eher für Aufgaben, die sich klar unterteilen lassen und wenig komplex sind (vgl. Kniberg & Skarin, 2010). Die Teammitglieder können sich die Aufgaben, die sie bearbeiten möchten, aussuchen. Teamrollen sind nicht vorgesehen. Iterationen sind optional und es gibt keine Vorschrift bezüglich der Größe der Anforderungen, nur hinsichtlich der Anzahl der Aufgaben. Es dürfen maximal zwei Aufgaben zur selben Zeit bearbeitet werden (ebd., S. 17). Die Erledigung einzelner Aufgaben steht im Vordergrund. Das Kanbanboard unterstützt dabei, mögliche Engpässe in der Arbeit aufzudecken. Die Aufgaben werden dort eingeordnet in „To do“, „In Progress“ und „Done“ (vgl. Kanteret et al., 2021).

Beim Design Thinking dagegen soll ein neues Produkt entwickelt werden, der Prozess ist weniger komplex als bei Scrum.

### **2.1.1 Kreativität**

Um innovative Lösungen für die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts zu entwickeln, ist nach Fadel et al. (2017, S. 133–134) Kreativität möglicherweise die wichtigste Fähigkeit für Schüler\*innen. Die Frage, die sich dabei stellt, ist, ob Kreativität trainierbar ist. Denn nur dann kann eine Intervention die Kreativität beeinflussen. Zur Überprüfung müssen geeignete Messverfahren vorliegen, worauf im Kapitel 3.4.1 näher eingegangen wird.

In diesem Kapitel sollen zuerst die unterschiedlichen Operationalisierungen der Kreativität dargelegt und erläutert werden, welche Aussagen verschiedene Forschungsrichtungen zur Trainierbarkeit von Kreativität machen. In welchen Bereichen ein Training

sinnvoll sein kann, darüber könnten die Grundelemente der Kreativität nach Rhodes (1961) Aufschluss geben, weshalb diese vorher erläutert werden.

### **Begriffsdefinition**

Mit Kreativität assoziieren manche Leute künstlerische Werke eines Malers, Schriftstellers, Architekten oder Musikers (vgl. Schuler, 2007). Sie glauben, dass diese Fähigkeit angeboren und nur genialen Menschen vorbehalten ist (vgl. ebd.). Die kreative Idee macht sich nach ihrer Vorstellung durch ein Aha-Erlebnis oder einen Geistesblitz bemerkbar (Boden, 2004).

Neben der populären Vorstellung gibt es verschiedene Forschungsrichtungen, die Kreativität definieren (Cardoso de Sousa, 2008; Corazza, 2016; Freedman, 2010; Morgan, 1953; Runco & Jaeger, 2012; Weisberg, 2015).

Smith (2005) gibt an, dass es über 100 Definitionen gibt. Nach Mühle (2004, S. 516–517) ist der Begriff nicht scharf umgrenzt und beschreibt intellektuelle und nicht intellektuelle Persönlichkeitszüge für produktive, originelle und schöpferische Leistungen.

Auch die folgenden Autoren zeigen exemplarisch, dass Kreativität viele Faktoren umfasst, wodurch das Messen dieser Fähigkeit erschwert, die Trainierbarkeit aufgrund vieler Ansatzmöglichkeiten hingegen aber erhöht wird.

Kreativität ist nach Feldhusen und Goh (1995) ein komplexes Konstrukt, das viele zusammenhängende Faktoren beinhaltet. Getzels (1975), Taylor (1988) und Treffinger (1993) sprechen von einem kontroversen Begriff. Guilford (1967) sieht Kreativität als Teilaspekt der Intelligenz an.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich keine der genannten Definitionen für diese Arbeit eignet, da sie zu unpräzise sind. Aus diesem Grunde wird die Kreativität als Teilaspekt der Intelligenz betrachtet und nach Möglichkeiten der Operationalisierung gesucht. Ein Zusammenhang könnte darüber hinaus ein Indiz für die Messbarkeit von Kreativität sein, da auch Intelligenz über den Intelligenzquotienten zu erfassen ist.

### **Kreativität als Teilaspekt der Intelligenz**

Den Anfang zur Kreativitätsforschung machte Guilford 1950 (S. 444–454) in seiner Antrittsrede als Präsident der American Psychological Association. Er argumentiert gegen einen allgemeinen Intelligenzfaktor, wie er von Spearman (1904) angenommen wird. Stattdessen stellt er die Struktur des Intellekts in einem dreidimensionalen Modell aus fünf Operationen, vier Inhalten und sechs Produkten dar, so dass sich durch das

Zusammenwirken dieser Kategorien ein Konstrukt der Intelligenz aus 120 Fähigkeiten ergibt (siehe Abb. 2). Unter Operationen versteht er dabei die geistigen Aktivitäten, durch die ein bestimmter Inhalt bearbeitet wird, und durch die ein bestimmtes Ergebnis (Produkt) erzielt werden soll. Vergleichbar ist dies mit den aus der Informatik bekannten Operationen Eingabe (input), Verarbeitung und Ausgabe (output).

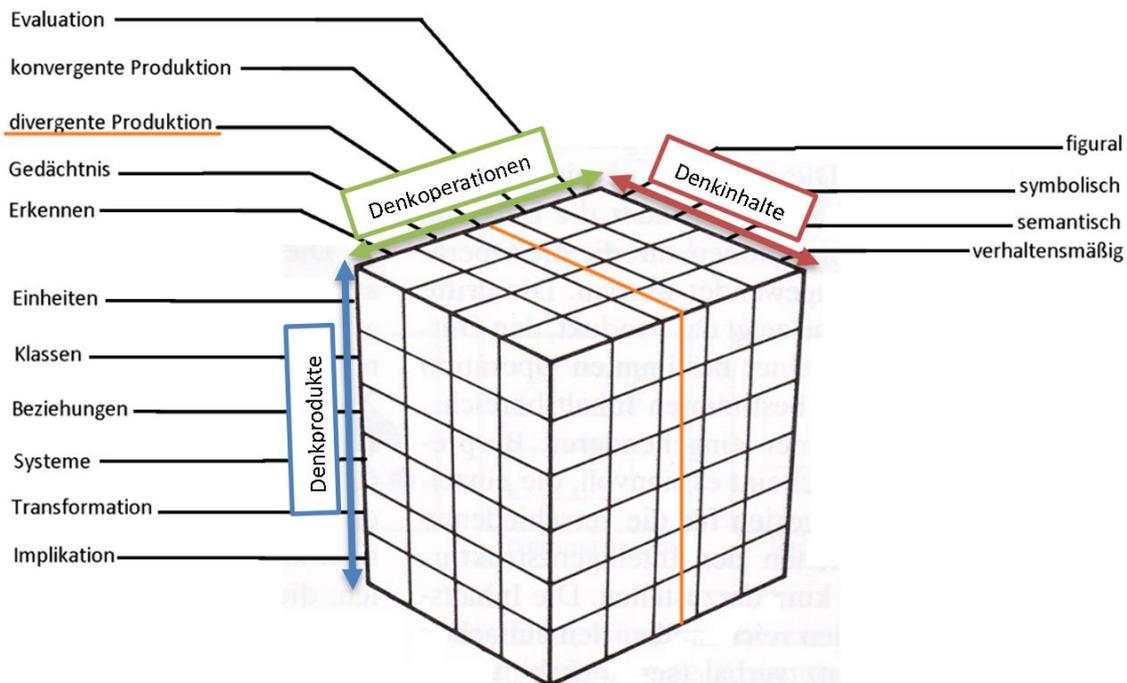


Abbildung 2: Intelligenzstrukturmodell nach Guilford  
(ergänzt nach Eysenck, 1979, S. 178)

Guilford (ebd.) ist der erste, der zwischen konvergentem und divergentem Denken unterscheidet. Konvergentes Denken führt zu einer Lösung und divergentes Denken hingegen geht von einer unklaren Problemstellung aus und verlangt mehrere Lösungsmöglichkeiten. Für Guilford ist divergentes Denken eines der wichtigsten Kriterien für Kreativität. Das divergente Denken setzt sich nach diesem Modell aus 24 Fähigkeiten zusammen. Aus diesen kristallisierten sich mithilfe einer Faktorenanalyse sechs Faktoren heraus: Problemsensitivität, Produktivität, Flexibilität, Re-Definition, Elaboration und Originalität (Guilford, 1950).

Mit diesen sechs Faktoren lässt sich Kreativität erfassen, wovon Produktivität, Flexibilität und Originalität in dieser Arbeit ein integraler Bestandteil sind.

Guilfords Modell wird später durch Jäger (1984) im Berliner Intelligenzstrukturmodell erweitert. Er nimmt an, dass Personen mit einem höheren Intelligenzquotienten höhere

kreative Leistungen zustande bringen. Der Korrelationsquotient zwischen Intelligenz und kreativer Leistung liegt bei .52 (Schuler, 2007, S. 21, 23).

Empirische Untersuchungen von Jauk et al. (2013, S. 218–219) hingegen zeigten, dass der Zusammenhang zwischen Intelligenzquotienten und Kreativität davon abhängt, wie Kreativität gemessen wird. Um viele Ideen zu finden (Produktivität), reiche ein geringerer Intelligenzquotient aus. Damit originelle Ideen gefunden werden, müsse höhere Intelligenz vorliegen (ebd.).

Der Ansatz von Mel Rhodes (1961), der Aspekte des Modells von Guilford erweitert, beschreibt die Kreativität mithilfe von vier Grundelementen (4 Ps) (siehe Abb. 3): die kreative Person, der kreative Prozess, das kreative Produkt und das kreative Panorama (Umfeld).

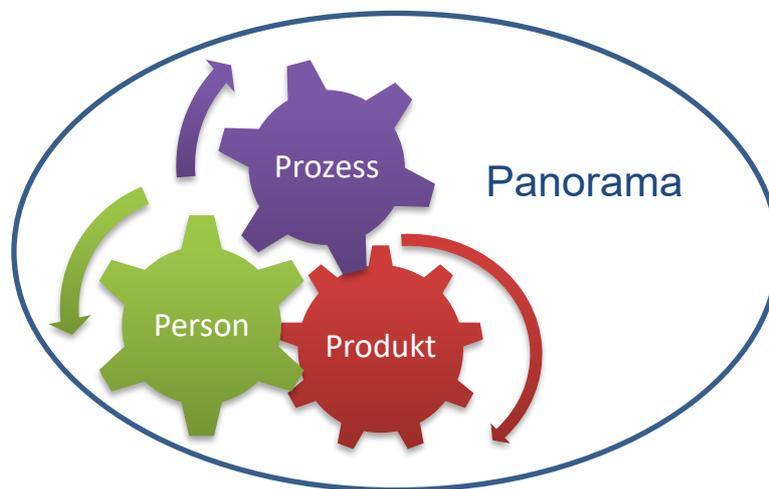


Abbildung 3: Das 4P-Konzept der Kreativität nach Rhodes (1961)

Mithilfe dieses Konzeptes verfassten Bliersbach und Reiners (2017, S. 324) die folgende Definition der Kreativität:

Kreativität beschreibt das in jedem Menschen **innewohnende Potenzial**, mithilfe von verschiedenen **metakognitiven Strategien** ... **etwas** für dessen **jeweiliges Umfeld** **gleichsam Neues und Relevantes** zu erschaffen.

Diese Unterteilung bzw. Definition vereinfachte die Entwicklung von Messverfahren (vgl. Kapitel 3.4.1), weshalb im Folgenden einzelne Forschungsarbeiten diesen 4 Ps zugeordnet werden.

## Grundelemente der Kreativität nach Rhodes

### Die kreative Person

Galton (1869) sieht schöpferische Leistungen als angeborene Eigenschaft an. Er überprüfte dies, indem er die Vererbung anhand von Familienbiografien untersuchte. Nach Cattell (1963) beeinflussen neben angeborenen (fluiden) auch erworbene (kristalline) Faktoren die allgemeine Intelligenz.

Mit den von Barron und Harrington (1981) sowie Mansfield und Busse (1981) formulierten Merkmalslisten sollen kreative Personen zu identifizieren sein. Zu den Merkmalen zählen z.B. breite Interessen, Autonomie, Selbstvertrauen und Flexibilität. Cattell, Eber und Tatsuoka gingen bereits 1970 weiter, indem sie 16 Persönlichkeitsfaktoren gewichteten. Auch sie zählen exekutive Fähigkeiten wie Selbstkontrolle zu den kreativen Faktoren. Somit spielen bei diesen Autoren kognitive und nicht kognitive Fähigkeiten eine Rolle.

Anknüpfend an Guilford (1950) erkennt man einen kreativen Menschen daran, dass dieser

- erkennt, dass und wo ein Problem besteht (Problemsensitivität)
- neue Sichtweisen einnimmt (Flexibilität, Anzahl der verschiedenen Kategorien relevanter Antworten)
- viele Ideen in kurzer Zeit findet (Fluency, auch Produktivität, Anzahl an Ideen)
- bekannte Dinge anders nutzt (Re-Definition)
- Details hinzufügt und so die Idee an die Realität anpasst (Elaboration, Detailmenge in den Antworten)
- neuartige Ideen entwickelt (Originalität, Seltenheit der Antwort).

Die Faktoren werden ebenso in anderen Forschungsarbeiten angeführt (vgl. Torrence, 1966; Mumford & Gustavson, 1988; Schuler, 2007; Jauk et al., 2013). Auch in dieser Arbeit wird Kreativität anhand dieser Faktoren ausgemacht.

### Der kreative Prozess

Nach Wallas (1926) ist kreatives Denken ein lang andauernder Prozess, der in vier Phasen unterteilt ist:

1. Vorbereitung: Die Aufgabenstellung wird formuliert und (divergent) in alle Richtungen untersucht.
2. Inkubation: Ideen werden im Unterbewusstsein verarbeitet.

3. Illumination: Plötzliche Ideen führen zum Lösungskonzept.
4. Verifikation: Das Konzept wird (konvergent) real umgesetzt.

Auch Basadur (1994) teilt den kreativen Prozess in Stufen ein: Problem finden, Problem lösen und Lösung umsetzen. Schuler (2007, S. 30) erweitert diese Stufen um die der Informationssuche und Ideenbewertung. Funke (2000, S. 288) gibt ebenso fünf Stufen an, wobei die Stufen denen von Wallas ähneln. Er hat die Stufe vier, die Bewertung der Lösung, ergänzt.

Der stufenartige Prozess findet sich beim Design Thinking in Form verschiedener Phasen (vgl. Kap. 2.2) wieder, wobei die Phasen teilweise ähnlich benannt sind wie die Stufen. Design Thinking wird somit als ein kreativer Prozess verstanden, dem in dieser Arbeit im Sinne Funkes (2000) eine Bewertung der Lösung in Form der Bewertungsphase hinzugefügt wird.

#### Das kreative Produkt

Mumford und Gustafson (1988) unterscheiden große (große Originalität mit Vielfalt an Lösungen) und kleine (Verbesserungen oder Ausweitungen zu begrenzten, nützlichen Problemlösungen) Beiträge zur Produktgestaltung.

Torrance (1988) differenziert stärker und gibt fünf Arten und Ausdrucksformen kreativer Leistungen an. Sie enthalten zwei unterschiedliche Kriterien der Differenzierung, die Erfindungshöhe und den Bereich, in dem die kreative Leistung gezeigt wird. Für die meisten Anwendungsbereiche sind nur drei der fünf Arten und Ausdrucksformen interessant, denn die einfachste Stufe der Ausdruckskreativität, wie man sie in Kinderzeichnungen findet, ist fraglich und die höchste Art der emergentiven Kreativität tritt äußerst selten auf (ebd., S. 8).

Nach Schuler (2007, S. 8) sind bei kreativen Produkten die Originalität und der Nutzen bzw. die Wirkung essenziell. Das Produkt lässt sich in ein Koordinatensystem einordnen und ist umso kreativer, je origineller es ist und umso höher der Nutzen ist (ebd., S.9, siehe Abb. 4).



Abbildung 4: Originalität und Wirkung als Grundmerkmale kreativer Produkte  
(nach Schuler, 2007, S. 9)

### Das kreative Panorama (Umfeld)

Sternberg (2003) unterscheidet analytische, kreative und praktische intellektuelle Fähigkeiten (triarchische Theorie der Intelligenz) und sieht eine soziokulturelle Abhängigkeit. Auch Csikszentmihalyi gibt 2003 an, dass die Umgebung die Kreativität beeinflussen kann. Amabile integrierte allerdings bereits 1983 alle bislang beschriebenen Konzepte unter Berücksichtigung des Umfeldes zu einem Modell (siehe Abb. 5). Sie ist somit die erste, bei der das Umfeld in kreativen Leistungen eine Rolle spielt.

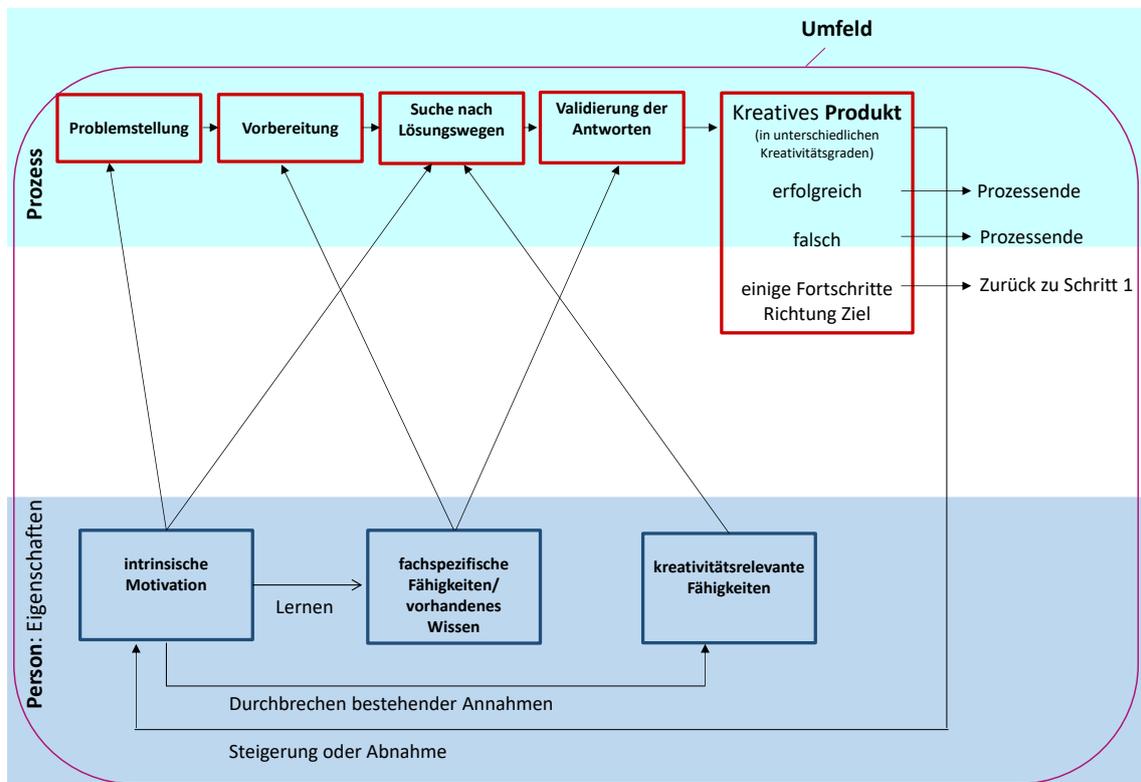


Abbildung 5: Komponentenmodell der Kreativität  
(nach einer Idee von Amabile (1983, S. 367)

Um ein kreatives Produkt zu erhalten, sind nach Amabile (1983) drei persönliche Eigenschaften, die intrinsische Motivation, fachspezifische und kreativitätsrelevante Fähigkeiten, nötig. Je höher die Ausprägung dieser Fähigkeiten ist, desto besser sollte das Produkt sein.

Kreativitätsrelevante Fähigkeiten besitzt jemand, der z.B. komplexe Sachlagen schnell erfasst, ein bestehendes „Set“ durchbricht, neu arrangiert oder aus anderer Perspektive betrachtet. Dabei wendet er Heuristiken wie z.B. den Gebrauch von Analogien an. Diese Eigenschaften sind nach Amabile trainierbar, so dass hier das Potenzial besteht, die Kreativität zu beeinflussen. Das Umfeld spielt auch beim Prozess eine Rolle, denn dieser wird durch die Persönlichkeitseigenschaften beeinflusst. Den Anfang in diesem Prozess macht die Aufgaben- oder Problemstellung. Allerdings wird erst nach einer Lösung gesucht, wenn die dazu erforderliche intrinsische Motivation vorhanden ist. Im zweiten Schritt werden Informationen gesammelt und auf fachspezifische Fähigkeiten und vorhandenes Wissen zurückgegriffen. So bereitet man sich auf die Lösung der Aufgabe vor. Danach sucht die Person nach bereits bekannten Lösungswegen aus dem Umfeld des Problemgegenstandes. Hierbei sind kreativitätsrelevante Fähigkeiten wie Flexibilität und Durchhaltevermögen wichtig. Intrinsische Motivation kann dazu führen, dass diese Fähigkeiten erweitert werden, z.B. dadurch, dass neue Wege beschritten werden. Der vierte Schritt setzt fachspezifische Fähigkeiten voraus, anhand derer die Lösungsvorschläge beurteilt werden. Sind diese positiv ausgefallen oder aber völlig abwegig, so wird der Prozess im fünften Schritt beendet. Im zweiten Fall könnte aber eine völlig neue Problemstellung geschaffen werden, so dass ein neuer Prozess stattfinden kann. Sind bereits Erfolge in Richtung Ziel zu verzeichnen, beginnt der Prozess von vorne, wobei die Erfahrungen und das Wissen aus dem ersten Durchlauf genutzt werden. Das Ergebnis eines Prozessdurchlaufes kann einen Einfluss auf die Motivation zukünftiger Aufgaben haben.

Bereits 1988 postulierte Amabile (S. 147–148), dass der Prozess durch Entscheidungsfreiheit und Herausforderung stimuliert und durch Zeitdruck gehemmt wird.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine Förderung der Kreativität bei unbewussten Phasen wie nach Wallas nicht machbar wäre. Diese Arbeit beruft sich auf die anderen Forschungsarbeiten, die Ansatzpunkte zur Trainierbarkeit der Kreativität aufzeigen. Dabei wird insbesondere auf Amabile zurückgegriffen, die die Produktbildung umfassend in Abhängigkeit des Prozesses, der Person und des Umfeldes (Panorama) beschreibt.

### Förderung durch Training

Im Folgenden wird sich den Aussagen verschiedener Forschungsarbeiten zur Trainierbarkeit von Kreativität zugewendet, denn nur wenn sie trainierbar ist, kann eine Intervention die Kreativität beeinflussen. Dabei hat man vermutlich den größten Einfluss auf den Prozess und weniger auf die Person, das Umfeld (zumindest in der Schule) oder das Produkt (vgl. vier Grundelemente zur Kreativität nach Rhodes, 4 Ps).

Folgt man den Forschungsarbeiten von Amabile, Csikszentmihalyi oder Sternberg lässt sich schließen, dass Kreativität keine festgesetzte Größe ist, sondern trainiert werden kann. Diese Annahme unterstützen Untersuchungen an Design Thinking-Konzepten, die zeigten, dass bei Erwachsenen ein fünfwöchiges Training die Kreativität steigerte (Mayseless, Saggat, Hawthorne & Reiss, 2018, S. 240–245). Gemessen wurde dies mithilfe von problemlösenden Aufgaben und dem Torrance-Test (vgl. Kap. 3.4.1).

Auch nach Brandt und Eagleman (2017, S. 50) ist Kreativität erlernbar, dabei entsteht sie aus vorhandenen Erinnerungen und Eindrücken. Ihnen folgend hängt jeder kreative Prozess von drei Fähigkeiten des Gehirns ab: Biegen, Brechen und Verbinden. Biegen meint dabei die Veränderung eines bestehenden Vorbilds z.B. durch Änderung der Größe, der Form, des Materials, der Abfolge oder der Bedeutung. So werden beispielsweise Roboter nach dem Vorbild von Insekten gebaut. Beim Brechen wird etwas zerlegt und aus Bruchstücken wird etwas Neues gemacht (ebd. S. 82). Werden zwei oder mehr Dinge auf kreative Weise verbunden, sprechen Brandt und Eagleman von Verbinden (vgl. ebd. S. 95). Die in dieser Arbeit verwendeten Kreativitätstechniken lehnen sich an ihren Erkenntnissen an (vgl. Kap. 4.3.3).

Der endgültige Nachweis der Trainierbarkeit der Kreativität gelang Mayseless et al. (2018, S. 245). Ihre Studie zeigte unterschiedliche Gehirnaktivitäten in der funktionellen Magnetresonanztomographie bei Personen mit und ohne kreative Leistungen (ebd., S. 240–246). Die Ergebnisse belegen einen positiven Zusammenhang zwischen Trainingsdauer und kreativer Leistung (ebd., S. 246).

#### 2.1.2 Selbstwirksamkeitserwartung

Ausgangspunkt dieses Kapitels ist die Forschungsfrage, inwiefern die Schüler\*innen Design Thinking anwenden. Ob eine Person einen kreativen Prozess wie Design Thinking umsetzt oder nicht, hängt von Faktoren ab, die Einfluss darauf nehmen, ob eine Person agiert oder nicht. Bandura (1997) beschreibt mithilfe seiner sozial-kognitiven Theorie, dass das Verhalten und Verhaltensänderungen in entscheidendem Maße von subjektiven Überzeugungen wie z.B. der Selbstwirksamkeitserwartung abhängen. Daraus

abgeleitet sind Änderungen in der Selbstwirksamkeitserwartung als Indikator der Anwendung von Design Thinking zu verstehen.

Dieses Kapitel geht auf die verschiedenen Definitionen der Selbstwirksamkeitserwartung ein und erläutert danach die Theorie Banduras. Anschließend wird das Konstrukt der Selbstwirksamkeitserwartung in den Zusammenhang zum selbstbestimmten Lernen gestellt. Die dort genannten Faktoren werden zur Begründung des Unterrichtskonzeptes herangezogen. Zum Schluss wird die Selbstwirksamkeitserwartung noch von einem ähnlichen Konstrukt, dem Selbstkonzept, abgegrenzt.

### Definitionen

Es existieren verschiedene Definitionen von Selbstwirksamkeit. So versteht z.B. die kognitive Psychologie unter Selbstwirksamkeit (self-efficacy beliefs) die Überzeugung einer Person, auch schwierige Situationen und Herausforderungen aus eigener Kraft erfolgreich bewältigen zu können (Stangl, 2020). Hoy und Schönplugg verstehen darunter „die Überzeugung von der eigenen Fähigkeit und persönlichen Effektivität in einem bestimmten Bereich. [...]. Das subjektive Erleben einer Person, eine bestimmte Aufgabe effektiv meistern zu können“ (2008, S. 477).

Im deutschsprachigen Raum wird der Begriff Selbstwirksamkeitserwartung von Schwarzer und Jerusalem (2002) als „die subjektive Gewissheit, neue oder schwierige Anforderungssituationen auf Grund eigener Kompetenz bewältigen zu können“ (ebd., S.35) zusammengefasst. Die Autoren geben an, dass es sich dabei um Aufgaben handelt, die aufgrund des Schwierigkeitsgrades zur Lösung Ausdauer und Anstrengung bedürfen.

Alle Definitionen gehen auf den von dem Kanadier Albert Bandura geprägten Begriff self-efficacy zurück. Er beschreibt das Konstrukt der wahrgenommenen Selbstwirksamkeit als die Beurteilung der eigenen Fähigkeiten, Handlungsabläufe zu organisieren und auszuführen, die zur Erreichung bestimmter Arten von Leistungen erforderlich sind (vgl. Bandura, 1997, S.3; Bandura, 1995, S.2; Bandura, 1986, S. 94). Diese Leistungen können auch kreative Leistungen sein. In diesem Zusammenhang – aufbauend auf Tierner und Farmer (2002) – setzen Jobst et al. (2012, S. 37) Selbstwirksamkeitserwartung mit kreativem Selbstvertrauen gleich (vgl. Kap. 2.2 und 3.4.1). Danach stellt das kreative Selbstvertrauen eine Zusammensetzung aus Kreativität und Selbstvertrauen dar und meint das Vertrauen in sich selbst, kreative Aufgaben zu lösen.

### Das Konstrukt der Selbstwirksamkeitserwartung nach Banduras

Kognitive, motivationale, emotionale und aktionale Prozesse werden nach Bandura durch subjektive Überzeugungen wie Selbstwirksamkeitserwartung und Konsequenzerwartung gesteuert (siehe Abb. 6). Unter Konsequenzerwartung wird dabei verstanden, dass das Handeln davon abhängt, welche Vorstellungen hinsichtlich der Erfolgsaussichten bestehen. Es geht also um mentale Repräsentationen darüber, welche Konsequenz bzw. welches Ergebnis auftreten wird, wenn eine bestimmte Handlung durchgeführt wird.

Die Selbstwirksamkeitserwartung kann unterschiedlich ausfallen; sie hängt vom Level (Schwierigkeitsgrad der Aufgabe), der Stärke und dem Verallgemeinerungsgrad der Herausforderung ab (Bandura, 1997, S. 42). So wird die Selbstwirksamkeitserwartung bei einer leichten Herausforderung höher ausfallen als bei einer schweren. Die Stärke sagt etwas darüber aus, ob die Selbstwirksamkeitserwartung einer Person durch Rückschläge oder Probleme verringert wird (ebd., S. 195). Personen mit starker Wirksamkeitseinschätzung werden vermutlich beharrlicher an einer Aufgabe bleiben als jemand, der sich mit dieser Aufgabe überfordert fühlt. Der Verallgemeinerungsgrad meint, dass sich Menschen teilweise oder für breite Bereiche als wirksam einstufen können.

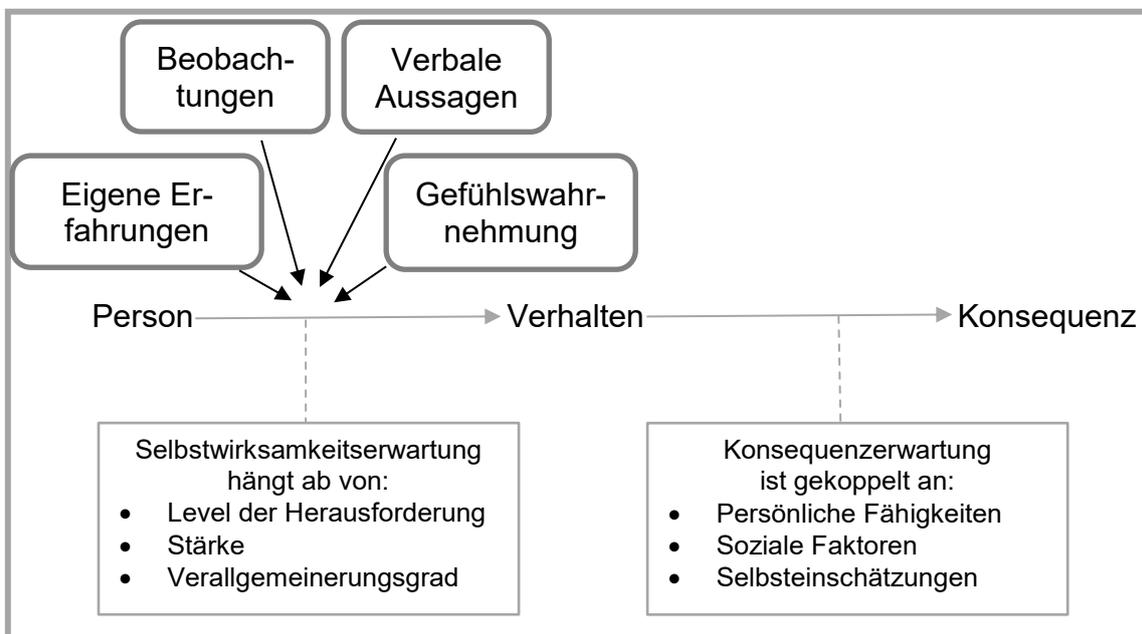


Abbildung 6: Steuerung menschlichen Handelns

(geändert nach Bandura 1977, S. 193 und S. 195)

Bandura nennt verschiedene Möglichkeiten, Selbstwirksamkeitserwartung zu erwerben. Dabei können je nach Situation eine oder mehrere Quellen wirksam sein (vgl. Bandura, 1977, S. 195–200; Schwarzer & Jerusalem, 2002, S. 42–53.; Woolfolk, 2008, S. 406–407). Die stärksten Optionen sind dabei eigene Erfolgserfahrungen, gefolgt von Beobachtungen (Modell-Lernen), sprachlichen Überzeugungen hin zu Wahrnehmungen eigener Gefühle (Schwarzer & Jerusalem, 2002, S. 42–53):

- Kompetenzerleben: Den Lernenden müssen Erfolge vermittelt werden, die sie mit ihren Anstrengungen und Fähigkeiten erklären. Dies geschieht insbesondere durch das Formulieren von Nahzielen (ebd., S. 42).
- Nachahmung bzw. Beobachtung: Gibt es keine Möglichkeit, die Erfahrung selbst zu machen, so kann diese durch Beobachtung nachempfunden werden. Dabei sollte die Person, die beobachtet wird, dem Lernenden möglichst ähnlich sein hinsichtlich Alter, Geschlecht oder anderen Attributen (ebd., S. 43).
- Verbale Überzeugungen: Strahlt jemand Autorität aus, der durch Aussagen wie „Du kannst das“ den Lernenden überzeugen möchte, so kann dies wirken. Manchmal werden Überredungsversuche auch durchschaut und bleiben wirkungslos. Eine gute Form der sozialen Persuasion liegt in der konkreten Rückmeldung durch den\*die Lehrer\*in (ebd., S. 44).
- Gefühlsmäßige Erregung: Die Wahrnehmung der eigenen Gefühle ist die schwächste Möglichkeit, Selbstwirksamkeitserwartung zu beeinflussen. Die Angst vor Anforderungssituationen kann zu einer herabgesetzten Selbstwirksamkeitserwartung führen (ebd., S. 45). Euphorie dagegen kann die Selbstwirksamkeitserwartung erhöhen (Woolfolk, 2008, S. 406).

Bedeutend für diese Arbeit sind insbesondere die ersten beiden Punkte zum Erwerb von Selbstwirksamkeit.

Nach der Selbstbestimmungstheorie (Huber, 2007, S. 151) und der Steuerung menschlichen Verhaltens (siehe Abb. 6) findet sich somit ein Zusammenhang zwischen Person, Umwelt und Verhalten (siehe Abb. 7). Dieser wird in der sozial-kognitiven Theorie Banduras näher beschrieben.

### Die Person in der sozial-kognitiven Theorie Banduras

Das Wort „sozial“ steht dafür, dass soziale Einflüsse und Beziehungen beim menschlichen Handeln eine Rolle spielen. Unter Kognitionen versteht Bandura (1999) die oben erwähnten beiden Steuerungsmechanismen menschlichen Verhaltens. Ausgehend vom zweidimensionalen Reiz-Reaktions-Schema des Behaviorismus erweiterte Bandura das

Modell um die Komponente des Verhaltens und entwickelte das triadische Modell (siehe Abb. 7). Dieses basiert auf seinen Erkenntnissen zur Selbstwirksamkeitserwartung und besagt, dass menschliches Verhalten sowohl ein Ergebnis von persönlichen Faktoren als auch von Umwelteinflüssen ist (ebd.). Die Art und Weise, wie man sich verhält, hat wiederum Einfluss auf persönliche Überzeugungen und das Umfeld. Die drei Determinanten beeinflussen sich bidirektional (ebd.).

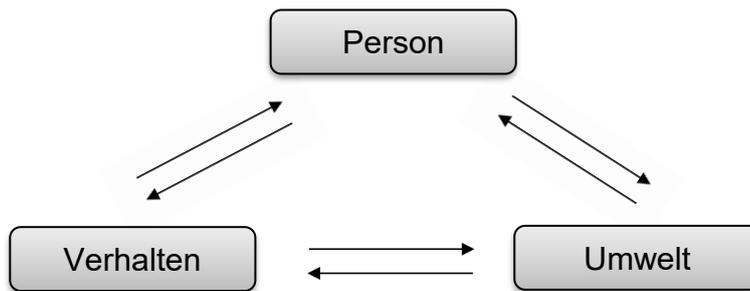


Abbildung 7: Triadisches Modell nach Bandura

(nach Bandura 1999; Bandura 2012, S. 12)

Mit Blick auf das Design Thinking-Konzept ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass Banduras Modell zur Selbstwirksamkeit von Sonalkar, Mabogunje und Cutkosky auf ein quadratisches Modell erweitert wurde (2018, S. 48–49), das die Wirkung eines Teams berücksichtigt, indem es um Artefakte erweitert wurde. Dabei verstehen die Autoren unter Artefakten ein separates Element der Umgebung, in der Design-Aktivitäten auftreten. Beispiele dafür sind unterschiedliche – vom Team selbst hergestellte – Dokumentations-typen wie Post-its, Videos oder einfache Prototypen. Das quadratische Modell liefert eine bessere Beschreibung der Kontextbedingungen (ebd.) und beschreibt einen weiteren Einflussfaktor beim Design Thinking. Ähnlich wie in Banduras Modell ändern sich die vier Elemente mit der Zeit (ebd., S. 49).

### Selbstbestimmtes Lernen und Selbstwirksamkeitserwartung

Wie oben beschrieben, unterstützt das eigenständige Formulieren von Zielen das Kompetenzerleben. Da dies ein Teilaspekt des selbstbestimmten Lernens darstellt, wird hier dieser Begriff erläutert. Konsequenzerwartungen sind u.a. an Selbsteinschätzungen gebunden.

Die Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan nennt z.B. das Autonomieerleben sowie die Kompetenzerfahrung als Einflussfaktoren für die Motivation (z.B. Deci & Ryan, 1993).

Der Oberbegriff des selbstbestimmten Lernens ist nicht klar definiert. Eine Begriffsvorstellung lässt sich über seine Unterkategorien Selbstorganisation, Selbststeuerung und Selbstregulation (Lang & Pätzold, 2006; Deitering, 2001; Konrad, 2003) gewinnen.

Die Grundlage für das selbstorganisierte Lernen wird in dem konstruktivistischen Zugang zum Lernen gesehen (Lang & Pätzold, 2006; Seifried & Sembill, 2006). Es beschreibt die Kompetenz des Lernenden, sich selbst innerhalb eines vorgegebenen Arbeits- und Auftragsrahmens organisieren zu können. Die Selbstorganisation lässt Freiraum bzgl. der eigenen Zeiteinteilung, der inhaltlichen Schwerpunktsetzung, der Gruppenzusammensetzung und der Materialauswahl. Der Lernprozess kann dabei niemals vollständig selbstgesteuert sein, sondern wird fremdbestimmt z.B. durch die Schulpflicht, die Schule, die Lehrer\*innen, die Eltern, den Stundenplan und den Lehrplan (Reinmann-Rothmeier, 2003).

Das selbstgesteuerte Lernen bezieht sich auf dieselben Aspekte: Lernziele, -inhalte, Zeit, Ort, Lernmethoden und -partner. Hinzu kommt die selbstständige Kontrolle und Bewertung des Lernerfolgs (Deitering, 1998). Selbstgesteuertes Lernen ist auch immer selbstorganisiert (Weinert, 1982).

Beim selbstregulierten Lernen ergreift der\*die Lernende Steuerungsmaßnahmen (kognitiver, metakognitiver, volitionaler oder verhaltensmäßiger Art) und überwacht den Fortgang des Lernprozesses selbst (Schiefele & Pekrun, 1996). Boekarts (1999) ergänzt dieses Modell mit der Regulation des Verarbeitungsmodus (siehe Abb. 8). Friedrich und Mandl verstehen unter selbstreguliertem Lernen eine Lernform, bei der die Lernenden die wesentlichen Entscheidungen über ihr Lernen nachhaltig beeinflussen können (ebd., 1997, S. 238). Götz und Nett definieren selbstreguliertes Lernen ausführlicher als „eine Form des Erwerbs von Wissen und Kompetenz, bei der Lernende sich selbstständig und eigenmotiviert Ziele setzen, sowie eigenständig Strategien auswählen, die zur Erreichung dieser Ziele führen und durch Bewertung von Erfolg bezüglich der Reduzierung der Ist-Soll-Differenz, Ziele und Aktivitäten im Hinblick auf eine Erreichung des Soll-Zustandes, prozessbegleitend modifizieren und optimieren“ (ebd., 2017, S. 146).

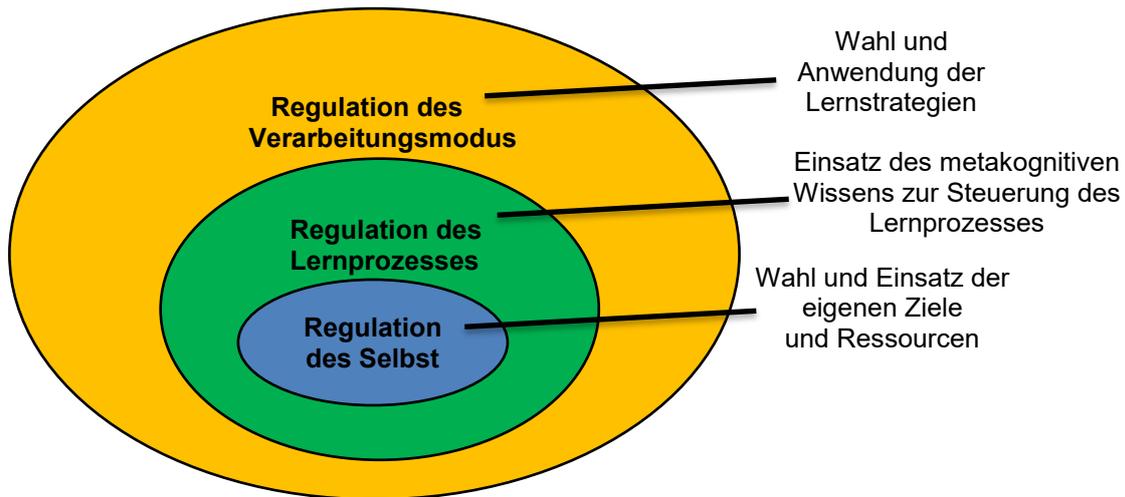


Abbildung 8: Schalenmodell der Selbstregulation

(nach M. Boekarts 1999, S. 449)

Insgesamt lässt sich festhalten, dass das selbstbestimmte Lernen stark auf die Eigenaktivität der Schüler\*innen und die Selbstorganisation beim Lernen abzielt (Stangl, 2007; Baumgartner & Häfele, 2002; Baumgartner, 2004), was bei der Konzeptentwicklung in dieser Arbeit berücksichtigt wird.

### Abgrenzung zum Konstrukt des Selbstkonzepts

Zur Ausdifferenzierung des in dieser Arbeit erhobenen Konstrukts der Selbstwirksamkeitserwartung soll dieses im Folgenden vom Selbstkonzept abgegrenzt werden.

In seiner Dissertation grenzt Malte Jansen (2014) die Begriffe Selbstkonzept und Selbstwirksamkeitserwartung voneinander ab. Zur weiteren Ausdifferenzierung wurden die theoretischen Konstrukte für die eigene Untersuchung tabellarisch gegenübergestellt (siehe Tab. 1).

Tabelle 1: Vergleich von Selbstkonzept und Selbstwirksamkeitserwartung

<b>Merkmal</b>	<b>Akademisches Selbstkonzept</b>	<b>Selbstwirksamkeit</b>
Forschungsgruppe	Marsh usw.	Bandura
Kurz gefasste Definition	Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten (Marsh & Martin 2011)	Beurteilung der eigenen Fähigkeiten (z.B. Bandura 1986)
Meist eingesetztes Instrument zur Messung	SDQ (Marsh, Barnes, Cairnes & Tidman, 1984; Marsh, 1990)	Fragebögen von Jerusalem & Schwarzer (2003), angelehnt an Bandura
Stärkste Beeinflussung durch	sozialen Vergleich (Schüler*innen vergleichen sich mit der Leistung der gesamten Klasse)	Unterrichtscharakteristika (was sich wiederum durch das Unterrichtskonzept, die Lehrkraft beeinflussen lässt)
Wirkung auf	Berufswahl	Testleistung
Abgefragte Einschätzungen sind	vergangenheitsbezogen	zukunftsbezogen
Messung über	Likert-Skalen	Likert-Skalen
Art der Fragen	allgemein	konkret
Aussagen bzgl. dieses Konstruktes beim Design Thinking	keine Aussage dazu	positiver Zusammenhang (Feldhaus et al., 2018, S.26), mit Kreativität gleichgesetzt (Jobst, 2012)
Qualität der Einschätzung der Schüler*innen	subjektiv	realistisch

Selbstkonzepte basieren auf Vergleichen mit anderen Personen (z.B. „In meiner Klasse bin ich die Beste in Chemie.“) sowie auf Vergleichen mit der eigenen Leistung in anderen Bereichen (z.B. „Ich bin in Chemie schlechter als in Englisch.“).

Selbstwirksamkeit tritt dagegen auf, wenn z.B. auch schwierige Chemieaufgaben allein gelöst werden können.

Selbstwirksamkeit ist deshalb wichtig, weil sie auf die Leistung zurückwirkt (Wenn man sich mehr zutraut, so ist man auch erfolgreicher). Sie wird durch Unterrichtscharakteristika beeinflusst. Hingegen zeigt das Selbstkonzept den angenommenen Ist-Zustand über sich selbst an und gibt damit keinen Aufschluss über Kreativitätsänderungen.

### 2.1.3 Kollaboration

Neben der Kreativität gehört die Kollaboration zu eines der vier Kompetenzen, die Schüler\*innen heutzutage erwerben sollten, weshalb hierauf im Folgenden eingegangen wird.

Ein Anhaltspunkt von Kollaboration stellt dar, ob Lernende ein Team bilden. Laut einer qualitativen Studie kann Design Thinking die Teambildung unterstützen (Lembcke, Brendel & Kolbe, 2019; Kapitel 2.2.2). Gleichzeitig erfordert erfolgreiches Arbeiten mit Design

Thinking Teamfähigkeiten (Tschepe, 2017). Da Aussagen zur Teambildung und Förderung erst mit einer Definition nachvollziehbar sind, wird im Folgenden erläutert, was unter einem Team zu verstehen ist, wie es sich bildet und welche Teamrollen die einzelnen Mitglieder innehaben können.

### Team

Ein Team ist eine Sonderform einer Gruppe (von Rosenstiel, 1994; Ueberschaer, 1997), die bestimmte Kriterien erfüllt. Unter einem Team verstehen Katzenbach und Smith eine „kleine Gruppe von Personen, deren Fähigkeiten einander ergänzen und die sich für eine gemeinsame Sache ... engagieren und gegenseitig zur Verantwortung ziehen“ (1993, S. 70). Mabey und Caird ergänzen die obengenannten Kriterien wie folgt:

- Das Team besteht aus mindestens 2 Mitgliedern.
- Das Team hat eine eigene Team-Identität.
- Das Team hat eigene Kommunikationspfade entwickelt.
- Das Team überprüft seine Effizienz (1999).

Ein Team ist demnach mehr als eine Arbeitsgruppe (vgl. Guzzo, 1996, S. 7), wobei jedes Team eine Gruppe, aber nicht jede Gruppe ein Team ist (ebd., S. 9). Zur Unterscheidung beziehen sich Autoren wie Katzenbach und Smith (1993, S. 113), Guzzo (1996, S. 8) und Wiendieck (1992, S. 2376) auf Merkmale wie Interdependenz, Aufgabenorganisation und Verantwortung. Fügt man die Definitionen zusammen, so ergibt sich das in Abbildung 9 dargestellte Bild.

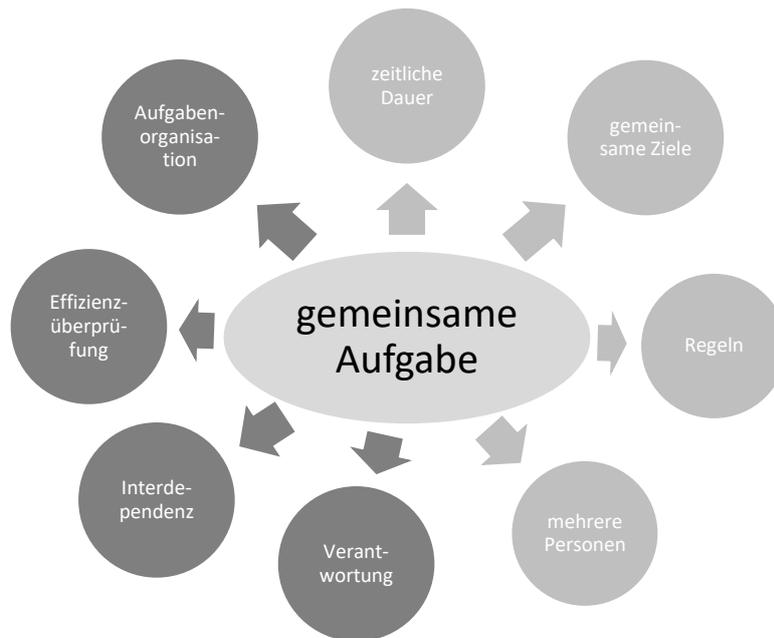


Abbildung 9: Aufgaben von Gruppen und Teams  
(Teams: zusätzliche Aufgaben dunkelgrau dargestellt)

Gute Teamarbeit setzt voraus, dass Teamvertrauen vorhanden sowie ständiges Lernen und kritisches Hinterfragen möglich ist (Gebert, 2004, S. 75). Nach Schuler (2007, S. 52) sind Zeichen für Teamvertrauen, dass z.B. Fehler nicht nachgetragen und Probleme benannt werden. Er führt Bedingungen erfolgreicher Teamarbeit auf (ebd., S. 53). Dazu gehören beispielsweise gemeinsam geteilte Aufgaben und kooperatives Engagement. Die Aufgaben müssen herausfordernd und den Fähigkeiten angemessen sein. Nach Bungard und Antoni (1995) ist zusätzlich ein adäquates Maß an Autonomie und Selbstregulation erforderlich.

Dazu nehmen die einzelnen Mitglieder verschiedene Rollen ein; diese beschreiben, welche Aufgaben und Position sie ausfüllen. Meredith Belbin beschrieb 2012 neun typische Teamrollen (siehe Tab. 2), die angeben, wie sich Personen aufgrund ihrer Persönlichkeitsmerkmale in einer Gruppe verhalten.

Tabelle 2: Merkmale verschiedener Teamrollen nach Belbin

(Belbin, 2012; nach einer Idee von Beiser, 2019)

Teamrolle	Merkmale	
<b>Koordinator*in</b>	organisiert, kontrolliert, delegiert, stellt Ziele dar, fördert Entscheidungsfindung	kommunikationsorientiert
<b>Vermittler*in</b>	verbessert Kommunikation, arbeitet kooperativ, hört zu	
<b>Weichensteller*in</b>	ist extrovertiert, begeistert, greift Ideen auf, liebt Herausforderungen, mag keine Routinearbeiten	
<b>Erfinder*in</b>	ist kreativ, hat großes Denkvermögen, lässt leicht praktische Aspekte außer Acht	sachorientiert
<b>Beobachter*in</b>	arbeitet strategisch, zeigt hohes Urteilsvermögen, wirkt wenig motiviert	
<b>Spezialist*in</b>	zeigt hohe Fachkompetenz, bearbeitet eine Aufgabe sehr intensiv, andere gar nicht	
<b>Macher*in</b>	ist dynamisch, angespannt, übt Druck aus, bekämpft Ineffizienz	handlungsorientiert
<b>Umsetzer*in</b>	ist pflichtbewusst, zeigt hohe Arbeitsleistung, wenig kreativ	
<b>Perfektionist*in</b>	ist ordentlich, unsicher, erledigt Aufgaben fristgerecht, neigt dazu, alles selbst zu machen	

Nach Belbin (2012) sollte das ideale Team aus neun Mitgliedern bestehen, von denen jedes eine der neun Teamrollen einnimmt. Dennoch muss nicht jede Rolle vorhanden sein, damit ein Team gut funktioniert. Es ist aber bei bestimmten Kombinationen besonders leistungsstark. Ein\*e Koordinator\*in ist besonders wichtig; diese\*r übernimmt die Funktion des\*r Vorsitzenden.

Gerling (2018, S. 29–30) präzisiert dies, indem er angibt, welche Teamrollen mindestens vorhanden sein sollten: Erfinder\*in (Erfinder\*in bei Belbin), Makler\*in (Vermittler\*in bei Belbin) und Besitzer\*in (Spezialist\*in bei Belbin). Zusätzlich sind noch der\*die Projekt-Owner\*in (Umsetzer\*in) und der\*die Projekt-Master\*in (Koordinator\*in) hilfreich, um ein gutes Team zu bilden (ebd.).

Wie aus einer Gruppe von Mitgliedern – hier Schüler\*innen – ein leistungsfähiges Team wird, folgt bestimmten Regeln, die Tuckmann (1965) in vier und später in fünf Phasen (Tuckmann & Jensen, 1977; siehe Abb. 10) unterteilte. In der ersten Phase, der Orientierungsphase, empfindet sich das Team noch nicht als Team. Die Gruppenmitglieder gehen höflich miteinander um und verhalten sich noch distanziert, arbeiten aber aktiv mit. Die Aufgaben sind noch nicht klar, so dass eine gewisse Unsicherheit besteht. Die Konfliktphase beginnt damit, dass nun langsam die Rollen gefunden und Grenzen abgesteckt werden. Machtkämpfe oder Konflikte bleiben dabei nicht aus, wodurch das

Arbeiten weniger effektiv ist. Der erste Motivationseffekt ist verpufft. Entwickeln sich Regeln im Umgang untereinander und sind die Aufgaben verteilt, so ist lösungsorientiertes Arbeiten möglich. An diese Norming-Phase schließt sich die effektivste Phase, die Performing-Phase, an. Sie ist gekennzeichnet durch einen wertschätzenden, respektvollen Umgang miteinander sowie eigenständiges, ideenreiches Arbeiten. Die Rollen sind eindeutig zugeordnet. In der fünften Phase würdigt der\*die Projektleiter\*in – hier die Lehrperson – die Leistungen der einzelnen Teams und schließt das Projekt ab (Tuckmann & Jensen, 1977).

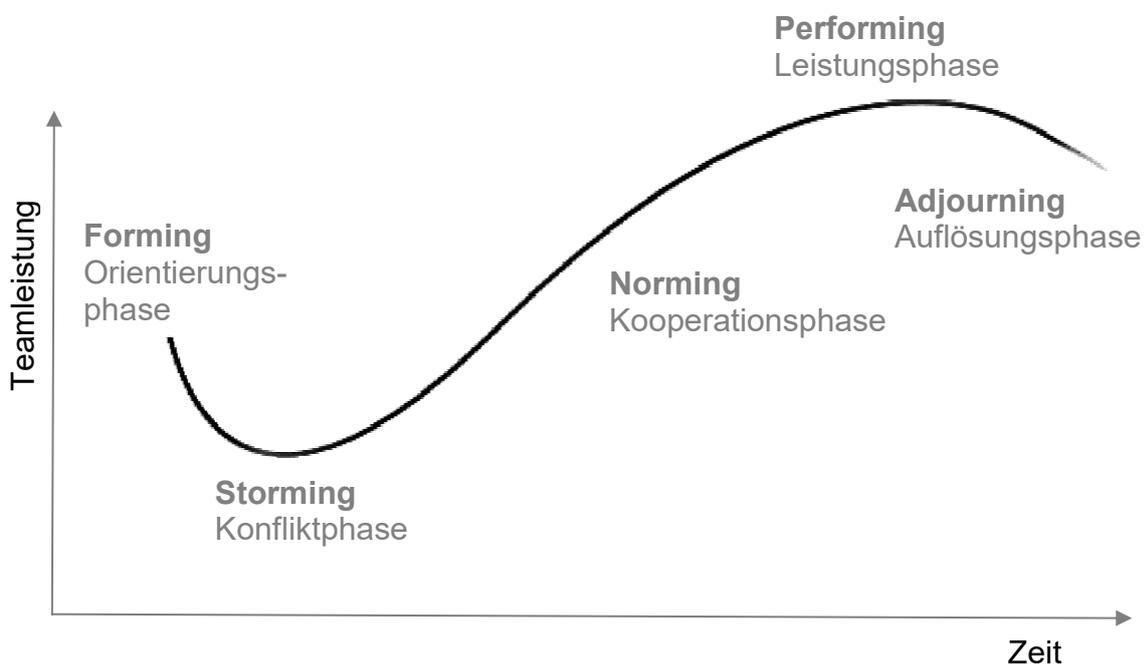


Abbildung 10: Teambildung nach Tuckmann

(geändert nach: Lipnack and Stamps, 2000, S. 5, in Anlehnung an Tuckman, 1965; Tuckman & Jensen, 1977)

Mithilfe dieses Modells lässt sich erkennen, an welchem Punkt sich die Teams gerade befinden. Dazu werden in Unternehmen prozess- oder strukturanalytische Verfahren eingesetzt. Strukturanalytische Verfahren nutzen z.B. Fragebögen, um die Einschätzung der Teammitglieder zu bestimmten Merkmalen zu erfragen (Kauffeld, 2001, S. 56).

Zu den prozessanalytischen Verfahren gehören wenig standardisierte Verhaltensbeobachtungen und Fragebögen sowie standardisierte Verfahren wie z.B. das Kasseler-Kompetenz-Raster (Kauffeld, 2001, S. 54; Kauffeld, 2002, S. 131–151).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass gute Teamarbeit von der Zusammensetzung und der Phase, in der sich das Team befindet, abhängt. Dieses hat wiederum einen Einfluss auf das Teamvertrauen.

Im Folgenden soll näher erläutert werden, wann Teamarbeit kollaborativ ist, weshalb der Begriff der Kollaboration zuerst definiert wird.

### **Kollaboration**

Dillenburg et al. geben bereits 1999 an, dass eine einheitliche Definition des Begriffes Kollaboration nicht zu leisten sei. Dennoch wird dieses Konstrukt in der Lehr-Lernforschung zum Beispiel bei den sogenannten 21st Century skills immer wieder herangezogen (vgl. Kapitel 2.1). Zu den implementierten Kompetenzen der Four C's of 21st Century Learning (Griffin, 2012) zählen Kreativität, kritisches Denken, Kommunikation und eben die Kollaboration.

Reinmann-Rothmeier und Mandl (2002) ordnen den Begriff der Kollaboration dem der Kooperation unter und Bornemann (2012) setzt sie sogar gleich. Weidner (2003) sieht im kooperativen Lernen eine „besondere Form von Kleingruppenunterricht, der ... die sozialen Prozesse beim Lernen ... strukturiert.“ Dabei zeigt das „echte(n) Team ... eine erkennbare Identität“ (ebd., S. 29).

Eine Zusammenstellung zu kooperativem Lernen findet sich bei Eilks (2003a, b), der zu den Ergebnissen von Studien über kooperatives Lernen folgende Schlüsse zieht:

- Kooperatives Lernen führt in den meisten Fällen zu einem höheren Lernerfolg.
- Kooperatives Lernen führt zu einer positiveren Einstellung zum betreffenden Unterrichtsfach und zum Lerngegenstand.
- Kooperatives Lernen trägt zu einem besseren sozialen Klima innerhalb der Lerngruppe bei.
- Kooperatives Lernen ermöglicht individuelleres Lernen.
- Kooperatives Lernen trägt zur Entwicklung der Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit bei.
- Kooperatives Lernen führt häufig zu einer positiven Entwicklung im Selbstwertempfinden.
- Kooperatives Lernen hat ein hohes Potenzial für innere Differenzierung.
- Kooperatives Lernen führt zu mehr Aktivität im Lernprozess (vgl. auch Jürgen-Lohmann, Borsch & Giesen, 2001).
- Kooperative Lernformen können zu einer Steigerung der Attraktivität des Chemieunterrichts beitragen (Eilks, 2003a, S. 54; Eilks, 2003b, S. 114).

Lai, DiCerbo und Foltz (2017) sehen einen Unterschied zum kooperativen Arbeiten darin, dass bei kollaborativer Teamarbeit gemeinsame statt individueller Ziele erreicht werden. Dabei setzt gelingende Kollaboration voraus, dass (vgl. Lai et al., 2017; vgl. Stevens & Campion, 1994):

- im Team respektvoll gearbeitet wird
- gemeinsame, motivierende Ziele verfolgt werden
- wertschätzend mit den Beiträgen anderer Gruppen umgegangen wird
- gemeinsam Verantwortung übernommen wird
- flexibel vorgegangen wird.

Spector (2015, S. 129–131) ergänzt dahingehend, dass die gemeinsamen Ziele so formuliert werden sollen, dass sie nur im Team gelöst werden können.

Diese Arbeit lehnt sich an das Verständnis der Kollaboration von Lai et al. (2017) an. Wie bei ihnen steht im Rahmen von Design Thinking ein gemeinsames Ziel im Fokus. Die Ergebnisse von Eilks (2003a, b) weisen auf eine positive Änderung des Images des Chemieunterrichts hin, was u.a. untersucht werden soll.

## 2.2 Design Thinking als Lösungsansatz

In diesem Kapitel wird näher ins Blickfeld gerückt, warum und mit welchem Unterrichtskonzept zukünftigen Herausforderungen begegnet werden kann. Dazu wird Design Thinking von anderen agilen Methoden abgegrenzt.

Einige Unternehmen nutzen bereits agile Prozesse, dennoch wird die Innovationskraft in Deutschland nicht ausgeschöpft. Dies zeigt der jährliche Innovationsindikator vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) im internationalen Vergleich. Das Innovationssystem eines Landes beruht auf sieben Rahmenbedingungen u.a. der Bildung. 2020 hat Deutschland einen Platz im Vergleich zu 2019 eingebüßt und nur noch den Rang 11 von 35 untersuchten Staaten im Bereich Bildung inne (Frietsch, Schubert, Feidenheimer & Rammer, 2020).

Der Bundesverband der deutschen Industrie e. V. (BDI) sah schon 2018 in dem „kontinuierlich schlechtere[n] Abschneiden ... Anlass zur Sorge“ und drängt die Politik, „keine Zeit [zu] ... verlieren und die Weichen ... [zu] stellen“.

Meinel, Weinberg und Krohn konstatieren 2015 diesen Mangel:

Weder Schule noch Hochschule fordern und fördern Kollaboration und multidisziplinäre Zusammenarbeit, mit fatalen Folgen – Einzelkämpfertum sieht man in Deutschland in allen Berufszweigen.... Genauso verhält es sich im Unterricht. Einzelkämpfer mit Scheuklappen und Ellbogen. Wird Design Thinking im Unterricht eingesetzt, verschwindet dieses Paradigma: Plötzlich müssen gemeinsam Ziele gesteckt ... werden. (S. 58)

Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, bereits Schüler\*innen mit innovativen Methoden wie dem Design Thinking vertraut zu machen. Dabei werden nach Fadel et al. (2017) oder P21 die Anforderungen zur Förderung der 4 Ks durch neue agile Unterrichtskonzepte erreicht. Noweski, Scheer und Büttner (2012) sehen Design Thinking als geeignete Methode zur Förderung der 4 Ks an. Allerdings gibt es noch viele andere agile Ansätze. Die in der Schule gebräuchlichsten sind neben Design Thinking noch Scrum und Kanban (vgl. Kap. 2.1).

Da der Fokus auf die Kreativität gesetzt werden soll (vgl. Kap. 2.3 und 3.4.1), ist der Design Thinking-Ansatz der vielversprechendste, denn Design Thinking stellt einen kreativen Prozess dar, der Ähnlichkeiten mit anderen kreativen Prozessen aufweist (vgl. 4 Ps von Rhodes in Kap. 2.1.1). Bei Scrum und Kanban trifft dies weit weniger zu.

Beim Design Thinking soll ein neues Produkt entwickelt werden. Der Prozess ist weniger komplex als z.B. Scrum und somit für einen Einstieg in agile Methoden besser geeignet.

Nach Einschätzung von Teilnehmer\*innen verschiedener agiler Konzepte (Komus, Ayelt et al., 2020) wurde insbesondere die Fähigkeit zur Innovation des Design Thinkings im Vergleich zu der von Scrum oder Kanban hoch eingeschätzt (ebd., siehe Abb. 11). Eine der wichtigsten Voraussetzungen für Innovationen stellt dabei die Kreativität als Grundlage zur Ideenfindung dar.

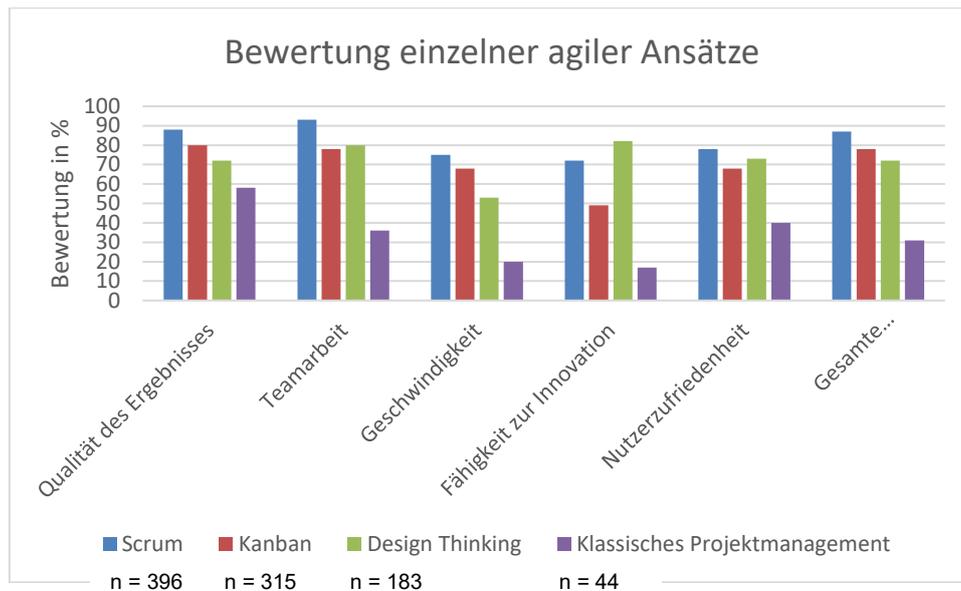


Abbildung 11: Bewertung einzelner agiler Ansätze

(geändert nach: Komus, Ayelt et al., 2020, S. 79)

Alle agilen Methoden setzen eine offene Haltung voraus (vgl. Kap. 1, 2), weshalb in diesem Kapitel sowohl die Methode (Grots & Pratschke, 2009; Meinel & Leifer, 2011; d.school, K12, o. D.) als auch die Einstellung (d.school, ME310, o. D.; Weinberg, 2016) in verschiedenen Design Thinking-Ansätzen – nach Darlegung verschiedener Definitionen – vorgestellt werden, um daraus Schlussfolgerungen für das eigene Konzept ziehen zu können (vgl. Kap. 4). Darüberhinaus werden im Anschluss an die eben erwähnten Inhalte der Prozess des Design Thinkings verschiedener Forschungsrichtungen beschrieben und Hinweise auf eine Implementierung gegeben, worauf im Kapitel 4 Bezug genommen wird.

### 2.2.1 Definitionen

Der Ansatz des Design Thinking verfolgt die Zielsetzung, für bestehende Probleme neue Lösungen zu entwickeln. Diese Lösungen orientieren sich konsequent an den Bedürfnissen der Nutzer [sic] und haben einen positiven Einfluss. Der Design Thinking Prozess ist strukturiert und erfolgt iterativ. Innerhalb des Design Thinking Prozesses setzt ein multidisziplinäres Team Techniken ein. (Schallmo, 2017, S. 14)

Design Thinking hat in den letzten Jahren weltweit in Theorie und Praxis zunehmend an Bedeutung gewonnen. Eine einheitliche Definition lässt sich in der Literatur jedoch nicht finden.

Design Thinking ist ein Innovationsansatz, der an der Universität Stanford im Silicon Valley mit dem Ziel entwickelt wurde, in Unternehmen kreative Lösungen für komplexe Probleme zu finden und dabei die Bedürfnisse des Menschen in den Mittelpunkt zu stellen (Plattner et al., 2009; d.school, o. D.; Kelley & Kelley, 2013). Während innovationschwache Unternehmen dem Druck des Fortschrittes oft nicht standhalten können, nutzen innovationsstarke Unternehmen wie SAP oder die Volkswagen AG Design Thinking und entwickeln neue nutzer\*innenorientierte Produkte (Hoffmann, Lennerts, Schmitz, Stölzle & Uebornickel, 2016). Mithilfe der Prinzipien des Design Thinkings stellte Steve Jobs 2007 das erste iPhone vor, was völlig anders aussah als alle bisherigen Telefone und machte Apple durch seine Nutzer\*innenorientierung zu einem der innovativsten Unternehmen (vgl. Wessling, H., 2011; Gürtler & Meyer, 2013, S. 10).

Für Grots und Pratschke (2009) steht der Mensch als Konsument und dessen Nutzen von Technologien im Mittelpunkt beim Design Thinking. Dabei spielen die menschlich-psychologischen Faktoren („desirability“) ebenso eine Rolle wie die technischen, prozessualen („feasibility“) und wirtschaftlichen („viability“) Faktoren.

Larry Leifer (2012), Mitbegründer des neuartigen Konzeptes, versteht Design Thinking als methodischen Ansatz komplexe Probleme zu lösen. Genutzt werden hierfür neuartige Wege zur lösungsorientierten Gestaltung. Wie bei Grots und Pratschke (2009) stehen die Bedürfnisse der potenziellen Nutzer\*innen im Vordergrund. Zudem werden durch ständige Iterationen und dem Begreifbarmachen durch Prototypen die Lösungen ständig weiterentwickelt (ebd.).

Plattner et al. (2009, S. 103) betonen besonders den Prozess und verstehen unter Design Thinking eine in allen Lebensbereichen anwendbare Innovationsmethode zur Lösung von Problemen in einem multidisziplinären Team, die bestimmte Verfahrensschritte, aber keine exakte Beschreibung zur Vorgehensweise, vorgibt. Nach Erbedinger und Ramge (2015, S. 13) bedeutet Design Thinking erfinderisches Denken (vgl. Kap. 2.2.2) in einem strukturierten, ergebnisoffenen Iterationsprozess mit intensiver Nutzer\*innenorientierung.

Curedale (2013, S. 13) sieht die Bedeutung von Design Thinking in der Kollaboration, durch die komplexe Probleme mithilfe bestimmter Methoden gelöst werden können.

Die oben aufgeführten Definitionen beinhalten gemeinsame Aspekte. Ziel des gesamten Prozesses ist immer die Verwirklichung einer Innovation, bei der eine Balance zwischen drei konkurrierenden Aspekten einreguliert werden soll. Beim Design Thinking handelt es sich um einen strukturierten, ergebnisoffenen Prozess, der die Bedürfnisse der Nutzer\*innen in den Mittelpunkt stellt. Es wird in einem interdisziplinären Team in einem die

Kreativität fördernden Raum gearbeitet. Dabei werden verschiedene Phasen durchlaufen, wobei auf diese stets wieder zurückgegriffen werden kann (iteratives Vorgehen) und so Fehler konstruktiv genutzt werden können. Dabei wechseln sich divergente mit konvergenten Phasen ab (vgl. Kap. 2.2.4). Die Entwicklung von Prototypen fördert die Weiterentwicklung von Ideen. Grundlegende Voraussetzungen zur erfolgreichen Durchführung sind eine offene Haltung gegenüber neuen Ideen.

Eine einheitliche Definition ist für Johannson-Sköldberg, Woodilla und Cetinkaya (2013, S. 131) nicht sinnvoll, da das Verständnis je nach Perspektive und Kontext variiert. K. Dorst (2011) sieht dies sogar kritisch, da mit einer einheitlichen Definition ein solch breites Konzept zu sehr vereinfacht würde.

Aktuellere Publikationen beschreiben deshalb die verschiedenen Eigenschaften, Merkmale und Anwendungen von Design Thinking in unterschiedlichen Kontexten (vgl. Tschepe, 2017; Tschimmel, 2018).

Auch in dieser Arbeit wird so vorgegangen, dass die zugrundeliegenden Prinzipien, Denkweisen und Methoden beschrieben werden. Im Anschluss wird exemplarisch der Prozess erläutert, der bereits in der Schule umgesetzt wird und deshalb Ähnlichkeiten mit dem in dieser Arbeit entwickelten Prozess zeigt.

## **2.2.2 Entstehungsgeschichte als Grundlage der Prinzipien**

Anhand der Beschreibung der historischen Entwicklung von Design Thinking können die Besonderheiten und Prinzipien nachvollzogen werden. Gleichzeitig sind sie Anhaltspunkte dafür, wie bzw. was das Konzept zur Förderung von Schüler\*innen beitragen kann.

Auf den historischen Ideen und Prinzipien aufbauend wurde 2005 die d.school von Hasso Plattner gegründet. Der in den 1920er Jahren in der Bauhaus-Bewegung formulierte Leitsatz „form follows function“ kann als Vorstufe des Prinzips der Nutzer\*innen-zentriertheit betrachtet werden (Kerguene, 2017a, S. 7). Konrad Zuse ging bereits 1941 bei der Erfindung des ersten Computers iterativ vor (ebd. S. 5).

Großen Einfluss hat auch John Arnold auf die Design Thinking-Kernelemente. Er baut seine Theorie des kreativen Mindsets auf Guilfords Intelligenzmodell auf (von Thienen, Clancey, Corazza & Meinel, 2018, S. 16). Guilford (1959) nimmt verschiedene Denkooperationen an, darunter das konvergente und divergente Denken. Dieses Denken spielt in den verschiedenen Phasen des Design Thinking eine unterschiedliche Rolle (vgl. Kapitel 2.2.4). Vier Faktoren Guilfords erscheinen in nahezu jeder Literatur zu kreativem

Denken oder Innovation (Arnold, 1956, 2016, S. 96) und sollten damit auch bei Design Thinking relevant sein. Diese sind: Problemsensitivität, Produktivität (Fluency), Originalität und Flexibilität. Sie spielen deshalb auch in dieser Arbeit eine entscheidende Rolle.

Arnold integriert neben den kreativen Elementen die Nutzer\*innen-zentriertheit und Multidisziplinarität, wodurch Design Thinking nicht nur eine Methode, sondern auch eine Haltung beschreibt. Daneben schließt er noch Erkenntnisse zum Prozessablauf von Wallas und Osborn in seine Theorien mit ein (Thienen et al., 2018, S. 16, 28; siehe Tab. 3). Graham Wallas kennzeichnet den kreativen Prozess als Abfolge von vier Phasen, deren Ergebnis eine Problemlösung sein soll (vgl. Kap. 2.1.1).

Viele Ideen Arnolds wurden laut Thienen et al. (ebd., S. 35) von seinen Nachfolgern\*innen aufgegriffen, so z.B. das visuelle Denken von Robert Mc Kim (1972). Um dies zu verdeutlichen, sind in der Abbildung 12 (vergrößerte Abbildung im Anhang J) die Phasen der von Arnold genutzten Problemlöseprozesse den Phasen unterschiedlicher Design Thinking-Ansätze gegenübergestellt. Nach Erbedinger und Ramge (2015, S. 13) bedeutet Design Thinking erfinderisches Denken, weshalb die Phasen des Erfindens nach Hill (2001) aufgeführt sind. Ein weiterer Grund dafür ist, dass sich diese Arbeit auf Hill beruft (vgl. Kap. 4).

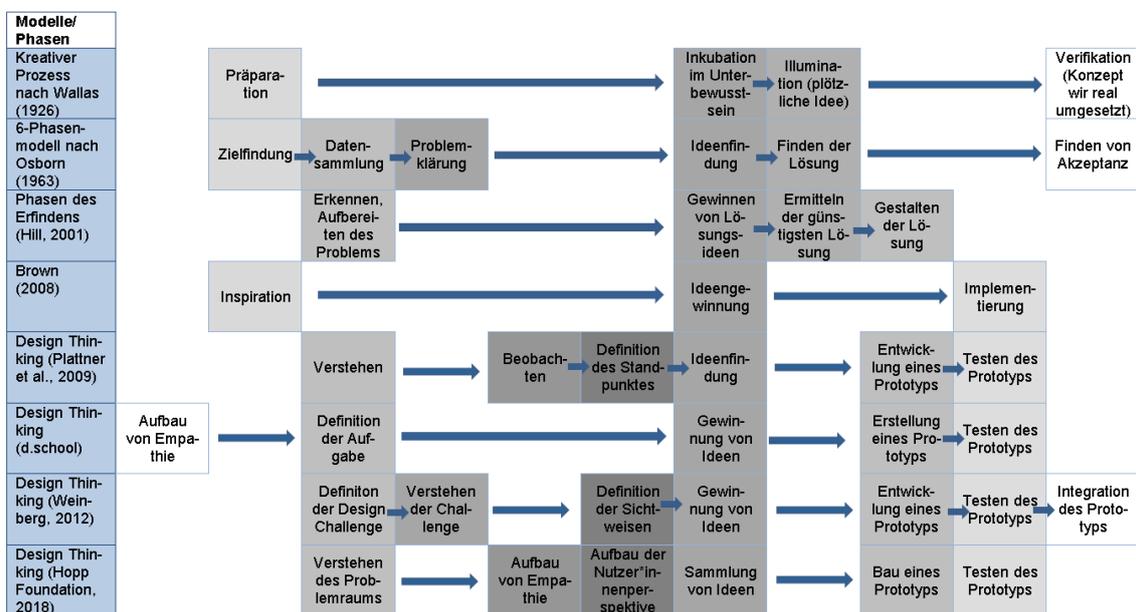


Abbildung 12: Vergleich ähnlicher Prozesse mit Design Thinking-Prozessen

Man erkennt, dass sich die Phasen gleichen. Alle – bis auf die d.school – beginnen mit einem Problem oder der Suche (Inspiration) nach einem solchen. Eine weitere

gemeinsame Phase ist das Finden einer Idee. Wallas (1926) geht dabei von einem Geistesblitz aus (Illuminationsphase), alle anderen nutzen Methoden zur Ideenfindung, wobei nur die Design Thinking-Konzepte den Vorteil der Multidisziplinarität sehen. In den Ansätzen der d.school und der Hopp Foundation sind die Phasen 1 und 2 vertauscht.

Hill (2001) hat eine Bewertungsphase integriert. Den Design Thinking-Konzepten fehlt eine solche Phase, obwohl die Bewertung einer Innovation zu den Prinzipien von Design Thinking gehört. Eine Innovation ist eine erfolgreiche Idee, die anhand verschiedener Kriterien zur Nutzer\*innenorientierung, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit beurteilt wird (vgl. z.B. Grots & Pratschke, 2009).

### **2.2.3 Prinzipien des Design Thinking**

Im Gegensatz zu traditionellen Lernmethoden ist Design Thinking nicht nur eine Methode, sondern auch eine Denkweise (Carrol, 2014) und ein dynamischer, nicht-linearer Prozess (Serrat, 2010, 2017). Es bedarf einer offenen Haltung (Gerling, 2018). Die „richtige“ Denkweise ist eine Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung von Design Thinking: „Ein Mensch mit einem verschlossenen Geist wird nie in der Lage sein, neue und nicht-traditionelle Wege und Methoden zu akzeptieren“ (Lor, 2017, S.41–42).

Einige Prinzipien, die die „richtige“ Einstellung voraussetzen, ähneln sich deshalb auch in den verschiedenen Design Thinking-Ansätzen oder hängen zumindest in irgendeiner Form zusammen (siehe Tab. 3).

Tabelle 3: Prinzipien, Einstellungen verschiedener Design Thinking-Konzepte

(geändert nach Lor, 2017, S. 42 ergänzt mithilfe von Schallmo, 2017, Seite 30-39, frei übersetzt)

<b>Brown (2008)</b>	<b>Plattner, Meinel, Weinberg (2009)</b>	<b>Carroll et al. (2010)</b>	<b>d.school (2010, 2015)</b>
Kollaboration	Multidisziplinarität	Kollaboration	Kollaboration
	Nutzer*innen-zentriertheit	Nutzer*innen-zentriertheit	Nutzer*innen-zentriertheit
	Visualisierung	Visualisierung	Visualisierung
Experimentierfreude	Kreativer Raum		Experimentierfreude
Empathie	Empathie		
		Tendenz zum Handeln	Tendenz zum Handeln
	Zeitlimits	Prozess im Blick	Prozess im Blick
Optimismus	Iteratives Vorgehen	Kultur des Prototyping	
		Transparenz	
Wissen integrieren			

Die farbliche Gestaltung der Tabelle 3 soll inhaltliche Zusammenhänge kenntlich machen, wobei der hierarchische Ablauf erhalten bleibt. So ist eine Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachrichtungen – also Multidisziplinarität – nur mit Kollaboration erreichbar. Ohne Empathie kann es keine Nutzer\*innenzentriertheit geben (vgl. Abb 12). Experimentierfreude wird durch einen kreativen Raum angeregt. Optimismus kann unterstützend wirken, wenn aus Fehlern gelernt und iterativ vorgegangen wird.

Die Prinzipien „Wissen integrieren“ und „Transparenz“ kommen jeweils nur in einem Konzept vor und stehen am Ende des jeweiligen Prozesses.

Die hier verwendeten Begriffe „Denkweisen, Einstellungen und Prinzipien“ werden in zahlreichen Forschungsrichtungen austauschbar benutzt (vgl. Schallmo, 2017), was

vermutlich darin begründet liegt, dass sie englischsprachigen Forschungsarbeiten entlehnt sind, die ausschließlich von "mindset" sprechen. Für diese Arbeit sind die Prinzipien Multidisziplinarität, Nutzer\*innenzentriertheit, kreatives Gestalten, iteratives Vorgehen und Visualisierung zentral, da sie Indikatoren der Konzeptumsetzung sind. Sie werden deshalb im Folgenden näher beschrieben, wobei sich die Reihenfolge danach richtet, in welcher Phase des im Kapitel 4 entwickelten Prozesses sie in erster Linie Anwendung finden.

### Visualisierung

Die Visualisierung soll helfen, ein gemeinsames Verständnis für das Problem im Team zu entwickeln und Zusammenhänge besser zu erkennen (Feldhaus et al., 2018, S. 18). So kann das Problem ganzheitlich mit möglichst vielen Facetten erfasst werden. Damit soll den Anforderungen an die heutige Welt außerhalb der Schule entsprochen werden (vgl. Kap. 1, 2), denn die Inhalte sind nicht – im Gegensatz zum herkömmlichen Unterricht – in Einzelteile zerlegt. Die Visualisierung spielt in allen Phasen des Design Thinking-Prozesses eine Rolle (siehe folgende Phasen). Das Lernen mit allen Sinnen unterstützt zudem die Behaltensleistung.

### Nutzer\*innenzentriertheit (Empathie, Perspektivwechsel)

Nach Schallmo (2017, S. 1) ist die konsequente Orientierung an Nutzer\*innenbedürfnissen „ein wesentlicher Erfolgsfaktor“. Menschen, die eine nutzer\*innenzentrierte Denkweise haben, sind in der Lage, sich in andere hineinzusetzen und einen Perspektivwechsel vorzunehmen (Lee, 2018, S. 35). Dabei dienen die Bedürfnisse der Menschen als Inspirationsquelle für neue Ideen, die dann als Prototyp in eine problemorientierte Lösung umgesetzt werden (Weinberg, 2012; Plattner, 2009; Brown, 2008).

Neben der Anwendung von Methoden sind Empathie und Perspektivwechsel nach dem aktuellen Orientierungsrahmen für globale Entwicklung erforderlich (KMK und BMZ, 2016, S. 10, 88).

### Multidisziplinarität (Kollaboration)

Nur der Ansatz von Plattner und Weinberg (2012) nennt Multidisziplinarität als notwendige Grundhaltung, um kreative Lösungen zu finden, da so insgesamt breiteres Fachwissen genutzt werden kann. Sie sehen gute Teamarbeit als wichtig an. Schallmo (2017, S. 15) gibt die optimale Teamgröße mit vier bis sechs Teilnehmern\*innen an, die sich in ihrer Persönlichkeit und ihrem Wissen unterscheiden sollen. Auch Gürtler und Meyer

(2013, S. 77) halten diese Gruppengröße für geeignet, da so verschiedene Meinungen geäußert und dennoch schnelle Entscheidungen gefällt werden können.

Die persönlichen Eigenschaften der Teammitglieder sind nach Plattner und Meinel (2009, S. 72–75, S. 114) Optimismus, Empathie, integratives Denken, Experimentierfreude und Kooperationsfähigkeit. Empathie ist wichtig, um sich in den\*die Nutzer\*in hinein denken zu können und die Perspektive zu wechseln. Mit integrativem Denken können Produkte und Prozesse analysiert werden, Fehler erkannt und die passendste Lösung ausgewählt oder neu entwickelt werden (Schallmo, 2017, S. 17).

Die Persönlichkeitstypen mit den genannten Eigenschaften können mit Persönlichkeitstests erkannt werden. Fehlen wichtige Persönlichkeitsmuster in einem Team, so sollten diese nach Wilde (2009) bestimmt werden, damit die Teilnehmer\*innen diese kompensieren können.

Nach Kelley und Kelley (2005) braucht es sogar zehn verschiedene Persönlichkeiten, um Innovationen hervorbringen zu können. Dabei geht es ihnen ähnlich wie Plattner (2009) in erster Linie um Eigenschaften wie Experimentierfreude, Kooperation und Empathie. Diese Persönlichkeiten sollten bestimmte Herausforderungen meistern. So ergab eine qualitative Studie von Lembcke, Brendel und Kolbe (2019), in der 13 Personen befragt wurden, die in der Tabelle 4 aufgeführten Herausforderungen. Gleichzeitig berichteten einige Studierende, dass ihnen die Design Thinking-Projekte vermutlich zukünftig helfen werden, im Team zu arbeiten (ebd., S. 144).

Tabelle 4: Herausforderungen für Studierende beim Design Thinking

(geändert nach Lembcke, Brendel &amp; Kolbe, 2019, angepasst an die Schulsituation)

Herausforderungen	Beispiele
Unterschiedliche Arbeitsformen	Mangelnde Verlässlichkeit von Teammitgliedern
	Fehlen von Schülern*innen macht Updates erforderlich
Zusammenarbeit im Team	Unterschiedliche kulturelle Prägungen
	Mehrere Alpha-Personen in einem Team
	Mangelndes Vertrauen unter den Teammitgliedern
	Teammitglieder sprechen Probleme in der Zusammenarbeit nicht an
	Destruktive Lösung von Teamkonflikten
Eigene Vorstellungen	Unterschiedliche Zielvorstellungen
	Mangelnde Reflexionsbereitschaft des eigenen Verhaltens
Unterschiedliche Kenntnisse	Teammitglieder haben unterschiedliches Vorwissen
	Besserwisserei führt zu Teamkonflikten
	Schwierigkeiten, die Talente und Expertisen einzelner Teammitglieder frühzeitig zu erkennen
Beeinträchtigte Wissens- und Erfahrungsweitergabe	Mehrere starke Teampersönlichkeiten treiben ihre eigenen Ideen voran
	Es fällt Teammitgliedern schwer, außerhalb ihres Erfahrungshorizontes zu denken

### Kreatives Gestalten (Kreativer Raum, Experimentierfreude)

Nach Amabile (vgl. Kap. 2.1.1) beeinflusst das Umfeld maßgeblich, ob ein kreatives Produkt gestaltet werden kann. Eine ideenförderliche Aufteilung und Einrichtung gewährleistet erst das kreative Arbeiten in einem Team (Schallmo 2017; Hoffmann et al. 2016; Gürtler & Meyer 2013). In Form von Materialien für die Visualisierung und Prototypgestaltung, verrückbare Möbel und Flipcharts kann das Umfeld die Kreativität unterstützen. So schlägt Schallmo (2017, S. 21) für die praktische Umsetzung eine Materialbox vor (z.B. Strohhalme, Bleistifte, Haftnotizen, Kleber, Lineal, Papier, Scheren, Radiergummi).

### Iteratives Vorgehen (Fehler nutzen)

Fehler machen die Teammitglieder darauf aufmerksam, dass sie einen Schritt zurückgehen sollten.

Das Begehen von Fehlern wird als wichtiger Bestandteil des Innovationsprozesses angesehen (Jenkins, 2010; Hoffmann et al., 2016). Prototypen dienen dabei als eine fortgeschrittene Version von Trial-and-Error, bei der "Fehler" zu einem Werkzeug werden, um schnell zu lernen (Roth, 2015, S. 121–122; von Thienen et al., 2017, S. 2; 2018, S. 31).

Brandt und Eagleman (2018, S. 157) sehen ebenso Fehler in einem kreativen Prozess als notwendig an. Sie erklären, dass viele Ideen erforderlich sind, wenn Veränderungen stattfinden sollen (ebd., S. 154). Fehler helfen dabei, die Grenzen zu erkennen und andere Ideen zu entwickeln (Wylie 2001, S. 272). Fehler zu Beginn eines Prozesses zu machen, sei zudem kostengünstiger (ebd., S. 195).

Die Angst vor Fehlern verhindert aber, dass man Neues probiert und man nur nach der einen richtigen Lösung sucht (Lee, 2018, S. 34). Kelley und Kelley (2013, S. 43) erwähnen den Stanford Professor Bob Sutton und den IDEO Partner Diego Rodriguez, die oft den Satz „Failure sucks, but instructs“ von sich gegeben haben. Die Teilnehmer\*innen ihrer Workshops sollten die Fehler „feiern“, wodurch es kein Problem mehr darstellte, Fehler zu zeigen (Roth, 2015, S. 121–122).

Eine Verbesserung ist nach Corazza (2016) durch metakognitive Kontrolle möglich. So kann ein Misserfolg in einen Durchbruch verwandelt werden, wenn er dazu benutzt wird, schlechte Ideen oder fragwürdige Überzeugungen zu identifizieren. Dann kann eine divergierende Suche nach neuartigen Ideen folgen, bis der Prozess zu einer neuartigen und nützlichen Lösung konvergiert (Corazza, 2016).

Abschließend werden die soeben erläuterten Prinzipien ihrem Nutzen und dem damit verfolgten Ziel zugeordnet (siehe Tab. 5).

Tabelle 5: Prinzipien beim Design Thinking mit jeweiligem Nutzen und Ziel

<b>Prinzip</b>	<b>Nutzen</b>	<b>Ziel</b>
Visualisierung	Erkennen von Zusammenhängen	Gemeinsames Verständnis für das Problem, bessere Behaltensleistung
Nutzer*innenzentriertheit	Einbringen von Empathie, Orientierung	Perspektivwechsel, Bedürfnisse als Inspirationsquelle für neue Ideen (Kreativität)
Multidisziplinarität	Nutzung breiteren Fachwissens, verschiedene Persönlichkeiten mit unterschiedlichem Wissen und Stärken	Finden kreativer Lösungen, Akzeptieren unterschiedlicher Meinungen, dennoch schnelle Entscheidungen
Kreatives Gestalten (kreatives, vielfältiges Material)	Entwickeln von Experimentierfreude, Anwenden divergenten Denkens	Gestaltung eines kreativen Produktes (Nutzer*innenorientierung)
Iteratives Vorgehen	(Frühzeitiges) Lernen aus Fehlern	Schnelleres Verbessern eines Prototyps

### Design Thinking und Innovationen

Neben den Phasen und Denkweisen spielen noch weitere Aspekte bei der Charakterisierung von Design Thinking eine Rolle. So unterteilt Kerguenne (2017b) Design Thinking in der HPI School of Design Thinking in drei Einheiten: place, people, process. Das Prinzip der Nutzer\*innenorientierung ist bei ihr im Prozess integriert, wohin gegen Weinberg (2012) dies als eine weitere Einheit sieht. Diese Einheit setzt den Menschen als Ausgangspunkt an und beschreibt das Zustandekommen einer Innovation (siehe Abb.13).

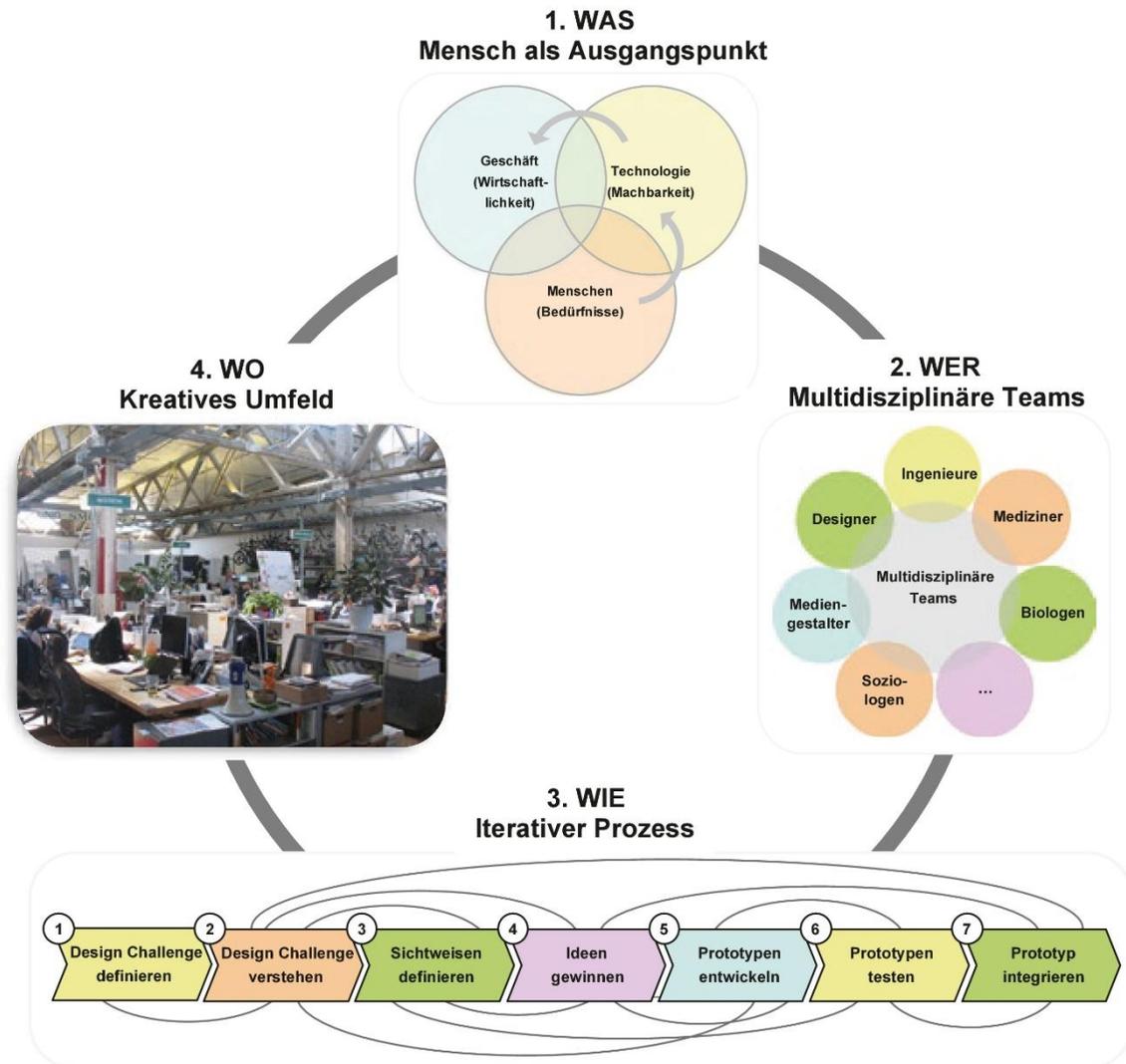


Abbildung 13: Prinzipien von Design Thinking

(aus Schallmo, 2017, S. 17 in Anlehnung an Weinberg 2012)

Damit aus einer Idee eine Innovation wird, braucht es eine Balance zwischen Machbarkeit, Bedürfnis und Technologie (Gürtler & Meyer, 2013, S. 11–12; siehe Abb. 13).

Ohne Innovation gibt es keinen Fortschritt und ohne kreative, qualifizierte Menschen, die diese zukünftigen Anforderungen erfüllen können, gibt es keine Innovation (Noweski 2012, S. 80). Aus diesem Grunde müssen zukünftige Innovatoren\*innen, sowohl als soziale als auch als professionelle Menschen, mit den Fähigkeiten des 21. Jahrhunderts ausgestattet werden (Carroll et al., 2014, S. 15).

## 2.2.4 Vorgehensweise und Methoden beim Design Thinking

Bevor im Folgenden der für Schulen entwickelte Ansatz der Hopp Foundation (2018) mit den einzelnen Phasen näher beschrieben und mit anderen Forschungsarbeiten ergänzt wird, erfolgt eine Einordnung in Lehr-Lern-Konzepte, um das Konzept nachvollziehen zu können. Anschließend werden Methoden, die in den einzelnen Phasen vielversprechend sein sollen, aufgeführt.

### Einordnung in Lehr-Lern-Konzepte

Noweski, Scheer und Büttner (2012) ordnen das Design Thinking-Konzept in die Lehr-Lern-Theorie des Konstruktivismus ein (siehe Abb. 14) und vergleichen es mit der Theorie von Dewey. Gemeinsamkeiten sind z.B., dass Lehrer\*innen eher als Vermittler\*innen fungieren, dass Fragestellungen aus einem realen Lebenskontext stammen und Schüler\*innen mehr als im herkömmlichen Unterricht Entscheidungen z.B. hinsichtlich des Themas, der Zeiteinteilung, der Gruppenzusammensetzung selbst treffen dürfen (ebd.). Sie argumentieren, dass die Fähigkeiten des 21. Jahrhunderts besonders gut durch eine deduktive Methode aus der Perspektive des Konstruktivismus vermittelt werden können (ebd., S. 77). Dennoch wird die Methode von Dewey in Schulen nur selten umgesetzt, was ihrer Meinung nach daran liegt, dass sie zu abstrakt ist (ebd., S. 78). Die Autorinnen sehen Design Thinking als Unterstützung für Lehrer\*innen an, die neues Unterrichten umsetzen wollen (ebd.). Ihre Aussage begründen sie mit Selbstwahrnehmungen der teilnehmenden Probanden\*innen, was sie aus den Ergebnissen von Befragungen von Lehrern\*innen und Schülern\*innen zweier zehnten Klassen, die parallel entweder mit Design Thinking oder der Dewey-Methode unterrichtet wurden, ableiteten.

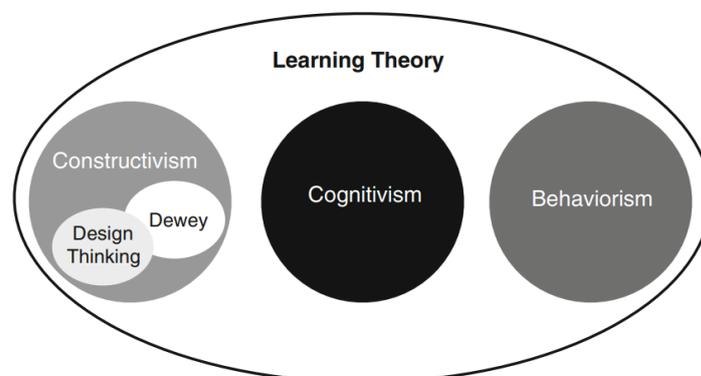


Abbildung 14: Philosophischer Rahmen von Lerntheorien

(aus: Noweski et al., 2012, S. 76)

Vergleicht man den lerntheoretischen Ansatz des Konstruktivismus nach Reinmann-Rothemeier und Mandl (1996) mit dem Design Thinking-Ansatz, so fallen auch hier Parallelen hinsichtlich der Stellung der Lernenden, der Unterstützung, der Art des Lernens und des Einflusses der sozialen Umgebung auf (siehe Tab. 6).

Tabelle 6: Umsetzung konstruktivistischer Merkmale im Design Thinking

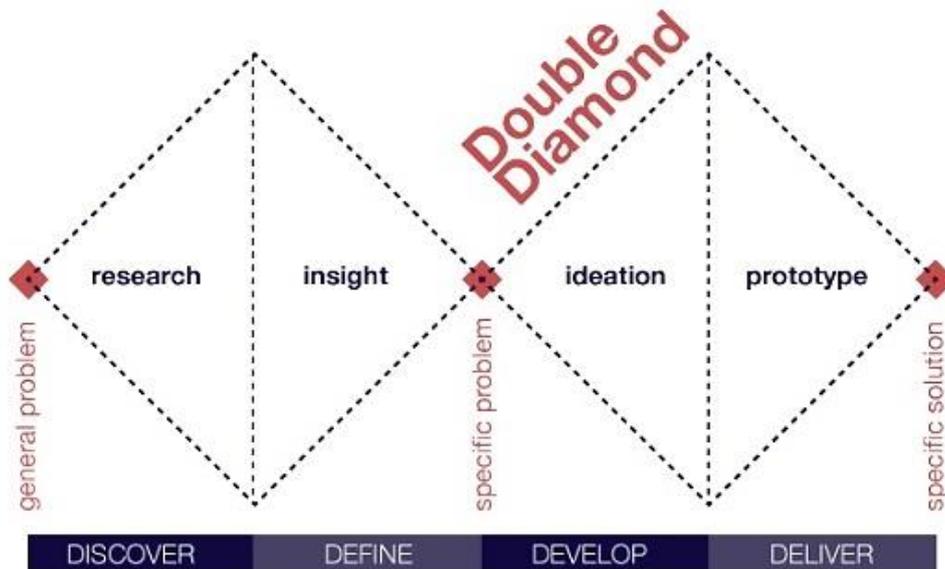
<b>Kriterium</b>	<b>Merkmal des Konstruktivismus</b>	<b>Verwirklichung beim Design Thinking</b>
Stellung der Lernenden	Aktive Beteiligung der Lernenden durch Interesse	Wecken des Interesses durch authentisches Problem, Schüler*innen sind aktiv z.B. bei eigener Ideenentwicklung
Unterstützung des Lernprozesses	Lernen durch Selbststeuerung	Schüler*innen arbeiten nach ihrem eigenen Zeitplan, tauschen sich aus, steuern ihren Lernprozess relativ eigenständig
Art des Lernens	Lernen ist konstruktiv, Aufbauen auf den individuellen Erfahrungen und dem eigenen Wissen	Basiswissen nötig, um Problem zu lösen, Erfahrungen fließen dabei mit ein
Art der Anbindung des Lernens	Lernen im Kontext	Spezifisches Problem
Einfluss der sozialen Umgebung	Lernen ist ein sozialer Prozess	Teamarbeit

## Phasen

In Literatur und Praxis existieren verschiedene Prozessmodelle, wobei sich die Prozessphasen unterscheiden und ihre Benennung variiert.

Allen Modellen ist gemeinsam, dass sich divergierende mit konvergierenden Phasen abwechseln. So soll in den ersten Phasen ein möglichst breites Blickfeld eröffnet werden (divergent), um viel Input zu gewinnen. Danach einigen sich die Teammitglieder auf wenige Sichtweisen (konvergent). Anschließend werden Ideen für Lösungen gewonnen (divergent) und Prototypen entwickelt, um im Anschluss an den Test von Prototypen sich auf einen zu konzentrieren, der in ein Geschäftsmodell integriert wird (konvergent) (Schallmo, 2017, S. 17–18).

Diesen zweimaligen Wechsel von divergentem zu konvergentem Vorgehen symbolisieren einige Unternehmen bzw. Forscher\*innen durch zwei „Diamanten“ (siehe Abb. 15).



Olga Carreras Montoto, CC BY 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>, via Wikimedia Commons

Abbildung 15: Divergentes, konvergentes Vorgehen beim Design Thinking

Uneinigkeit herrscht bei der Zuordnung der Entwicklung von Prototypen. So handelt es sich dabei nach Schallmo (ebd.) und z.B. Ordóñez, Lema und Puga (2017) um eine divergente Phase. Es werden mehrere Prototypen „gebaut“. Andere Forscher\*innen wie Depiné, de Azevedo, Santos und Eleutheriou (2017) oder die d.school (o.D.) sehen darin konvergentes Vorgehen und entwickeln nur wenige bzw. nur einen Prototyp. In dieser Arbeit wird der zuletzt genannten Sichtweise gefolgt.

Zur exemplarischen Beschreibung der Phasen wird im Folgenden der Ansatz der Hopp Foundation (Feldhaus et al., 2018) herangezogen. Dieser wurde für Lehrkräfte, die Design Thinking in den Unterricht integrieren wollen, konzipiert (siehe Abb.16). Dabei wird die Beschreibung der Phasen noch mit Informationen anderer Autoren\*innen ergänzt, soweit sie für diese Arbeit relevant sind.

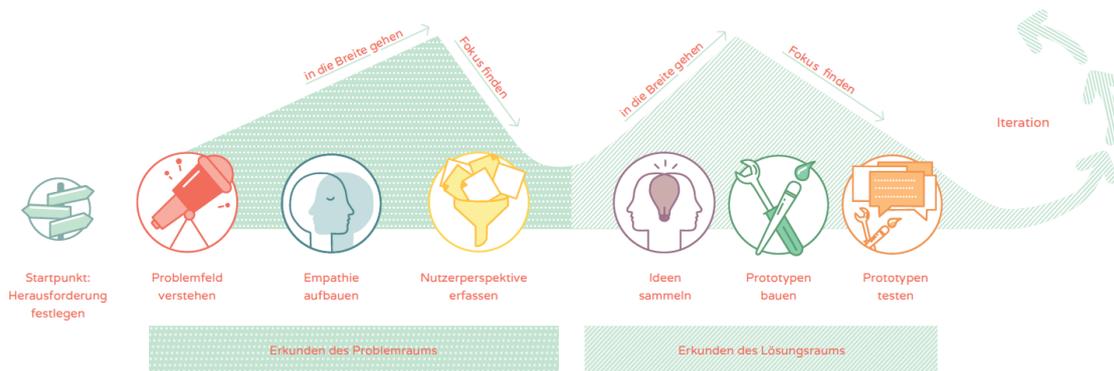


Abbildung 16: Design Thinking nach der Hopp Foundation

(aus: Feldhaus et al., 2018, S. 38–39)

Der Ansatz der Hopp Foundation geht von sechs Phasen aus, wobei die ersten drei dazu dienen, das Problem und die letzten drei die Lösung genau zu erkunden. Die Phasen lehnen sich an die der d.school (stanford.edu, o. D.) an und enthalten Elemente des Ansatzes von Weinberg (2012).

Laut der Hopp Foundation soll Design Thinking dabei helfen, soziale und kreative Fähigkeiten zu entwickeln, die Schüler\*innen in die Lage versetzen, Probleme in Teamarbeit anzugehen und in einem systematischen Prozess neue Lösungen zu finden. Die Schüler\*innen sollen dabei Selbstwirksamkeit erfahren (vgl. Kap. 2.1.2). Dieser Ansatz stellt die Bedeutung des kreativen Raums, des Teams und des iterativen Prozesses heraus und betont die Rolle der Lehrkraft als Lernbegleiter\*in (Feldhaus et al., 2018).

### Phase 1: Problemraum verstehen

Das komplexe Problem soll zuerst in spezifischere Teilprobleme unterteilt werden, die so erst für das Team lösbar werden. Erst danach können Ideen in der Phase 4 für ein Teilproblem entwickelt werden. Die Herausforderungen in dieser Phase sind, die Schüler\*innen dazu zu bringen, sich auf die Arbeit in einem Team einzulassen und sich von ihrer eigenen Perspektive zu lösen. Ihre Gedanken sollen die Jungen und Mädchen visualisieren. Somit stellt die Visualisierung ein wichtiges Prinzip dieser Phase dar.

Da weder die Hopp Foundation (2018) noch Weinberg (2012) näher erklären, was ein geeignetes Problem ist, damit Design Thinking funktionieren kann, sollen im Folgenden Definitionen von Problemen anderer Autoren\*innen vorgestellt werden. Probleme werden dadurch von einer Aufgabe abgegrenzt, dass die Lösung von Problemen mit Schwierigkeiten verbunden ist.

Lewrick, Link und Leifer (2018, S. 50–51) unterteilen Probleme in drei Arten (siehe Abb.17): klar definierte, unklar definierte und unbekannte Probleme. Beim Design Thinking kommen ihrer Ansicht nach meist letztere vor, die mithilfe bestimmter Methoden wie z.B. mit „Wie könnte man...?“-Fragen greifbar gemacht werden können (ebd., S. 51). Diese „wicked problems“ zeichnen sich dadurch aus, dass mehrere Lösungen gefunden werden können. Es gibt nicht nur eine Lösung. Weiterhin ist das eigentliche Problem nicht bekannt, weshalb vorläufige Problemdefinitionen verwendet werden. Durch Iterationen wird das Problemverständnis verändert, wodurch meist nur kurzfristige Lösungen gefunden werden. Unberücksichtigt bleiben Probleme, bei denen das Problem klar ist, es aber auf unterschiedlichen Wegen mehrere Lösungen gibt.

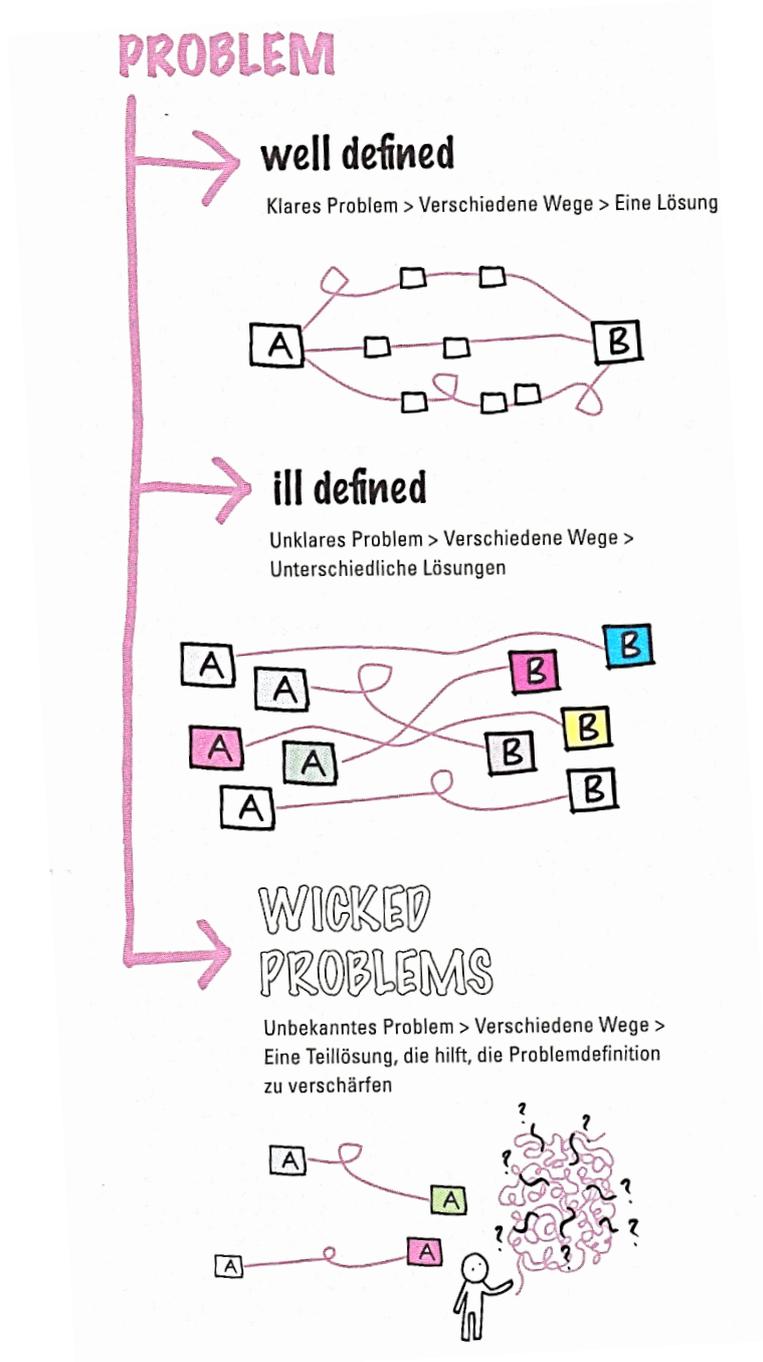


Abbildung 17: Unterschiedliche Arten von Problemen

(aus: Lewrick, Link &amp; Leifer, 2018, S. 51)

Ähnlich wie bei Lewrick et. al sind es bei Simon (1977) „ill-structured“ und bei Buchanan (1992) „wicked problems“, die beim Design Thinking genutzt werden. „Wicked“ Probleme kann man nach Rittel und Webber (1973) anhand von zehn Merkmalen erkennen:

1. Es gibt keine definitive Formulierung eines solchen Problems.

2. Die Probleme haben keine wirkliche Lösung; man könnte immer noch eine bessere Lösung finden.
3. Die Lösungen sind nicht wahr oder falsch, sondern gut oder schlecht.
4. Es gibt keinen sofortigen und keinen ultimativen Test einer Lösung für ein solches Problem.
5. Es gibt keine Möglichkeit, durch Versuch und Irrtum zu lernen. Jeder Versuch zieht Konsequenzen nach sich.
6. „Wicked“ Probleme haben keine erschöpfend beschreibbare Menge potenzieller Lösungen.
7. Jedes Problem ist im Wesentlichen einzigartig.
8. Jedes Problem kann als Symptom eines anderen Problems betrachtet werden.
9. Das Vorhandensein einer Diskrepanz, die ein solches Problem darstellt, kann auf zahlreiche Arten erklärt werden. Die Wahl der Erklärung bestimmt die Art der Lösung des Problems.
10. Die Problemlöser\*innen haften für die Folgen ihrer Handlungen (ebd.).

Diese Merkmale sind mit denen von Lewrick et al. (2018) vergleichbar.

Ähnlichkeiten zeigen sich auch zu den sogenannten „Socio-Scientific Issues“ (SSI). Hier werden Probleme als komplexe gesellschaftliche Herausforderungen angesehen, die keinen eindeutigen Lösungsweg haben und naturwissenschaftliche Aspekte enthalten (Rafolt, S., Kapelari, S., & Kremer, K., 2019). Auch bei Lee (2018, S. 159) findet man den gesellschaftlichen Bezug, da es für ihn Probleme aus der realen Welt sind, die beim Design Thinking nützlich sind. Starke (2013) spricht beim Design Thinking von authentischen Problemen. Dies sind Probleme, die mehreren Disziplinen zuzuordnen sind und die für die Betroffenen persönlich relevant sind (ebd., S. 16).

## Phase 2: Empathie aufbauen

In dieser Phase lernt das Team die beteiligten Nutzer\*innen kennen, die für das Problem relevant sind. Es erkennt die unterschiedlichen Bedürfnisse, Wünsche und Ängste verschiedener Nutzer\*innengruppen. Dazu können die Nutzer\*innen z.B. interviewt oder beobachtet werden. Die Teammitglieder sollen sich auf die Sichtweisen anderer einlassen. Diese unterschiedlichen Perspektiven erfassen das Problem tiefergehend. Unterschiedliche Aspekte eines Problems werden geschildert. Die Lernenden überwinden

mögliche Vorurteile, indem sie sich in die Gedanken anderer hineinversetzen. Dieser Perspektivwechsel ist notwendig, um das Teilproblem für den\*die Nutzer\*in lösen zu können.

### Phase 3: Nutzer\*innenperspektive erfassen

Die Erfahrungen und Beobachtungen werden analysiert und strukturiert dargestellt. Dazu stellt das Team die Gemeinsamkeiten und Unterschiede aus den Interviews oder Beobachtungen aus Phase 2 heraus und erstellt mit diesen Informationen eine\*n typische\*n Nutzer\*in, die sogenannte Persona. Die sich ergebenden Erkenntnisse sollen helfen, den Problemraum aus unterschiedlicher Perspektive zu betrachten und ihn umfassender darzustellen. Anschließend einigt sich das Team darauf, für welche\*n Nutzer\*in mit welchem Bedürfnis ein bestimmtes Teilproblem angegangen werden soll. Es ist wichtig, sich auf eine\*n Nutzer\*in zu fokussieren, da eine Idee meist nicht viele Probleme lösen kann.

### Phase 4: Ideen sammeln

Ziel dieser Phase ist es, möglichst viele Ideen bzw. Lösungsansätze zu erdenken. Die Design Thinker\*innen sollen diese erst einmal nicht bewerten und keine Kritik äußern. „Ja, aber“-Einwände werden zurückgestellt. Dadurch, dass die Teammitglieder auf den Ideen der anderen aufbauen sollen, wird erreicht, dass viele Ideen gefunden werden. Damit erhöht sich die Wahrscheinlichkeit einer zweckmäßigen Lösung. Erst danach wird eine Idee für die Weiterarbeit ausgewählt. So gelangen die Jungen und Mädchen vom divergenten zum konvergenten Denken.

### Phase 5: Prototypen bauen

Hier geht es darum, die Idee „greifbar“ zu machen; die Idee wird visualisiert. Mithilfe einfacher Materialien wird ein Prototyp erstellt. In dieser Phase sind die Experimentierfreude und die Tendenz zum Handeln wichtige Prinzipien. Gemeinsam im Team müssen Entscheidungen darüber getroffen werden, wie und mit welchem Material der Prototyp erstellt werden soll. Kritische Eigenschaften oder Merkmale der Idee können herausgearbeitet werden, um das Teilproblem für den\*die Nutzer\*in lösen zu können.

### Phase 6: Prototypen testen

Die Design Thinker\*innen holen sich direktes Feedback von dem\*der Nutzer\*in ein. Dazu wird er\*sie über den Prototyp befragt. Die Antworten helfen, die Lösung zu verbessern

und stärker an die Bedürfnisse der Persona anzupassen. Es wird iterativ vorgegangen und das Scheitern soll nicht als etwas Schlimmes, sondern als Erfolg gesehen werden.

Es kann sein, dass bereits in einer früheren Phase im Prozess zurückgegangen werden muss.

In dem oben dargestellten Ansatz fließt zwar die Nutzer\*innenorientierung (Befragungen der Nutzer\*innen über den Prototyp), aber nicht die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit ein. Da erst unter Berücksichtigung aller drei Punkte eine Innovation entsteht (vgl. Abb. 12), soll in dieser Arbeit eine Bewertungsphase unter Berücksichtigung der Gesichtspunkte der Wirtschaftlichkeit und Machbarkeit integriert werden (vgl. Kap. 4.1).

Bewertungsphasen gibt es in verschiedenen Ansätzen. An dieser Stelle werden nur die vorgestellt, die Ähnlichkeiten mit dem Design Thinking aufweisen (vgl. Kap. 4). Dies ist bei der Methode des „Erfindens“ von Hill (2001) der Fall. Er sieht für die Bewertung folgende Methoden vor (ebd., S. 97–102):

**Dualbewertung:** Die Lösungsvariante wird daraufhin bewertet, ob sie das Bewertungskriterium erfüllt oder nicht. Anschließend wird die Summe über alle Kriterien gebildet.

**Punktbewertung:** Jedem Bewertungskriterium wird eine Punktzahl von z.B. 1 bis 6 zugeordnet.

**Gestufte Bewertung:** Es werden nur Lösungsvarianten weiter betrachtet, die wichtige Kriterien erfüllen.

Vergleichbare Methoden haben Eggert und Bögeholz (2006) in ihrem Strukturmodell für den Kompetenzbereich Bewertung hergeleitet. Dabei liegt der besondere Fokus auf dem Kontext nachhaltiger Entwicklung.

Dieses Modell eignet sich, um eine mögliche Verbesserung der Schüler\*innen hinsichtlich dieser Kompetenz aufzuzeigen (ebd.). Die Autorinnen greifen dabei auf Prinzipien von Kompetenzmodellen von Scientific Literacy bzw. Science Education zurück und unterteilen die Bewertungskompetenz in vier Bereiche (siehe Abb. 18). Der erste Bereich des „Kennen und Verstehen von Nachhaltiger Entwicklung“ ist für diese Arbeit relevant.

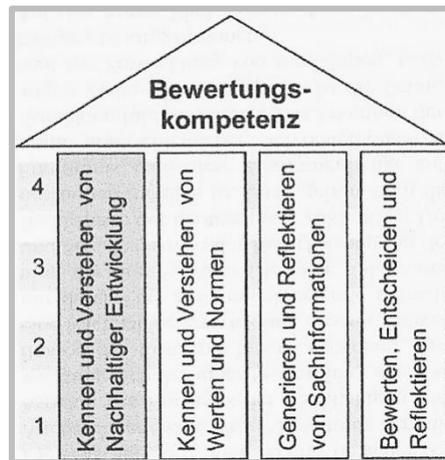


Abbildung 18: Göttinger Bewertungs-kompetenzmodell

(aus: Eggert &amp; Bögeholz, 2006, S. 189)

Die Bereiche werden weiter in vier Niveaustufen unterteilt. Sie unterscheiden sich in ihrer Komplexität (siehe Tab. 7). Je höher das Niveau ist, desto höher ist die Bewertungs-kompetenz der Schüler\*innen. So entspricht intuitives Entscheiden einem geringeren Niveau als z.B. Entscheiden mithilfe von Kriterien.

Zur Förderung der Bewertungs-kompetenz schlagen Eggert und Bögeholz (ebd., S. 180) Entscheidungsstrategien als Methoden zur Bewertung vor. Sie unterscheiden zwischen non-kompensatorischen und kompensatorischen Strategien. Non-kompensatorische Entscheidungen werden gefällt, indem Lösungen ausgeschlossen werden, bei denen ein bestimmtes Kriterium nicht erfüllt wird. Dieser Prozess setzt sich fort, bis nur noch eine Handlungsoption übrigbleibt. Bei kompensatorischen Strategien werden Lösungsansätze verglichen, wobei negative Aspekte durch positive ausgeglichen werden können. Kriterien können je nach Bedeutung gewichtet werden. Kompensatorische Entscheidungsstrategien eignen sich demnach für eine geringe, non-kompensatorische eher für solche mit großer Zahl an Lösungsmöglichkeiten (ebd.).

Tabelle 7: Kompetenzniveaus „Bewerten, Entscheiden, Reflektieren“

(nach Eggert &amp; Bögeholz, 2006, S. 192)

Niveau	Beschreibung
	Schüler*innen...
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten und entscheiden intuitiv bzw. rechtfertigend ohne Anwendung einer Entscheidungsstrategie</li> <li>• wählen eine Option auf der Basis von Alltagsvorstellungen aus und/oder berücksichtigen dabei maximal ein Kriterium</li> </ul>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten und entscheiden unter Berücksichtigung von mindestens zwei relevanten Kriterien</li> <li>• vergleichen gegebene Optionen teilweise im Hinblick auf die Kriterien und dokumentieren ihren Entscheidungsprozess unvollständig</li> <li>• entscheiden v.a. non-kompensatorisch</li> </ul>
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten und entscheiden unter Berücksichtigung von mindestens drei relevanten Kriterien</li> <li>• vergleichen gegebene Optionen vollständig im Hinblick auf die Kriterien und dokumentieren vollständig</li> <li>• entscheiden non-kompensatorisch und/oder kompensatorisch</li> <li>• reflektieren zentrale normative Entscheidungen im Bewertungsprozess</li> </ul>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten und entscheiden unter Berücksichtigung von mindestens drei relevanten Kriterien</li> <li>• vergleichen gegebene Optionen vollständig im Hinblick auf die Kriterien und dokumentieren vollständig</li> <li>• entscheiden v.a. kompensatorisch</li> <li>• reflektieren zentrale normative Entscheidungen im Bewertungsprozess und können die Grenzen in der Anwendung von Entscheidungsstrategien erkennen</li> </ul>

Mit diesem Raster (siehe Tab. 7) liegt gleichzeitig ein Instrument vor, die Umsetzung der Bewertungskompetenz bzw. die der entsprechenden Design Thinking-Phase dieser Arbeit (vgl. Kap. 4.1) einschätzen zu können.

## Methoden

In den einzelnen Phasen können dazu passende Methoden unterstützend eingesetzt werden (Schallmo, 2017). Einige Methoden eignen sich nur für Unternehmen, andere nehmen zu viel Zeit in Anspruch, so dass sie in den hier vorgestellten Modulen nicht genutzt werden können. In der Tabelle 8 werden beispielhaft einige Aktivitäten und Methoden aufgelistet, von denen einzelne in Kapitel 4 näher beschrieben werden.

Tabelle 8: Phasen mit zugeordneten Aktivitäten und Methoden

(erstellt mithilfe von: Feldhaus et al., 2018; Lee, 2018; Lewrick et. al., 2018)

Phase	Mögliche Aktivitäten/ Methoden
Problemraum verstehen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gedankenlandkarte</li> <li>- Beteiligte und Orte auf Haftnotizen vermerken</li> <li>- Mindmapping</li> <li>- Faltblatt (strukturierte Darstellung durch Beschränkung auf acht Cluster)</li> <li>- Lückensatz ergänzen: Gestalte die ____ (Thema) Erfahrung für ____ (Nutzer*in) in einem Umfeld neu, in dem ____ (Umfeld).</li> <li>- Die 6-W-Fragen (Was, Wer, Warum, Wo, Wann, Wie)</li> </ul>
Empathie aufbauen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interviews führen</li> <li>- Empathie-Prototyp (Interviewpartner*in) gestalten</li> <li>- Beobachten des*der möglichen Nutzers*in</li> <li>- In die Rolle des*der Nutzers*in schlüpfen</li> </ul>
Nutzer*innenperspektive erfassen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Notizen aus den Interviews strukturieren</li> <li>- Empathie-Map über Nutzer*in erstellen (Nutzer*in denkt, fühlt, sagt, macht)</li> <li>- Point of View</li> <li>- Persona erstellen</li> <li>- Ein Tag im Leben</li> </ul>
Ideen sammeln	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wie könnten wir...?-Fragen entwickeln</li> <li>- Brainstorming-Methoden wie Ideenzug usw.</li> <li>- Ideen sortieren und auswählen z.B. durch Thermometer, Rahmen für Lieblingsidee usw.</li> <li>- Faktor 10! (Ideen skalieren)</li> <li>- Scamper</li> </ul>
Prototypen bauen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ideen greifbar machen (Prototyp bauen)</li> <li>- Szenenbuch</li> <li>- Rollenspiel</li> <li>- Sketchnotes</li> </ul>
Prototypen testen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interviews zum Prototyp führen</li> <li>- Reaktionen zum Prototyp sammeln</li> <li>- Feedbackraster</li> </ul>

## 2.2.5 Grundlagen der Implementierung von Design Thinking

In diesem Kapitel werden zentrale Forschungsarbeiten vorgestellt, die Hinweise auf eine erfolgreiche Implementierung von Design Thinking in den Unterricht liefern. Zuvor werden zugehörige Rahmenbedingungen in das Blickfeld gerückt.

### Rahmenbedingungen

Zu den Rahmenbedingungen zählen z.B. die Art der Implementierung, eine sinnvolle Stundenanzahl oder die Jahrgangsstufe, in der der Unterricht durchgeführt werden sollte. Die im Folgenden beschriebenen Forschungsstudien lassen Rückschlüsse auf erfolgversprechende Rahmenbedingungen zu.

#### Art der Implementierung – Modularer Aufbau

Wrigley und Straker (2017) haben sich 51 Lehrpläne an 28 internationalen Universitäten angesehen und darauf aufbauend ein Idealmodell zur Implementierung von Design Thinking-Programmen erstellt.

Dieses Modell beschreibt einen fünfstufigen Ausbildungsprozess (siehe Abb. 19). Durch das Durcharbeiten dieses Fünf-Stufen-Modells gewinnen die Studierenden das Wissen und die Fähigkeiten, Design Thinking auf eine Reihe verschiedener Kontexte und Projekte anzuwenden. Der erste Schritt veranschaulicht den Prozess des Design Thinkings durch die Anwendung und Nutzung seiner Methoden, Denkweisen und reflektierenden Praktiken. Somit schafft er die Grundlage für Design Thinking. Im zweiten Schritt werden die Grundelemente stabilisiert, indem Design Thinking praktisch angewendet wird. Darauf aufbauend wird Design Thinking im nächsten Schritt in einem breiteren Kontext betrachtet. Aspekte wie Marketing, finanzielle Fragen und Umweltaforderungen werden berücksichtigt. Alle Elemente eines Unternehmens, von Geschäftsplänen bis hin zu Prognosen, werden im vierten Schritt behandelt. Das fünfte und letzte Thema zielt darauf ab, jede\*n Einzelne\*n zu befähigen, Design Thinking vielseitig und eigenständig einzusetzen und weiterzuentwickeln.

Die einzelnen Stufen der Educational Ladder bauen somit aufeinander auf. Ergänzend werden jeder Stufe die Art des Wissens (faktisches, konzeptuelles, prozedurales und metakognitives Wissen) und die kognitiven Fähigkeiten, die innerhalb dieser Stufe entwickelt werden sollen, zugeordnet. Dabei lehnt sich die Fähigkeitsbeschreibung an der SOLO-Taxonomie an (Bezeichnungen wurden geändert). Die SOLO-Taxonomie nach Biggs und Tang (2007) dient zur Beschreibung für die strukturelle Organisation von Wissen. Es steht für „structure of observed learning outcomes“. Die Taxonomie beinhaltet

fünf Stufen mit zunehmend komplexerem Niveau. Mit ihrer Hilfe können Lernziele formuliert werden.

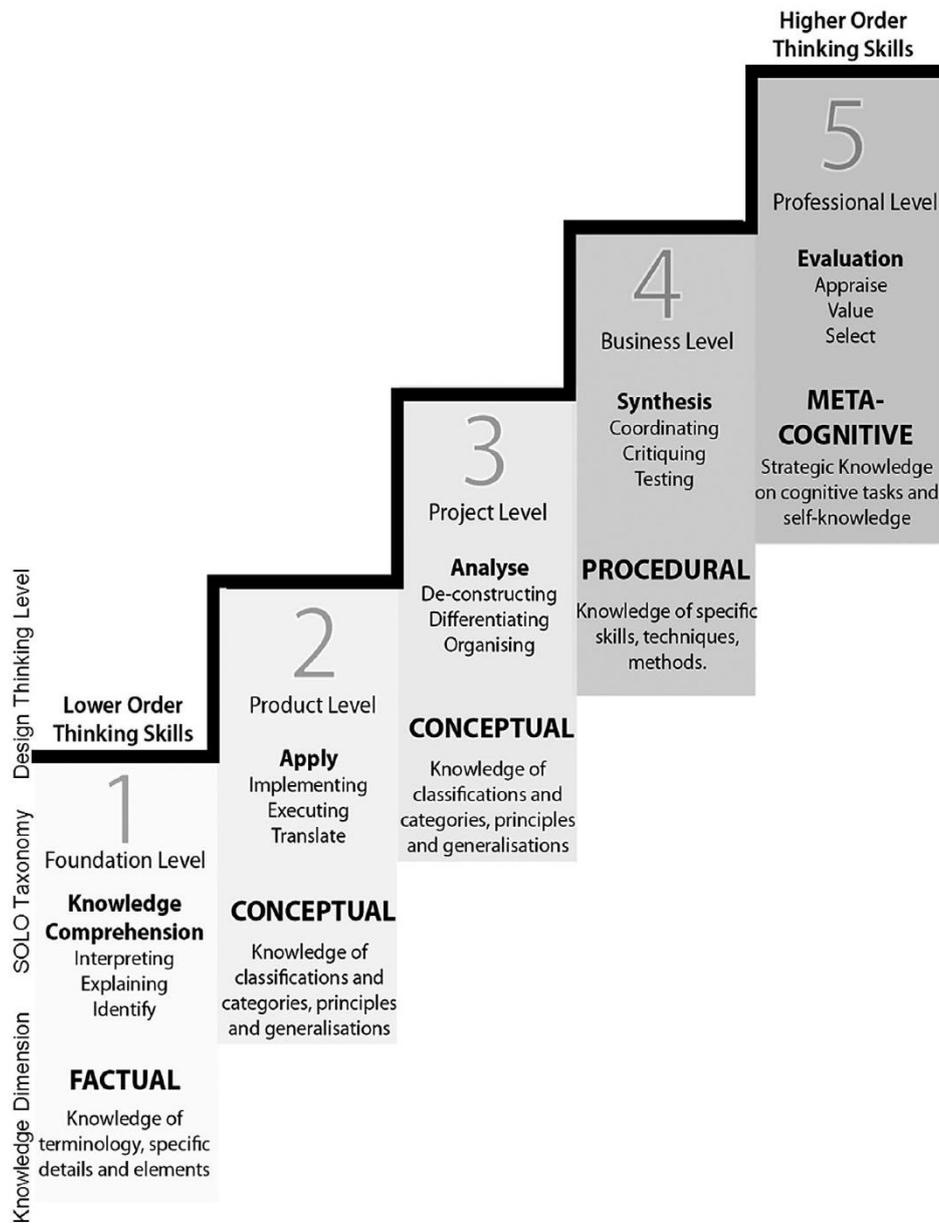


Abbildung 19: Bildungspädagogische Design-Leiter

(aus: Wrigley & Straker, 2017, S. 381)

### Zeitabhängigkeit der erwarteten Ergebnisse

Werden erwartete Ergebnisse des Design Thinkings wie die Steigerung der Selbstwirksamkeitserwartung erreicht, so ist dies ein Indiz für eine erfolgreiche Integration von Design Thinking in den Unterricht. Dabei stellt sich die Frage, in welchem zeitlichen Umfang ein solcher Unterricht durchgeführt werden sollte, um die Ergebnisse zu erhalten. Um die Zeitabhängigkeit der erwarteten Ergebnisse beim Design Thinking in ein Modell zu

übertragen (siehe Abb. 20), nutzten Taheri, Unterholzer, Hölzle und Meinel (2016) insbesondere die Forschungsergebnisse des HPI-Stanford Design Thinking Research Program (HPDTRP), das seit 2008 eine akademische Zusammenarbeit zwischen dem Hasso-Plattner-Institut in Potsdam und der Universität Stanford ist (Hasso-Plattner-Institut, 2016).

Dieses Modell legt nahe, dass affektive Ergebnisse wie kreatives Selbstvertrauen und Motivation bereits in einem kurzen Workshop aufgebaut werden können (vgl. die folgenden Lernziele). Kognitive Ergebnisse können auch während früher Erfahrungen mit der Methodik erreicht werden, allerdings in geringerem Umfang. Taheri et al. (2016) begründen die eher langsame Entwicklung kompetenzbasierten Lernens mit einem Mangel an kritischem Feedback bezüglich der Fertigkeiten – insbesondere in kurzen Workshop-Settings.

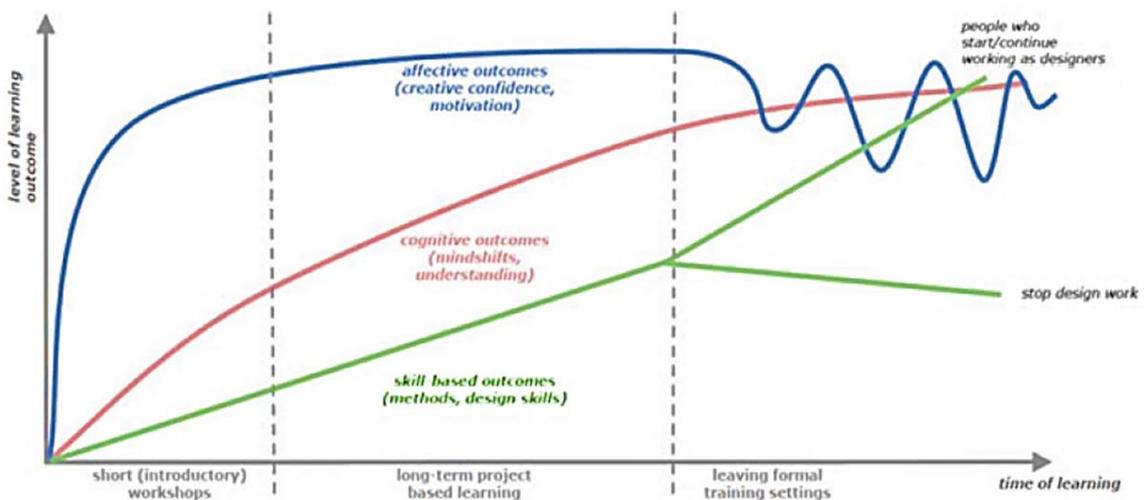


Abbildung 20: Erwartete Ergebnisse bei der Ausbildung zu Design Thinking  
(aus Edelmann et al., 2020, S. 18, nach Plattner et al. 2016; Taheri et al. ,2016)

## Überprüfung der Implementierung

### Lernziele als Indikatoren

Soll herausgefunden werden, wie erfolgreich Design Thinking umgesetzt wurde, so könnte ein gangbarer Weg sein, zu überprüfen, ob die damit verbundenen Lernziele (vgl. Abb. 20 und Kap. 4.1) erreicht wurden.

Die vier bedeutendsten Lernziele sollen laut einer Umfrage von Rao, Puranam und Singh (2020) mit 20 ausgewählten Design Thinking-Experten\*innen Kreativität, Selbstvertrauen, Perspektivwechsel und Teamarbeit sein.

Als wichtigstes Lernziel nennen Rauth, Köppen, Jobst und Meinel (2010, S. 6) die Förderung des kreativen Selbstvertrauens (cc, creative confidence in Abb. 21). Verschiedene Methoden wie das Brainstorming dienen dabei als Grundlage zum Erwerb des kreativen Selbstvertrauens. Die für das Design Thinking typischen Denkweisen (mindset) wie Tendenz zum Handeln usw. entwickeln sich auf Basis der Beherrschung der Prozessstufen (dt.process). Mithilfe dieser drei Elemente kann kreatives Selbstvertrauen aufgebaut werden (siehe Abb. 21).



Abbildung 21: Entwicklung kreativen Selbstvertrauens durch Design Thinking

(aus: Rauth, Köppen et al., 2010, S. 6)

Dabei legt die Studie von Jobst, Köppen, Lindberg, Moritz, Rhinow und Meinel (2012, S. 37) nahe, das Konstrukt des kreativen Selbstvertrauens mit dem der Selbstwirksamkeit von Bandura (1977) gleichzusetzen. Definitionsgemäß gibt die Selbstwirksamkeitserwartung das Vertrauen an, bestimmte – hier kreative – Aufgaben lösen zu können, womit ein Gleichsetzen beider Begriffe nachvollziehbar ist. Durch explorative Beobachtungen identifizierten Jobst et al. parallele Aspekte zwischen dem Lernen an den Design Thinking-Schulen in Potsdam und Stanford mit denen der Selbstwirksamkeit (ebd.). Folgt

man somit Jobst et al., so verbleiben Perspektivwechsel, Selbstwirksamkeitserwartung und Teamarbeit als wichtige Lernziele (vgl. Kap. 3.4.1).

Taheri et al. (2016) nehmen dagegen an, dass fähigkeitsbasierte, affektive und kognitive Lernbereiche nicht aufeinander aufbauend, sondern parallel erworben werden (siehe Abb. 22). Diese Lernbereiche beruhen auf dem von Kraiger, Ford und Salas (1993) formulierten Klassifikationschema von Lernergebnissen.

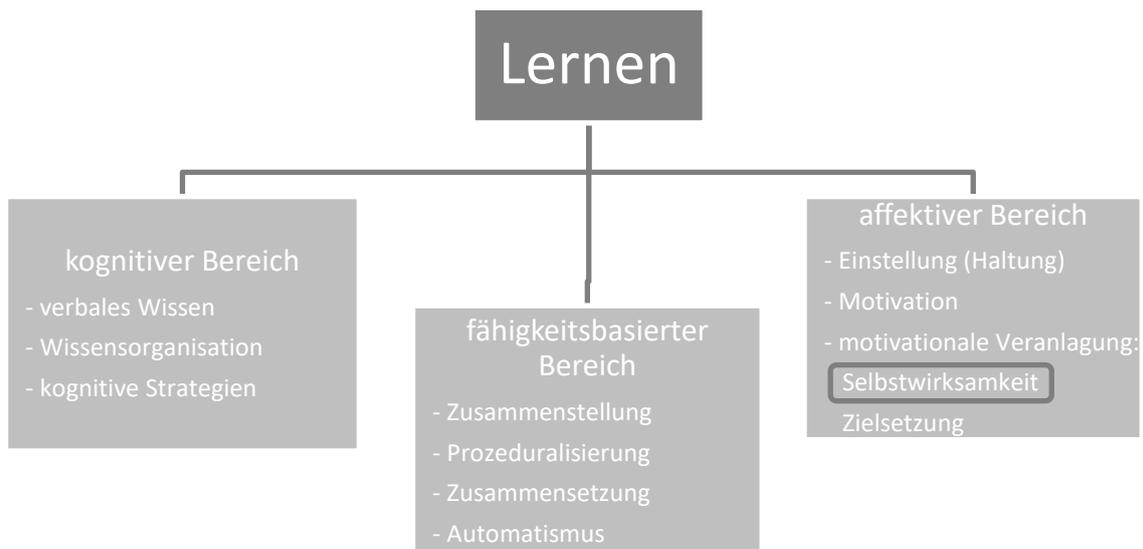


Abbildung 22: Klassifikationsschema zum Lernen

(nach: Kraiger, Ford & Salas, 1993, S. 312)

Anknüpfend an die vorangegangenen Studien lassen sich drei Vermutungen gegenüberstellen. Nach Taheri et al. (2016) wird in kürzeren Workshops höheres kreatives Selbstvertrauen im Vergleich z.B. zu methodischen Fähigkeiten vorhergesagt. Laut Rauth et al. (2010) baut das kreative Selbstvertrauen dagegen erst auf den methodischen Kenntnissen auf. Nach Auffassung von Taheri et al. (2016) werden die Fähigkeiten hingegen parallel erworben. Diese Annahme wird auch in dieser Arbeit vertreten.

### Operationalisierung von Design Thinking

Weitere Perspektiven der Abschätzung einer erfolgreichen Umsetzung von Design Thinking ergeben sich, wenn man das Modell von Razzouk und Shute (2012) heranzieht. Sie werteten verschiedene Dokumente aus und nutzten die gewonnenen Erkenntnisse zur Anpassung des Kompetenzmodells von Shute und Torres (2012). Das Modell zeigt verschiedene Variablen, die von links nach rechts weiter unterteilt werden (siehe Abb. 23).

So wenden Schüler\*innen das Design Thinking-Konzept an, wenn sie die dazugehörigen Fähigkeiten nutzen, bestimmte Begriffe verwenden und typische Verhaltensweisen zeigen (rot umrandet). Zu letzteren gehört z.B. die Zeit zu managen. Die Design Thinking-Begriffe müssen, damit sie verstanden werden, zusammenhängend und richtig angewendet werden.

Das Modell stellt eine Operationalisierung des Konstruktes Design Thinking dar und wird in dieser Arbeit herangezogen, um zu entscheiden, ob bzw. wie gut die Schüler\*innen Design Thinking anwenden. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt dabei auf den Kompetenzen Recherchieren, Zeit managen und Anwenden von Design Thinking-Begriffen (grün umrandet).

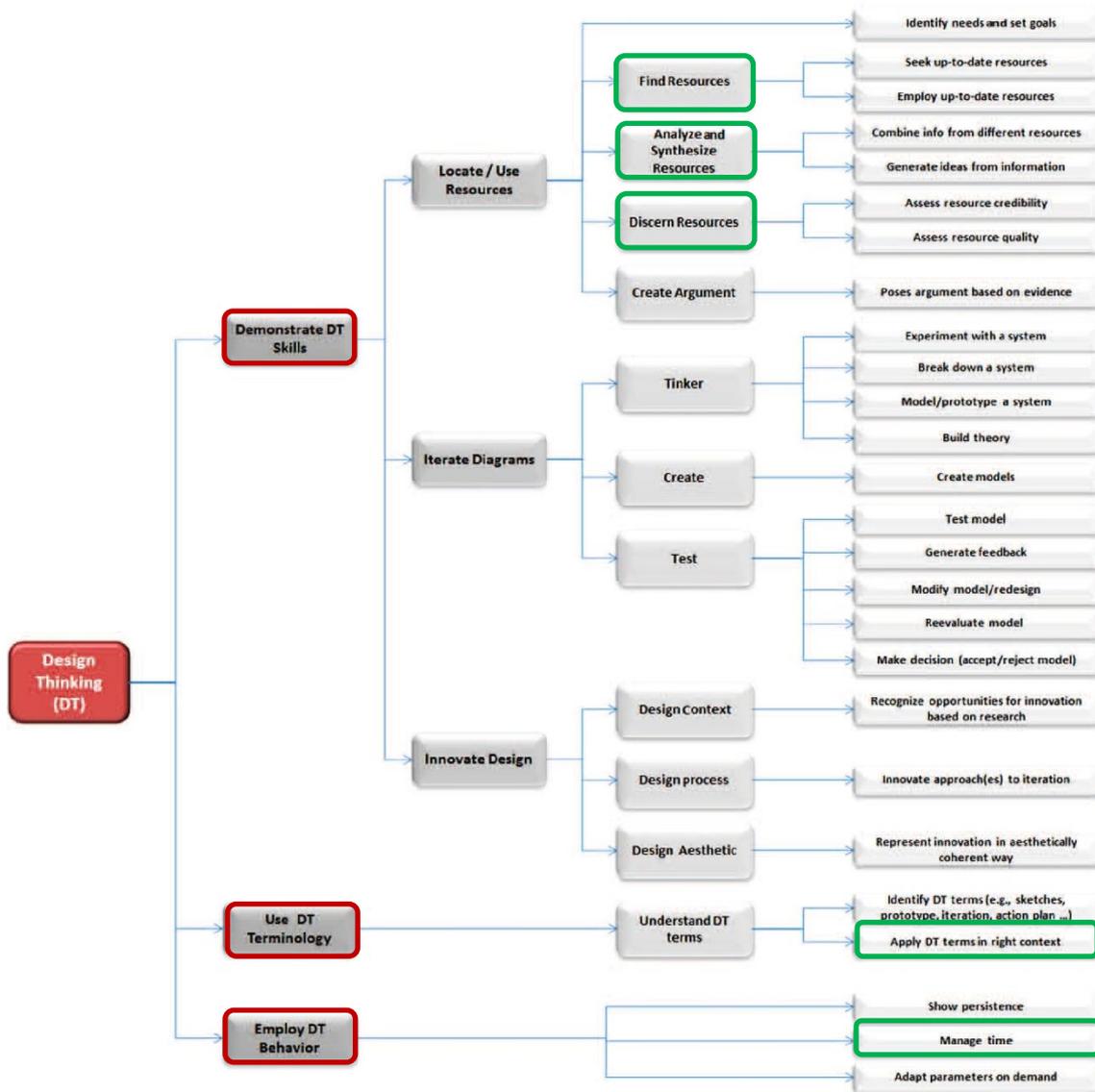


Abbildung 23: Das Design Thinking-Kompetenzmodell

(aus: Razzouk &amp; Shute, 2012, S. 342)

## 2.3 Forschungsfragen

In den vorherigen Kapiteln wurden die Fähigkeiten, die heutzutage in der Schule erworben werden sollten, beschrieben und daran anknüpfend Design Thinking als Lösungsansatz zur Förderung dieser Fähigkeiten abgeleitet. In diesem Kapitel sollen Forschungsfragen formuliert werden, mit deren Antworten die Umsetzbarkeit des in dieser Arbeit entwickelten Konzepts für den Chemieunterricht eingeschätzt werden kann.

Dazu müssen zum Konzept passende Rahmenbedingungen gefunden werden, mit denen eine Anbindung an die Lehrpläne gegeben ist. Dazu wurde in anderen Forschungsarbeiten nach Anhaltspunkten gesucht und auf geeignete Rahmenbedingungen geschlossen (vgl. Kap. 4). Mithilfe qualitativer und quantitativer Forschungsmethoden sollen diese anschließend evaluiert werden (vgl. Kap. 3 und 5). Die übergeordnete Forschungsfrage, die an den Forschungsansatz angelehnt wird (vgl. Kap. 3) lautet: Unterstützen die abgeleiteten Rahmenbedingungen die Implementierung von Design Thinking in den Chemieunterricht?

Die Frage nach förderlichen Rahmenbedingungen kann abschließend nur mit Kontrollgruppen beantwortet werden. Der Verzicht auf Kontrollgruppen wird in Kapitel 3 begründet.

In Abbildung 24 werden die einzelnen Schritte – ausgehend von der übergeordneten Forschungsfrage – aufgeführt und jeweils die Operationalisierung bzw. Datenauswertung mit dem entsprechenden Erhebungsinstrument erläutert. Auf die Operationalisierung wird in Kapitel 5.1 ausführlich eingegangen.

## Unterstützen die abgeleiteten Rahmenbedingungen die Implementierung von Design Thinking in den Chemieunterricht?

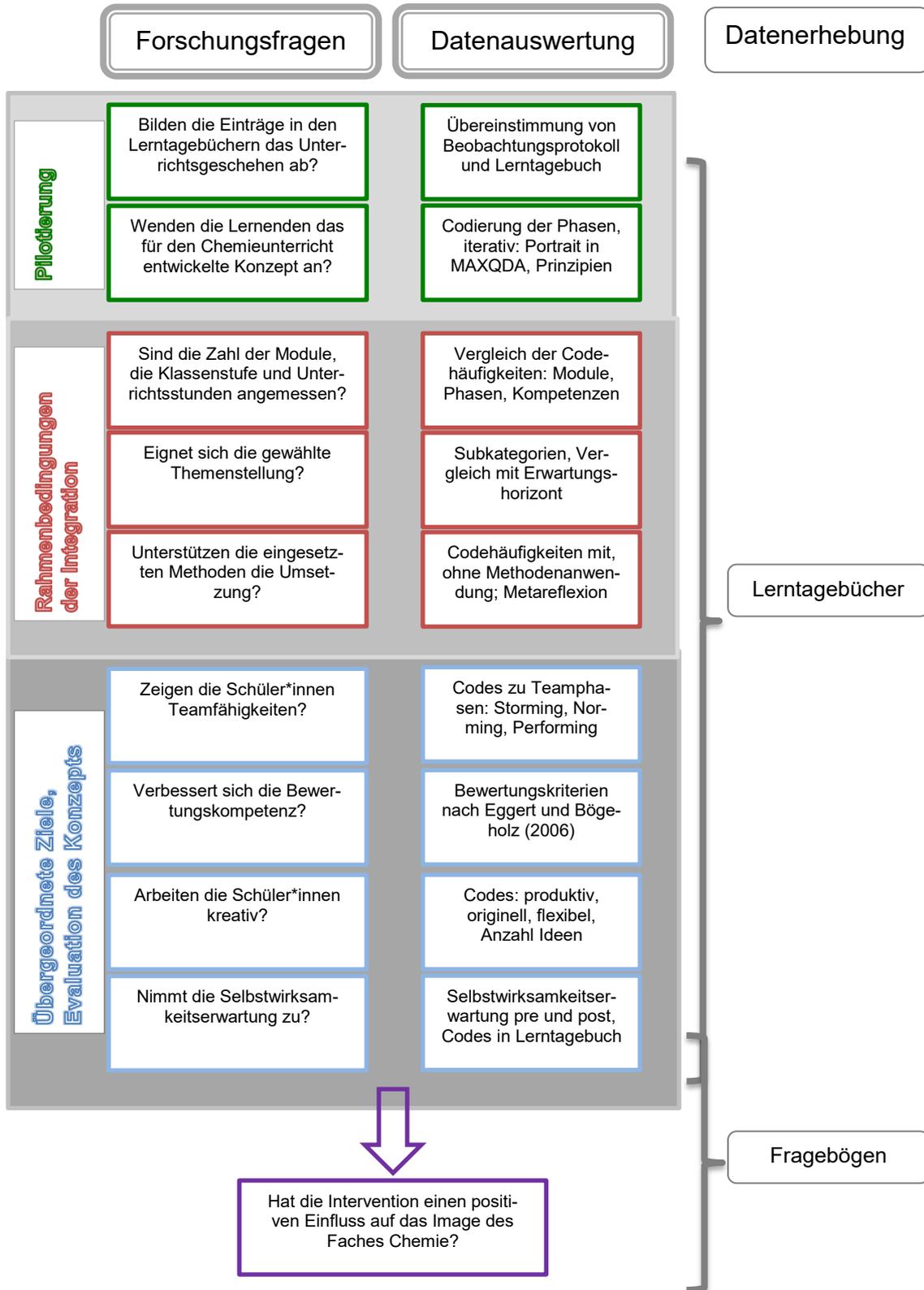


Abbildung 24: Forschungsfragen

Die Forschungsfrage kann nur beantwortet werden, wenn ein geeignetes Datenerhebungsinstrument vorhanden ist, welches den Unterricht umfassend abbildet. Aus rechtlichen und organisatorischen Gründen konnte der Unterricht z.B. nicht videografiert werden. Deshalb soll im ersten Schritt geprüft werden, ob sich Lerntagebücher eignen, das Unterrichtsgeschehen nachzuvollziehen. Dabei werden die Texteinträge in den Lerntagebüchern mit den Beobachtungsprotokollen teilnehmender Beobachter\*innen verglichen (vgl. Kap. 4.2, 5.1). Die gleichzeitige Beobachtung aller Schüler\*innen ist organisatorisch kaum durchführbar, weshalb einzelne Gruppen intensiv in den Blick genommen werden sollen.

Weiterhin ist es erforderlich, aufzuzeigen, dass die Schüler\*innen mit dem hier entwickelten Unterricht Design Thinking anwenden und die Design Thinking-Phasen durchlaufen, wozu mithilfe von MAXQDA (Software zur computergestützten qualitativen Textanalyse) die Phasen codiert werden.

Die Einträge in den Lerntagebüchern können in der Folge herangezogen werden, um die gewählten Rahmenbedingungen zu bewerten.

Das Konzept soll modular aufgebaut werden. Es soll in Oberstufenkursen in drei Modulen mit jeweils zehn Unterrichtsstunden durchgeführt werden. Die Schüler\*innen arbeiten in Teams, deren Zusammensetzung sie selbst bestimmen. Die Themenstellung lehnt sich an den Bereich der Nachhaltigkeit an und einzelne Methoden sollen die Arbeit in den Phasen erleichtern.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen (siehe Abb. 24) sollen die Codehäufigkeiten der Module und Phasen verglichen und weitere Codierungen zu den Design Thinking-Kompetenzen vorgenommen werden. Aussagen zur Teamzusammensetzung sind nur indirekt möglich. Aufschluss über die eingesetzten Methoden kann ein Vergleich mit Modul 1 liefern, bei dem u.a. deshalb auf die Einführung von Methoden verzichtet wurde (vgl. Kap. 4). Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt dabei auf dem modularen Aufbau, der Unterrichtsstundenzahl und den Methoden, da diese zentral sind und darauf Einfluss genommen werden kann. Denkbare Themenbereiche und Klassenstufen sind dagegen durch die Kernlehrpläne (2013) und die Unterrichtsverteilung begrenzt. Aussagen zur Klassenstufe sind ohne Kontrollgruppen nur indirekt über die Leistungsstärke oder Methodenkenntnisse möglich.

Um die Eignung der Rahmenbedingungen zu überprüfen, müssen Bewertungskriterien für eine erfolgreiche Umsetzung des Konzeptes aufgestellt werden. Eine positive Veränderung der 4 Ks bei den Schülern\*innen ist z.B. ein Ansatzpunkt. Die Kollaboration soll dabei über Teambildungsphasen erfasst werden. Durchlaufen die Teams verschiedene

Phasen und erreichen insbesondere die effektivste dieser Phasen (Performing), so kann von einer Zusammenarbeit gesprochen werden. Da die Schüler\*innen selbstständig in Gruppen arbeiten und wenig Unterricht im Plenum vorgesehen ist, kann die Kommunikationskompetenz wenig beurteilt und deshalb nicht näher untersucht werden. Besonders wichtig ist die Evaluierung der Bewertungskompetenz für das Unterrichtskonzept und die der Kreativität als Schwerpunkt dieser Arbeit.

Darüberhinaus können auch die Codehäufigkeiten der einzelnen Phasen bzw. des Gesamtprozesses verglichen werden, wobei höhere Codezahlen für eine bessere Umsetzung sprechen könnten. Höhere Gesamtcodierungen können aber auch auf einer besseren Zusammenarbeit, besserem Zeitmanagement oder einem für die Schüler\*innen interessanteren Thema beruhen. Weitere Indikatoren für die Qualität des Konzeptes einschließlich seiner Umsetzung sind die in Kapitel 2.2.5 genannten Design Thinking-Kompetenzen sowie die Anwendung von Design Thinking-Prinzipien durch die Schüler\*innen. Gleichzeitig stellen der Erwerb der Kompetenzen und Prinzipien die übergeordneten Ziele des Konzeptes dar.

Die weitere Bedeutung von Design Thinking liegt u.a. darin, die Selbstwirksamkeitserwartung zu stärken, nach Rauth, Köppen, Jobst und Meinel (2010) das wichtigste Lernziel beim Design Thinking (vgl. Kap. 2) in der Ausbildung. Da beim Design Thinking ein Produkt entwickelt wird, könnten die Jungen und Mädchen nach Bandura eigene Erfolgserfahrungen sammeln, was sich auf die Selbstwirksamkeitserwartung auswirken müsste. Ein solches – vom herkömmlichen Unterricht abweichendes – Konzept könnte einen Einfluss auf das Image des Faches haben. Beides soll mithilfe bereits etablierter Fragebögen in Form von Pre-post-Befragungen herausgefunden werden. Nehmen beide Konstrukte nach der Intervention zu, so könnte dies gleichzeitig als eine Bestätigung der Konzeptumsetzung gesehen werden. Möglicherweise zeigt sich damit eine Validierung der Ergebnisse der qualitativen Forschung dieser Arbeit.

Neben den oben bzw. in Abbildung 24 erfassten gibt es weitere Fragen, die in dieser Arbeit betrachtet werden: Wie gut ist das von den Teams eingeschätzte Zeitmanagement?, Können Unstimmigkeiten in einem Team vermieden werden, indem die Lehrkraft die Bedeutung von Teamrollen verdeutlicht?, Wie können Schüler\*innen angeregt werden, aus ihren Fehlern zu lernen?, Besteht ein Zusammenhang zwischen Alter, Noten, Geschlecht und der Selbstwirksamkeitserwartung bzw. dem Image des Faches Chemie?, Wie sehen die erhobenen Daten aus den Fragebögen im Vergleich zu anderen Forschungsergebnissen aus und lassen sich daraus Rückschlüsse ziehen?, Gibt es Erkenntnisse für zukünftige Forschungen zu diesem Thema?.

Weiterhin können die folgenden Fragen zusätzlich Aufschluss über die Konzeptgestaltung geben: Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Kreativität und der Selbstwirksamkeitserwartung? Eignen sich die Lerntagebücher zur Unterstützung des Konzeptes? Zeigen die Schüler\*innen metareflexive Fähigkeiten?



## 3 Forschungsansatz und Methoden

Im vorangegangenen Kapitel wurden die Bildungsziele für die Entwicklung eines Design Thinking-Konzeptes im Chemieunterricht dargelegt. Die daraus abgeleitete Forschungsfrage bezieht sich auf die Rahmenbedingungen, unter denen ein solches Konzept erfolgreich sein kann. Für dieses Forschungsinteresse bildet der Design-Based Research-Ansatz ein geeignetes Paradigma. In diesem Kapitel werden zunächst die Prinzipien des Design-Based Research-Ansatzes beschrieben und im folgenden Schritt die Umsetzung in dieser Studie erläutert. Dabei wird die Forschungsfrage in Anlehnung an diesen Forschungsansatz ausdifferenziert und erörtert, mit welchen qualitativen und quantitativen Methoden die Rahmenbedingungen untersucht werden sollen.

### 3.1 Design-Based Research

Vielen Lehrern\*innen sind Ergebnisse aktueller, fachdidaktischer Forschung nicht bekannt und somit können die gewonnenen Erkenntnisse im Unterrichtsalltag nicht genutzt werden. So stellten Pöpping und Melle (2002) für den Chemieunterricht fest, dass Chemielehrern\*innen nur wenige Unterrichtsverfahren geläufig sind. Der Eindruck einer Diskrepanz zwischen Forschung und Praxis entsteht (Euler, 2012, S. 35; Reinmann, 2005, S. 53).

Entgegenwirken kann man dieser mit verschiedenen Forschungsdesigns, bei denen die Praktiker\*innen selbst zu Forschern\*innen oder zumindest an den wissenschaftlichen Studien beteiligt werden. Ausgehend von der Suche nach Innovationsmöglichkeiten in der Lehr-Lern-Forschung prägte Ann Brown 1992 (S. 141–178) den Begriff des Design Experiments und erforschte damit Unterricht unter realen Bedingungen. Ausgehend von dieser Forschungsperspektive wurden ähnliche Vorhaben abgeleitet, die synonym oder mit ähnlichem Schwerpunkt zu verstehen sind.

Im deutschsprachigen Raum werden diese Konzepte unter dem Begriff „Entwicklungsforschung“ zusammengefasst (Prediger & Link, 2012; Einsiedler, 2011). Im englischsprachigen Raum gehören dazu Design Research, Design-Based Research (z. B. Barab & Squire, 2004), Educational Design Research und Teacher Research (vgl. Design-Based-Collective 2003, van den Akker, Gravemeijer, McKenny & Nieven, 2006; Cernusca, 2008). Design Research fokussiert nach Edelson (2002) auf den Output und Outcome, wohingegen beim Design-Based Research der iterative Charakter im Vordergrund steht.

Gemeinsam ist diesen Konzepten die Prozessorientierung, das iterative Vorgehen und der vernetzte Charakter.

Insbesondere der Aspekt der Funktion der Lehrkräfte als Forscher\*innen findet sich auch bei der Aktionsforschung (vgl. Altrichter & Posch, 2018; Altrichter, 1997; z.B. Eilks & Ralle, 2002) als bedeutendes Merkmal wieder. Abgrenzen lässt es sich davon dadurch, dass bei der Aktionsforschung Forschende eher beobachten und im Design-Based Research zusätzlich gestalten (Reinmann, 2016, S. 3). Der Forschungsprozess setzt sich aus vielen, wechselseitigen Beziehungen zusammen. Variablen wie die der Lernumgebung oder der Lernsituation sind äußerst komplex und sollten unter realen Bedingungen erfasst werden.

Design-Based Research nutzt dabei unterschiedliche wissenschaftliche Methoden, die flexibel zu handhaben sind, und stellt somit eher einen Forschungsrahmen als eine Evaluationsmethode dar (Wang & Hannafin, 2005, S. 9). Es untersucht Lernphänomene im realen Kontext (Reinmann 2005, S. 60) und berücksichtigt damit die Komplexität des Unterrichts (Plomp, 2013). Das Design trägt zur Entwicklung von Theorien bei (Reinmann 2005, S. 61) und führt somit zu wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Tulodziecki, Grafe & Herzig, 2013, S. 205–216).

Die traditionelle Forschung reduzierte das Unterrichtsgeschehen auf wenige kontrollierbare Variablen und bot somit wenig praktische Handlungsoptionen an. Diese Forschungsrichtung sei zudem begrenzt auf dem Bestehenden; sie leiste keinen Beitrag dazu, herauszufinden, wie Schüler\*innen Zukunftsziele erreichen können (Plomp, 2013). Der Forschungsansatz des Design-Based Research legt dagegen u.a. darauf seinen Schwerpunkt.

Wie in der Praxis vorgegangen werden kann, beschreiben verschiedene Modelle. Allen ist gemeinsam, dass von einem Problem in der Bildungspraxis ausgegangen wird. Dies führt zu Forschungszielen bzw. Hypothesen, die in einer Intervention erprobt und anschließend evaluiert werden. Der „Prototyp“ wird sukzessive verbessert. Die Modelle unterscheiden sich hauptsächlich in der Anzahl der Phasen, die iterativ durchlaufen werden. So sind es beim Modell von McKenney und Reeves (McKenney, 2001; Reeves, 2000, 2006) vier Phasen: Analyse und Exploration, Entwurf und Konstruktion, Evaluation, Reflexion. Bei Euler (2014, S. 20) sind es sechs Phasen: Problem präzisieren, Literatur und Erfahrungen auswerten, Design entwickeln, Design erproben, Gestaltungsprinzipien generieren, evaluieren. Da es sich um einen iterativen Prozess handelt, der erneut mit der Präzisierung des Problems beginnt, muss hier der Begriff der Reflexion nicht gesondert genannt werden. Die zweite Phase im ersten Modell wird im zweiten in zwei Phasen aufgeteilt. Insgesamt sind sich die Modelle somit sehr ähnlich.

Die wesentlichen Leitlinien für Design-Based Research lassen sich nach dem Design-Based Research Collective (2003) wie folgt zusammenfassen:

Die Forschung muss den Kontext „Schule“ berücksichtigen, so dass Designs in authentischen Lernumgebungen stattfinden.

Die Forschungsmethoden werden so gewählt, dass sie den Unterrichtsverlauf und die Interaktionen der Beteiligten dokumentieren und Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung aufklären können.

Die Forschung soll nicht nur untersuchen, ob etwas oder ob etwas nicht erreicht wurde, sondern auch die Frage nach dem Wie.

Die Entwicklung und Evaluation der Intervention finden in kontinuierlichen Zyklen von Design, Durchführung, Analyse und Re-Design statt.

Die gewonnenen Erkenntnisse werden für die Weiterentwicklung genutzt.

Die zentralen Ziele der entwickelten Lernumgebung müssen mit der Entwicklung von Proto-Theorien des Lernens verknüpft sein.

Die entwickelten Proto-Theorien sollen auf andere Kontexte übertragbar sein und somit für andere Praktiker\*innen von Bedeutung sein.

Ein wichtiges Charakteristikum des Design-Based Research ist somit, dass Erfahrungen und Zwischenergebnisse in den weiteren Prozess einfließen und das Design gegebenenfalls angepasst wird. Das kann soweit führen, dass die ursprünglichen Forschungsziele neu formuliert werden. Die Untersuchungen gestalten sich offener, so dass sich für jedes Forschungsvorhaben ein individuelles Ablaufschema ergibt. Daran angepasst werden die Datenerhebungsinstrumente ausgewählt.

Die übergeordnete Forschungsfrage bei der Entwicklung einer Intervention beim Design-Based Research lautet:

What are the characteristics of an <intervention X> for the purpose/outcome Y (Y1, Y2, ..., Yn) in context Z. (Plomp & Nieveen, 2010, S. 19)

Es geht also darum, wie und warum eine bestimmte Intervention in einem bestimmten Kontext funktioniert. Diese Charakteristika bilden die Designprinzipien. Im Rahmen einer Design-Based Research-Studie werden diese zu heuristischen Aussagen der Form: Wenn eine Intervention X für den Zweck Y im Kontext Z entworfen werden soll, dann

sollten der Intervention die Merkmale A, B und C (inhaltliche Betonung) gegeben und durch die Methoden K, L und M aufgrund der der Argumente P, Q und R umgesetzt werden (nach van den Akker, 1999, S. 9).

### **Ausgestaltung der Prinzipien des Design-Based Research in dieser Studie**

Die einzelnen Schritte des Design-Based Research können in dieser Studie identifiziert werden. Das komplexe und konkrete Bildungsproblem ist die Notwendigkeit, dass Schule die Schüler\*innen auf die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts vorbereiten soll (siehe Abb. 25). Die Idee ist, ein Unterrichtskonzept zu Design Thinking für den experimentellen Chemieunterricht zu entwickeln, um mittels des Design Thinking-Prozesses kreativ (Kreativität) ein komplexes Problem (kritisches Denken) im Team (Kollaboration) gemeinsam (Kommunikation) zu erarbeiten. Das übergeordnete Forschungsfeld lautet entsprechend der Formulierung von Plomp et al. (2010, S. 19):

Welche Designprinzipien benötigt ein Chemieunterricht mit Design Thinking, um Schüler\*innen fit für die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts zu machen?

Da mit dieser Arbeit zunächst erste Anhaltspunkte gefunden werden sollen, beschränkt sich die Forschungsfrage auf mögliche Rahmenbedingungen, die bei der Umsetzung unterstützend wirken könnten, wobei mithilfe anderer Forschungen Schlussfolgerungen auf geeignete Bedingungen gezogen wurden (vgl. Kap. 4):

Unterstützen die abgeleiteten Rahmenbedingungen die Implementierung von Design Thinking in den Chemieunterricht?

Nach der Entwicklung einer Unterrichtssequenz wird diese durchgeführt und anschließend evaluiert (siehe Abb. 25). Die sich daraus ergebenden Forschungsfragen werden in Kapitel 5.1. abgeleitet.

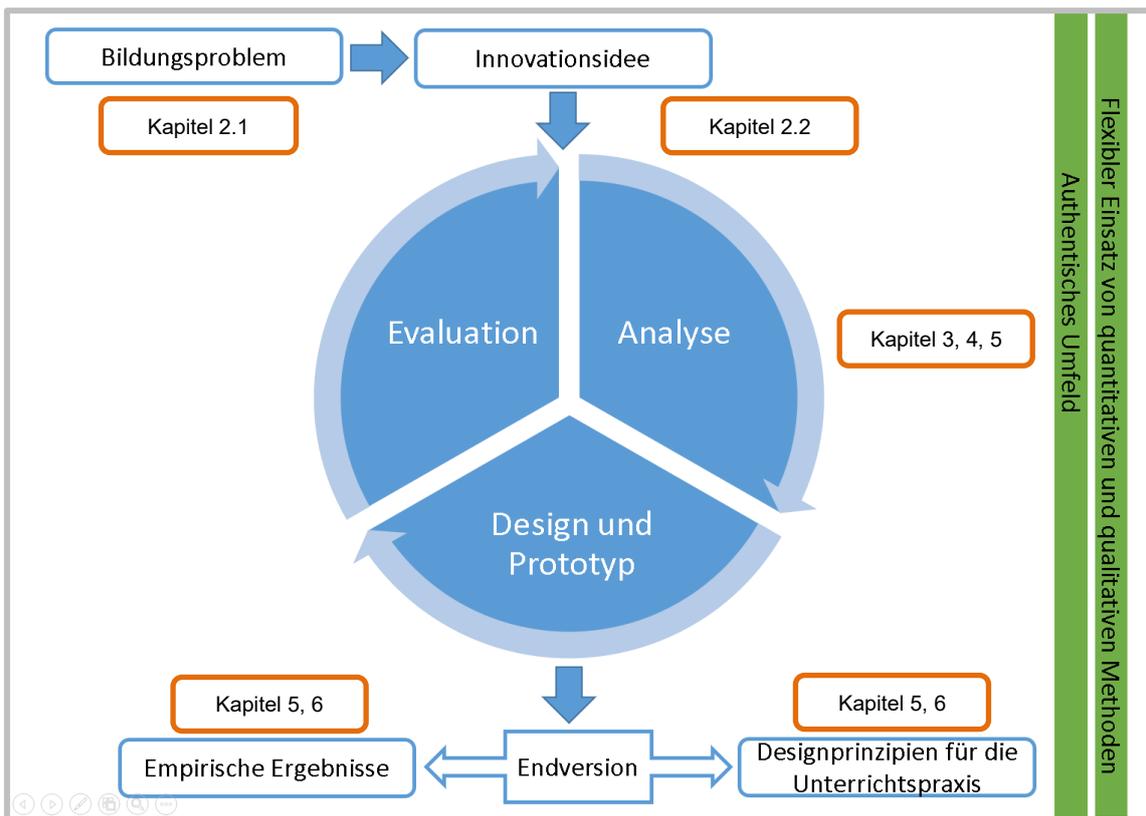


Abbildung 25: Ablaufschema nach dem Design-Based Research-Ansatz

## 3.2 Dokumentation des Unterrichtsverlaufes

Nach den Forderungen zum Design-Based Research muss eine geeignete Methode zur Dokumentation des Unterrichtsverlaufes gefunden werden. In Kapitel 5 wird aufgezeigt, dass die Datenerhebung bzw. -auswertung von Lerntagebüchern geeignet ist, der oben genannten Forschungsfrage nachzugehen. In diesem Kapitel wird erläutert, was unter einem Lerntagebuch zu verstehen ist, welche unterschiedlichen Aufgaben diese erfüllen können und welche pädagogischen Konzepte einfließen. Die in dieser Arbeit verwendeten Tagebücher werden dann im Kapitel 4.2 begründet beschrieben und der Einsatz im Unterricht vorgestellt.

### 3.2.1 Lerntagebuch- Konzepte

Eine einheitliche Definition des „Lerntagebuches“ existiert nicht, da unterschiedliche Konzepte – in Abhängigkeit von der Zielsetzung, Klassenstufe und Voraussetzungen seitens der Lehrer\*innen, der Forscher\*innen bzw. Schüler\*innen – bestehen. Sie unterscheiden sich hinsichtlich der Gewichtung dieser Aspekte, wobei Bezeichnungen wie

Journal, Logbuch, Pensenbuch, Reisetagebuch oder Forschungsheft gebräuchlich sind. Gemeinsam ist ihnen, dass sie die Schüler\*innenaktivitäten fördern sollen (Merziger, 2007).

Bartnitzky schlägt eine allgemeine Definition zum Lerntagebuch vor:

Ein Lerntagebuch besteht aus mehreren, in regelmäßigen Abständen verfassten und chronologisch aneinander gereihten Aufzeichnungen, in denen der Autor [*sic*] Erfahrungen des (meist schulischen) Lernprozesses mit sich und seiner Umwelt aus subjektiver Sicht unmittelbar festhält. (2004, S. 6)

Alle Formen von Lerntagebüchern sind auf die sogenannten Reisetagebücher der Lehrer Ruf und Gallin zurückzuführen, die sie für ihren eigenen Unterricht entwickelt und erprobt haben. Die Idee der Reisetagebücher wurde von verschiedenen Autoren\*innen aufgegriffen und je nach Unterrichtskonzept oder Forschungsschwerpunkt variiert und entsprechend anders bezeichnet.

Die Grundideen von Ruf und Gallin beziehen sich auf das Konzept des dialogischen Lernens über fachliche Inhalte (Badr Goetz, 2007; Badr Goetz & Ruf, 2007, S. 133). Lernen geschieht nach ihrer Auffassung im Dialog, also zwischen Menschen, die unterschiedliche Perspektiven einbringen. Hierhin steckt das Potenzial, seine eigene Position zu überdenken und seinen Horizont zu erweitern (Ruf & Gallin, 1999, S. 14). Der Dialog kann zwischen Lehrkraft und Schüler\*innen oder innerhalb der Schüler\*innengruppe erfolgen. Die Schüler\*innen werden durch einen schriftlich formulierten offenen Auftrag aufgefordert, die Auseinandersetzung mit fachlichen Inhalten zu dokumentieren (Badr Goetz & Ruf, 2007, S. 133). Im englischsprachigen Raum ist das Konzept des sogenannten „dialogue journal“ weit verbreitet, wohingegen im deutschsprachigen Raum neben Ruf und Gallin nur wenige Autoren\*innen (z.B. De Florio-Hansen, 1999; Hanke, 2006) das Konzept des dialogischen Lernens in ihre Tagebücher einbeziehen.

Ein dialogisch konzipierter Unterricht beinhaltet neben den bereits erwähnten Säulen fachlicher Inhalt und Dialog eine dritte Säule: Entwicklung fachbezogener Handlungskompetenz (Badr Goetz & Ruf, 2007, S. 133). Darunter fasst Ruf (2003) drei Bereiche zusammen: das individuelle Selbst- und Wertekonzept (Interesse, Motivation), interaktive Verhaltensweisen und das soziale Verantwortungsbewusstsein (Einlassen auf die Perspektiven anderer Personen) und der spezifische Umgang mit fachlichen Inhalten (Umgang mit Diagrammen usw.). Zu Bedenken ist, dass dialogisches Lernen – ähnlich wie beim Design Thinking – seitens der Lehrkraft eine Haltungsänderung erfordert, da sich der tatsächliche Unterrichtsverlauf nicht vorhersagen lässt, wenn sich die Lehrkraft auf den Dialog einlässt (Merziger, 2007).

Winter (2006, S. 262) erweitert die Anwendungsbereiche der Lerntagebücher dahingehend, dass sie neben inhaltlichen Aspekten auch Arbeitsberichte, Reflexionen eigener Gedanken, Gefühle und Erkenntnisse, Analysen von Arbeitsweisen, Unterrichtsevaluationen oder Selbstbewertungen enthalten können.

Zwei Varianten – die von Hußmann (2003) und die von Heske (2001) – sind für diese Arbeit bedeutend, da diese Modifizierungen bei der eigenen Gestaltung des Lerntagebuchs – als Erfindertagebuch bezeichnet – eingeflossen sind (vgl. Kap. 4.2). Hußmann konzipierte ein Forschungsheft für die Sekundarstufe II, welches das Schulbuch ersetzen sollte. Die Schüler\*innen formulierten selbstständig Definitionen und Beweise.

Heske entwickelte das teambezogene Lerntagebuch, in dem die Schüler\*innen nach einer festgelegten Reihenfolge jede Stunde abwechselnd Eintragungen vornahmen. Dazu wurden ihnen die Ziele und Anforderungen an das Lerntagebuch zu Beginn aufgezeigt. Gleichzeitig sollte das Führen eines teambezogenen Lerntagebuchs das soziale Lernen unterstützen.

Weitere Ziele für die verschiedenen Lerntagebuch-Modifikationen gibt Hascher (2010) an. Sie ordnet die Varianten auf einer zweidimensionalen Matrix mit den Gegenpolen Offenheit versus Standardisierung bzw. Lernorientierung versus Leistungsbezug ein (siehe Abb. 26). Standardisierte Tagebücher werden rechts eingeordnet und Tagebücher mit Leitfragen sind in der Mitte der ersten Dimension zu verorten. Die Lokalisierung auf der zweiten Dimension hängt von den Zielen der Forscher\*innen und der Nutzung durch die Schüler\*innen ab (ebd., S. 168).

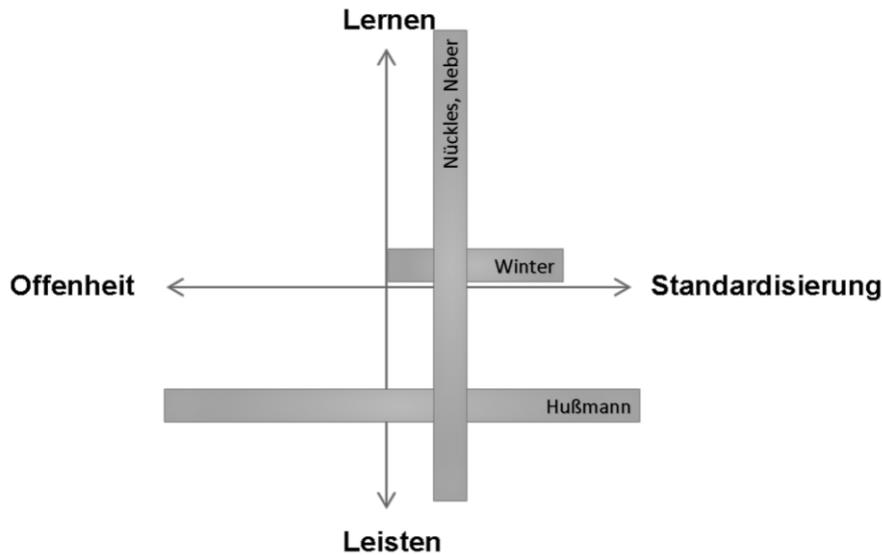


Abbildung 26: Einordnung von Lerntagebüchern  
(nach Hascher 2010, unter Einfügung anderer Forschungsrichtungen)

Diese Gegenpole stellen auch die verschiedenen Sichtweisen unterschiedlicher Forschungsrichtungen und die damit zusammenhängenden Funktionen der Lerntagebücher dar.

So sieht Hußmann die Bewertung der Lerntagebücher als notwendig an. Die Leistungsbeurteilung soll sowohl den Prozess als auch das Produkt einbeziehen. Die wichtigsten Kriterien sind für ihn u.a. Vollständigkeit, Kreativität und Fehlerbearbeitung. Winter (2006, S. 269) dagegen hält die Bewertung für kontraproduktiv, da sie die Ziele und damit die Motivation verändern kann. Es besteht die Gefahr, dass selbstreflexive Äußerungen unterdrückt werden. Andererseits meint er, dass die Motivation sinken könne, wenn die Leistung nicht berücksichtigt wird (Winter, 2007). Er schlägt deshalb die Verwendung von Bewertungsrastern vor (ebd., S. 121). Gegen punktuelle Prüfungen am Ende einer Unterrichtsreihe sprechen sich Ruf und Gallin (1991, S. 257) aus.

Bezüglich der Frage, wie offen ein Tagebuch gestaltet werden soll, geben Nückles, Hübner, Glogger et al. (2010) an, dass eine „völlig offene Gestaltung der Tagebücher ... nicht möglich“ ist. Dies begründen sie damit, dass Jugendliche selbstregulatorische Strategien nur „spärlich und oberflächlich“ einsetzen (ebd., S. 42). Nach Neber (2002) sei freies Explorieren ohne Intervention oder Lenkung durch den\*die Lehrer\*in nicht ideal. Ergänzend dazu stellte 2006 Berthold fest, dass insbesondere unerfahrene Lernende stärkere Anleitungen benötigen als erfahrene. Auch Gudjons (2003) und Boekaerts (1999) meinen, dass aufgrund der heterogenen Beschaffenheit von Lerngruppen ein rein

selbstgesteuerter Lernprozess zwar wünschenswert, jedoch nicht realisierbar sei. Besonders Lernende mit wenig ausgeprägter Kompetenz für selbstständiges Lernen benötigen noch viel Hilfe in Form stärkerer Fremdsteuerung durch die Lehrperson. Nückles, Hübner und Renkl (2009) setzen deshalb auf Leitfragen (mit Prompts bezeichnet). Prompts stellen somit einen Kompromiss zwischen einem völlig offenen und einem stark strukturierten Lerntagebuch (Fragen zum Ankreuzen) dar. Leitfragen können sich an den Fragen von Heske (2001, S. 14–17) oder Winter (2007, S. 112) anlehnen.

Zusätzlich ist bei einem offenen Leistungsbewertungsinstrument auf die Transparenz der Bewertung zu achten (Bach-Blatter & Bohl, 2011; Bohl, 2009, S. 73–75; Jürgens, 2010; Lissmann, 2008, S. 76–77).

Neben der Transparenz der Leistungsbeurteilung und der durch die Leitfragen vorgegebenen Struktur zählen Badr Goetz und Ruf (2007, S. 140–146) weitere Gelingensbedingungen für das Führen eines Tagebuches auf. Der\*die Lehrende muss sich auf den Dialog mit den Schülern\*innen einlassen wollen (vgl. Tabelle 9) und somit in der Lage sein, eine andere Perspektive einzunehmen. Mehrwöchige Erfahrungen im Umgang mit dem Lerntagebuch sowie Anlässe, eigene Lernwege (gleicher Auftrag, unterschiedliche Vorgehensweise, Zeiteinteilung) zu beschreiten, gehören ebenso dazu.

Wichtig ist zudem, dass ein wertschätzender, intensiver Austausch stattfindet, bei dem die Entwicklungsprozesse der Lernenden im Vordergrund stehen. Fragen wie „Was ist gelungen?“ und „Wie lassen sich aus den Fehlern Erkenntnisse gewinnen?“ sollen geklärt werden. Nach Hascher und Astleitner (2007, S. 40) ist es notwendig, im Lernprozess selbst – und nicht erst am Ende – Formen der Fremdkontrolle vorzunehmen.

### 3.2.2 Funktionen

Prinzipiell kann ein Lerntagebuch für den Unterricht oder die Lehr-Lernforschung (Gläser-Zikuda & Hascher, 2007, S. 11) eingesetzt werden (siehe Abb. 27, vergrößerte Abbildung im Anhang J).

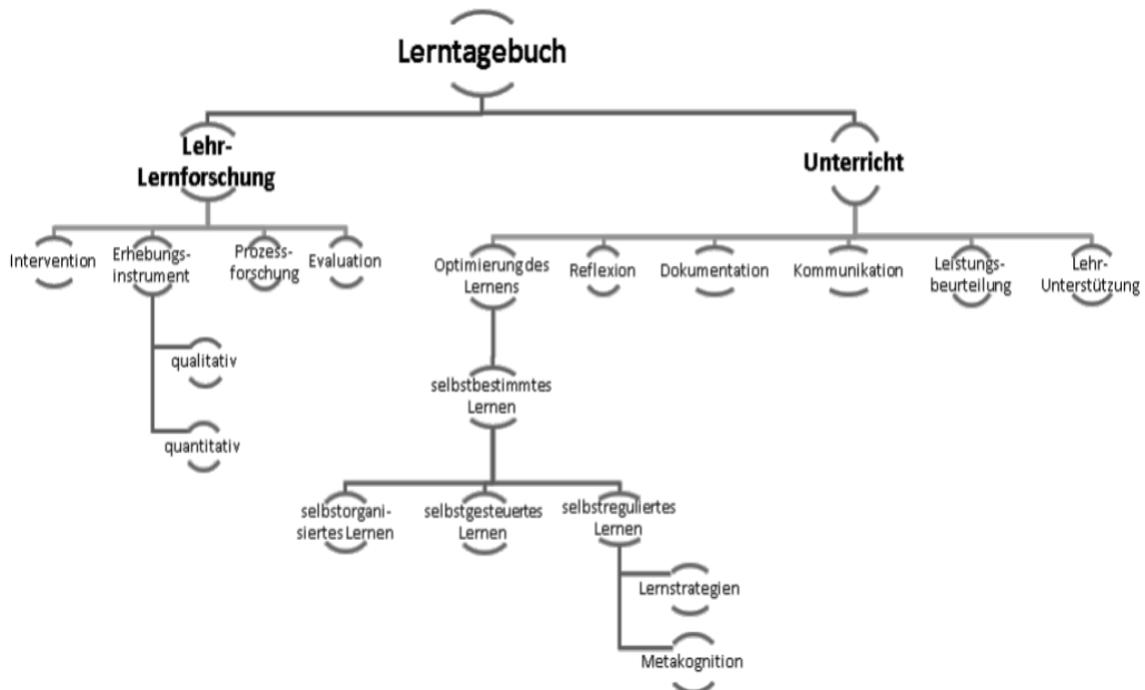


Abbildung 27: Anwendungsgebiete und Funktionen von Lerntagebüchern

Im Unterricht zeigt der Einsatz von Lerntagebüchern ein breites Spektrum an Chancen (siehe Tab. 9). Insbesondere die Entwicklung und (Selbst-) Steuerung individueller Lern- und Arbeitsstrategien (Rambow & Nückles 2002) und die Förderung metakognitiver Kompetenzen (Liebig, 2003) spielen dabei eine wichtige Rolle. Parallelen zum Design Thinking sind zu erkennen. Die Ausbildung dieser Fähigkeiten trägt zur Entwicklung selbstbestimmten Lernens bei (Kap 2.1.2). Die Risiken bei der Verwendung eines Lerntagebuches im Unterricht liegen vor allem darin, dass schwache Schüler\*innen weniger vom Einsatz profitieren, so Hascher (2010). Dies begründet sie damit, dass insbesondere Jungen und Mädchen, die bereits regulatorische Fähigkeiten besitzen, vom Einsatz profitieren. Dieser sogenannte Matthäus-Effekt besagt, dass Lernende, die schon die erforderlichen Kompetenzen erworben haben und sie anwenden, „mehr vom Verfassen von Lerntagebüchern ... profitieren als diejenigen, die darüber nicht verfügen ...“ (ebd., S. 171). Weiterhin setzt die Nutzung von Lerntagebüchern voraus, dass Lehrer\*innen eine große Bereitschaft zur Auseinandersetzung mit dem Lerntagebuch mitbringen.

Im Unterricht liegen die Hauptvorteile für Schüler\*innen darin, das Lernen zu optimieren und zu reflektieren.

Tabelle 9: Nutzung von Lerntagebüchern im Unterricht

Chancen	Risiken
Fehler werden nicht getilgt (Ruf & Gallin, 1991, S. 257)	Motivation lässt nach (Winter, 2006) Aufrechterhaltung der Motivation erfordert Rückmeldung (Deci & Ryan, 1993, S. 223–238)
Attraktivität des Stoffs (vom Ganzen zum Kleinen (ebd.))	Lernqualität muss gesichert werden (Nückles, Hübner & Glogger et al., 2010)
Leistung nicht nur punktuell bewertet (ebd.)	Lernen und Leisten nicht als getrennte Phasen wahrgenommen (Hascher, 2010)
Unterstützung und Beobachtung von Lernprozessen (Hascher, 2010, S. 168; Strauch, Jütten & Mania, 2009)	Setzen Lernprozesse aber auch voraus (Hascher, 2010, S. 168)
Selbstregulation wird gefördert (Perels, Schmitz & Bruder, 2003: Untersuchung an strukturierten Lerntagebüchern) Selbststeuerung individueller Lern- und Arbeitsstrategien (Rambow & Nückles, 2002) reflexive und metakognitive Fähigkeiten (Liebig, 2003; Dignath, Büttner & Langfeldt, 2008)	Matthäus-Effekt (wer selbstregulatorische Fähigkeiten besitzt, profitiert mehr) (Hascher 2010, S. 171) Für schwache Schüler*innen weniger geeignet (Ackerl, Lang & Scherz, 2004, S. 12)
Grundlage für eigenständiges Lernen, Problemlösen (Bartnitzky, 2004; Fischer & Bosse, 2010; Lissmann, 2010) Eigenständigkeit (Beck, Guldemann & Zutarven, 1991; Guldemann, 2003)	Lehrer*in hat nicht mehr alle Fäden in der Hand (ebd.)
Individualisiertes Lernen (Bosse & Dorit, 2004)	Große Bereitschaft der Lehrkraft zur Auseinandersetzung mit dem Lerntagebuch (Mayer & Hillmann, 1996)  Gestaltung des Lerntagebuchs muss an Unterricht und Zielgruppe angepasst werden (Landmann)
Verantwortung übernehmen (Ackerl, Lang & Scherz, 2003)	Schüler*innen empfinden Aufgabe selbstständig zu arbeiten als Zumutung (Winter, 2006, S. 268)
Medium der Kommunikation (Reich, 2008)	Zeitdruck (Ackerl, Lang & Scherz, 2003, S. 11)
Wissen für konstruierendes Handeln in heutiger Gesellschaft (Bräuer, 2004)	

In der Lehr-Lernforschung kann das Lerntagebuch als diagnostisches Instrument zur Grundlage von Interventionen (Helmke, 2007), zur Evaluation des Unterrichts (Winter, 2006, S. 263; Kasper & Lipowski, 1997, S. 88; Nadas & Nietzsche, 2001, S. 27) oder als Hinweis auf den Lernprozess (Hascher, 2010) genutzt werden. So wurde 2008 in dem Projekt zur individuellen Förderung des Staatsinstituts für Schulqualität und Bildungsforschung München (ISB) das Lerntagebuch als Diagnosemittel im Fach Chemie untersucht. Das Ergebnis zeigte die Möglichkeit der Nachvollziehbarkeit von Lern- und Unterrichtsprozessen sowie des Erkennens von Lernerfolgen, Verständnisproblemen und Schwierigkeiten (ebd.), so dass es zur Datenerhebung von Unterrichtssequenzen (Hascher, 2005) herangezogen werden kann. Das Lerntagebuch kann somit als

qualitatives oder quantitatives Erhebungsinstrument fungieren (vgl. Gläser-Zikuda & Hascher, 2007, S. 9–11). Dabei werden folgende Potenziale genutzt: die hohe ökologische Validität, die Dichte der Daten, die Individualität der Antworten und die Situationsgebundenheit (Siller & Hascher, 2012). Siller und Hascher verstehen dabei unter ökologischer Validität die Übereinstimmung der Forschungsbedingungen mit den Bedingungen im realen Leben (ebd.). Nach Mayring (1995) bieten Lerntagebücher die Möglichkeit der Nutzung zur fallbezogenen Datenerhebung. Tagebuchdaten zeigen laut Kanfer, Reinecker und Schmelzer (1996) eine hohe Zuverlässigkeit für statistische Analysen auf. Verglichen wurde dabei die Übereinstimmung mit externen Beobachtern\*innen.

Eine Zusammenfassung zur Konzeption und zum Einsatz von Tagebüchern findet sich in Form einer Checkliste bei Landmann und Schmitz (2007, S. 163; siehe Abb. 28). Die Checkliste diente für das in dieser Arbeit entwickelte Tagebuch als Grundlage.

### Checkliste zum Einsatz von Tagbüchern

- Konzeption**
  - Zielsetzung klären: was soll gefördert werden (Gesamter Selbstregulationszyklus, einzelne Komponenten der Selbstregulation, nur fachspezifische Strategien, nur Selbstreflexion, nur Zeit, im Extremfall nur ein Verhalten)
  - Ressourcen erfragen, stärken
  - individueller Zuschnitt der Tagebücher auf die Zielgruppe
  - Tagebücher in Zusammenarbeit mit der Zielgruppe entwickelt
  - Interaktive Konzeption (Erstvariante erstellen und ein paar Tage ausprobieren)
- Zielgruppe**
  - prinzipiell für alle Schüler geeignet (ab der 3. Klasse)
  - auch für Eltern, Lehrer, Studenten sinnvoll
  - auch für einen einzelnen Schüler geeignet
  - Passung in Bezug auf Alter, Fach, Motivation beachten
- Beobachtetes Zielverhalten**
  - Veränderbarkeit des Zielverhaltens muss gewährleistet sein<sup>R</sup>
  - klare Definition des Zielverhaltens geben<sup>A</sup>
  - Ziel- statt Problemverhalten beobachten<sup>R</sup>
  - erwünschtes/angestrebtes Verhalten beobachten<sup>AR</sup>
  - herausfordernde (etwas schwierige), kurzfristige, selbstgesetzte Ziele<sup>R</sup>
  - nicht zu viele Verhaltensweisen beobachten<sup>AR</sup>
- Gestaltung des Tagebuchs**
  - möglichst kurze Bearbeitungszeit (5 – 10 Minuten)<sup>R</sup>
  - Kombination offener und geschlossener Fragen
  - Anregung zur Reflexion ist wichtiger als Beantwortung geschlossener Fragen<sup>R</sup>
  - optisch ansprechende, auffällige Gestaltung (z. B. Bilder, Comics)<sup>R</sup>
- Einführung**
  - Anleitung zur Bearbeitung geben, korrekte Bearbeitung vorführen
  - motivierende Begründung zum Sinn und Zweck der Tagebücher geben<sup>A</sup>
  - Verdeutlichen, dass der Aufwand im Vergleich zum Ertrag gering ist
  - Zielsetzung und Nutzen erläutern, ggf Zielvision ausmalen lassen<sup>R</sup>
  - Selbstverpflichtung zur Bearbeitung fördern, Verträge mit sich selbst abschließen<sup>A</sup>
- Bearbeitung**
  - Tagebücher zeitnah/unmittelbar, kontinuierlich ausfüllen<sup>AR</sup>
  - regelmäßige Ausfüllroutinen/Gewohnheitsbildung gewährleisten<sup>R</sup>
  - fortwährend an das Ausfüllen erinnern (per SMS, Mail, Tischunterlagen)<sup>R</sup>
  - andauernd an Akkuratheit beim Ausfüllen (Korrektheit, Vollständigkeit) erinnern<sup>A</sup>
  - Tagebücher möglichst täglich einsammeln<sup>A</sup>
  - stichprobenartige Prüfung der Bearbeitung durchführen<sup>A</sup>
  - Belohnung/Lob für gutes Bearbeiten aussprechen<sup>A</sup>
  - über einen längeren Zeitraum einsetzen (möglichst mehr als 10 Wochen)<sup>R</sup>
- Feedback**
  - möglichst schnelles, umgehendes Feedback geben
  - individuelles, differenziertes, verständliches Feedback geben
  - Beteiligung des Schülers an der Rückmeldung ermöglichen
  - ggf grafische Rückmeldung geben<sup>R</sup>
  - individuelle Bezugsnorm bei der Beurteilung von Veränderungen verwenden<sup>R</sup>
  - Fortschritte zurückmelden und honorieren/anerkennen<sup>R</sup>
- Zusätzliche Maßnahmen**
  - Hilfestellung zur Veränderbarkeit des beobachteten Verhaltens geben: Training, Ressourcen fördern/stärken<sup>R</sup>
  - Selbstwirksamkeit stärken
  - Unterstützendes Umfeld gewährleisten<sup>A</sup>

Anmerkung: A=Fördert die Akkuratheit; R=Fördert die Reaktivität/Verhaltensveränderung

Abbildung 28: Checkliste zur Erstellung von Lerntagebüchern  
(aus: Landmann & Schmitz, 2007, S. 163)

### 3.3 Qualitative Analyse

Neben der Formulierung des Forschungsinteresses und des Datenerhebungsinstrumentes gilt es nun, die dazu passende Analysemethode auszuwählen. Im Fokus dieses Kapitels steht die qualitative Inhaltsanalyse, die abschließend in Bezug zu dieser Studie gesetzt wird.

#### 3.3.1 Inhaltsanalyse

Die Lerntagebücher sollen mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse mit der Software MAXQDA 2018 ausgewertet werden. In der Literatur gibt es dazu eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren. Ihnen ist nach Stamann, Janssen und Schreier (2016, S. 13) gemeinsam, dass sie auf der Systematisierung und Interpretation von Kommunikationsinhalten beruhen und ein Kategoriensystem nutzen. Sie werden zu den qualitativen Forschungsmethoden gezählt (z.B. Lamnek, 2010). Feser (2018) verortet verschiedene Varianten allerdings zwischen qualitativer und quantitativer Forschung (siehe Abb. 29), da die Unterscheidung zwischen qualitativer und quantitativer Inhaltsanalyse keine strikte Dichotomie ist, sondern die Pole eines Kontinuums verschiedenster Realisierungsmöglichkeiten beschreibt (vgl. Holsti, 1969; Boyatzis, 1998; Krippendorff, 2004; Schreier, 2014a).

## qualitative vs. quantitative Inhaltsanalyse?

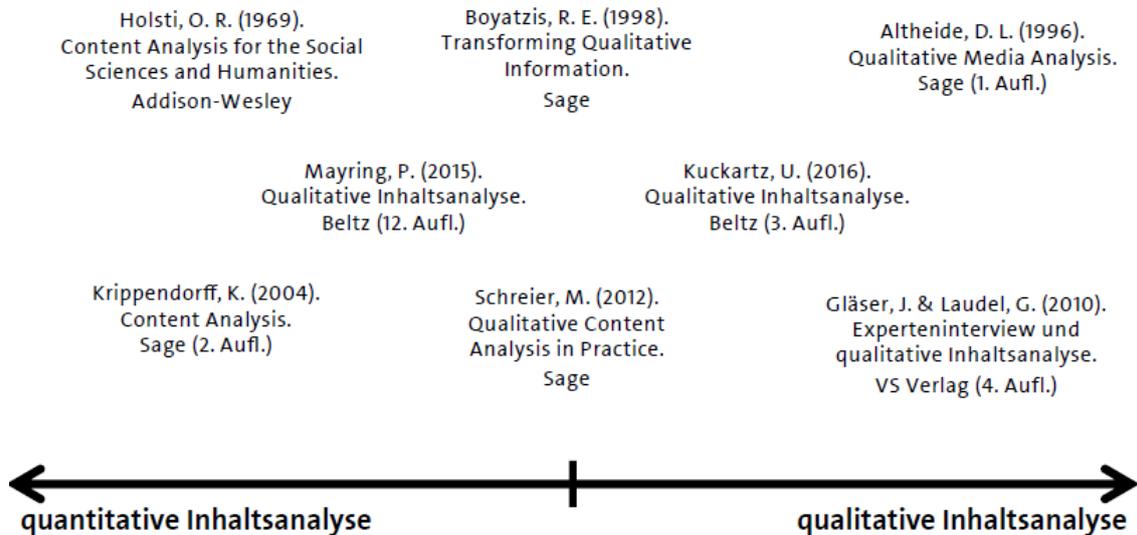


Abbildung 29: Einordnung der Inhaltsanalyse verschiedener Autoren\*innen  
(aus Feser, 2018, S. 31)

Auch Schreier gibt 2014 (b) an, dass es "die" qualitative Inhaltsanalyse nicht gibt. Die Kategorienbildung unterscheidet sich dahingehend, dass z.B. Mayring (2010) die Inhaltsanalyse vorwiegend als deduktives Verfahren, Kuckartz und sie selbst es hingegen als induktives Verfahren verstehen. Gläser und Laudel (2010, 2013) wiederum gingen gemischt deduktiv-induktiv vor, da sie von einem theoriegeleiteten Kategoriensystem ausgehen (deduktiv), welches sich bei der Anwendung auf die Texte z.B. hinsichtlich der Anzahl und Benennung der Kategorien ändern kann (ebd., 2013, S. 22). In dieser Arbeit wird die Kategorienbildung wie nach Rädiker und Kuckartz (2019, S. 99, 100, 102, 103) verstanden, wonach die Unterteilung in deduktiv und induktiv davon abhängt, ob die Kategorien Theorie- oder datenbasiert gebildet werden.

Steigleder (2008) präzisiert bzw. modifiziert die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring in Abhängigkeit von der jeweiligen Forschungsfrage. So fügt sie beispielsweise eine Vorbereitungsphase ein, in der das Datenmaterial mehrmals gelesen wird (S. 161). Abweichend zu Mayrings erstem Schritt, bei dem konkrete Analyseeinheiten bestimmt werden, arbeitet sie mit inhaltlichen Sinnabschnitten (ebd., S. 87, S. 161). Sie kritisiert Mayrings Vorgehen dahingehend, dass Anhaltspunkte für eine Überarbeitung deduktiv gewonnener Kategorien weitestgehend fehlen (ebd., S. 56, S. 59, S. 92, 93). Ihre Modifikation des Verfahrens nach Mayring sieht einen Kontrollschritt vor, in dem die Kategorien überprüft und gegebenenfalls theorie- oder empiriegeleitet überarbeitet werden (ebd., S. 80–81).

Schreier (2014 b, S. 19) identifiziert aus der Vielzahl an Varianten zwei grundlegende Ebenen. Die eine entspricht der strukturierenden Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) und die andere der qualitativen Inhaltsanalyse durch Extraktion nach Gläser und Laudel (2010). Kuckartz wird hierbei der Variante nach Mayring untergeordnet. Schreier sagt, dass mit der strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse ein Basisablauf (2014 b, S. 23) gegeben ist und entwickelt einen methodischen „Werkzeugkasten“ (ebd., S. 24–25) mit verschiedenen Optionen an den verschiedenen Stellen des Verfahrens.

In dieser Arbeit wird auf diesen „Werkzeugkasten“ (siehe Tab. 10) zurückgegriffen, da damit die Vorteile verschiedener Verfahren genutzt werden können.

Tabelle 10: Werkzeugkasten für die qualitative Inhaltsanalyse nach Schreier

(2014 b, S. 24– 25)

<b>Schritte der Analyse</b>	<b>“Werkzeug” (Option) in dieser Arbeit</b>
Festlegen der Forschungsfragen	<p>Welche Rahmenbedingungen unterstützen die Implementierung von Design Thinking in den Chemieunterricht?</p> <p>Eignet sich das Lerntagebuch zur Veranschaulichung des Unterrichtsablaufs? Sind alle Phasen des Design Thinkings in den Lerntagebüchern zu finden? Zeigen die Schüler*innen Design Thinking-Kompetenzen und wenden Prinzipien an?</p> <p>Ist die Durchführung dreier Module in drei aufeinander folgenden Jahren hilfreich? Sind zehn Unterrichtsstunden ausreichend? Ist Design Thinking in der Oberstufe umsetzbar? Unterstützen Methodenkenntnisse die Umsetzung der einzelnen Phasen?</p> <p>Zeigt die Intervention einen positiven Einfluss auf die Selbstwirksamkeitserwartung und das Image des Fachs Chemie?</p>
Auswahl des Materials	Lerntagebücher aller Gruppen und aller Module
Erstellen des Kategoriensystems	<p>Hauptkategorien (z.B. Phasen des Design Thinkings, Design Thinking-Kompetenzen): deduktiv</p> <p>Subkategorien via Subsumtion: deduktiv</p>
Unterteilung des Materials in Einheiten	<p>Sinnabschnitte bei längeren Texten</p> <p>Einzelne Wörter bei Stichworten</p>
Probekodierung	Drei Personen an einem Lerntagebuch
Evaluation und Modifikation des Kategoriensystems	<p>Besprechung im Team aus drei Personen:</p> <p>Konsensuelles Codieren</p> <p>bzw. Berechnung prozentualer Übereinstimmung bei: Eignung Lerntagebuch (Kuckartz, 2018, S. 211–216)</p>
Hauptkodierung	<p>Zwei Personen unabhängig voneinander</p> <p>Kodierung jeweils des gesamten Materials</p>
Weitere Auswertung und Ergebnisdarstellung	<p>Mixed method: quantitative Darstellung einiger Kategorien, Schlussfolgerungen für die Erstellung weiterer Module</p> <p>Darstellen des zeitlichen Ablaufs der Kategorien</p>

Im ersten Schritt wurde die Forschungsfrage geklärt (vgl. Kap. 2.3). Zur Beantwortung dieser Frage sollte zuerst ein geeignetes Datenerhebungsinstrument gefunden werden (vgl. Kap. 3.2.1 und 4.2). Nach Meinel et al. (2015) soll das Führen von Lerntagebüchern den Design Thinking-Prozess unterstützen. In einem ersten Schritt soll geprüft werden, ob sich dieses Instrument auch dazu eignet, den Unterrichtsverlauf abzubilden (vgl. Kap.

5.1, Anhang B und G). Danach wurde untersucht, ob die Schüler\*innen Design Thinking anwenden, um anschließend Hinweise zur übergeordneten Forschungsfrage zu finden (vgl. Kap. 5.1, Anhang G).

Ausgehend von der Theorie des Design Thinkings, nach der mehrere Phasen durchlaufen werden sollen, erfolgte die Kategorisierung zuerst deduktiv, indem die Kategorien entsprechend dieser Phasen gebildet wurden. In der zweiten Durchsicht der Lerntagebücher wurde entschieden, inwiefern eine Subkategorienbildung deduktiv oder induktiv sinnvoll ist. Dabei existieren in der Literatur wiederum mehrere Verfahren induktiver Kategorienbildungen (vgl. Offenes Kodieren in Anlehnung an die grounded theory, Saldana, 2016; Kategorienbildung nach Mayring, 2015 in Form der summativen Kategorienbildung oder der Subsumtion; Theory-Driven, Priority-Research-Driven und Data-Driven Approach nach Boyatzis, 1998).

Da die Lerntagebücher der einzelnen Teams sowohl ausformulierte Texte als auch Stichworte enthalten, erfolgt die Kodierung bei ausformulierten Texten nach Sinnabschnitten und bei Stichworten nur anhand einzelner Wörter.

Eine Berechnung der Intercoder-Reliabilität  $\text{cohens kappa}$  ist nicht möglich, da es bei der qualitativen Inhaltsanalyse keine festgelegten Codiereinheiten gibt (Kuckartz 2018, S. 215), weshalb auch in dieser Arbeit  $\text{cohens kappa}$  nicht herangezogen wird. Kuckartz spricht im Zusammenhang von Gütekriterien nicht von Intercoder-Reliabilität, sondern von Intercoder-Übereinstimmung (ebd., S. 206) und nennt zwei Wege zur Sicherstellung der Übereinstimmung von Codierenden: gemeinsames (konsensuelles) Überprüfen der Kategorien und prozentuale Übereinstimmung (ebd., S. 211). Die erste Variante sei wesentlich zeitaufwendiger, liefert aber bessere Ergebnisse (ebd., S. 216). Aufgrund der geringen Anzahl an Lerntagebüchern, die codiert werden, werden in dieser Arbeit die Kodierungen mit einem\*er zweiten bzw. dritten Codierenden abgestimmt. Bei der Überprüfung der Eignung der Lerntagebücher als Datenerhebungsinstrument werden zusätzlich die prozentualen Übereinstimmungen jeweils zwischen Lerntagebuch und Beobachtungsprotokoll berechnet.

Zusammengefasst lässt sich somit angeben, dass die Daten mittels der inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse (Primärverfahren) unter Verwendung von inhaltlichen Kategorien ausgewertet werden. Die Erstellung der inhaltlichen Kategorien erfolgt deduktiv unter Verwendung der Strategie der Subsumtion. Zur weiteren Auswertung der systematisierten Daten findet eine Häufigkeitsanalyse (Sekundärverfahren) statt.

### 3.3.2 Gütekriterien

In diesem Unterkapitel wird erläutert, wie eine Qualitätssicherung für die vorliegende Studie umgesetzt wurde. Hierfür werden im ersten Schritt verschiedene Gütekriterien für die qualitative Forschung und für die Forschung im Kontext des Design-Based Research vorgestellt. Danach wird die Umsetzung dieser Gütekriterien in Bezug auf die vorliegende Arbeit diskutiert. Weitere Informationen zu Gütekriterien in der qualitativen Inhaltsanalyse sind dem Kapitel 3.3.1 zu entnehmen.

#### Gütekriterien in qualitativer Forschung und in Design-Based Research

Im Bereich der quantitativen Forschung sind die zentralen Gütekriterien die der Objektivität, Reliabilität und Validität. Diese lassen sich nach Steinke nur bedingt auf qualitative Forschung übertragen und ihre Bedeutung ändert sich beim Wechsel zwischen der quantitativen und qualitativen Forschungsrichtung (2008, S. 323).

Steinke (ebd.) schlägt daher vor, für die qualitative Forschung andere Begriffe zu verwenden, um Missverständnissen vorzubeugen. Sie (Steinke, 2007, S. 181–187) entwickelte vier Kernkriterien zur Qualitätssicherung für qualitative Forschung (vgl. Steinke, 2008, S. 323–331), wobei sie diese als Orientierungsrahmen ansieht, der für jede Arbeit spezifiziert werden muss (Steinke, 2008, S. 324).

Da Wassong (2017, S. 272–273) aufzeigt, dass die Richtlinien für Design-Based Research nach McKenney, Nieveen und van den Akker (2006, S. 85–86) in den Kernkriterien für qualitative Forschung enthalten sind, reicht es aus, für die vorliegende Arbeit die vier Kernkriterien zu diskutieren und zu überprüfen. Dazu werden diese kurz vorgestellt, um anschließend auf die Realisierung in dieser Arbeit einzugehen.

#### Indikation des Forschungsprozesses

Das erste Kriterium bezieht sich auf die Angemessenheit (Indikation) des Forschungsprozesses in Bezug auf die Forschungsfrage (vgl. Steinke, 2007, S. 181–183; vgl. Steinke, 2008, S. 326–328). Dabei werden z.B. die Angemessenheit des gesamten Vorgehens und der Methodenwahl betrachtet. Dabei wird überprüft, inwiefern die Methodenmöglichkeiten zur angemessenen Reaktion auf Einzelsituationen lassen und ob die Methodenauswahl gegenstandsorientiert und co-indiziert ist.

In den Kapiteln 2 und 3 wurden die einzelnen Aspekte des Forschungsprozesses sowie die Forschungsfrage dargestellt und begründet. Daraus ergibt sich ein angemessenes Vorgehen, denn die Methode der qualitativen Inhaltsanalyse passt zum Datenerhebungsinstrument der Lerntagebücher. Insgesamt wurden alle Lerntagebücher

ausgewertet, so dass die Stichprobe dem Forschungsinteresse angemessen ist. Die Kategorienbildung erfolgte deduktiv mit zusätzlicher Prüfung des Datenmaterials. Eine Validierung der Lerntagebücher bzw. Fragebögen durch z.B. Leitfadeninterviews erfolgte allerdings nicht, da aufgrund der sozialen Erwünschtheit unter Umständen falsche Antworten gegeben worden wären. Zudem waren die rechtlichen Voraussetzungen für die Durchführung von Interviews nicht gegeben.

### Empirische Verankerung

Die Überprüfung der empirischen Verankerung, des zweiten Kernkriteriums nach Steinke, soll gewährleisten, dass die Ergebnisse der Studie in den Daten begründet sind. Hinreichend viele Textbelege für die Ergebnisse und eine kritische Überprüfung der Ergebnisse etwa durch negative Beispiele sind erforderlich.

Andere Forschungsergebnisse wurden herangezogen, um Hinweise auf mögliche Kategorien zu finden und damit die Daten zu interpretieren. Bei der Darstellung der Ergebnisse (vgl. Kap. 5) sind einige Textstellen aus den Lerntagebüchern zitiert worden.

### Verallgemeinerbarkeit

Ein weiteres Kriterium betrachtet die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse. Fragen der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Situationen und die Grenzen der Gültigkeit der Ergebnisse sind heranzuziehen.

Da sowohl der Kontext als auch die Implementierung von Design Thinking in den Unterricht ausführlich dargestellt wird, sind die Voraussetzungen für die Übertragbarkeit auf andere Inhalte, Jahrgangsstufen oder Unterrichtsformen gegeben. In Kapitel 6 werden weiterhin Perspektiven genannt, diese Generalisierungen weiterzubringen.

### Intersubjektive Nachvollziehbarkeit

Das vierte Kriterium bildet die intersubjektive Nachvollziehbarkeit des Forschungsprozesses. Zur Erfüllung dieses Kriteriums wird als einer von drei Wegen (neben Interpretation in Gruppen und Anwendung kodifizierter Verfahren) die Dokumentation des Forschungsprozesses angegeben (Steinke, 2008, S.324–326). Das Vorverständnis des\*r Forschers\*in, die Erhebungsinstrumente und der Erhebungskontext, die Transkriptionsregeln, die Daten(-erhebung), die Informationsquellen, getroffene Entscheidungen und Probleme im Forschungsprozess werden dazu festgehalten.

Aufgrund der umfassenden Dokumentation ist das Kriterium der intersubjektiven Nachvollziehbarkeit erfüllt (vgl. Kap. 4, 5, siehe Anhang B, C). Das Vorverständnis der Forscherin, die Erhebungsinstrumente und der Erhebungskontext, die Daten(-erhebung),

die Informationsquellen, getroffene Entscheidungen und Probleme im Forschungsprozess werden beschrieben (vgl. Kap. 4). Die Kategorienbildung erfolgt z.B. durch konsensuelles Kodieren.

Neben der Berücksichtigung von Gütekriterien gibt es nach McKenney, Nieveen und Van den Akker (2006, S.85–86) drei zentrale Herausforderungen für den konkreten Forschungsrahmen dieser Studie im Design-Based Research-Rahmen, die im Forschungsprozess beachtet werden müssen (vgl. Plomp et al., 2010, S. 30–32). Dies sind die Involviertheit des\*r Autors\*in, Einschränkungen durch den Kontext und die Adaptivität. Autor\*innen nehmen beim Design-Based Research oft verschiedene Rollen ein. Die Rollenvielfalt kann einen Vorteil darstellen, wenn die Forscher\*innen in Interaktion zu den Beforschten treten und so die Qualität der Daten erhöhen können. Gleichzeitig kann dies zur sozialen Erwünschtheit der Teilnehmenden führen.

In dieser Arbeit ist die Autorin gleichzeitig Forscherin, Entwicklerin, Beobachterin und Auswerterin. So kann sie die Beforschten unmittelbar während des Unterrichtsgeschehens befragen und Rückmeldungen geben.

### 3.4 Fragebögen

Gegenstand dieses Kapitels sind die Operationalisierungen bzw. Fragebögen der zu erhebenden Konstrukte. Bezugnehmend auf die Forschungsfragen aus Kapitel 2.3 werden jeweils Vermutungen zur Interpretation der Ergebnisse abgeleitet.

Eine Alternative oder Ergänzung zu den Fragebögen wären Interviews gewesen. Diese konnten aber nicht durchgeführt werden, da dies aus formalen Gründen nicht zulässig war. Zusätzlich sprach die soziale Erwünschtheit dagegen.

Die Auswertung der Lerntagebücher liefert möglicherweise bereits Hinweise auf Änderungen der Kreativität – nicht aber des Images des Fachs Chemie – bei den Schülern\*innen. Aus zeitlichen Gründen sollen beide Konstrukte durch bereits etablierte Fragebögen ermittelt werden.

#### 3.4.1 Kreativität und Selbstwirksamkeitserwartung

Ausgehend von Kapitel 2.1.1 zur Messbarkeit von Kreativität fokussiert dieses Kapitel auf Messverfahren. Bezugnehmend darauf wird begründet, warum die Selbstwirksamkeitserwartung erhoben werden soll.

Da Design Thinking ähnlich anderen kreativen Prozessen gestaltet ist (vgl. Kap. 2.2.2, Abb. 12), könnte eine Änderung in der Kreativität gleichzeitig einen Hinweis auf die Umsetzung des Prozesses liefern.

Will man entscheiden, ob eine Intervention – wie in dieser Arbeit durch das Design Thinking – einen Einfluss auf die Kreativität hat, so geht man davon aus, dass diese Fähigkeit durch den Prozess oder das Umfeld (Panorama) beeinflussbar ist. Gleichzeitig muss ein geeignetes Messverfahren vorhanden sein. In dieser Arbeit wird den Forschungsrichtungen von Amabile, Mayseless u.a. gefolgt und Kreativität als trainierbar angesehen. Nur wenn sie trainierbar ist, können Kreativitätstechniken zu geänderten Verhaltensmustern führen und einen Beitrag zur Förderung der 4 Ks leisten.

Eine tabellarische Auflistung von Messverfahren – unterteilt nach den 4 Ps nach Rhodes (vgl. Kap. 2.1.1) – findet man bei Haager und Baudson (2019, S. 45–48).

Häufig werden im Zusammenhang mit Messverfahren zur Kreativität die zehn Verfahrensklassen von Hovecar (1981) zitiert. Dazu zählen Tests des divergenten Denkens, Interessentests, Beurteilung durch Außenstehende, Persönlichkeitstests, biografische Fragebögen und Beurteilung von Produkten. Demzufolge sei eine vollständige Testung nur durch die Nutzung mehrerer Verfahren möglich (Schuler, 2007, S. 58).

Jäger (1984) erklärt, dass Intelligenztests Aufgaben zur Kreativität enthalten. Die Faktorenanalyse ergab, dass Kreativität zur Intelligenz dazu gehört (ebd.). Kreativität ist aber nicht unabhängig von Intelligenz, weshalb sie im Berliner Intelligenzstrukturtest gemessen wird. In der Literatur finden sich Korrelationen von  $r = -.21$  (Heller, 1973, S. 21) und  $.52$  (Schuler, 2007, S. 21, 23) zwischen Kreativität und Gesamtintelligenz. Diese Unterschiede können daran liegen, dass unterschiedliche Aufgabentypen vorliegen oder Defizite in der Konstruktvalidität zu finden sind.

Will man Kreativität als divergentes Denken gemäß dem Modell von Guilford messen, so müssten 24 Fähigkeiten gemessen werden (vgl. Kap. 2.1.1). Eine Faktorenanalyse ergab bestimmte Korrelationen, wonach sechs Faktoren übrigbleiben: Problemsensitivität, Produktivität (Fluency), Originalität, Flexibilität, Elaboration und Re-Definition. Vier dieser Faktoren tauchen in nahezu jeder Forschungsrichtung zur Kreativität auf. So sammeln Schüler\*innen beim Design Thinking – ausgehend von einem authentischen Problem – viele Ideen (Lee, 2018), was der Produktivität zugeordnet wird.

Auch die vermutlich meistgenutzten Kreativitätstests von Torrence (TTCT, Torrance Tests of Creative Thinking, 1966, 1988) lehnen sich an Guilford an. In diesen Tests werden verschiedene Fähigkeitsdimensionen wie Produktivität (Flüssigkeit, Fluency), Flexibilität und Originalität u.a.m. gemessen. Unter Flüssigkeit wird dabei die Anzahl der von

den Probanden\*innen gefundenen Ideen verstanden. Diese Tests stehen aber generell in der Kritik, da ihnen eine Vorhersagekraft fehlt. Dennoch werden sie immer noch genutzt, in Ermangelung von Alternativen (vgl. Andreasen, 2005, S. 34–35). Kim (2008) weist dem Torrance-Test dagegen eine hohe Vorhersagekraft nach. In Studien zum Einfluss von Design Thinking auf die Kreativität haben Maysseless et al. (2018) problem lösende Aufgaben und den Torrance-Test herangezogen.

Neben dem TTCT wird der RAT-Test (Remote Associates Test) von Mednick (1962) genutzt. Beim RAT-Test sollen die Testpersonen das Gemeinsame von drei Begriffen finden. In erster Linie wird mit diesen Verfahren das semantische Gedächtnis geprüft, was die Kreativität nicht erschöpfend erfasst (ebd. S. 286). Auch dieser Test hält kritischer Betrachtung nicht stand (ebd. S. 287; Hussy, 1986, S. 78).

Weitere Messmethoden beziehen Persönlichkeitsmerkmale mit ein (vgl. Schuler, 2007, S. 68–71). Zusätzlich gibt es Methoden, die die Aktivität des Gehirns beim kreativen Denken untersuchen. So beschrieb z.B. Malikow 2018 (S. 10), dass beim kreativen Denken bestimmte Gehirnregionen gleichzeitig und nicht getrennt aktiviert werden.

Insgesamt lässt sich somit festhalten, dass Kreativität nicht umfassend gemessen werden kann, solange noch keine verbindliche Definition (und somit Messbarkeit) vorliegt, die Testverfahren strittig sind oder nur ein Teilaspekt berücksichtigt wird.

In der Praxis stellt zusätzlich die zur Verfügung stehende Unterrichtszeit einen begrenzenden Faktor dar, weshalb die oben genannten Messverfahren für diese Arbeit nicht infrage kommen. So wird für den Torrance-Test ungefähr eine Unterrichtsstunde veranschlagt (Strohmeier, 2010), aber in der geplanten Unterrichtsreihe sollen jeweils nur etwa zehn Minuten Bearbeitungszeit eingeräumt werden. Kreativität soll nach Amabile (vgl. Kap. 2.1.1) nicht unter Zeitdruck gemessen werden, was die Messung weiterhin erschweren würde, wenn möglichst wenig Unterrichtszeit verloren gehen soll.

Eine Alternative ist die Messung der Selbstwirksamkeitserwartung (siehe Anhang A1, H).

Jobst et al. (2012) setzen die Selbstwirksamkeitserwartung mit kreativem Selbstvertrauen gleich (vgl. Kap. 2.2.5), also mit dem Vertrauen selbst Kreatives leisten zu können. Somit gibt die Messung der Selbstwirksamkeitserwartung indirekt Aufschluss über die Förderung der Kreativität. Gleichzeitig stellt sie nach Rauth et al. (2010) das wichtigste Lernziel beim Design Thinking dar. Zusätzlich gibt es Informationen zum Einfluss

von Design Thinking-Interventionen auf die Selbstwirksamkeitserwartung. Sie soll sich bereits in kurzen Workshops ändern (Taheri, Unterholzer, Hölzle & Meinel, (2016).

Dabei müsste sich eine Zunahme nach der Intervention zeigen, da eines der Prinzipien beim Design Thinking – die Tendenz zum Handeln – mit der Selbstwirksamkeitserwartung zusammenhängt (vgl. Kapitel 2.2.3). Die Jungen und Mädchen entwickeln beim Design Thinking ein Produkt, so dass sie nach Bandura (1977) eigene Erfolgserfahrungen sammeln können, was sich auf die Selbstwirksamkeitserwartung auswirken müsste (vgl. Kap. 2.1.2). So wäre eine positive Änderung der Selbstwirksamkeitserwartung ein Hinweis auf eine erfolgreiche Umsetzung von Design Thinking.

Darüber hinaus soll die Messung der Selbstwirksamkeitserwartung – laut einer Meta-Analyse (Haase, Hoff, Hanel & Innes-Ker, 2018) – einen positiven Zusammenhang zu Messverfahren für Kreativität zeigen. Der Zusammenhang ist dabei unterschiedlich ausgeprägt. Je nach angewendetem Verfahren reicht er von schwach ( $r = .19$  bei zeichnerischen Leistungstest) bis stark ( $r = .53$  bei selbst eingeschätzter Kreativität, ebd.).

Auch die empirischen Studien von Krapp und Ryan (2002) unterstützen diese Aussage, wonach die Selbstwirksamkeitserwartung eine bedeutende Rolle für die Erklärung menschlichen Verhaltens liefert und somit einen Einfluss auf kreatives Verhalten bzw. den kreativen Prozess hat. Sie sehen die Selbstwirksamkeitserwartung aber nicht als die hauptursächliche Bedeutung – im Gegensatz zu Bandura – an. In aktuellen Motivationstheorien werden weitere Einflussfaktoren wie soziale Beziehungen genannt (ebd. S. 57). Die Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan nennt z.B. auch das Autonomieerleben sowie die Kompetenzerfahrung (z.B. Deci & Ryan, 1993).

Hinzu kommt, dass Design Thinking zu den kooperativen Arbeitsformen (vgl. Kap. 2.2) gehört und durch diese ein stärker intrinsisch motiviertes Lernen erhofft wird (vgl. Kap. 2.1.3). Nach Amabile (vgl. Kap. 2.1) ist intrinsische Motivation nötig, um ein kreatives Produkt zu erhalten. Das intrinsische Lernen hängt nach Deci und Ryan (1993) eng zusammen mit den grundlegenden Bedürfnissen Kompetenzerleben, Autonomieerleben sowie soziale Eingebundenheit. Nach Bandura ist das eigene Kompetenzerleben sogar die stärkste Möglichkeit Selbstwirksamkeit zu erleben.

Es gibt gleichzeitig Hinweise darauf, dass Design Thinking nicht nur einen Einfluss auf die Selbstwirksamkeitserwartung hat, sondern sich beide gegenseitig beeinflussen und somit in Wechselwirkung treten. Denn nach Schwarzer und Jerusalem (2002, S. 36) stellt Selbstwirksamkeitserwartung eine Grundbedingung dafür dar, sollen Anforderungen mit innovativen und kreativen Ideen umgesetzt werden – so wie beim Design Thinking.

### Messinstrument zur Selbstwirksamkeitserwartung

Im Folgenden wird ein Messverfahren zur Erfassung der Selbstwirksamkeitserwartung vorgestellt. Eine Erfassung des Selbstkonzeptes ist nicht vorgesehen, da nur die Untersuchung der Selbstwirksamkeitserwartung Aussagen über ein Unterrichtskonzept zulassen (vgl. Tabelle 1). Auch kann nur bei der Selbstwirksamkeitserwartung auf ein bewährtes Messverfahren – das von Jerusalem und Schwarzer (2003) entwickelt wurde – zurückgegriffen werden.

Die Skala von Jerusalem und Schwarzer (2003) zur Erfassung der Selbstwirksamkeitserwartung wird seit fast 40 Jahren in leicht veränderten Versionen eingesetzt. Der Test beruht auf einer Selbsteinschätzung und umfasst 10 Items, die alle gleichsinnig gepolt sind. Die Antwortmöglichkeiten sind vierstufig und reichen von *stimmt genau* (4), über *stimmt eher* (3) und *stimmt kaum* (2) zu *stimmt nicht* (1). Das Instrument wurde auf der Grundlage des Modells von Bandura von Jerusalem und Schwarzer 1981 entwickelt (Schumacher, Klaiberg & Brähler, 2001, S. 2). Aus der Summation aller 10 Antworten ergibt sich der individuelle Testwert, der ein Score zwischen 10 und 40 aufweisen kann. Auch in dieser Arbeit wird diese Punktzuordnung verwendet, um die eigenen Werte mit denen anderer Forschungsarbeiten vergleichen zu können. Dabei muss bei der Darstellung im Säulendiagramm hingenommen werden, dass die Säulen nicht bei null beginnen. Die meisten bisherigen Studien weisen einen Mittelwert von ca. 29 Punkten mit einer Standardabweichung von ca. vier Punkten auf (ebd.). Bei deutschen Stichproben liegt cronbachs alpha zwischen .80 und .90 (ebd.). Insgesamt erweist sich die Skala als reliables und faktoriell valides Instrument zur Erhebung der allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung (ebd., S. 4).

Aus den von Schumacher, Klaiberg und Brähler (2001, S. 5) genannten Werten lässt sich ein durchschnittlicher Wert von cohens  $d$  mit 0.53 errechnen (vgl. Formel in Kap. 5). Unter der Annahme, dass in dieser Intervention ein ähnlicher Wert erreicht wird, reicht eine Stichprobengröße von 25 aus, um statistisch signifikante Aussagen treffen zu können (vgl. Hanna & Dempster, 2017, S. 305–308).

Hinz, Schumacher, Albani, Schmid und Brähler (2006) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass die allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung bei Männern im Durchschnitt höher liegt als bei Frauen und sie in beiden Fällen mit dem Alter abnimmt. Bei physikalischen und technischen Themen geben Jungen eine höhere Selbstwirksamkeitserwartung an als Mädchen (Faulstich-Wieland, 2004).

Neben dem Test zur allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung gibt es spezifische Selbstwirksamkeitserwartungen, so z.B. die schulbezogene oder auf bestimmte Fächer

bezogene Selbstwirksamkeitserwartung (z.B. Schwarzer & Jerusalem, 1999; Körner & Ihringer, 2016; Dalgety & Coll, 2006). Diese Arbeit folgt Jobst et al. (2012), die beim Design Thinking das kreative Selbstvertrauen mit der allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung gleichsetzen. Es wird deshalb der Fragebogen zur allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung genutzt und kein z.B. auf das Fach spezifischer Fragebogen.

Da keine Informationen über den bisherigen Unterricht vorliegen, wurde die Stichprobengröße, die für signifikante Aussagen erforderlich ist, unter bestimmten Annahmen abgeleitet. Die Stichprobengröße ist abhängig von der Effektstärke. Im vorliegenden Fall wird von einer mittleren Effektstärke ausgegangen. Bei einem einseitigen Test und abhängiger Stichprobe und unter der Annahme, dass  $\alpha = .05$ , die statistische Teststärke = 0.8 und die Effektstärke  $d = 0.5$  sein wird, ist der mindestens erforderliche Stichprobenumfang:  $(2.5/0.5)^2 = 25$  (vgl. Hanna & Dempster, 2017, S. 305–308).

### 3.4.2 Image Chemie

Mit der Förderung der Kreativität wird das Ziel verfolgt, den Schüler\*innen ein positives Bild von Chemie zu vermitteln, denn für die meisten Schüler\*innen erscheint Chemieunterricht wohl wenig kreativ, sondern eher starr (vgl. u.a. Euler, 2001; Kessels & Hannover, 2006, Prenzel & Ringelband, 2001). Dies könnte das Image des Chemieunterrichts beeinflussen, weshalb zusätzlich mögliche Änderungen im Image erfasst werden sollen.

Unter dem Image eines Fachs werden die allgemein üblichen Annahmen über die Charakteristika und Inhalte eines Fachs verstanden (Kessels & Hannover, 2006).

Die stereotype Vorstellung von einem Fach beeinflusst, ob eine Person dieses Fach mag oder nicht.

Schüler\*innen bevorzugen die Fächer, deren Image ihrem Selbstbild ähnlich ist und lehnen diejenigen Fächer ab, deren Image weit von ihrem Selbstbild entfernt ist (Kessels & Hannover, 2004). Sie vergleichen ihr Selbstbild mit den einem Fach zugeschriebenen Attributen (Kessels & Hannover, 2006). So wird beispielsweise Physik mit ‚schwierig‘, ‚maskulin‘ und ‚fremdbestimmt‘ assoziiert (Kessels et al., 2006). Letzteres meint, dass das Einbringen eigener Ideen und somit Kreativität nicht gefragt ist. Genau dies ist aber das Ziel des Ansatzes von Design Thinking.

Von den Untersuchungen Kessels et al. (2006), die image-inkongruentes Material anbieten, ist bekannt, dass das Image eines Faches geändert werden kann. Auch beim

Design Thinking wird image-inkongruentes Material genutzt, weshalb eine Image-Änderung erwartet wird. Darüber hinaus wird vermutet, dass sich Schüler\*innen z.B. durch Lösen eines komplexen Problems als kompetent und selbstwirksam erleben. Sie erkennen möglicherweise, dass naturwissenschaftlicher Unterricht kreatives Potential hat und nehmen ihre kreativen Fähigkeiten wahr, so dass hier eine Imageänderung hervorgerufen wird und es zu einer Anpassung von Image und Selbstbild kommen kann.

Die Ergebnisse von Gräber und Kleuker (1998) stützen diese Vermutung noch. Sumfleth, Rumann und Nicolai (2004, S. 76) kommen – unter Berücksichtigung einer TIMSS-Videostudie von Stigler, Gonzales, Kawanaka, Knoll und Serrano (1999) – zu dem Schluss, dass es im experimentellen Unterricht oft nur um das Versuchsergebnis geht und somit der Unterricht eher produkt- und nicht prozessorientiert ist. Das bedeutet gleichzeitig, dass das Fachwissen im Vordergrund steht und weniger der Lernprozess als solcher. Der Lehrer\*innenanteil dominiert in dem meist stark gelenkten Unterrichtsgespräch. Solch ein Unterricht führt nach Gräber und Kleuker (1998) zu einer negativen Einstellung zum Fach und mangelhaftem Lernerfolg. Umgekehrt würde dies bedeuten, dass ein prozessorientierter Unterricht wie beim Design Thinking zu einer positiven Einstellung führen könnte. Sie empfehlen, soziale Aspekte des Lernens stärker zu berücksichtigen (ebd.). Als Unterrichtsform bietet sich das kooperative Lernen an. Da Design Thinking den Lernprozess und kooperatives Arbeiten in den Vordergrund stellt, sollte die Durchführung einen positiven Einfluss auf das Image haben (vgl. Kap. 2.1.3 bzw. Eilks, 2003a, S. 54; Eilks, 2003b, S. 114).

Unterstützt wird diese Hypothese dadurch, dass – wie im Kapitel 2.2 erläutert – das Unterrichtskonzept vom herkömmlichen Unterricht abweicht: Es ist ergebnisoffen und Fehler sollen früh gemacht werden, um früh daraus zu lernen. Weiterhin wird beim Design Thinking der innovative Charakter betont, was in den Items zum Image abgefragt wird.

### **Messinstrument zum Image Chemie**

Auch hier soll auf einen bereits etablierten Fragebogen zurückgegriffen werden, da das Konstrukt Image bereits operationalisiert ist und sich der Fragebogen bewährt hat.

Zum Konstrukt des Images lehnt Weißnigk (2013) ihren Fragebogen an den CAEB-Fragebogen (connotative aspects of epistemological beliefs) von Stahl und Bromme (2007) an, die durch explorative Faktorenanalyse die zunächst angestrebte 3-Faktorenlösung zugunsten einer 2-Faktorenlösung mit höheren Reliabilitäten und Ladungen aufgegeben haben (ebd., S. 382). Diese zwei Faktoren erfassen die Strukturiertheit („Texture“) und die Variabilität des Faches. Weißnigk setzt dabei in ihren Fragebögen von den sieben

verwendeten Adjektivpaaren zwei begründet ein und passt das semantische Differential an die wesentlichen Eigenschaften experimenteller Tätigkeit im Labor an (ebd., S. 90). Sie kürzt das ursprünglich verwendete siebenstufige semantische Differential auf ein sechsstufiges (ebd., S. 91). Spitzer ergänzt die sieben Adjektivpaare auf neun als Anpassung an sich ergebende Verständnisschwierigkeiten aus Vortests (2017, S. 104).

Da die Ergebnisse der eingesetzten Fragebögen nach Weißnigk und Spitzer eine gute Reliabilität aufweisen (ebd.), wird auch in der eigenen Studie das sechsstufige Differential herangezogen. Zusätzlich erleichtert dies einen Vergleich mit den oben genannten Arbeiten. In der vorliegenden Untersuchung werden neun Adjektivpaare genutzt, da die Reliabilität höher lag als bei sieben (ebd.). Dabei werden im Anschluss an die Befragungen noch Item-Skala-Statistiken durchgeführt, um anhand der errechneten Reliabilitäten die Anzahl der Adjektivpaare zu bestätigen oder zu verwerfen.

Somit ergeben sich neun Adjektivpaare auf der sechsstufigen Skala (siehe Abb. 30): wichtig-unwichtig, kreativ-unkreativ, dynamisch-statisch, offen-abgeschlossen, produktiv-unproduktiv, fortschrittlich-rückschrittlich, innovativ-konservativ (mit den Werten 1 bis 6 jeweils von links nach rechts auf dem Fragebogen, Skalenmitte bei 3.5).

Eine Unterscheidung des Images der Wissenschaft als solches und des Unterrichts, wie sie Stahl und Bromme (2007) vorgenommen haben, würde eine gesonderte Untersuchung erforderlich machen. Da Design Thinking als Unterrichtskonzept entwickelt wird, wird in erster Linie eine Imageänderung bzgl. des Unterrichtsfaches erwartet. Dabei wird eine positive Änderung angenommen, da die Aspekte Dynamik, Kreativität, Innovation, Fortschrittlichkeit und Produktivität sowohl in dem Fragebogen als auch bei diesem Unterrichtskonzept eine bedeutende Rolle spielen.

**Was empfindest du, wenn du an Chemieunterricht denkst?**

**Antworte schnell und bearbeite alle Aussagen.**

wichtig	<input type="checkbox"/>	unwichtig					
produktiv	<input type="checkbox"/>	unproduktiv					
kreativ	<input type="checkbox"/>	unkreativ					
dynamisch	<input type="checkbox"/>	statisch					
offen	<input type="checkbox"/>	abgeschlossen					
fortschrittlich	<input type="checkbox"/>	rückschrittlich					
innovativ	<input type="checkbox"/>	konservativ					
aktiv	<input type="checkbox"/>	unbeweglich					
offen für Neues	<input type="checkbox"/>	an Bestehen- dem festhaltend					

Abbildung 30: Fragebogen zur Messung des Images von Chemieunterricht  
(basierend auf Weißnigk 2013 und Spitzer 2017)

Anhand der Werte von Weißnigk (2013) mit  $\text{cohens } d = 0.28$  lässt sich eine Stichprobengröße von 80 errechnen, um signifikante Aussagen machen zu können (vgl. Hanna & Dempster, 2017, S. 305–308). Spitzer findet keinen signifikanten Unterschied, so dass die hier eingesetzte Stichprobengröße nicht ausreicht, um Aussagen über die Population zu treffen. Dennoch kann die Untersuchung eventuell die Ergebnisse der qualitativen Studie unterstützen und wertvolle Hinweise für weitere Forschungsansätze liefern.

### 3.4.3 Untersuchungsdesign und Aufbau der Fragebögen

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um ein Paneldesign in Form einer Pre-post-Befragung. Die Schüler\*innen füllen jeweils zu Beginn der ersten und nach der letzten Unterrichtsstunde des entsprechenden Unterrichtsmoduls die Fragebögen aus.

Auf die Untersuchung mit Kontrollgruppen wird aus mehreren Gründen verzichtet. So wäre die Anzahl der Lerntagebücher der Testgruppe noch geringer und Aussagen weniger zuverlässig. Würde die Kontrollgruppe durch den Parallelkurs repräsentiert, wäre kein zweiter Durchlauf in einem Parallelkurs möglich, so dass ggf. Änderungen nicht bereits in einem frühen Stadium eingebaut werden können. Des Weiteren sind die Voraussetzungen in Test- und Kontrollgruppe sehr unterschiedlich. Innerhalb einer Testgruppe sind die Variablen eher als konstant zu betrachten und müssten zusätzlich

möglichst in der Kontrollgruppe denen der Testgruppe entsprechen, was in der Praxis nicht zu leisten ist.

Untersucht werden die Konstrukte Selbstwirksamkeitserwartung und Image Chemie mithilfe von Papier-und-Bleistift-Tests. Das Konstrukt Selbstwirksamkeit besteht aus einer vierstufigen Skala. Die Stufen reichen von *stimmt nicht* (1) über *stimmt kaum* (2) und *stimmt eher* (3) bis *stimmt genau* (4). Zur Erhebung des Images wird ein sechsstufiges semantisches Differenzial verwendet, das sich an das von Stahl und Bromme (2007) anlehnt.

Der Vorteil der eingesetzten symmetrischen Skalen liegt darin, dass die Befragten klar Stellung beziehen müssen, da es keine mittlere Antwortmöglichkeit gibt. Nicht ausgeschlossen werden kann, dass Schüler\*innen ihr Kreuz zwischen zwei Antwortmöglichkeiten setzen. Allerdings gibt es nur vier Fragebögen, bei denen das zutrifft.

Um die Fragebögen den jeweiligen Schülern\*innen zuordnen zu können und die Anonymität zu gewährleisten, sollen alle Teilnehmenden ein Code bestehend aus den ersten beiden Buchstaben des Vornamens der Mutter und dem eigenen Geburtsdatum (Monat, zweistellig) angeben.

Da keine Zwillinge in den Kursen sind, ist es sehr unwahrscheinlich, dass zwei gleiche Codes vorkommen. Die Verwendung von persönlichen Codes ist allerdings nicht ganz unproblematisch, da Fragebögen aufgrund von absichtlich oder unabsichtlich falsch erstellten Codes nicht miteinander in Beziehung gesetzt werden können.

In allen Fragebögen werden Personenmerkmale wie Geschlecht, Alter und die letzte Chemiezeugnisnote als Störfaktoren vor den eigentlichen Fragen erhoben. Mögliche Zusammenhänge können so aufgedeckt werden. Inwieweit die Reihenfolge der Fragebögen bzw. die Abfrage der Störfaktoren zu Beginn der Erhebung einen Einfluss auf die Antworten hat, bleibt weiteren Forschungen vorbehalten.

Die Fragebögen nach der Intervention des dritten Moduls werden mit offenen Fragen ergänzt. Da aus rechtlichen Gründen keine Interviews durchgeführt werden dürfen, ergibt sich damit ein anderer Weg der Validierung der Fragebögen bzw. Lerntagebücher (siehe Anhang H).

Bei der Auswertung der Konstrukte Image und Selbstwirksamkeit gilt zu bedenken, dass aufgrund der Corona-Krise die Antworten der Schüler\*innen im dritten Modul sehr von ihren zwischenzeitlich gemachten Erfahrungen bzgl. Corona geprägt sein könnten. Der Unterricht im dritten Modul lässt weniger Handlungsspielräume zum selbstständigen Experimentieren zu, was sich auf die Antworten auswirken könnte. Der Übergang von der

11. in die 12. Klasse könnte insbesondere auf die Ergebnisse zur Selbstwirksamkeitserwartung einen Einfluss haben, da erfahrungsgemäß die Schüler\*innen in der 12. Klasse oft überrascht sind, dass die Erwartungshorizonte mit Beginn der abiturrelevanten Phase hinsichtlich Transferleistungen zunehmen.

Zu bedenken ist weiterhin, dass Testeffekte eine Rolle spielen könnten. Nach Hattie (2013) nimmt der Neuigkeitswert mit der Zeit ab, so dass aus diesem Grunde die Antworten im Laufe der Module weniger positiv ausfallen könnten.



## 4 Umsetzung des Unterrichtskonzeptes

In diesem Kapitel wird das Design Thinking-Konzept auf Basis der bisherigen Überlegungen und Anforderungen entwickelt. Dazu werden die Rahmenbedingungen mithilfe der in Kapitel 2 und 3 erläuterten Forschungsergebnisse und -studien begründet. Die auch als Datenerhebungsinstrumente eingesetzten Lerntagebücher werden in ihrer Funktion und Gestaltung vorgestellt. Im Anschluss daran werden die für das Design Thinking-Konzept erforderlichen methodisch-didaktischen und inhaltlichen Überlegungen zu den drei Modulen thematisiert.

### 4.1 Umsetzung von Design Thinking im Chemieunterricht

Anknüpfend an Dorst (2011), für den eine einheitliche Definition von Design Thinking ein solch breites Konzept sehr vereinfachen würde (vgl. Kap. 2.2.1), erscheint es sinnvoll, für den Chemieunterricht ein eigenes Konzept zu entwickeln. In diesem Kapitel werden die – alle Module betreffenden – Aspekte abgeleitet, die gemäß dem Design-Based Research-Ansatz Aufschluss darüber geben können, wie und warum eine Intervention in einem bestimmten Kontext wirkt. Dabei wird zwischen Implementierungsgrundlagen und Rahmenbedingungen unterschieden. Am Schluss dieses Kapitel werden nicht beeinflussbare Parameter wie die Lerngruppe dargelegt, da auch sie Einfluss auf die Umsetzung – und damit auch auf die Auswertung der Ergebnisse – haben.

#### **Implementierungsgrundlagen**

Die Implementierungsgrundlagen beinhalten die zu erwerbenden Lernziele, beschreiben die Umsetzung der Design Thinking-Prinzipien sowie den Design Thinking-Prozess. Sie können herangezogen werden, um zu überprüfen, ob die Intervention erfolgreich war (vgl. Kap. 5).

### Lernziele (SOLO-Taxonomie)

Die in Kapitel 2.2.5 vorgestellte Forschungsarbeit gibt als oberstes Ziel den Erwerb kreativen Selbstvertrauens an. Darüber hinaus gehende Lernziele dieser Arbeit werden im Folgenden mithilfe der SOLO-Taxonomie (Biggs & Tang, 2007) formuliert.

Die SOLO-Taxonomie dient zur Beschreibung für die strukturelle Organisation von Wissen und beinhaltet fünf Stufen mit zunehmend komplexerem Niveau (mit den Zahlen 1 bis 5). Jeder Stufe können Verben zur Lernzielformulierung zugeordnet werden.

Die in Tabelle 11 formulierten Lernziele leiten sich aus den Darstellungen der Forschungsergebnisse aus Kapitel 2.2.5 ab. So wenden die Schüler\*innen Design Thinking an, wenn sie die Phasen durchlaufen (vgl. Kap. 2.2.4 bzw. Kap. 4.1) oder wenn Design Thinking-Prinzipien zu erkennen sind. Die Prinzipien sind in der Tabelle 11 den Phasen zugeordnet. Die Lernenden haben Design Thinking-Kompetenzen erworben, wenn sie die Terminologie nutzen, recherchieren und ihre Zeit planen (drei Ziele). Die in der Tabelle 11 zuletzt genannten Ziele beziehen sich auf die Anwendung von Methoden.

Tabelle 11: Lernziele

<b>Lernziele: Die Schüler*innen sollen ...</b>	<b>SOLO- Taxonomie</b>
<b>den Design Thinking-Prozess anwenden.</b>	4
den Problem- und Lösungsraum illustrieren (Prinzip: Visualisierung).	3
sich mit der Persona identifizieren (Prinzip: Nutzer*innenzentriertheit).	2
ihre Vorgehensweise, den Versuch und Prototyp beschreiben und mit den anderen Lerngruppen darüber diskutieren (Prinzip: Multidisziplinarität).	3
Ideen kreieren und mithilfe von Pflanzeninhaltsstoffen Prototypen erfinden (Prinzip: Kreatives Gestalten).	5
ihre Vorgehensweise, die Zusammenarbeit im Team, eventuelle Schwierigkeiten reflektieren (Prinzip: Iteratives Vorgehen).	5
<b>Design Thinking-Kompetenzen anwenden.</b>	4
sich Design Thinking-Begriffe einprägen und definieren (Design Thinking-Kompetenz: Terminologie).	2
den Problemraum umreißen, indem sie nach damit zusammenhängenden Informationen recherchieren (Design Thinking-Kompetenz: Recherchieren).	3
ihre Vorgehensweise selbstständig planen und organisieren (Design Thinking-Kompetenz: Zeitmanagement).	4
<b>die für jede Phase typische Methode anwenden.</b>	4
Kreativitätstechniken anwenden, um Ideen zu finden.	4
ihren Prototyp mit einem herkömmlichen Produkt vergleichen (bewerten).	4

### Prinzipien

Da für die Umsetzung des Design Thinking-Konzeptes die Prinzipien eine große Rolle spielen (vgl. Kap. 2.2.3), werden die für diese Arbeit wichtigsten Prinzipien näher beschrieben. Die Reihenfolge entspricht dabei der in Kapitel 2.2.5 aufgeführten und somit der Phase, in der das Prinzip in erster Linie angewendet wird.

### Visualisieren

Die Jungen und Mädchen haben Material, um in allen Phasen bestimmte Aspekte zu visualisieren (kreativer Raum). In der ersten Phase können sie z.B. auf Tonpapier Mindmaps erstellen und mit diesen die Wand gestalten.

Die Persona kann gezeichnet werden, um ihre Bedürfnisse zu veranschaulichen. Ein Brainstorming in Phase 3 kann helfen, Ideen zu finden. Diese sollen visualisiert werden, wobei z.B. für jede Idee ein Post-it genutzt werden könnte. In Phase 4 können geplante Versuche in Skizzen dargestellt werden und eine Tabelle in Phase 5 könnte die Bewertung visualisieren.

### Nutzer\*innenzentriertheit

Die jeweiligen Probleme werden so gewählt, dass sie von verschiedenen Perspektiven aus betrachtet werden können. Diese werden in Form einer Persona bildlich dargestellt. Es gibt nicht die eine richtige Lösung, denn die Lösung hängt von den Bedürfnissen der beteiligten Nutzer\*innen ab. Möglicherweise fällt den Schülern\*innen der Perspektivwechsel leichter, wenn sie emotional involviert sind (vgl. Problemstellung).

### Multidisziplinarität und Teamgröße

Im Kapitel 2.1.3 werden je nach Autor\*in verschiedene Teamgrößen vorgeschlagen. Diese Arbeit schließt sich der Auffassung von Schallmo bzw. Gürtler und Meyer an, die die optimale Teamgröße bei vier bis sechs Mitgliedern sehen (vgl. Kap. 2.2.3). Auch sie führen Design Thinking-Prozesse durch. Die Jungen und Mädchen können ihre individuellen Stärken, Interessen und Erfahrungen einbringen, sodass fächerübergreifendes Arbeiten unterstützt wird. Da des Öfteren einzelne Teammitglieder, z.B. krankheitsbedingt, fehlen können, wird die Teamgröße mit bis zu fünf gewählt. Eine Teamgröße von sechs Mitgliedern hätte den Nachteil, dass weniger Auswertungsmaterial in Form der Lerntagebücher zur Verfügung stünde.

Erst im zweiten Modul sollen die Teams Regeln erhalten, die ihre Arbeit im Team unterstützen. Im ersten Modul wird untersucht, ob die Schüler\*innen bereits Regeln anwenden und entsprechende Methodenkenntnisse vorhanden sind.

Damit die Jungen und Mädchen möglichst viel Freiraum haben (vgl. Kap. 2.1.2), wird ihnen überlassen, mit wem sie zusammenarbeiten wollen. Wie bereits in Kapitel 2.1.3 erwähnt, stützt sich diese Arbeit auf das Verständnis der Kollaboration von Lai et al. (2017). Das gemeinsame Ziel kann nur gemeinsam im Team erreicht werden. Die Aufgabenstellungen sind umfangreich und nicht alleine zu bewältigen.

### Kreatives Gestalten

Insbesondere Experimente eignen sich, die Tendenz zum Handeln zu nutzen (vgl. Kap. 2), um erste Prototypen zu erstellen. Kreativität ist erforderlich, wenn selbstständig Ideen zur Gestaltung von Versuchsanleitungen entwickelt werden sollen. Die eigene Entwicklung eines „Produktes“ spornt vermutlich die Jugendlichen mehr an als das bloße Nachkochen von Anleitungen, bei denen die Ergebnisse vorher feststehen. Etwas selbst geschaffen zu haben, motiviert vielleicht, zukünftig selbstständig zu recherchieren und bei Misserfolgen durchzuhalten. Der positive Nebeneffekt könnte die Stärkung der Selbstwirksamkeitserwartung sein, denn die stärkste Möglichkeit der Förderung sind eigene Erfolgserfahrungen, so Schwarzer und Jerusalem (vgl. Kap. 2.1.2).

In Übereinstimmung mit Amabile (1983) wird der Einfluss des Umfeldes (z.B. der Raum, Materialien) auf die kreative Leistung gesehen (vgl. Kap. 2.1.1). Nach Schuler (2007) glauben viele Menschen, dass nur geniale Personen kreativ sein können (vgl. Kap. 2.1.1), weshalb es wichtig ist, den Schüler\*innen zu verdeutlichen, dass Kreativität z.B. nach Torrence (1988) unterschiedlich stark ausgeprägt sein kann und sie somit kreative Leistungen zeigen können und die oberste Stufe der Kreativität auch gar nicht erwartet wird (vgl. Kap. 2.1.1).

Da der Raum in der Schule, in dem diese Module durchgeführt werden, nicht umgebaut und somit kreativ gestaltet werden kann, bleibt als einzig gangbarer Weg, Material bereitzustellen, das zur Kreativität anregt, oder die Wände kreativ zu gestalten.

Einfaches, jederzeit verfügbares und kostengünstiges Material zur Visualisierung des Problems oder zum Brainstorming wie Tonpapier, Post-its, bunte Stifte, Flipchart-Papier liegen im Kursraum aus. Die Schüler\*innengruppen haben Zugang zu Bechergläsern, Pipetten, Büretten, Mörsern und anderen einfachen chemischen Geräten, so dass sie möglichst eigenständig die Versuche entwickeln und durchführen können. Auch stehen ihnen Sägen, Hammer und anderes Werkzeug zur Verfügung.

### Iteratives Vorgehen

Mithilfe des Lerntagebuches reflektieren die Teams ihre Vorgehensweise, um so aus ihren Fehlern lernen und iterativ vorgehen zu können. Dabei nimmt die Lehrkraft die Rolle einer Moderatorin ein, so dass die Teams möglichst eigenverantwortlich und selbstständig arbeiten. Aufgrund der ergebnisoffenen Arbeitsweise kann jedes Produkt verändert oder besser an die Nutzer\*innenbedürfnisse angepasst werden.

Am Ende jeder Phase erhalten die Arbeitsgruppen Feedback zu ihrem Prozess, um iteratives Vorgehen zu erleichtern (vgl. Kap. 2.1.2).

## Umsetzung (Phasen)

Da die Lehrkraft als Moderator\*in vermutlich den größten Einfluss auf den Prozess und weniger auf die Person, das Umfeld (zumindest in der Schule) oder das Produkt (vgl. Kap. 2.1.1) hat, spielt die Gestaltung der Phasen eine bedeutende Rolle, weshalb diese im Folgenden erläutert werden. Vorher wird die Einbettung der Phasen im Unterricht bzw. allgemeine Vorgehensweisen zu Beginn und am Ende des Unterrichts beschrieben.

Bevor die Jungen und Mädchen selbst einen Design Thinking-Prozess durchlaufen, wird ihnen der Ablauf an einem Beispiel (Video „Nerds im Klassenzimmer“: <https://vimeo.com/155537366>, ab 7:00 min) aufgezeigt, da das Bewusstmachen der Phasen die Kreativität fördert (vgl. Kap. 2.1.1).

Am Ende jeder Phase findet zwischen Lehrkraft und den Teams ein kurzes Feedback statt, um der nach Taheri et al. (2016) langsamen Entwicklung kompetenzbasierten Lernens entgegenzuwirken (vgl. Kap. 2.2.5). Auch sollen einzelne Teams zu Beginn jeder Unterrichtsstunde kurz mitteilen, welche Tipps sie für andere Teams haben oder wo sie Schwierigkeiten hatten.

Unterstützt werden soll die Umsetzung durch Fragen im Lerntagebuch (vgl. Kap. 4.2).

Das hier entwickelte Konzept lehnt sich an die Phasen der Design Thinking-Konzepte der Hopp Foundation (Feldhaus et al., 2018) und Weinbergs (2012) an. Der Ansatz der Hopp Foundation ist speziell für die Umsetzung in Schulen ausgelegt und Weinberg hat eine Bewertungsphase des Prototyps integriert.

Die Phase 1 beginnt mit einem alltagsrelevanten Problem, in das mit einem Film, Comic oder Zeitungsausschnitt eingeführt wird. Es handelt sich dabei um ein sogenanntes „wicked“ Problem (vgl. Kap. 2.2.4), d.h. ein komplexes Problem, dem keine eindeutige Lösung zugeordnet werden kann. Dies soll dadurch erreicht werden, dass es in Nachhaltigkeitsthemen eingebunden ist (vgl. Kap. 4.3). Dabei sollen die Schüler\*innen – nach Auffrischen ihres für das jeweilige Modul notwendigen Vorwissens – das Problem möglichst umfassend visualisieren.

Insbesondere im ersten Modul wurden Anpassungen zur Phase 2 vorgenommen. In dieser Phase sollen normalerweise Rechercharbeiten, Interviews oder Beobachtungen zum Nutzer\*innenverständnis durchgeführt werden, so dass daraus eine Zusammenfassung der Nutzer\*innenbedürfnisse in Form einer Persona erstellt werden kann. Da dies besonders zeitintensiv ist und auch aus datenschutzrechtlichen Gründen im Unterricht teilweise so gar nicht machbar ist, wird dieser Arbeitsschritt stark reduziert. Um diese wichtige Phase dennoch verwenden zu können, wird den Teams in Modul 1 eine Persona im Erfindertagebuch vorgegeben, bei der z.B. nur noch die Bedürfnisse und

Wünsche ergänzt werden müssen (siehe Anhang B). Somit wird den Gruppen mittels der Persona die Chance gegeben, die zweite Phase des DesignThinking-Prozesses kennenzulernen und die Erkenntnisse in die weiteren Phasen zu integrieren. Iteratives Vorgehen unter Berücksichtigung der Nutzer\*innenbedürfnisse wird somit realisierbar. Im Modul 2 wird die Phase 2 dahingehend erweitert, dass sich die Teams eigenständig eine Persona ausdenken können. So wird dieser Phase mehr Gewicht verliehen. In Modul 3 können die Schüler\*innen sich noch intensiver mit dieser Phase beschäftigen, indem sie andere Jungen und Mädchen ihrer Schule interviewen, womit sie eine für diese Phase typische Methode anwenden. Sie leiten aus den Antworten der Interviews die Bedürfnisse der Nutzer\*innen ab. Mit der Wahl dieser Nutzer\*innengruppe soll der Perspektivwechsel erleichtert werden.

In der Phase 3 sollen die Teams möglichst viele Ideen (divergentes Vorgehen) zu denkbaren Versuchen und Prototypen entwickeln. Sie können dabei die Materialien, die sie nutzen wollen, und die Untersuchungsmethoden variieren.

In der Phase 4 testen die Teams ihre Prototypen und sollen Kontrollversuche durchführen. Die Experimente sollen dabei von ihnen selbst entwickelt werden können. Es sollte viele Optionen der Durchführung, der Wahl der Geräte und Chemikalien geben, so dass verschiedene Lösungswege gefunden werden können. Voraussetzungen dafür sind, dass die Schüler\*innen bereits selbstständig Experimente mit einer offenen Problemstellung planen und durchführen können, naturwissenschaftliche Arbeitsweisen kennen, Grundtechniken beherrschen und den Versuchsablauf strukturiert darstellen können. Darauf aufbauend sind die hier vorgestellten flexiblen Experimente zu sehen. Die Schüler\*innen sollen mehrere Lösungswege zu einem gesellschaftlichen, komplexen Problem finden und ihren Prototyp mithilfe eigener Reflexionen verbessern.

Phase 5 sieht die Bewertung ihres Prototyps unter Beachtung der Aspekte Machbarkeit, Bedürfnisse und Wirtschaftlichkeit vor (vgl. Kap. 2). Somit wird der Design Thinking-Prozess um die Phase der Bewertung (Phase 5) ergänzt, sodass die drei oben genannten, für Design Thinking relevanten, Aspekte berücksichtigt werden können. Dies kann auch damit begründet werden, dass kreative Prozesse anderer Forschungsrichtungen ebenso eine Bewertungsphase enthalten (vgl. Kap. 2.2.4). Gleichzeitig können hiermit die in den Kernlehrplänen (2013) geforderten Bewertungskompetenzen gefördert werden (siehe Unterrichtsverläufe im Anhang C). Auch der Förderung des kritischen Denkens kann so Rechnung getragen werden. Nach der US-amerikanischen National Council for Excellence in Critical Thinking (vgl. Fadel et al., 2015, S. 134) zählen die Fähigkeiten, Informationen zu prüfen und zu reflektieren zum kritischen Denken.

Zum Abschluss der Unterrichtsreihe in der Phase 6 sollen die Lernenden ihre Ergebnisse, ihren eingeschlagenen Weg zur Lösung des Problems und ihr „Produkt“

präsentieren. Sie können dabei z.B. ein Marketing-Video, einen Werbeflyer oder einen Vortrag vorbereiten. Es wird besonderer Wert daraufgelegt, die Vorgehensweise zu berücksichtigen, die nicht zum Erfolg geführt hat. Die Teams sollen reflektieren, wie sie damit umgegangen sind und wie sie Argumente und Gegenargumente zu ihrem eigenen Produkt bewerten. Die Phase 6 erfordert besonders kommunikative Fähigkeiten. Die Jungen und Mädchen haben die Gelegenheit, mit den Mitschülern\*innen z.B. über die Vor- und Nachteile ihres Produkts zu diskutieren.

Die übergeordnete Struktur der Unterrichtsgänge aller drei Module soll Tabelle 12 verdeutlichen. Jede Phase weist vergleichbare inhaltliche Aspekte, Schüler\*innenaktivitäten und Förderziele auf.

Tabelle 12: Unterrichtsgang beim Design Thinking im Chemieunterricht

<b>Phasen des Design Thinking</b>	<b>Inhaltliche Aspekte</b>	<b>Schüler*innenaktivität</b>	<b>Förderziele (4 Ks)</b>
<b>Komplexes Problem</b>	Gesellschaftliches Problem mit ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten, Nachhaltigkeit	Vernetzen das Wissen, visualisieren z.B. durch Mindmap	Kreativität, Kommunikation
<b>Persona</b>	Perspektive der Persona (gesellschaftliches Problem)	Erstellen eine Persona, Perspektivwechsel	Kritisches Denken
<b>Ideen entwickeln</b>	Struktur und Eigenschaften von Pflanzeninhaltsstoffen (nachwachsende Rohstoffe)	Recherchieren, finden eine Vielzahl an Ideen, entwickeln einfache, ungefährliche Versuche, einigen sich auf eine umzusetzende Idee	Kreativität, Kollaboration
<b>Prototyp gestalten</b>	Versuchsanleitung, Kontrollversuch, Protokoll	Sammeln oder besorgen Pflanzen, extrahieren, führen Versuche und Kontrollversuch durch, reflektieren, erkennen Fehler	Kollaboration, Kreativität
<b>Bewerten</b>	Balance zwischen Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Nutzer*innenbedürfnissen	Finden Kriterien, vergleichen	Kritisches Denken
<b>Präsentieren</b>	Design Thinking-Prozess	Stellen Vorgehensweise und Prototyp vor, reflektieren	Kommunikation

Der gesamte Prozess wird in Abbildung 31 veranschaulicht, die die Ansatzpunkte iterativen Vorgehens aufzeigt und die Phasen divergenten und konvergenten Vorgehens integriert. Eine vergrößerte Abbildung befindet sich im Anhang J.

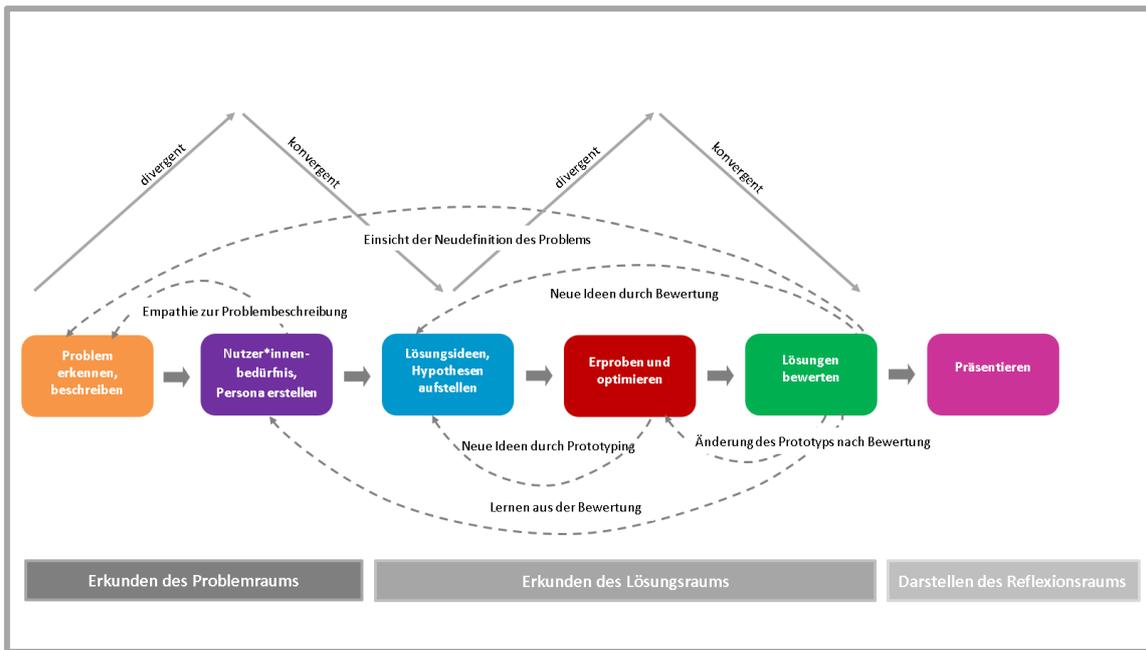


Abbildung 31: Design Thinking-Prozess dieser Arbeit

(Ideen integriert von Hill, 2001; Plattner, 2009; Feldhaus et al., 2018)

Da die Schüler\*innen wissen müssen, wann sie die Strategie divergenten Denkens (möglichst breites Denken) anwenden sollen und wann nicht, weist die Lehrkraft sie jeweils darauf hin.

Aufbauend auf den soeben beschriebenen Grundlagen sollen im Folgenden die Rahmenbedingungen abgeleitet werden.

### Rahmenbedingungen

Soll das oben aufgezeigte Design Thinking-Konzept umgesetzt werden, sind vorher Überlegungen zu den Rahmenbedingungen anzustellen. Dazu zählen die Anzahl der Module, die Klassenstufe, die Anzahl an Unterrichtsstunden, die thematischen und fachlichen Inhalte mit dem dazugehörigen Problem- und Lösungsraum und die Methoden. Letztere lassen sich unterteilen in Kenntnisse zu Teamregeln, zum Zeitmanagement sowie einzelne Phasen unterstützende Methoden. In diesem Kapitel wird begründet, warum drei Module mit jeweils zehn Unterrichtsstunden in oberen Klassenstufen mit Nachhaltigkeitsthemen durchgeführt werden und welche Methoden einfließen. Die Erläuterungen erfolgen dabei in der oben angegebenen Reihenfolge.

### Anzahl der Module

Es sollen drei Module konzipiert werden, die in zwei Parallelklassen der Oberstufe in drei aufeinander folgenden Jahren durchgeführt werden.

Der Vorteil dieses modularen Aufbaus liegt darin begründet, dass es entsprechend der Educational Ladder (vgl. Kap. 2.2.5) sinnvoll ist, zuerst die Grundlagen von Design Thinking zu erarbeiten und erst danach die Prinzipien zu vertiefen.

Die für das Design Thinking typischen Denkweisen wie z.B. die Tendenz zum Handeln entwickeln sich auf Grundlage der Beherrschung der Prozessstufen (vgl. Kap. 2.2.5), so dass es sinnvoll erscheint, wenn die Lerngruppen Design Thinking mehrfach durchlaufen. Dabei schlägt die oben angegebene Studie fünf Stufen vor. In dieser Arbeit sind nur drei Stufen vorgesehen, da die letzten beiden Stufen in der Schule kaum oder nicht verwirklicht werden können. So sind in der vierten Stufe unternehmerische Aspekte zu berücksichtigen und in der fünften Stufe soll Design Thinking selbstständig weiterentwickelt werden (vgl. Kap. 2.2.5), womit die Schüler\*innen vermutlich überfordert wären. Da die Oberstufe einer Gesamtschule drei Jahre umfasst, können die drei Module ausschließlich in der Oberstufe – und damit mit einem ähnlich zusammengesetzten Kurs – durchgeführt werden. Beim Übergang zur Oberstufe werden die Klassen neu zusammengesetzt, so dass Vergleiche schwieriger würden.

Zusätzlich kann auf diese Art und Weise dem Ansatz des Design-Based Research gefolgt und im Laufe der Zeit die Forschungsfragen präzisiert oder angepasst werden. Eventuell ergeben sich aus vorherigen Modulen weitere Forschungsfragen, auf die im folgenden Modul eingegangen werden kann.

Ziele des ersten Moduls sind, die Jungen und Mädchen in das Führen der Lerntagebücher einzuarbeiten und ihnen Design Thinking vorzustellen. Im ersten Modul sollen die Schüler\*innen noch keine – für die jeweilige Phase typischen – Methoden kennenlernen, um sie nicht zu überfordern. Darüber hinaus würde sich der Zeitbedarf erhöhen. Es könnte zudem nicht festgestellt werden, welche Methoden sie bereits kennen und von sich aus anwenden. Es ist denkbar, dass die Schüler\*innen bereits aus anderen Fächern oder früheren Jahrgangsstufen Methodenkenntnisse mitbringen, die sie evtl. für einzelne Phasen nutzen. Es wird angenommen, dass die Jungen und Mädchen Mindmaps erstellen können. Insbesondere für die Phasen 3 und 5 wird hingegen erwartet, dass ihnen zugehörige Methoden fehlen.

Aufbauend auf den Beobachtungen sollen in den Modulen 2 und 3 Methoden in den Phasen eingeführt werden, die die Schüler\*innengruppen nicht ausreichend anwenden. Vielleicht haben sie mit einzelnen Phasen noch Schwierigkeiten, so dass die Methoden eine Unterstützung sein könnten.

### Klassenstufe

Die Untersuchung soll in Oberstufenkursen in aufeinanderfolgenden Jahren erfolgen. Die höheren Jahrgänge bringen (vermutlich) ein höheres Fachwissen mit als die Mittel- oder Unterstufe, so dass sie – folgt man dem Modell von Guilford (vgl. Kap. 2.1.1) – eher in der Lage sind, (kreative) Denkprodukte zu entwickeln. Auch nach Amabile (vgl. Kap. 2.1.1) benötigen Schüler\*innen dafür fachspezifische Fähigkeiten. Bliersbach und Reiners (2017, S. 327) schlussfolgern, dass sich „kreative Aktivitäten eher für höhere Schulstufen eignen“. Weiterhin ist Teamfähigkeit bei der Anwendung von Design Thinking erforderlich (vgl. Kap. 2.2.3), die eher in der Oberstufe vorhanden sein dürfte oder zumindest schneller entwickelt wird.

Neben der Umsetzung des Konzeptes könnte auch die Datenauswertung in höheren Klassenstufen ergiebiger sein. Vermutlich haben jüngere Schüler\*innen größere Schwierigkeiten, ein Lerntagebuch zu führen, das den Unterricht abbildet. Will man die Fragebögen zur Selbstwirksamkeitserwartung und zum Image des Fachs Chemie im Laufe der Module vergleichen, sollte eine Änderung möglichst nicht darauf beruhen, dass die Jungen und Mädchen älter geworden sind. Sicherlich hat man auch zwischen der 11., 12. und 13. Stufe Entwicklungssprünge, diese dürften aber weniger stark ausgeprägt sein als dies in den unteren Jahrgängen der Fall ist. Weiterhin wurde der Fragebogen zur Selbstwirksamkeitserwartung nur bei Schüler\*innen ab einem Alter von 14 (Schumacher et al., 2001) bzw. 16 Jahren (Hinz et al., 2006) aufwärts mehrfach eingesetzt und kann somit nur in dieser Altersklasse als etabliert gelten.

### Anzahl der Unterrichtsstunden

Bei der Entscheidung über die Anzahl an Unterrichtsstunden für die einzelnen Module ist zu berücksichtigen, dass noch ausreichend Zeit außerhalb dieser Unterrichtsreihen für die zu erwerbenden Kompetenzen entsprechend der Kernlehrpläne (2013) zur Verfügung steht. Da diese Module die Anforderungen an die Kernlehrpläne (ebd.) integrieren, kann die Zahl der Stunden maximiert werden (siehe Unterrichtsgänge im Anhang C).

Für eine hohe Stundenanzahl spricht, dass die Schüler\*innen mehr Zeit hätten, sich mit den Prinzipien des Design Thinkings vertraut zu machen. Auch stünde für jede Phase mehr Zeit zur Verfügung. Gleichzeitig könnte es aber passieren, dass die Motivation der Lernenden nachlässt, wenn die Einheiten zu lange dauern. Dennoch benötigt jede Phase Zeit, so dass die Stundenzahl nicht zu gering geplant werden sollte. Zudem hemmt Zeitdruck – laut Amabile – den kreativen Prozess (vgl. Kap. 2.1.1).

Unter der Annahme, dass für jede Phase (mindestens) zwei Stunden zur Verfügung stehen sollten, ergibt sich eine Stundenzahl von zehn für jedes Modul. Damit kann (zumindest) auf einzelne Phasen näher eingegangen werden. Die Stundenzahl soll sich in den einzelnen Modulen nicht unterscheiden, um eine bessere Vergleichbarkeit untereinander zu erreichen. Wie in Kapitel 2.2.3 bereits erwähnt, erwarten Taheri et al. (2016) schon bei kurzen Workshops eine Änderung bezüglich des kreativen Selbstvertrauens. Dieses Unterrichtskonzept folgt dieser Annahme und es wird vermutet, dass zehn Unterrichtsstunden für einen Effekt ausreichen sollten.

### Thematische und fachliche Inhalte

In diesem Abschnitt werden zuerst die Problemräume beschrieben und erläutert, warum nachhaltige Themen komplex sind, denn Design Thinking sollte in erster Linie bei der Lösung komplexer Probleme zur Anwendung kommen (vgl. Kap. 2.2.4). Ausgehend von einem Problem aus dem Bereich der Nachhaltigkeit werden verschiedene Fragestellungen beschrieben (Problemräume). So geht es im ersten Modul um Waschmittel auf Palmölbasis und die mit der Rodung von Regenwäldern in Zusammenhang stehenden ökologischen, sozialen und ökonomischen Folgen. Das zweite Modul befasst sich mit der Problematik rund um Farbstoffe, mögliche Verunreinigungen des Trinkwassers und die Auswirkungen auf die Gesundheit bei der Zugabe zu Lebensmitteln. Im dritten Modul werden die Rohstoffknappheit endlicher Ressourcen und die Folgen der Verwendung von Kunststoffen problematisiert. Zum Schluss wird begründet, warum das übergeordnete Themenfeld der Pflanzeninhaltsstoffe als Lösungsansatz gewählt wurde.

### Problemräume

Design Thinking soll immer mit einem für die Lerngruppen komplexen Problem (vgl. Kap. 2.2.4) beginnen, wobei dieses möglichst authentisch sein und die reale Welt simulieren soll (Lee, 2018, S. 13, vgl. z.B. S. 19, 23, 48). Können die Probleme dem in Abbildung 32 dargestellten Problemraum zugeordnet werden, so erfüllen sie diese Kriterien. Dies sind Probleme, die z.B. mit der Überbevölkerung und deren möglichen Folgen wie dem Klimawandel oder der Zunahme von Plastikmüll zusammenhängen. Rohstoffe können durch den zunehmenden Bedarf knapp werden. Der Energiebedarf, Treibhausgase und die Nahrungsnachfrage steigen. Regenwälder werden abgeholzt, um weitere Anbauflächen für ertragreiche Pflanzen zu schaffen. Meist werden diese in Monokulturen angebaut, wodurch die Biodiversität sinkt. Die Probleme hängen zusammen und bedingen sich teilweise gegenseitig. So kann z.B. eine höhere Weltbevölkerung zu Rohstoffknappheit führen. Die Komplexität der Probleme erklärt sich mit der gegenseitigen Wechselwirkung und der Zugehörigkeit zu den drei sich zum Teil gegenseitig ausschließenden Aspekten der Nachhaltigkeit. Beispielsweise kann es wirtschaftlich betrachtet

zweckmäßig sein, Regenwälder für weitere Anbauflächen zu roden, unter ökologischen Gesichtspunkten wohl eher nicht. In dieser Arbeit sollen die Problemräume dem Bereich der Nachhaltigkeit zugeordnet werden können. Damit bietet sich die Gelegenheit, die Bewertungskompetenz der Schüler\*innen mithilfe des Rasters von Eggert und Bögeholz (vgl. Kap. 2.2.4) zu beurteilen. Da die Phase 5 für das in dieser Arbeit entwickelte Konzept u.a. zur Förderung der Bewertungskompetenz integriert wurde, weist eine Zunahme derselben auf eine bessere Umsetzung des Konzeptes hin.

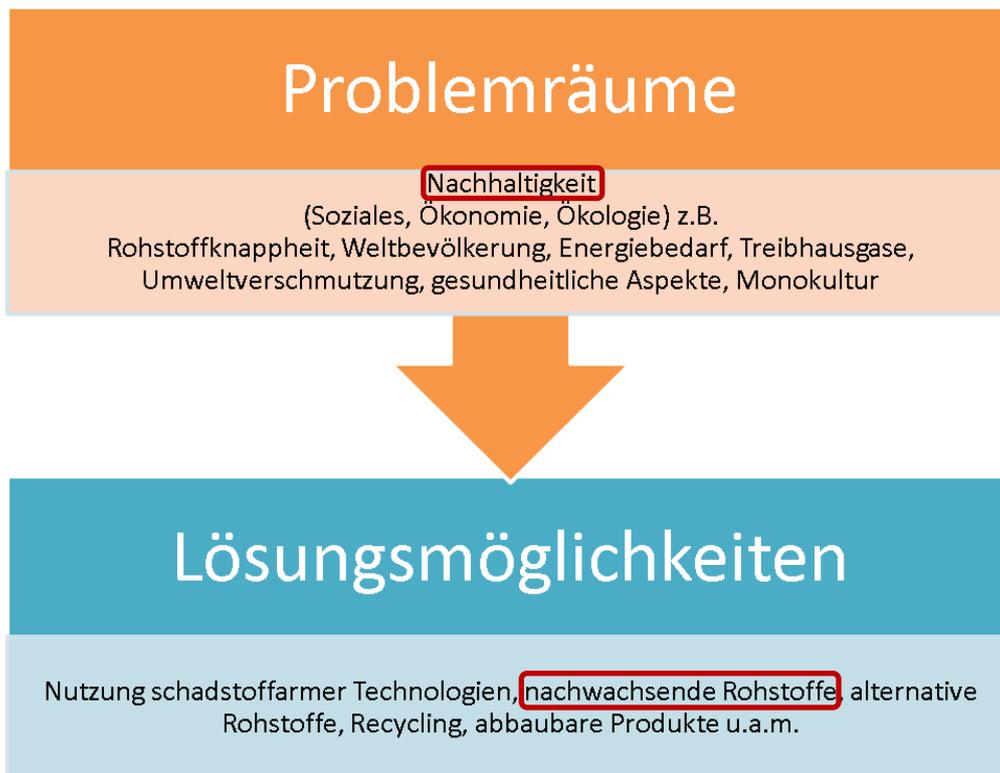


Abbildung 32: Problemräume  
(geändert nach: Bader, Melle & Nick, 1998, S. 6)

Gleichzeitig sollen die Probleme, für die viele Ideen gefunden werden sollen, einen bestimmten Schwierigkeitsgrad haben (vgl. Kap.2.2.4). Erst bei herausfordernden Aufgaben kann die Selbstwirksamkeitserwartung nach Schwarzer und Jerusalem erhöht werden. Ausdauer und Anstrengung sind dafür erforderlich (Schwarzer & Jerusalem, 2002, S. 35, vgl. Kap. 2.1.2). Die Herausforderungen dürfen aber für die Schüler\*innen nicht zu groß sein, denn dann könnte die Selbstwirksamkeitserwartung sinken (ebd.). Die Problemstellung soll möglichst selbstständig gelöst werden können, so dass Autonomie erlebt werden kann (vgl. Kap. 2.1.2). Die Beschäftigung mit der Aufgabe beginnt nach Amabile (vgl. Kap. 2.1.1) aber erst, wenn die intrinsische Motivation der Schüler\*innen

hoch ist. Unter Umständen wird dies mit einer realen Aufgabenstellung eher erreicht als mit einer simulierten oder sogar unrealistischen.

Die Probleme sollten – folgt man den SSI (Socio-Scientific Issues und Nature of Science) – komplexe gesellschaftliche Herausforderungen darstellen (vgl. Kap. 2.2.4).

Komplex wird die Herausforderung z.B. dadurch, dass unterschiedliche Personen, Interessensverbände oder Unternehmen mit unterschiedlichen Sichtweisen beteiligt sind. Betrachtet man neben diesen sozialen Aspekten zusätzlich ökologische und ökonomische, so wird das Problem zunehmend komplexer. Diese drei – oft konkurrierenden – Aspekte, gehören zum Bereich der Nachhaltigkeit (vgl. 3-Säulen-Modell mit ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten z.B. Burmeister, Jokmin & Eilks, 2018) und sollen mindestens einem der 17 Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen zugeordnet werden (z. B. Rode & Michelsen, 2012). So fordert beispielsweise das Ziel 2 „Kein Hunger“ u.a. die Förderung einer nachhaltigen Landwirtschaft, was Bestandteil der Problemräume in Modul 1 und 3 ist. Ziel 12 besagt, dass für nachhaltigen Konsum und Produktion gesorgt werden soll. Insbesondere wird dies in Modul 2 im Zusammenhang mit möglicher Trinkwasserverunreinigung durch die Herstellung und Verwendung von Farbstoffen sowie in Modul 3 mit der Energienutzung und dem Wasserverbrauch bei der Papierherstellung thematisiert. „Leben an Land“, das Ziel 15, sieht vor, dass Landökosysteme geschützt und ihre nachhaltige Nutzung gefördert werden sollen. Der Biodiversitätsverlust soll gestoppt werden. Auch dieses Ziel lässt sich insbesondere den Modulen 1 und 3 zuordnen.

Ein weiterer Grund für die Nutzung von Nachhaltigkeitsthemen ist, dass in den Lehrplänen für alle drei Jahrgangsstufen ein Thema aus dem Bereich der Nachhaltigkeit gefunden werden kann, wohingegen manche Themen wie z.B. der Energiebedarf nur in ein Inhaltsfeld integriert werden können.

Nachdem der Problemraum eingegrenzt wurde, soll im Folgenden veranschaulicht werden, wie aus gängigen Versuchen oder Inhalten eine Design Thinking-Unterrichtseinheit gestaltet werden kann. Dazu werden Versuche aus dem zugehörigen Kontext gesucht, die vielfältig umgesetzt, eigenständig entwickelt und mit ungefährlichen Chemikalien und einfachen Geräten durchgeführt werden können (siehe Tab. 13, siehe Anhang E). Danach wird ein dazu passendes Problem komplex formuliert (siehe Unterrichtsgänge im Anhang C, vgl. Kap. 4.3.1, Kap. 4.3.2 und Kap. 4.3.3). Denkbar ist auch der umgekehrte Weg der Suche nach einem gesellschaftsrelevanten Problem und daran anknüpfend nach Versuchen zu recherchieren, die u.a. vielfältige Umsetzungsmöglichkeiten eröffnen (siehe Tab. 13). Die Tabelle 13 enthält auch die in den Modulen 1, 2 und 3 umgesetzten Beispiele (vgl. Kap. 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3).

Tabelle 13: Ausgangsprobleme mit möglichen Versuchen

Versuch	Ausgangsproblem
Saponine extrahieren und Waschwirkung testen	Rodung von Regenwäldern, Palmöl, Tenside auf Erdölbasis
Fasern (Brennnessel usw.) isolieren, Vergleich der Reißfestigkeit, Färben	Monokultur Baumwolle
Grätzel-Zelle bauen	Batterien mit Schwermetallen, Entsorgung
Käse aus Labkraut herstellen	Vegane Ernährung
Folien aus Stärke, Kunststoffe z.B. Polymilchsäure, Abbaubarkeit prüfen	Nicht abbaubare Kunststoffe, Mikroplastik
Farbstoffe isolieren, Eignung zur Färbung verschiedener Textilien testen	Azofarbstoffe
Natürliche Indikatoren in der Bauindustrie, in der Lebensmittelindustrie	Säuren zerstören Gebäude, Brücken, toxische Indikatoren
Papierherstellung aus Wasserhyazinthen, Gras u.a.m.	Abholzung der Regenwälder, Ausbreitung von Neophyten

#### Lösungsmöglichkeiten

Lösungsansätze (vgl. Abb. 32) finden sich in der Nutzung schadstoffarmer Technologien, alternativer oder nachwachsender Rohstoffe (Bader et al., 1998). Sollen Schüler\*innen im Chemieunterricht eigenverantwortlich Versuche entwickeln (siehe Gefährdungsbeurteilungen im Anhang E) und durchführen, so eignen sich in erster Linie nachwachsende Rohstoffe als Lösungsansätze. Insbesondere deshalb, weil ungefährliche Chemikalien verwendet und von den Schülern\*innen selbstständig besorgt werden können. Sie können selbst entscheiden, welche Pflanzen sie nutzen wollen, und eine Vielzahl an Ideen bzgl. Versuchsmaterial und -durchführung finden.

Da im Chemieunterricht anhand der Strukturen der Moleküle auf die Eigenschaften der Stoffe geschlossen werden soll, ist es sinnvoll, das Themenfeld mit Pflanzeninhaltsstoffen und deren Strukturen zu umschreiben statt mit nachwachsenden Rohstoffen. Zu letzteren gehören z.B. Holz oder Baumwolle. Sie sind im chemischen Sinne Stoffgemische und somit nicht geeignet, das Basiskonzept Struktur – Eigenschaft zu erarbeiten. Fachliche Hintergrundinformationen mit Begründung der Festlegung der Überschriften einzelner Arbeitsblätter sind dem Anhang D zu entnehmen.

In allen drei Modulen suchen die einzelnen Teams somit nach Pflanzeninhaltsstoffen als möglichen Lösungsansatz. Durch wiederkehrende Inhalte ist Vorwissen reaktivierbar und sorgt gleichzeitig für Transparenz. Sowohl die Unterrichtsstruktur als auch der Aufbau der Arbeitsblätter lassen sich aufgrund des gemeinsamen Themenfeldes wiedererkennbar gestalten. Möglicherweise ist es für die Jungen und Mädchen naheliegender, in

der Natur nach Ersatzstoffen zu suchen (vgl. Bionik) als selbst chemische Reaktionswege zur Herstellung von Ersatzstoffen zu entwickeln. Vermutlich kämen sie deshalb auch nicht auf diese Idee. Ein weiterer Vorteil könnte sein, dass sie vielleicht auf Alltagserfahrungen aufbauen können (Seifenkraut fühlt sich beim Durchbrechen glitschig, seifig an; Brennnesseln lassen sich nur schwer durchbrechen; die Blüten des Lungenkrauts haben unterschiedliche Farben).

Eine Bewertung der eigenständig hergestellten Produkte anhand selbstgewählter Kriterien ist für die Schüler\*innen gut durchführbar. Dennoch kann auf Schüler\*innenebene keine fundierte Bewertung vorgenommen werden, weshalb auch die Problemräume bzw. die Lösungsmöglichkeiten vereinfacht beschrieben werden.

Auch der Forderung, dass es keine eindeutige Lösung zum aufgezeigten Problem gibt, kann in diesem Fall entsprochen werden. Die Schüler\*innen können ihr „Produkt“ hinsichtlich Machbarkeit, Wünschbarkeit und Wirtschaftlichkeit bewerten und erkennen, dass eine Balance zwischen diesen Aspekten gefunden werden muss (vgl. Kap. 1). Sie können ihren Lösungsansatz mit der Forderung der Berücksichtigung nachhaltiger Aspekte abgleichen. Dabei können vereinfacht die sozialen, ökologischen und ökonomischen Aspekte dadurch berücksichtigt werden, dass die Schüler\*innen jeweils beurteilen, welcher Schaden oder Nutzen dieser Aspekt hinsichtlich der Anzahl an betroffenen Personen, der räumlichen und zeitlichen Reichweite besteht.

Darüber hinaus unterstützt die Verwendung von Pflanzeninhaltsstoffen als Lösungsansatz die im Design Thinking-Ansatz geforderte Multidisziplinarität, denn das Thema Pflanzeninhaltsstoffe beinhaltet u.a. Aspekte aus der Chemie, Biologie, Verfahrenstechnik oder Ökonomie. In der Schule lässt sich die Zusammensetzung eines Teams aus Personen unterschiedlichster Fachrichtungen nicht verwirklichen. Die Jungen und Mädchen haben zwar unterschiedliche Interessen und Stärken, sind aber noch nicht auf eine bestimmte Fachdisziplin spezialisiert. Einen ähnlichen Effekt könnte ein fächerübergreifender Ansatz bewirken, indem sich Schüler\*innen einbringen, die über biologisches Fachwissen z.B. zu Cellulose oder Pflanzenfarbstoffen verfügen. So belegen einige Jungen und Mädchen dieser Kurse einen Biologie-Leistungskurs und bringen möglicherweise auch mehr Interesse an derartigen Themen mit.

## Methoden

In unterschiedlichen Design Thinking-Konzepten werden jeweils unterschiedliche Methoden in den einzelnen Phasen genutzt (vgl. Kap. 2.2.4). Auch in dieser Arbeit werden verschiedene Methoden eingesetzt.

Um zu entscheiden, ob zuerst Methoden für einzelne Phasen eingeführt werden oder zuerst der Prozess des Design Thinkings erarbeitet werden soll, wurden verschiedene Studienergebnisse gegeneinander abgewogen (vgl. Kap. 2.2.5). Gleichzeitig in neue Methoden, den Prozess usw. einzuleiten, würde die Schüler\*innen vermutlich überfordern und der Zeitbedarf für das erste Modul wäre noch höher. Laut Rauth et al. (2010) baut das kreative Selbstvertrauen auf den methodischen Kenntnissen – gefolgt von der Prozessbeherrschung – auf (vgl. Kap. 2.2.5). Würde man ihnen folgen, so wäre es sinnvoll, zuerst Methoden zu erarbeiten. Nach Taheri et al. (2016) dagegen wird beides parallel erworben und das kreative Selbstvertrauen fällt im Vergleich z.B. zu methodischen Fähigkeiten in kürzeren Workshops höher aus (vgl. Kap. 2.2.5). Dies spricht dafür, erst den Prozess und damit zusammenhängend das Ziel von Design Thinking den Schüler\*innen transparent zu machen. Im ersten Modul soll deshalb der Prozess veranschaulicht werden, zumal Methoden bereits vorhanden sein können. Auch müsste bekannt sein, welche Methoden die Schüler\*innen bereits anwenden, um Ergänzungen vornehmen zu können. Modul 1 dient somit dazu, herauszufinden, in welchen Phasen noch methodische Fähigkeiten fehlen, die dann in den Modulen 2 und 3 erlernt werden sollen. Mit dieser Vorgehensweise sind Aussagen dazu möglich, welche Reihenfolge eher umgesetzt werden sollte.

Die in den einzelnen Phasen angewendeten Methoden sind zusammengefasst der Abbildung 33 zu entnehmen. Dabei sind die Ziele jeder Phase den Prinzipien, Methoden und Denkweisen zugeordnet. Die Methoden und Prinzipien stellen die Voraussetzungen dafür dar, dass die Denkweisen erreicht werden.

Ziele der Phasen	Prinzipien	Methode	Denkweise
Problem umfassend verstehen	Visualisieren	Mindmap	Offenheit
Bedürfnisorientiert arbeiten	Nutzer*innenzentriertheit	„Bild“ der Persona	Perspektivwechsel (Empathie)
Lösungsansätze finden	Multidisziplinarität	Brainstorming	Optimismus
Feedback zur Lösung erhalten	Kreatives Gestalten	Prototyp (Idee greifbar machen)	Tendenz zum Handeln
Lösung bewerten	Iteratives Vorgehen	Tabellarischer Vergleich	Fehler als Inspirationsquelle
Reflektieren und präsentieren	Visualisieren	Erklärvideo, Vortrag, Rollenspiel	Kreatives Selbstvertrauen

Abbildung 33: Ziele und methodische Aspekte des Design Thinkings

#### Nicht beeinflussbare Parameter

Neben den eben dargestellten grundsätzlichen Entscheidungen zum Design Thinking-Konzept spielen Merkmale der Lerngruppen und Unterrichtsparameter eine Rolle, weshalb diese nun beschrieben werden.

### Lerngruppen

Die an der Studie beteiligten Jungen und Mädchen sind das Arbeiten in Gruppen gewöhnt. Inwieweit sie schon als Team zusammenarbeiten können, lässt sich vorab nicht sagen, da sie bei der Bearbeitung bisheriger Aufgabenstellungen ohne Teamarbeit auskommen konnten (vgl. Unterschied Team, Gruppe in Kap. 2.1.3). Die Schüler\*innen arbeiten zuverlässig und engagiert an ihren Aufgaben, wobei sie noch keine Erfahrungen im Umgang mit Design Thinking und dem Führen eines Lerntagebuchs haben. Damit die Lehrkraft besser auf die Belange der einzelnen Schüler\*innen eingehen kann, wurden die Kurse gedanklich in drei Untergruppen eingeteilt:

- Schüler\*innen mit gutem Leistungsniveau, die Chemie als Abiturfach gewählt haben, eine hohe Leistungsbereitschaft mitbringen und sehr eigenständig arbeiten,
- Schüler\*innen, die sehr ehrgeizig, motiviert, engagiert und weniger leistungsstark sind,
- Schüler\*innen, die vermutlich eine geringe Selbstwirksamkeitserwartung mitbringen. Sie benötigen Feedback und eine gute Strukturierung des Unterrichts, um ihm folgen zu können. Ihr Vorwissen in Chemie ist relativ gering.

Eine vierte Gruppe mit guten, aber wenig leistungsbereiten Jungen oder Mädchen gibt es in diesen Kursen nicht. Gerade für die dritte Gruppe ist es wichtig zu wissen, dass ein misslungener Versuch oder ein fehlgeschlagener Weg keine negativen Auswirkungen auf die Mitarbeitsnote haben werden. Denn für die experimentelle Phase, in der eine neue Idee ausprobiert werden soll, ist Optimismus und eine positive Fehlerkultur notwendig. Zu Beginn der jeweiligen Module wird deshalb darauf hingewiesen und den Schüler\*innen wird das Vertrauen entgegengebracht, aus Fehlern Schlussfolgerungen ziehen zu können und ihr „Produkt“ verbessern zu können.

Einige Jungen und Mädchen sind gesellschaftspolitisch interessiert, wovon wiederum einige sich in der Qualifikationsphase 2 an den Fridays for Future-Aktivitäten beteiligten. Vermutlich ist ihr Interesse an Themen aus dem Bereich der Nachhaltigkeit entsprechend hoch.

Die Kurse der Qualifikationsphase 2 wurden neu zusammengestellt, da einige Schüler\*innen die Schule verlassen hatten, wodurch das Leistungsniveau einheitlicher wurde. Als leistungsstark sollen dabei Gruppen gelten, deren Mitglieder Noten im oberen Drittel aufweisen.

Bei der Datenauswertung sollen die Noten als Kovariaten untersucht werden, weshalb die beiden letzten Untergruppen zusammengefasst werden. Schüler\*innen dieser beiden Untergruppen weisen weniger gute Noten auf.

Die Schüler\*innen sollen in allen Modulen selbst die Zusammensetzung ihrer Teams festlegen, um ihnen Eigenverantwortung und Vertrauen zu geben. Die Teammitglieder kennen sich aus dem Unterricht, dennoch haben sie bislang nicht in diesen Gruppen gearbeitet, sondern entweder in Partnerarbeit oder in Gruppen mit drei Mitgliedern, so dass sich das jeweilige Team erst formen muss (vgl. Kap. 2.1.3).

#### Unterrichtsparameter

In der Tabelle 14 sind die wichtigsten Eckdaten zu den Kursen aufgeführt. Bei der Auswertung der Ergebnisse in Kapitel 5 wird insbesondere Bezug auf das Leistungsniveau der Gruppen genommen.

Tabelle 14: Eckpunkte der Kurse

<b>Modul</b>	<b>Saponine</b>		<b>Indikatoren</b>		<b>Makromoleküle</b>	
<b>Jahrgang</b>	Einführungsphase		Qualifikationsphase 1		Qualifikationsphase 2	
<b>Kurs</b>	1	2	1	2	1	2
<b>Zeitraum</b>	11.12.2018 - 08.01.2019	18.02.2019 - 14.03.2019	12.09.2019 - 10.10.2019	13.09.2019 - 04.10.2019	28.08.2020 - 18.09.2020	26.08.2020 - 16.09.2020
<b>Uhrzeit</b>	Montag: 15:15-16:00 Dienstag: 08:00-09:35	Montag: 14:25-16:00 Dienstag: 08:00-09:35	Montag: 08:00-09:35 Donnerstag: 15:15-16:00	Donnerstag: 15:15-16:00 Freitag: 08:00-09:35	Dienstag: 09:55-11:30 Freitag: 09:55-10:40	Dienstag: 11:45-12:30 Mittwoch: 08:00-09:35
<b>Anzahl Schüler*innen</b>	20	27	19	24	17	15
<b>Leistungsniveau (Noten)</b>		deutlich leistungstärker als Kurs 1		deutlich leistungstärker als Kurs 1	einheitlicheres Leistungsniveau	
<b>Interesse am Thema (geschätzt)</b>	hoch		geringer		höher als bei Modul 1	

## 4.2 Lerntagebücher

Nachdem die verschiedenen Konzepte und Funktionen der Lerntagebücher mit ihren Chancen und Risiken in Kapitel 3.2 vorgestellt wurden, wird im Folgenden die Gestaltung des sogenannten Erfindertagebuches mit Blick auf die Lerngruppe (vgl. Kap. 4.1) begründet aufgezeigt. Des Weiteren geht es um die Funktion und des Einsatzes von Leitfragen, ob das Tagebuch bewertet werden soll und wie es im Unterricht zum Einsatz kommt. Das Lerntagebuch dient neben der Diagnose und Strukturierung von Unterrichtsprozessen auch der Datenerhebung, worauf in Kapitel 5.1 eingegangen wird.

### **Gestaltung der Lerntagebücher**

Strukturiertes Arbeiten fällt den Lernenden noch schwer, weshalb ein völlig offener Umgang mit den Lerntagebüchern nicht sinnvoll wäre. Leitfragen sollen ihnen eine Orientierung geben (vgl. Kap. 3.2.1 und 3.2.2). Dabei lehnen sich die Leitfragen an die von Heske (2001, S. 14–17) bzw. Winter (2007, S. 112) an. Nach dem ersten Durchlauf wurden diese aufgrund von Schüler\*innenrückmeldungen präzisiert. Sie lassen sich drei Bereichen zuordnen: Inhalt, Planung und Reflexion (siehe Abb. 34). Die inhaltlichen Fragen zielen dabei zum einen auf die Aktivierung von Vorwissen ab und zum anderen auf noch offene Fragen. Die Fragen zur Planung sollen den Jungen und Mädchen helfen, ihren Prozess zu strukturieren, sich gemeinsam Ziele zu setzen und diese arbeitsteilig anzugehen. Die Lehrkraft kann möglicherweise erkennen, wie sie die Aufgaben organisieren oder wer für welche Aufgaben verantwortlich ist (vgl. Kap. 2.1.3).

Mögliche Fragen\*, die jede Stunde im Erfindertagebuch beantwortet werden:

**Inhalt**

1. Was war euer Thema? (Datum, Protokollant)
2. Wusstest du schon etwas darüber?
3. Ist euch etwas nicht klar geworden? Formuliert eine Frage für eure Mitschüler.
4. Welche inhaltlichen Fragen sind noch offen?



**Planung eurer Arbeit**

5. Welche Aufgaben sollen durchgeführt werden?
6. Werden zusätzliche Hilfsmittel (Bücher, Internet, Plakate usw.) benötigt?
7. Wer soll welche Aufgaben übernehmen?
8. Welche nächsten Schritte stehen an?

**Reflexion eurer Arbeit**

9. Welche Schwierigkeiten sind aufgetreten? Warum seid ihr nicht weitergekommen? Formuliert eine Frage für eure Mitschüler.
10. Wo wurden Änderungen vorgenommen und warum?
11. Wie bewertet ihr den bisherigen Verlauf eures Projektes? Was ist gut gelaufen? Wo gab es Schwierigkeiten?
12. Was habt ihr Neues gelernt? Schreibt etwas auf, was ihr euren Mitschülern mitgeben wollt.

Notiert offene Fragen oder Schwierigkeiten am besten mit unterschiedlichen Farben. So könnt ihr darauf schneller zurückgreifen.

\* Leitfragen lehnen sich an die von Heske (2001, S. 14 -17) bzw. Winter (2007, S. 112) an.

Abbildung 34: Leitfragen aus dem Erfindertagebuch

Nach Hascher (2010) sollen schwache Schüler\*innen weniger vom Einsatz eines Lern- tagebuches profitieren als Schüler\*innen, die bereits regulatorische Fähigkeiten besitzen (vgl. Kap. 3.2). Hieran schließt sich die Frage nach der Leistungsstärke der Schüler\*in- nengruppen an, weshalb dies bei der Beschreibung der Lerngruppen dargestellt wurde. Mögliche Erfahrungen aus vorherigen Modulen könnten sich positiv bemerkbar machen.

Da nach Bandura die Formulierung von Nahzielen wichtig für den Erwerb von Selbstwirksamkeitserwartung ist (vgl. Kap. 2.1.2), sollen die Schüler\*innen in diesem Lerntagebuch Ziele formulieren. Dies hilft bei der Selbstorganisation (ebd.). Gleichzeitig unterstützen die Tagebücher die Reflexion der Schüler\*innen und dies wiederum ist nach den Erfahrungen von Lehrern\*innen wichtig für die erfolgreiche Umsetzung von Design Thinking (Lee, 2018, S 20).

Die Antworten sollen darüber hinaus Hinweise auf mögliche Schwierigkeiten aufzeigen und Anhaltspunkte geben, an welcher Stelle das Unterrichtskonzept geändert werden sollte. Dies ist eher erreichbar, wenn im Unterricht auf eine Trennung zwischen einer Lern- und Leistungssituation geachtet wird, damit die Motivation erhalten bleibt und Fehler im Tagebuch von den jeweiligen Protokollanten\*innen beschrieben werden (vgl. Tabelle 9) oder das Tagebuch gar nicht in die Notengebung mit einfließt. Letzteres könnte bei einigen Schülern\*innen dazu führen, dass sie weniger engagiert protokollieren. Mit den Leitfragen haben sie zudem die Chance, relativ einfach eine gute Note zu erhalten, indem sie sich an den Leitfragen des Bewertungsrasters orientieren. Damit können die Lernenden die Bewertung gut nachvollziehen (siehe Abb. 35). Die Einhaltung von Terminen wurde mit in die Notengebung aufgenommen, da so auch bei Facharbeiten an dieser Gesamtschule verfahren wird. Für andere Lerngruppen könnte es sinnvoll sein, auch die Beteiligung aller Schüler\*innen eines Teams mit in die Bewertung einfließen zu lassen.

Nach Hußmann sind die wichtigsten Kriterien zur Leistungsbewertung der Lerntagebücher u.a. Vollständigkeit, Kreativität und Fehlerbearbeitung, weshalb diese auch in das für diese Arbeit konzipierte Bewertungsraster einfließen sollen (siehe Abb. 35).

Mithilfe dieses Bewertungsrasters können die Jungen und Mädchen zusätzlich selbst ihren Lernprozess kontrollieren (Hascher&Astleitner, 2007, S. 40).



### Bewertung des Erfindertagebuches

Kriterium	Bewertung
<b>Formaler Bereich</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Äußere Form</li> <li>• Deckblatt</li> <li>• Inhaltsverzeichnis</li> <li>• Zusatzmaterial</li> <li>• Umfang</li> <li>• Sprache</li> </ul>	30 Punkte maximal Davon erreicht: _____ P
<b>Inhalt</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema (Frage 1)</li> <li>• Vorwissen (Frage 2)</li> <li>• Verständnis (Frage 3)</li> <li>• Offene Fragen (Frage 4)</li> </ul>	20 Punkte maximal Davon erreicht: _____ P
<b>Planerisches Vorgehen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Aufgaben? (Frage 5)</li> <li>• Hilfsmittel (Frage 6)</li> <li>• Wer? (Frage 7)</li> <li>• Nächste Schritte (Frage 8)</li> </ul>	20 Punkte maximal Davon erreicht: _____ P
<b>Reflexiver Bereich</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwierigkeiten (Frage 9)</li> <li>• Änderungen (Frage 10)</li> <li>• Bewertung des Verlaufs (Frage 11)</li> <li>• Neu Gelerntes (Frage 12)</li> </ul>	20 Punkte maximal Davon erreicht: _____ P
<b>Termine</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Am Ende jeder Phase Gespräch mit Lehrkraft</li> <li>• Abgabetermin eingehalten</li> </ul>	10 Punkte maximal Davon erreicht: _____ P
<b>Note</b>	

Note	1+	1	1-	2+	2	2-	3+	3	3-	4+	4	4-	5+	5	5-	6
Anteil erreichter Punkte	100	94	89	84	79	74	69	64	59	54	49	44	38	32	26	19
	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	39	33	27	20	0

Abbildung 35: Bewertungsraster aus dem Erfindertagebuch

Insgesamt nimmt das Erfindertagebuch demnach bezüglich der Dimensionen Offenheit versus Standardisierung und Leisten versus Lernen eine mittlere Position ein (vgl. Kap. 3.2.1).

Nach den obengenannten Überlegungen wurde die Checkliste aus Kapitel 3.2.2 herangezogen und das Erfindertagebuch konzipiert. Im Folgenden wird das Lerntagebuch des ersten Moduls vorgestellt. In den weiteren Modulen konnte z.B. auf die Erarbeitung der Design Thinking-Phasen verzichtet werden (siehe Anhang B: Erfindertagebuch). Die Bewertungskriterien für die Benotung der Tagebücher wurden angepasst.

Das Tagebuch beginnt mit einem Inhaltsverzeichnis, das die Lerngruppen ergänzen sollen. Im ersten Durchlauf sollen die Teams dieses vollständig selbst erstellen, was aber keine Gruppe aufgrund zeitlicher (oder sonstiger) Gründe geschafft hatte, weshalb im zweiten Durchlauf eine Vorstrukturierung des Inhaltsverzeichnisses gegeben wurde. Anschließend werden im Tagebuch die Funktion und das Ziel für den Arbeitsauftrag des\*r „Forschers\*in“ sowie der Umgang und die Formalitäten mit dem Forschertagebuch verständlich und transparent gemacht. Es folgen die bereits erwähnten Leitfragen, die in die Bereiche Inhalt, Planung der Arbeit und Reflexion unterteilt sind. Nach einem kurzen Informationstext darüber, was unter einer Erfindung bzw. Innovation zu verstehen ist und welche Aspekte dabei eine Rolle spielen, folgt eine Aufgabenstellung zu den Phasen des Design Thinkings. Beides dient den Gruppen dazu, bei Bedarf nochmals ihr Basiswissen aufzufrischen und die Ziele der Arbeit nicht aus dem Auge zu verlieren. Auf einer weiteren Seite des Erfindertagebuchs wird in Stichpunkten die Präsentationsmethode „Die Höhle der Löwen“ erläutert. Somit können alle Teammitglieder bei der Vorbereitung nachlesen, wie die Präsentation strukturiert sein soll. Auf den letzten Seiten des Erfindertagebuchs sind – wie oben beschrieben – die Bewertungskriterien mit einer entsprechenden Notenskala aufgeführt. Es folgen die zeitlichen Rahmenbedingungen und die Abgabefrist für das Tagebuch. Neben den bedruckten Seiten bietet das Erfindertagebuch zahlreiche nicht bedruckte Seiten, damit der\*die jeweilige Protokollant\*in dokumentieren, Zeichnungen, Tabellen oder Skizzen anfertigen, Fotos einfügen und die Leitfragen beantworten kann. Bräuer (2000) bestätigt diese Vorgehensweise, in dem er meint, dass für reflexives Vorgehen Platz im Heft erforderlich sei.

Insgesamt lassen sich somit drei Kernelemente des Tagebuchs festhalten:

- Ziele (Motivation)
- Leitfragen, grober Zeitplan, Informationen zum Ablauf (Struktur, Organisation)
- Bewertungsraster (Leistung).

Nachdem der Aufbau des Lerntagebuchs erläutert wurde, soll im Folgenden die Umsetzung im Unterricht dargestellt werden.

## Einsatz der Lerntagebücher

Das Führen von Lerntagebüchern ist nach Stammermann (2018) erfolgreich, wenn es eingeführt, wiederholend eingesetzt und in den Unterricht eingebunden wird. Daher werden die Ziele des Tagebuchs zu Beginn der Unterrichtsreihe besprochen und in die Arbeitsweise eingeführt. Eine grobe Zeiteinteilung soll vorgegeben werden, da eine völlig freie Zeitgestaltung die Schüler\*innen noch überfordern würde.

Die Anforderungen zur Erstellung des Erfindertagebuchs werden zu Beginn der Unterrichtsreihe transparent gemacht (vgl. Bach-Blattern & Bohl, 2011; Bohl, 2009, S. 73–75; Jürgens, 2010; Lissmann, 2008, S. 76–77), so dass die Schüler\*innen diese bei der Gestaltung ihres Tagebuches berücksichtigen können.

Das hier vorgestellte Konzept des Lerntagebuchs sieht vor, dass die Schüler\*innen in kleinen Gruppen von vier bis fünf Personen ein gemeinsames Lerntagebuch (das sog. Erfindertagebuch, vgl. Kap. 3.2.1) führen. In jeder Unterrichtsstunde sollen die einzelnen Gruppen Eintragungen vornehmen, wobei sie sich mit dem Schreiben abwechseln. Das mögliche Fehlen einzelner Schüler\*innen im Unterricht ist ein Grund, warum jedes Team jeweils nur ein gemeinsames Tagebuch führt, denn ansonsten könnten z.B. Lücken in der Darstellung des zeitlichen Ablaufs entstehen, womit es sich nicht mehr als Datenerhebungsinstrument einsetzen ließe. Ein weiterer Grund ist, dass die Teams durch die Arbeitsteilung mehr Zeit für andere Aufgaben haben. Der Zeitaufwand für die Lehrkraft zum Durchsehen der Hefte ist aufgrund der geringen Anzahl an Lerntagebüchern angemessen.

Durch die Sitzordnung werden Absprachen unter den Gruppenmitgliedern vereinfacht, so dass der\*die von Stunde zu Stunde wechselnde Protokollant\*in jeweils den aktuellen Stand der gesamten Gruppe eintragen kann und somit auch die Verantwortung für den Eintrag bei der gesamten Gruppe liegt. Die Lerntagebücher werden zu Beginn jeder Stunde ausgeteilt und am Ende wieder eingesammelt, so dass die Tagebücher in jeder Stunde verfügbar sind.

Da ein dialogisch geführtes Tagebuch den beim Design Thinking erforderlichen Perspektivwechsel unterstützt (vgl. Kap. 3.2.1), soll am Ende jeder Phase den einzelnen Gruppen Feedback zum Tagebuch gegeben werden. Das Tagebuch wird von der Lehrerin gelesen und mit differenzierter Rückmeldung (Lob bzw. Hinweise auf Fehler) versehen.

## Funktion der Lerntagebücher

Das Führen des Erfindertagebuchs unterstützt den Design Thinking-Prozess und dient dem Team als Mittel zur Dokumentation und Reflexion des Lernprozesses. Gleichzeitig

dient es der Leistungsbewertung und als Forschungsinstrument, mit welchem überprüft werden soll, ob die Methode des Design Thinking als Unterrichtsmethode im Chemieunterricht eingesetzt werden kann. Über die ausführliche Dokumentation können die Arbeitsschritte des DesignThinking-Prozesses der einzelnen Teams nachvollzogen werden. Somit ist für die Lehrkraft ersichtlich, ob die Schritte des DesignThinking-Prozesses erfolgreich und iterativ im Chemieunterricht angewendet werden. Weitere Datenerhebungsinstrumente wären z.B. Interviews oder das Videografieren gewesen, die aber aus zeitlichen und datenschutzrechtlichen Gründen nicht eingesetzt werden. Auch die soziale Erwünschtheit spricht dagegen.

### 4.3 Implementierung der Module

In den folgenden drei Kapiteln werden die drei Module mit ihrem jeweiligen Kontext und fachlichen Inhalt näher beschrieben. Damit wird deutlich, dass der Problemraum dem Bereich der Nachhaltigkeit zugeordnet werden kann und es mehrere Lösungsansätze gibt. Gleichzeitig werden die vielfältigen experimentellen Handlungsspielräume aufgezeigt. Danach werden die Phasen des Design Thinking-Prozesses erläutert. Den Schluss bilden Beschreibungen zu den eingesetzten Methoden und zur Materialgestaltung.

Änderungen – wie nach dem Design-Based Research-Ansatz gefordert – sind jeweils zu Beginn der nächsten Modulbeschreibung angeführt.

Ausführliche tabellarische Darstellungen der Unterrichtsverläufe befinden sich im Anhang C. Dort sind zusätzlich die Anbindung an die Kernlehrpläne (2013) und das Vorwissen der Schüler\*innen dargestellt.

Hinweise, die auf eine erfolgreiche Umsetzung des Konzeptes schließen lassen, sind dem Kapitel 5 zu entnehmen.

#### **Zeitraumen**

Modul 1 wurde in den Parallelkursen um 1 bis 2 Monate versetzt durchgeführt, damit bereits mögliche Änderungen im zweiten Durchlauf getestet werden konnten (siehe Abb. 36). In den auf das Abitur vorbereitenden Jahrgangsstufen der Qualifikationsphasen 1 und 2 ließen die Termine der Klausuren nicht zu, die Module versetzt durchzuführen. Dies war auch nicht mehr zwingend erforderlich, da die Lehrkraft zu diesem Zeitpunkt bereits Erfahrungen mit der Umsetzung von Design Thinking gemacht und sich gezeigt

hatte, dass sich die generelle Struktur und das Konzept bewährt hatten. Somit verringerte sich der Zeitbedarf für notwendige Änderungen.

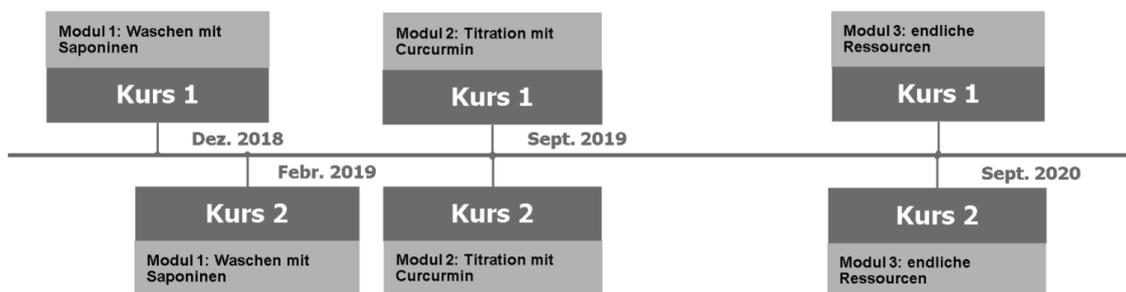


Abbildung 36: Ablaufplan

#### 4.3.1 Modul 1 – Nachhaltig waschen ohne Palmöl

Die Schüler\*innen sollten eine Alternative zu palmölbasierten Waschsubstanzen aus Pflanzeninhaltsstoffen finden.

##### Einordnung in den Kontext

Im Rahmen des Inhaltsfeldes 1 „Kohlenstoffverbindungen und Gleichgewichtsreaktionen“ ist die Unterrichtsreihe dem inhaltlichen Schwerpunkt „Organische und anorganische Kohlenstoffverbindungen“ und „Gleichgewichtsreaktionen“ mit dem Kontext „Vom Alkohol zum Aromastoff“ zugeordnet. Zentrales Basiskonzept ist „Struktur und Eigenschaft“ verschiedener Stoffe (Kernlehrplan NRW, 2013). In diesem Zusammenhang spielen Alkane, Alkanole, Carbonsäuren und Ester eine wichtige Rolle.

An Vorwissen bringen die Schüler\*innen Inhalte wie zwischenmolekulare Wechselwirkungen, Veresterung, Verseifung, Tenside, Waschwirkung auf molekularer Ebene mit. Im Anschluss an diese Themen schließt sich die DesignThinking-Unterrichtsreihe an, so dass Inhalte vertieft und selbstständig angewendet werden können.

### Thematische und fachliche Inhalte

Saponine sind Glykoside, die in ca. 75 % der Pflanzen vorkommen und mit einem Trockenmassegehalt zwischen 0.1 und 30 % zu den häufigsten sekundären Pflanzeninhaltsstoffen gehören (Tschesche & Wulff, 1973). Jedes Saponin besteht aus einem oder mehreren Zuckerbausteinen, die an polyzyklische Triterpene oder Sterole gebunden sind (Richter, 1997), so dass ihre Struktur sowohl einen polaren als auch einen unpolaren Teil aufweist (siehe Abb. 37).

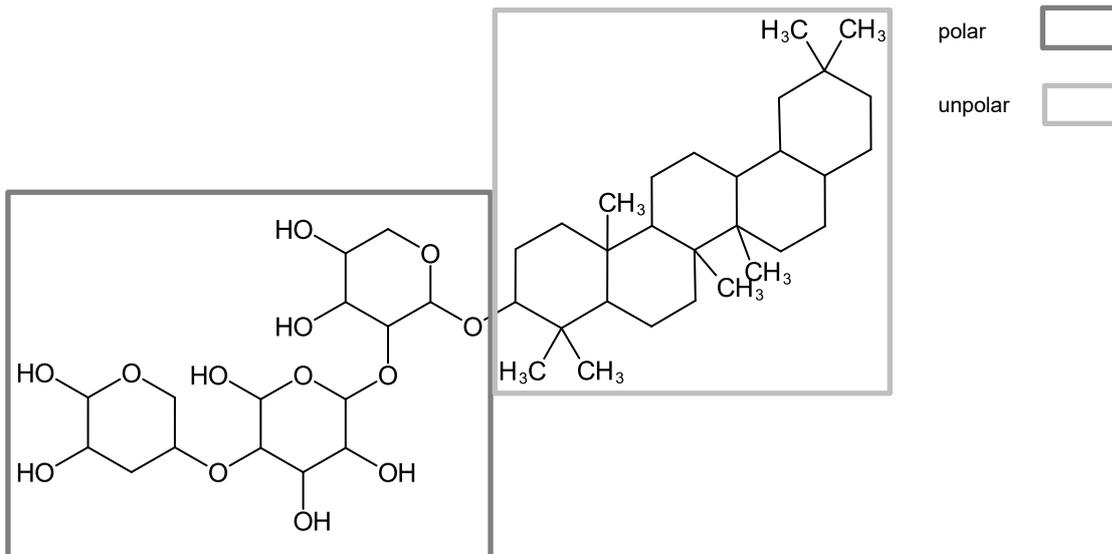


Abbildung 37: Ein mögliches Grundgerüst eines Saponins

Der Name Saponin leitet sich vom lateinischen Wort *sapo*, Seife, ab. Diese Bezeichnung weist auf seifenähnliche Eigenschaften hin. So setzen sie die Oberflächenspannung herab und bilden Schaum, wenn sie in Wasser gelöst werden. Sie werden deshalb als Schaumbildner in Softdrinks und Feuerlöschern eingesetzt. Seit Jahrhunderten wurden z.B. Seifenkraut (*Saponaria officinalis*), Seifenwurzel (*Chlorogalum pomeridianum*), Panamarinde (*Quillaja saponaria*) und Seifenbeere (*Sapindus mukurossi*) als Seifen verwendet. Auch Waschnüsse und Kastanien werden noch heute zum Waschen genutzt.

Saponine können aus verschiedenen Pflanzen extrahiert werden. Dabei enthalten Rosskastanien und Kichererbsen Saponine in den Früchten, beim Spargel ist es der Spross, bei Agaven und Spinat sind es die Blätter, die Saponine enthalten. Bei Soja und Efeu kommen sie in der ganzen Pflanze vor (vgl. Schwedt, 2007; Bickel-Sandkötter, 2001; Hostettmann, 2005).

Die Waschwirkung hängt von der Art des Schmutzes, den Textilfasern, aus dem der Schmutz herausgelöst werden soll und der Art und Weise, wie und bei welcher Temperatur gewaschen wird, ab.

Unter Schmutz fasst man alles zusammen, was nicht auf Textilien oder andere Stoffe gehört und von Auge, Nase und Haut als unangenehm wahrgenommen wird bzw. aus hygienischen Gründen entfernt werden sollte (Bildungsagentur Content Pool GmbH (2005). Ist er eng begrenzt, so spricht man von Flecken. Aufgrund der physikalischen und chemischen Eigenschaften lässt sich Schmutz in unterschiedliche Schmutzarten einteilen (siehe Tab. 15).

Tabelle 15: Schmutzarten

(geändert nach Wagner, 2017)

<b>Schmutzarten</b>	<b>Beispiele</b>	<b>Vorkommen</b>
Wasserlösliche Stoffe	Kochsalz, Harnstoff	Schweiß, Urin, Speisereste
Kohlenhydrate	Stärke, Cellulose	Mehl, Soßen
Fette/Öle	Triglyceride, Wachse, Kohlenwasserstoffe	Kosmetika, Hautfett, Speisen, Mineralöle
Proteine	Albumin, Kollagen, Myosin	Blut, Milch, Fleisch, Süßspeisen
Farbstoffe	Chlorophyll, Anthocyane, Carotinoide	Obst, Rotwein, Gras, Filzstifte, Gemüse
Pigmente	Eisenoxid, Brillantgelb, Indigo	Straßenstaub, Make-Up, Erde
Spezielle Flecken	Bestimmte Kunststoffverbindungen	Kaugummi, Klebstoffe

Wasserlöslicher Schmutz lässt sich einfach auswaschen. Nicht wasserlöslicher und nicht waschbarer Schmutz lässt sich in einigen Fällen bleichen (z.B. Gras, Rotwein). Meist setzt sich der Schmutz aus verschiedenen Schmutzarten zusammen, was beim Waschen berücksichtigt werden sollte.

Die Waschwirkung hängt neben dem Lösemittel auch von der Größe des Schmutzes ab. Je kleiner die Teilchen, desto größer ist die Oberfläche und desto stärker sind die intermolekularen Wechselwirkungen und damit die Haftung an den Textilfasern.

Von der Art der Fasern – und damit von den intermolekularen Wechselwirkungen zwischen Faser und Schmutz – hängt es ab, wie stark der Schmutz an der Faser haftet und damit wie schwer oder leicht sich der Schmutz herauslösen lässt.

Textilfasern lassen sich grob unterteilen in Naturfasern auf tierischer oder pflanzlicher Basis und Chemiefasern. Zu ersteren gehören Pflanzenhaare wie Baumwolle,

Stängelfasern und Hartfasern (z.B. Kokosfasern), zu letzteren z.B. Polyester und Polyamide (Fonds der Chemischen Industrie, 2007). Chemiefasern haben eine viel kleinere Oberfläche als Naturfasern, so dass die Fläche zur Anhaftung von Schmutz vergleichsweise geringer ist (ebd.). Sowohl Wolle als auch Baumwolle können relativ viel Wasser einlagern (Wagner, 2017). Wässrige Verschmutzungen können somit in das Innere der Fasern transportiert werden. Bei Synthefasern dagegen kann fettiger Schmutz nur schwer entfernt werden, da dieser an der lipophilen Faser gut haftet (Forum Waschen, 2013). Für die Schmutzhaftung sind in diesem Fall van-der-Waals-Wechselwirkungen verantwortlich. Weitere intermolekulare Wechselwirkungen wie Wasserstoffbrücken können eine Rolle spielen (Haushalt aktiv, 2004).

Mit dem Alter oder längeren Einwirkzeit können sich die Eigenschaften des Schmutzes ändern. So kann er trocknen und damit die Löslichkeit oder Dispergierbarkeit abnehmen. Er kann in die Faser eindringen oder von Bakterien zersetzt werden, wobei neue Verschmutzungen oder unangenehme Gerüche entstehen können (Bildungsagentur, 2005).

#### **Problemraum: Palmöl**

Nach Müller und Heimann (2020) stellt Palmöl ein lohnendes Thema zur Nachhaltigkeit dar. Die Jungen und Mädchen dieser Gesamtschule interessieren sich für gesellschaftspolitische Themen. So engagieren sich einige bei den Fridays for Future-Aktionen. Es wird erwartet, dass sie motiviert sind, sich mit der Palmöl-Problematik zu beschäftigen.

Diese Unterrichtsreihe beschränkt sich auf Palmkernöl, da es als Alternative zu erdölbasierten Rohstoffen für waschaktive Substanzen eingesetzt wird. Aus Palmkernöl wird Laurinsäure extrahiert, aus der Natriumlaurylsulfat hergestellt wird. Namen in Lebensmitteln, die mit Palmöl in Verbindung zu bringen sind, sind Cetearyl, Lauryl, Stearate und Palmitate, wobei nur letztere sicher aus Palm- oder Palmkernöl stammen.

Palmkernöl hat gegenüber Kokosöl einige Vorteile wie z.B. der höhere Ertrag. Sojaöl oder Sonnenblumenöl eignen sich gar nicht, da diese noch weniger Laurinsäure enthalten als Kokosnüsse (vgl. Krupp, Sommer, Klein & Schneider, 2015, S. 24–32).

Palmkernöl stammt aus den Samen der Ölpalme. Die daraus gewonnenen Fette sind das zurzeit weltweit am meisten genutzte pflanzliche Fett (Aktionsbündnis Regenwald statt Palmöl, 2021). Im Vergleich zu anderen Fett- und Ölpflanzen hat die Ölpalme die größten Erträge pro Fläche. Zudem ist das Fett das billigste auf dem Weltmarkt, weshalb es für Nahrungs- und Genussmittel sowie für Waschmittel, Kosmetika und dergleichen eingesetzt wird (ebd.).

Der größte Anteil entfällt auf die Nahrungsmittelindustrie, bedingt durch seine Eigenschaften wie Hitzestabilität, leichte Verarbeitbarkeit und gute Streichfähigkeit. Jedes zweite Supermarktprodukt enthält Palmöl (Paneco, 2015).

Die Alternative zu erdölbasierten Rohstoffen bringt auch Probleme mit sich (siehe Abb. 38). Immer mehr Regenwälder werden abgeholzt, um die Anbauflächen für Palmöl zu vergrößern. Torfböden trocknen aus, die Kohlenstoffdioxid speichern. Das hat wiederum Folgen für den Klimawandel. Der Lebensraum der Menschen und Tiere, wie dem wohl bekanntesten Beispiel, dem Orang-Utan, wird bedroht.

Da die Palme viel Wasser und Nährstoffe benötigt, laugen die Böden aus und nach einigen Jahren werden neue Anbauflächen genutzt. Der Lebensraum der indigenen Bevölkerung und die Biodiversität sinken weiter.

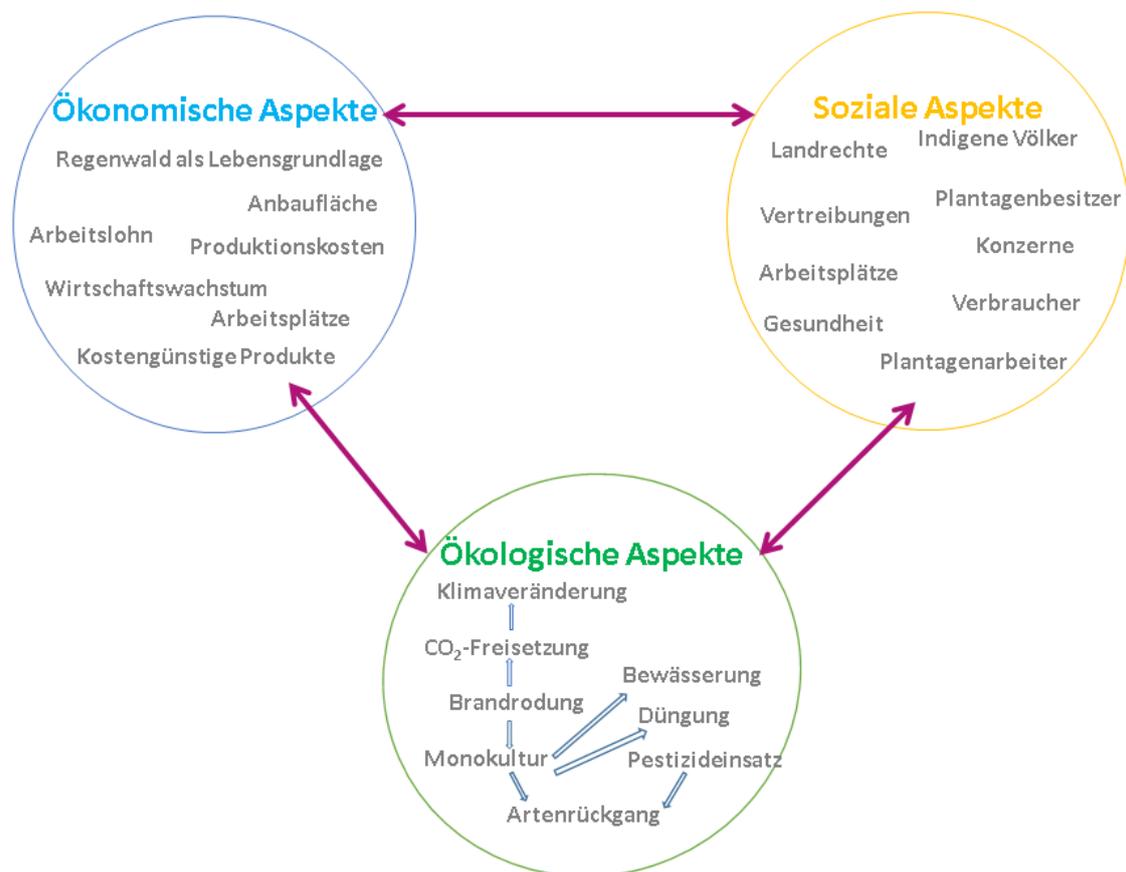


Abbildung 38: Nachhaltige Aspekte der Palmöl-Problematik

## Phasen

Nach einer kurzen tabellarischen Zusammenfassung des Unterrichtsverlaufes werden die einzelnen Phasen im Folgenden beschrieben. Eine ausführliche Darstellung des Unterrichtsverlaufes mit dem Vorwissen der Schüler\*innen, den konkretisierten Kernlehrplan-Kompetenzen, den auf Design Thinking bezogenen Schüler\*innenaktivitäten und den erwarteten Schwierigkeiten befindet sich im Anhang C mit den Tabellen C1 und C2.

Tabelle 16: Unterrichtsgang zu Modul 1

Std.	Unterrichtsphase	Arbeitsschritte mit inhaltlichen Aspekten
1	Hinführung zum Problem, Ankommen  Vorwissen	Vorstellung der Herausforderung der Palmöl-Problematik Zeigen eines Films, der die Omnipräsenz von Palmöl im Alltag sowie die ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen der Palmöl-Produktion verdeutlicht
2+3	Erarbeitung I, Informieren	Im Plenum werden erste Lösungsideen gesammelt Einigen auf die Herausforderung: „Wie können wir unsere Kleidung nachhaltig waschen?“ Als Ergebnis die Verwendung von Pflanzeninhaltsstoffen festhalten Wiederholen der Struktur und Eigenschaften von Seifen Informationen über Strukturmerkmale verschiedener Pflanzeninhaltsstoffe mithilfe von Arbeitsblättern Erkennen, dass sich Saponine als Waschmittlersatz eignen Durchlaufen der Phasen: Phase 1 („Problemraum verstehen“): Rodung der Regenwälder, Folgen für Mensch und Tier Phasen 2 (Persona) und 3 (Lösungsideen): Integration der Wünsche und Ablehnung des*r potentiellen Nutzers*in in die Ideenfindung, umweltfreundlicher Waschmittlersatz aus Pflanzeninhaltsstoffen
4-9	Erarbeitung II, Verarbeiten	Phase 3: Festhalten einer Vielzahl an Ideen bzgl. der verwendeten Pflanzen, der Versuchsdurchführung zur Extraktion der Saponine und des Waschens etc. Phase 4: Entwickeln eines Versuchsansatzes, testen der Waschwirkung, optimieren, Bedürfnisse der Nutzer*innen präzisieren Phase 5: Prototyp bewerten, optimieren, Nutzer*innenbedürfnisse ergänzen, Vergleich des Prototyps mit herkömmlichem Waschmittel Protokollieren im Lerntagebuch Feedback von der Lehrkraft
10	Sicherung, Auswerten	Überprüfen der Ziele und des Vorgehens Phase 6: Präsentieren im Plenum Feedback von Mitschülern*innen

### Phase 1: Probleme erkennen und beschreiben

Die Design Thinking-Methode motiviert Jungen und Mädchen besonders, wenn von einem relevanten Alltagsproblem – in diesem Beispiel der Palmöl-Problematik – ausgegangen wird.

Das Vorwissen wird mithilfe eines Zeitungsausschnittes (siehe Anhang B) abgefragt. Ein Film (siehe Anhang B) führt in weitere Inhalte ein, sodass die Jungen und Mädchen das Problem in einer Mindmap umfassend visualisieren können.

### Phase 2: Bedürfnisse der Nutzer\*innen erkennen

Der\*die „durchschnittliche Nutzer\*in“ (die sogenannte Persona), der\*die das selbst hergestellte „Waschmittelprodukt“ erwerben soll, wird in diesem Fall mit leeren Textstellen vorgegeben, da die Zeit für Interviews oder Beobachtungen nicht ausreichen würde und die Schüler\*innen mit zu vielen neuen Inhalten überfordert wären. Zu den Bedürfnissen der Persona gehören beispielsweise ein umweltfreundliches Waschmittel, welches nicht zu teuer sein darf. Soziale, ökonomische und ökologische Aspekte können als Bedürfnis formuliert werden, so dass die drei Säulen der Nachhaltigkeit berücksichtigt werden.

### Phase 3: Lösungsideen finden

Ausgehend von der Palmöl-Problematik soll ein Übergang zur zentralen Aufgabenstellung („Wie können wir unsere Kleidung nachhaltig waschen?“) geschaffen werden. Mit der Lerngruppe werden Ideen gesammelt und als Ergebnis die Verwendung von Pflanzeninhaltsstoffen (nachwachsende Rohstoffe) festgehalten. Die Lehrkraft fragt nach dem Verständnis des Begriffes Nachhaltigkeit, der gegebenenfalls gemeinsam erarbeitet wird.

Danach erhalten die Lernenden Arbeitsblätter mit wichtigen Gruppen pflanzlicher Sekundärverbindungen mit deren Hilfe sie ableiten sollen, dass sich Saponine als Waschmittlersatz eignen. Die Arbeitsblätter enthalten Darstellungen verschiedener Pflanzeninhaltsstoffe mit deren chemischer Struktur, dem Vorkommen und dem Pflanzenorgan, in dem diese zu finden sind. Eine Recherche durch die Teams wäre ebenso denkbar gewesen, wenn die Schüler\*innen Anhaltspunkte erhalten hätten, wonach sie suchen sollen. Aus zeitlichen Gründen wird darauf aber verzichtet.

Die Jugendlichen vergleichen die Strukturen von Alkaloiden, Anthocyanen, Saponinen, Carotinoiden und etherischen Ölen miteinander und schließen auf deren Eigenschaften. Aufgrund ihrer Struktur wählen sie Saponine als geeigneten Ersatzstoff aus und schließen auf deren Eigenschaften (Basiskonzept: Struktur-Eigenschaft).

Sie entwickeln eigenständig Ideen, wie sie Saponine extrahieren und deren Waschwirkung testen können. Sie können untersuchen, welcher Stoff damit sauberer wird und welcher Schmutz dabei entfernt wird.

Die Ideen können dabei verschiedenen Clustern (Kategorien oder Flexibilität) zugeordnet werden:

- Welche Pflanzen bzw. welches Pflanzenorgan wollen die Schüler\*innen einsetzen?
- Wie soll der Versuch gestaltet werden? Welche Geräte benötigen sie?
- Wie lässt sich die erfolgreiche Extraktion zeigen?
- Wie soll der Waschvorgang ablaufen?
- Welche Textilien sollen gewaschen werden?
- Womit wollen sie die Textilien verunreinigen (welcher Schmutz)?

Zu jeder Kategorie lassen sich eine Vielzahl an Ideen finden, z.B. können Kastanien gemörsert, klein gehackt oder mit einem Nussknacker zerkleinert werden. Die Schüler\*innen können mit kaltem oder warmem Wasser waschen, die Saponine in die Textilien einreiben oder einwirken lassen.

#### Phase 4: Erproben und optimieren

Anschließend sollen die Jungen und Mädchen ihre Ideen austesten und gegebenenfalls ihre Lösungsansätze variieren. Dabei können sie aus unterschiedlichen Pflanzen bzw. Pflanzenteilen Saponine extrahieren. Sie sollen überprüfen, ob ihre Extraktion erfolgreich war. Sie können beispielsweise auf verschiedene Art und Weise die Schaumbildung überprüfen. Danach können sie Stoffe wie z.B. Baumwolle, Wolle, Fleece oder Polyester, die verschieden verschmutzt sind, versuchen zu waschen. Vielleicht kommt eine Gruppe auf die Idee, Testreihen durchzuführen, die die unterschiedliche Waschwirkung z.B. in Abhängigkeit von der Waschtemperatur, der Waschdauer oder der Einwirkzeit prüfen. Sie kann die Waschwirkung mit einem herkömmlichen Waschmittel vergleichen.

In allen Fällen ist ein Kontrollversuch wichtig, der zeigen soll, dass die „Wäsche“ durch die Saponine und nicht durch das heiße Wasser oder Reiben sauber wurde.

#### Phase 5: Lösungen bewerten

Zum Schluss des Design Thinking-Prozesses sollen die Teams ihren Prototyp, den sie in der eben vorgestellten Phase 4 ausprobiert und optimiert haben, bewerten. Dabei sollte die Bewertung die drei Aspekte einer Innovation beinhalten: die Bedürfnisse der Nutzer\*innen, die Wirtschaftlichkeit und die Machbarkeit (vgl. Kap. 2.2). Gleichzeitig werden damit Nachhaltigkeitsaspekte berücksichtigt (vgl. Phase 2).

#### Phase 6: Präsentieren

Die Präsentation wurde – passend zum „unternehmerischen Vorgehen“ der Methode Design Thinking – gewählt. Ähnlich wie bei „Die Höhle der Löwen“ stellen die Teams ihre innovative Geschäftsidee den „Löwen“ – hier der Schulklasse – vor. Diese schätzen den Erfolg des Produktes und die Darstellung ein.

Die „Höhle der Löwen“ ist angelehnt an die deutsche Unterhaltungsshow von VOX und richtet sich an Erfinder\*innen und Unternehmensgründer\*innen, die in der Sendung um Startkapital werben. Dazu stellen sie ihre innovative Idee der Jury („Löwen“) vor. Die „Löwen“ erhalten im Gegenzug einen Unternehmensanteil.

Im Unterricht sollen zwei Gruppen ihre „Erfindung“ vorstellen, indem sie eine kurze Präsentation vorbereiten, die das Besondere ihres Produktes darstellt und beschreibt, wie sie vorgegangen sind. Sie haben dafür zehn Minuten Zeit die „Löwen“ – also den Rest der Klasse – zu überzeugen.

Diese überlegen sich Bewertungskriterien und begründen, welche Gruppe überzeugt hat.

#### Methoden

Es wird erwartet, dass die Schüler\*innen in der Phase 1 die Methode des Mindmapping einsetzen. Es werden keine weiteren Methoden erarbeitet. Die Begründung ist bei der Beschreibung der Rahmenbedingungen erläutert worden (vgl. Kap. 4.1).

### **Materialgestaltung**

Aufgrund der didaktischen Reduktion wurde eine Auswahl an Pflanzeninhaltsstoffen getroffen, wobei diese mithilfe ihres Vorkommens im Stoffwechselweg bezeichnet werden (siehe Anhang D). Sie werden jeweils mit ihrer Bedeutung für die Pflanze, Vorkommen in Pflanzenarten, Pflanzenorgan und Strukturmerkmalen vorgestellt (Beispiel siehe Abb. 39, siehe Anhang B). Mithilfe dieser Arbeitsblätter sind die Lerngruppen in der Lage, selbst abzuleiten, welcher Pflanzeninhaltsstoff sich als Waschmittlersatz eignet.

## Pflanzeninhaltsstoffe Alkaloide

### Bedeutung für die Pflanze:

Alkaloide sind toxisch und bieten vielen Pflanzen Schutz vor Fressfeinden. Eine Vorstufe des Alkaloids kann z. B. in der Zellvakuole gespeichert sein. Wird nun die Vakuole durch Fraß zerstört, gelangt die Vorstufe ins Cytoplasma, wo sie durch Enzyme in das giftige Alkaloid umgewandelt wird.

Schon seit dem Altertum verwendeten Menschen Alkaloide als Drogen, Gifte oder Stimulantien. Die Wirkung beruht auf ihrer strukturellen Ähnlichkeit mit körpereigenen Botenstoffen. Wichtige Alkaloide sind z. B. Nikotin, Coffein, Solanin (z. B. in grünen Kartoffeln), Morphin, Cholchicin, Strychnin oder LSD (Lysergsäure-diethylamid).

### Vorkommen:

Alkaloide kommen in manchen Pflanzenfamilien vermehrt vor: Mohn-, Tabakpflanzen, Amaryllisgewächse.

### Grundorgan:

Alkaloide können in Vakuolen, Zellwänden oder auch Milchröhren gespeichert sein. In der Tabakpflanze wird das Nikotin in der Wurzel produziert und in die Blätter transportiert.

### Strukturmerkmale:

Zur Gruppe der Alkaloide gehören ca. 3000, alkalisch reagierende Stickstoffverbindungen. Die Grundgerüste sind ähnlich.

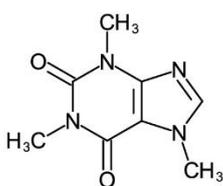
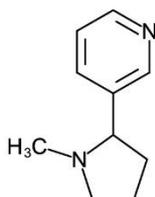


Abb.: Coffein



Nikotin



Abbildung 39: Arbeitsblatt zu Pflanzeninhaltsstoffen

### 4.3.2 Modul 2 – Titration mit Pflanzenfarbstoffen

Das Modul 2 wird in zwei Parallelkursen in der Qualifikationsphase durchgeführt, wobei der Kurs 2 deutlich leistungsstärker ist. Die Zusammensetzung der Kurse hat sich im Vergleich zum letzten Jahr geändert, so dass sich die Teams neu zusammensetzen. Aufgabe ist, einen Farbstoff zu finden, der sich für die Titration von Buttermilch mit Salzsäure eignet.

#### Änderungen im Vergleich zu Modul 1

Da die Jungen und Mädchen bereits Erfahrungen mit dem Lerntagebuch und Design Thinking im letzten Modul erworben haben, werden die Bewertungskriterien des Lerntagebuchs anders gewichtet. Für den formalen Bereich gibt es weniger, dafür für den reflexiven Bereich mehr Punkte.

Der Schwerpunkt soll in diesem Modul auf der Phase 5 liegen mit dem Ziel einer besseren Umsetzung dieser Phase. Die Auswertung der Phasencodierungen wies geringe Codierhäufigkeiten in Modul 1 auf (vgl. Kap. 5.1). Gleichzeitig soll selbstständig eine Persona „erdacht“ werden, damit diese Phase etwas mehr in den Fokus tritt.

Hieraus ergibt sich, dass andere Phasen mehr in den Hintergrund geraten, da auch hier nur zehn Unterrichtsstunden eingeplant sind. Dennoch stehen den Schülern\*innen insgesamt mehr Zeit für die einzelnen Phasen zur Verfügung, da der Umgang mit dem Erfindertagebuch und die Phasen des Design Thinking-Prozesses nur wiederholt werden müssen.

#### Einordnung in den Kontext

Eingeordnet ist das Modul in das Inhaltsfeld 2 „Säuren, Basen und analytische Verfahren“. Zentrales Basiskonzept ist „Donator – Akzeptor“. Im Unterschied zu Modul 1, welches an zwei Stellen in den Lehrplan eingeschoben werden kann, soll dieses Modul Inhalte aus dem Lehrplan ersetzen. So ist keine zusätzliche Zeit für die Unterrichtsreihe erforderlich.

Die Schüler\*innen sollen am Beispiel der Milchsäurekonzentrationsbestimmung in Buttermilch Pflanzeninhaltsstoffe als natürliche Indikatoren finden und den geeigneten Einsatz bewerten. Ihre Aufgabe ist es, selbstständig Versuche zu entwickeln und diese später mit der klassischen Titration zu vergleichen. So erkennen sie die Vorteile des Titrationsverfahrens und erkennen z.B., dass die Verwendung von geringer konzentrierter

Natronlauge größere Genauigkeit mit sich bringt. Der Magnetrührer sorgt für eine bessere und schnellere Durchmischung. Der Umschlagspunkt wird genauer angezeigt.

Es geht um die analytische Konzentrationsbestimmung mithilfe von Indikatoren. Da es sich dabei um Farbstoffe handelt, lässt sich dieses Modul auch im Inhaltsfeld 4 beim Thema Farbstoffe einsetzen.

### **Thematische und inhaltliche Aspekte**

Aus zeitlichen und organisatorischen Gründen musste für dieses Modul ein Thema gefunden werden, bei dem sich die Schüler\*innen weitestgehend selbstständig ein neues Thema erarbeiten. In den Modulen 1 und 3 geht es um die Anwendung bereits gelernten Wissens. Unter Umständen hat dies Auswirkungen auf die Anzahl der Gesamtcodierungen. Sie könnte niedriger ausfallen, da es schwieriger ist, sich neues Wissen zu erarbeiten. Möglicherweise beeinflusst dies auch die Selbstwirksamkeitserwartung.

#### **Anthocyane**

Der Begriff Anthocyan leitet sich vom griechischen Wort anthos, Blüte, und kyanos, blau, ab (Schwedt, 2001, S. 80). Chemisch gesehen sind Anthocyane Glykoside, bei denen in 3- oder 5- Stellung vorkommende Zuckerreste durch Säurekatalyse leicht abgespalten werden können. Es bilden sich die entsprechenden Anthocyanidine. Diese unterscheiden sich in ihren Substituenten im B-Ring. Sie zählen zu den Flavyliumsalzen und werden im stark Basischen gespalten. Die Anthocyanidine stellen die chromophore Gruppe dar.

In den Pflanzen liegt meist die glykosidierte Form der Anthocyanidine vor. Diese ist wasserlöslich und somit in Pflanzen leichter speicher- und transportierbar.

Anthocyane kommen in roten und violetten Früchten und in manchen Gemüsearten, wie dem Rotkohl, vor. Auch Hülsenfrüchte enthalten in ihren Schalen Anthocyane. Die charakteristischen Farben kommen durch Absorption von Licht in einem Wellenlängenbereich von 465-560 nm zustande. Das jeweilige Absorptionsmaximum wird durch die spezifische Struktur, den pH-Wert oder Chelatbildung beeinflusst. Im Anhang, Abbildung D3 ist ein Beispiel eines Cyanidins mit der jeweiligen Struktur in Abhängigkeit vom pH-Wert dargestellt.

#### **Polyketide**

Im Modul 2 wird das Polyketid Curcumin für die Versuche eingesetzt, weshalb nur Curcumin und dessen Vorkommen näher beschrieben werden.

Curcumin kommt z.B. in Curcuma, einer Pflanze aus der Familie der Ingwergewächse, vor. Das in den Wurzeln enthaltene Curcumin kann durch Ethanol extrahiert werden. Curcumin ist der Hauptbestandteil von Curry. Curcumin färbt Wolle, Baumwolle und Seide grünlich-gelb. Da es im Alkalischen unbeständig ist, wird es nicht als Textilfärbemittel genutzt. Dennoch wäre eine Anbindung an den Kontext Farbstoffe denkbar. Dieses Modul ist in den Kontext Säuren und Basen eingeordnet.

Curcumin gehört zu den aromatischen Hydroxyketonfarbstoffen und entspricht dem Lebensmittelfarbstoff E 100. Es zeigt Keto-Enol-Tautomerie (siehe Abb. 40), wobei das Gleichgewicht in saurer Lösung aufgrund der Möglichkeit der Ausbildung einer Wasserstoffbrücke stark auf der Enolform liegt.

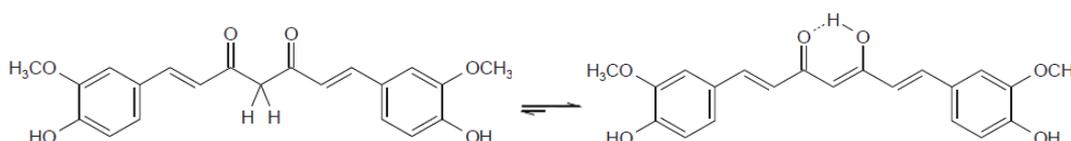


Abbildung 40: Keto-Enol-Tautomerie von Curcumin  
(links: Keto-, rechts: Enolform)

Curcumin hat die Eigenschaft eines Säure-Base-Indikators. Im Sauren löst es sich mit hellgelber Farbe und im Alkalischen mit rotbräunlicher. Der Umschlagsbereich liegt bei einem pH-Wert um 8 (von 7,4 bis 8,6). Die Farbänderung lässt sich damit erklären, dass im Alkalischen die phenolischen Hydroxy-Gruppen des Curcumins ein Proton abspalten und die sich bildenden Phenolat-Anionen stärker auxochrom sind als die Hydroxy-Gruppen. Zusätzlich kann ein Proton aus dem Keto-Enol-System abgespalten werden, wodurch sich das  $\pi$ -Elektronensystem vergrößert. Das Molekül absorbiert energieärmeres, also längerwelligeres Licht.

Curcumin ist sehr lichtempfindlich, weshalb es in dunklen Flaschen gelagert werden sollte. In einem Vorversuch wurde von der Lehrkraft überprüft, ob bei längerem Lagern im Kühlschrank Farbänderungen durch Oxidationen oder enzymatische Vorgänge auftreten. Nach 1, 2, 6 bzw. 12 Monaten war keine Änderung sichtbar.

#### Problemraum: Umweltfreundliche Indikatoren

Dieses Modul soll wieder in einen Alltagskontext eingebunden sein, so dass die Schüler\*innen motiviert sind, einen „Forschungsauftrag“ selbstständig zu lösen (siehe Anhang B). Aus diesem Grunde wird eine Situation durchgespielt, bei der ein Lebensmittelhandel

einem Labor einen Auftrag zur Testung von umweltfreundlichen Indikatoren erteilt. Da z.B. viele rote Azofarbstoffe Lebensmitteln nicht mehr zugesetzt werden dürfen, da sie krebserregend sein könnten, ist die Verwendung anderer Indikatoren möglicherweise nachhaltiger.

Die Darstellung der Titrationsversuche soll in eine Expertise eingebunden werden, die gleichzeitig auf die anstehende Facharbeit vorbereitet. Die Expertise soll neben der Beschreibung aller Phasen des Design Thinking-Prozesses ein Inhaltsverzeichnis und Literaturangaben enthalten.

Ziel ist, dass die „Labore“ einen geeigneten Indikator finden und selbstständig das Verfahren der Titration ableiten. Das Problem ist komplex, da mehrere Lösungen gefunden werden können (vgl. Kap. 2.2.4). Die Schüler\*innen können z.B. verschiedene Pflanzen, die Curcumin enthalten, verwenden, um auf unterschiedlichen Wegen mit z.B. unterschiedlichen Mengen Lösemittel den Indikator zu extrahieren.

Das „Nachspielen einer Forschungssituation“ und der damit verbundene Auftrag könnten weniger real wirken als die Problemstellungen in den anderen Modulen, denn nur zu den Modulen 1 und 3 gibt es reale Nachrichten in den Medien, wohingegen diese Situation erfunden ist. Dennoch simuliert das Problem insofern die reale Welt, als dass es in Form einer brieflichen Anfrage vom Lebensmittelhandel an ein Labor formuliert ist. Insbesondere bei der Bewertung des Indikators im Vergleich zu einem herkömmlichen spielen ökonomische, ökologische und auch soziale Aspekte eine Rolle, so dass auch dieses Modul Nachhaltigkeitskriterien berücksichtigt.

### **Phasen**

Nach der tabellarischen Darstellung (siehe Tab. 17) erfolgt die Beschreibung der einzelnen Phasen. Auch zu diesem Modul sind im Anhang ein ausführlicher Unterrichtsverlauf zu finden (siehe Anhang C mit den Tabellen C2, C3).

Tabelle 17: Unterrichtsgang zu Modul 2

Std.	Unterrichtsphase	Arbeitsschritte mit inhaltlichen Aspekten
1	Hinführung zum Problem, Ankommen  Vorwissen	„Anschreiben“ einer Firma mit komplexem Problem der Bestimmung der Säurekonzentration z.B. in Buttermilch mit einem Farbstoffindikator, der aus Pflanzen extrahiert wird, umweltfreundlich ist
2+3	Erarbeitung I, Informieren	Recherche zu Alltagsprodukten, in denen Säuren enthalten sind Visualisieren des Problems Formulieren der Bedürfnisse der Kunden Durchlaufen der Phasen: Phase 1 („Problemraum verstehen“): Alltagsprodukte enthalten verschiedene Säuren, mithilfe von Indikatoren wird die Konzentration bestimmt, einige Indikatoren sind umwelt- oder gesundheitsschädlich Phasen 2 (Persona) und 3 (Lösungsideen): Integration der Wünsche und Ablehnung des*r potentiellen Nutzers*in in die Ideenfindung, umweltfreundlicher Indikator
4-9	Erarbeitung II, Verarbeiten	Phase 3: Festhalten einer Vielzahl an Ideen bzgl. der verwendeten Pflanzen, der Versuchsdurchführung zur Extraktion möglicher Pflanzeninhaltsstoffe, die als Indikatoren zur Bestimmung der Säurekonzentration eingesetzt werden Phase 4: Planen von Versuchen zur Extraktion von Curcumin (oder Anthocyanen) Kennenlernen eines etablierten Verfahrens zur Bestimmung der Säurekonzentration: Säure-Base-Titration mit Endpunktbestimmung über einen Farbstoffindikator Benennen der Fehlerquellen Phase 5: Prototyp bewerten, optimieren, Nutzer*innenbedürfnisse ergänzen, Vergleich des Prototyps mit herkömmlichem Indikator Protokollieren im Lerntagebuch Feedback von der Lehrkraft
10	Sicherung, Auswerten	Phase 6: Anfertigen eines Expertise-Schreibens Gegenseitiges Bewerten

#### Phase 1: Probleme erkennen und beschreiben

Das Problem wird mithilfe eines Schreibens eines Lebensmittelhandels an ein Labor dargestellt. Die Teams visualisieren das Problem, indem sie z.B. die beteiligten Personen oder säurehaltige Lebensmittel in einer Mindmap angeben.

#### Phase 2: Bedürfnisse der Nutzer\*innen erkennen

Die Schüler\*innengruppen erstellen eine Persona mithilfe des Textes aus dem Brief. Die Aufgabe, die in Form eines „Forschungsauftrages“ formuliert ist, lautet: Wie können wir die Säurekonzentration in Alltagsprodukten umweltfreundlich bestimmen?

### Phase 3: Lösungsideen finden

Das Arbeitsblatt zu den Pflanzeninhaltsstoffen (siehe Anhang B) grenzt die Möglichkeiten an geeigneten Farbstoffen ein. Dennoch gibt es eine Vielzahl an Ideen, z.B. wie man den Versuch gestalten kann. Die Schüler\*innen werden sich Gedanken dazu machen, welcher Pflanzeninhaltsstoff aus welcher Pflanze sich eignet und wie man diesen isolieren kann. Einige werden vielleicht überlegen, welche Lösemittel sich eignen, insbesondere deshalb da die so gewonnene Indikatorlösung ca. zwei Wochen lagerungsfähig bleiben sollte. Dies wird durch das Lösen in Ethanol erreicht wird (vgl. Vorversuche).

Den Schülern\*innen bereitet das Auffinden von Ideen zur Extraktion sicherlich keine Schwierigkeiten, da sie bereits im Modul 1 Saponine extrahiert haben. Hier müssen sie nur beachten, dass sich Curcumin nicht in Wasser, sondern in Ethanol löst.

### Phase 4: Erproben und Optimieren

Mithilfe dieses Moduls sollen die Teams selbstständig das Verfahren der Titration erarbeiten, um die Säurekonzentration in einem flüssigen Lebensmittel zu bestimmen.

Die Schüler\*innen erkennen nach einem ersten Versuch, dass man die Buttermilch verdünnen muss, da sonst das Rühren schwierig ist. Da beim Abmessen der Buttermilch mit der Pipette Reste in der Pipette verbleiben, ist Spülen erforderlich. Eventuell nehmen sie zu große Mengen an Buttermilch und müssen damit sehr lange Natronlauge bis zum Umschlagspunkt zugeben.

Weiterhin erkennen die Schüler\*innen selbstständig, dass die Konzentrationsbestimmung nicht unmittelbar aus dem Titrationsversuch folgt. Einige von ihnen kennen evtl. schon den Einsatz einer Bürette; dennoch werden sie vermutlich nicht auf die Idee kommen, nach einer Bürette zu fragen. Bei dem zur Verfügung stehenden Material liegt keine Bürette. Es wird zu Beginn bewusst darauf verzichtet, da ihnen die chemischen und versuchspraktischen Gründe für den Einsatz so klarer werden. Oft haben Schüler\*innen Schwierigkeiten, das Titrationsverfahren, die Berechnung mit Größengleichungen und den chemischen Prozess der Neutralisation in einen Zusammenhang zu bringen. Durch die oben erwähnte Vorgehensweise soll dies verhindert werden. Einige Gruppen werden vielleicht Schwierigkeiten haben, zu erkennen, wozu der Indikator eingesetzt werden soll oder wie man aus einer Farbänderung auf eine Konzentrationsangabe kommt. Durch die Entwicklung eines eigenen Versuchsansatzes sind sie besser darauf vorbereitet, das Verfahren zu beurteilen (Kompetenz). Vermutlich werden genau die Schwierigkeiten, die bei dem eigenen Versuch benannt werden, durch das etablierte Titrationsverfahren behoben.

Beim Titrieren mit Phenolphthalein muss der Hinweis gegeben werden, dass man nicht – wie sonst üblich – zum Ende der Titration die Natronlauge immer langsamer zugeben darf, denn in der alkalischen (pinken) Lösung löst sich Kohlenstoffdioxid aus der Luft, was dann zu Hydrogencarbonat oder Kohlensäure reagiert. Diese Stoffe reagieren mit der Natronlauge.

Den Schüler\*innen ist vermutlich nicht klar, welche Größen sie zur Berechnung der Säurekonzentration benötigen. Der Indikatorumschlag gibt keine Konzentration oder einen pH-Wert an. Erst durch eine Berechnung aus gegebenen Größen kann die unbekannte Konzentration ermittelt werden. Die Lehrkraft unterstützt gegebenenfalls mit den Hinweisen, dass sie erst einmal die Neutralisationsgleichung formulieren sollen oder gibt ihnen evtl. die Formel  $n = c \cdot V$  an und fragt, was gegeben ist, was man messen kann und welche Größe gesucht wird.

Im Einzelnen werden folgende versuchspraktische Unterschiede zwischen dem von den Schülern\*innen erdachten Verfahren und dem herkömmlichen Titrationsverfahren erwartet, die auch von den Jungen und Mädchen diskutiert werden sollen:

- Das Verdünnen mit Wasser führt dazu, dass die dickflüssige Buttermilch besser gerührt werden kann und sich die Lauge darin besser verteilt.
- Durch das mehrfache Ausspülen der Pipette wird erreicht, dass tatsächlich die gesamte Stoffmenge an Säure für die Neutralisation zur Verfügung steht.
- Die verdünnte Natronlauge erhöht die Genauigkeit der Ergebnisse.
- Der Magnetrührer sorgt für eine bessere und schnellere Durchmischung der Lösung.
- Mit der Bürette kann ein größeres und unbekanntes Volumen genauer bestimmt werden.

#### Phase 5: Lösungen bewerten

Die einzelnen Teams bewerten die unterschiedlichen Verfahren zur Bestimmung der Säurekonzentration. Sie vergleichen diese anhand selbstgewählter Kriterien. Vermutlich gehören zu diesen Kriterien in etwa die folgenden: Kosten, Umweltverträglichkeit des Indikators, Zeit- und Materialaufwand, Genauigkeit des Verfahrens.

#### Phase 6: Präsentieren

Die Teams erstellen eine Expertise, die sie jeweils einem anderen Team präsentieren und zu dem sie Rückmeldungen – entsprechend den Anforderungen an die Expertise – erhalten. Diese sollen genutzt werden, um die Expertisen zu überarbeiten und damit „als Labor vom Lebensmittelhandel beauftragt“ zu werden. Im Anschluss wird im Plenum festgehalten, warum ein „Labor“ beauftragt wird oder nicht.

## Methoden

Um die Bewertungskompetenz zu fördern, sollen die Schüler\*innen Methoden zur Bewertung ihrer Prototypen kennenlernen (vgl. Kap. 2.2.4). Exemplarisch erarbeiten sie, wie man dabei vorgehen könnte (siehe Abb. 41) und übertragen dies im Anschluss auf die Bewertung ihres Prototyps. Sie erkennen, dass eine Bewertung nur dann sinnvoll ist, wenn Alternativen vorliegen. Diese werden nach bestimmten Kriterien verglichen.

## Methoden: Bewerten

Die Tabelle könnte so aussehen:

Merkmal/ Lösungsvariante	Sportverein A	Sportverein B	Sportverein C
Entfernung	1	0	1
Kosten	1	0	0
Freunde	0	1	0
Liga			
Summe			

1 = gut  
0 = schlecht

Berücksichtigt bei der Kriterienfindung die drei Bereiche von Innovationen: Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Bedürfnisse (s. a. Persona). Begründet eure Auswahl.

Abbildung 41: Bewertungsbeispiel

## Materialgestaltung

Die Arbeitsaufträge wurden auf zwei Aufgabenblätter verteilt, damit die Schüler\*innen nicht schon vorher das etablierte Verfahren kennenlernen und sich einen eigenen Versuch ausdenken können.

Der Brief (siehe Anhang B) ist als Auftrag formuliert und soll die Motivation erhöhen. Die geforderte Expertise ist eine Abwechslung zu den sonst üblichen Protokollen und dient der Vorbereitung der Facharbeit, die in diesem Schuljahr durchgeführt werden muss. Deshalb werden neben einem Inhaltsverzeichnis auch ein Literaturverzeichnis gefordert. Die Expertise dient der Lehrkraft als Leistungsüberprüfung. Die Teams erhalten das

Bewertungsschema mit der Aufgabenstellung, um ihnen die Anforderungen frühzeitig transparent zu machen.

Das Arbeitsblatt zu den Pflanzeninhaltsstoffen ist ähnlich gestaltet wie in Modul 1, so dass sich die Schüler\*innen damit schneller zurechtfinden (siehe Anhang B). Mithilfe des Arbeitsblattes erkennen sie bei sorgfältigem Lesen bereits, dass sich nur Curcumin zur Titration eignet. Anthocyane zeigen mehrere Farbübergänge, was die Titration erschwert.

### 4.3.3 Modul 3 – Ressourcenschonende Makromoleküle

In diesem Modul sollen Schüler\*innen selbstständig Alternativen z.B. zur Herstellung von Kunststoffen aus Erdöl oder zur Papierherstellung aus Holz entwickeln. Sie greifen auf nachwachsende Rohstoffe pflanzlichen Ursprungs zurück und stellen Kunststoffe aus Stärke oder Polymilchsäure her. Auch können sie Cellulose z.B. aus Gras, Spargel oder Brennnesseln isolieren, um Textilfasern oder Papier herzustellen. Sie erkennen, dass die Bewertung, welches Produkt nachhaltiger ist, von vielen – oft in entgegengesetzter Richtung wirkender – Faktoren abhängt.

#### Änderungen im Vergleich zu Modul 2

Um die Phase 2 in den Fokus zu stellen, können die Teams andere Schüler\*innen interviewen, um aus den Antworten eine Persona abzuleiten. Beabsichtigt ist, dass die Teams Produkte herstellen, die sie am Tag der offenen Tür verkaufen können. Diese Vorgehensweise soll die Schüler\*innen motivieren.

Die Teams werden – soweit möglich – wie in Modul 2 zusammengesetzt. Da einige Schüler\*innen die Schule verlassen haben und ein Schüler die Stufe wiederholt, ergibt sich eine etwas andere Teamzusammensetzung als im Jahr davor. Die Teamrollen werden bestimmt, um zu sehen, welche evtl. nicht vertreten sind (vgl. Kap. 2.1.3). Danach spricht die Lehrkraft mit den einzelnen Teams darüber, ob noch eine Teamrolle fehlt und wie sie dies ausgleichen könnten. Eine Zusammenstellung des Teams durch die Lehrkraft ist insbesondere unter dem Aspekt der Autonomie nicht sinnvoll (vgl. Kap. 2.1.2).

Zusätzlich soll die kritische Phase 3 mit Methoden zur Förderung der Kreativität optimiert werden.

### Einordnung in den Kontext

Dieses Unterrichtsmodul wird ins Inhaltsfeld 4 „Organische Produkte – Werkstoffe und Farbstoffe“ eingeordnet und wird nach einer kurzen Einführung über Kunststoffe durchgeführt. Es vertieft das Basiskonzept „Struktur – Eigenschaft“, indem Makromoleküle aus Pflanzen genutzt werden, um alternative Rohstoffe zu gewinnen. Desweiteren werden die Basiskonzepte „Donator – Akzeptor“ und „Energie“ sowie in geringerem Umfang das Basiskonzept „Chemisches Gleichgewicht“ angewendet. Insbesondere wird auf Stoffklassen und Reaktionstypen, Eigenschaften makromolekularer Verbindungen, Polykondensation und zwischenmolekulare Wechselwirkungen eingegangen. Inhalte zum fossilen Energieträger Erdöl mit seiner Gewinnung und Bedeutung wurden bereits im letzten Schuljahr erarbeitet.

### Thematischer und inhaltlicher Hintergrund

Für Papier und Textilien aus Pflanzenfasern wird Cellulose benötigt. Der chemische Aufbau und die damit verbundenen Eigenschaften der Cellulose werden kurz beschrieben, um anschließend auf die Herstellung von Papier und Textilien einzugehen. Im zweiten Teil werden Möglichkeiten des Ersatzes von Erdöl zur Kunststoffherstellung beschrieben.

#### Cellulose

Cellulose ist ein Bestandteil von pflanzlichen Zellwänden. Bei eukaryotischen Pflanzen besteht die Zellwand aus ca. 90 % aus den Kohlenhydraten Protopectin, Hemicellulose und Cellulose (Lüttge, 1989, S. 147). Cellulose ist ein Polysaccharid, das aus mindestens 300  $\beta$ -D-Glucose-Einheiten besteht, die  $\beta$ -1,4-glykosidisch miteinander verknüpft sind. Sie liegt in der Zellwand in fibrillärer Struktur vor, indem sich ca. 100 Moleküle parallel zu einer Elementarfibrille zusammenlagern, die untereinander Wasserstoffbrücken bilden.

Die Elementarfibrillen lagern sich wiederum zu Mikrofibrillen und diese dann zu Makrofibrillen in amorpher oder kristalliner Struktur zusammen (siehe Abb. 42).

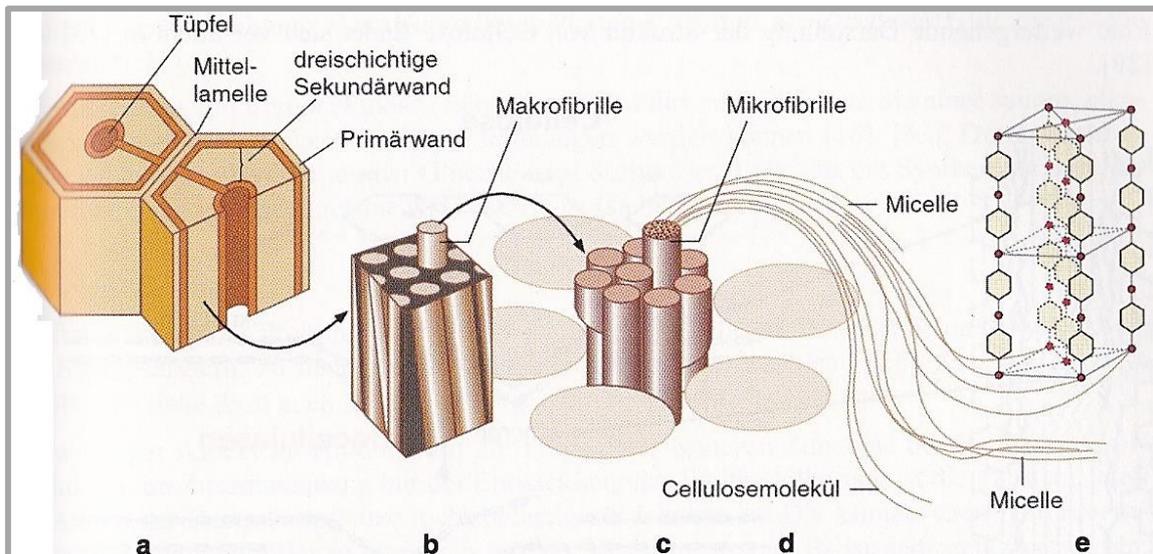


Abbildung 42: Bau einer Zellwand

(aus: Essau, 1977, S. 36)

Zwischen den Mikrofibrillen sind Zwischenräume, in denen sich Wasser aufgrund der polaren Gruppen der Glucose-Einheiten einlagern kann. Dort kann auch Lignin (phenolische Makromoleküle) eingefügt werden. Da die Hydroxy-Gruppen in der Cellulose bereits Wasserstoffbrücken mit anderen Cellulose-Molekülen, Lignin oder eingelagertem Wasser ausbilden, sind die Cellulosefasern eher wasserabweisend.

In der Primärwand der pflanzlichen Zellen sind die Fibrillen regellos angeordnet (siehe Abb. 43). An manchen Stellen überkreuzen sich somit die Fibrillen, die durch Proteine reversibel aneinanderhaften. Durch Ansäuerung werden diese Kontaktstellen gelöst und können anschließend neu geknüpft werden.

In der Sekundärwand sind die Fibrillen hingegen parallel angeordnet. Die Sekundärwand bildet sich, wenn die Zelle ihre endgültige Größe und Form erreicht hat als Auflagerung auf die Primärwand. Die Primärwand enthält nur ca. 10 % Cellulose, wohingegen die Sekundärwand vorwiegend aus Cellulose besteht und kein Protopectin enthält. Wird zwischen die Fibrillen Lignin eingelagert, so spricht man von Verholzung.

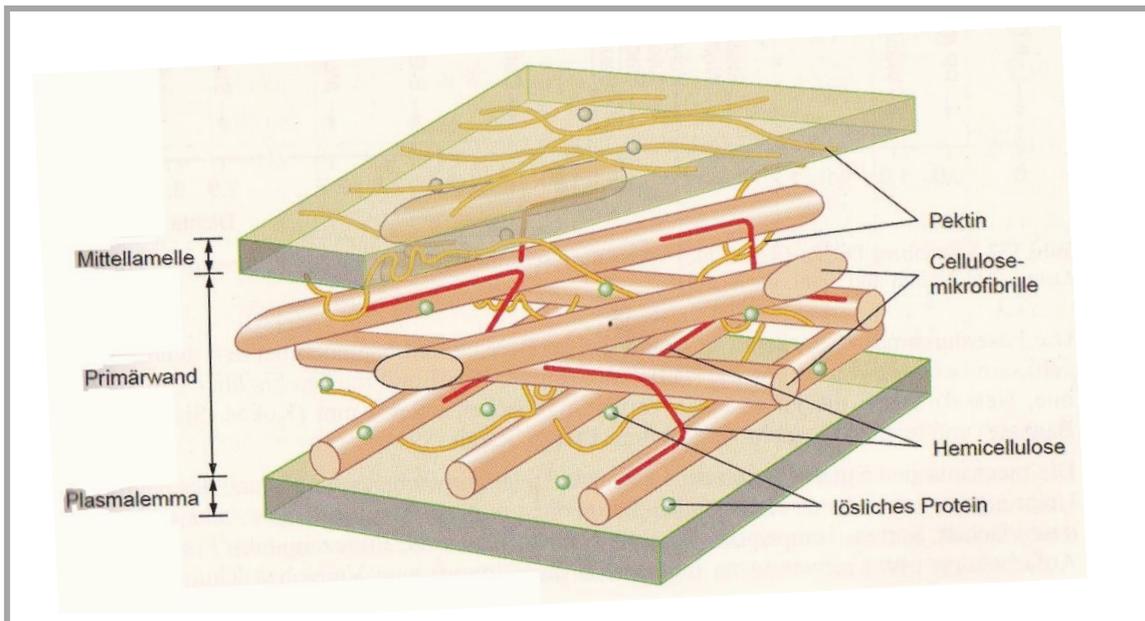


Abbildung 43: Struktureller Aufbau von Pflanzenfasern  
(aus Türk, 2014, S. 213)

An Abschlussgeweben wie der Epidermis kann z.B. Cutin aufgelagert werden, so dass diese wasserabweisend sind. Unter einem Gewebe versteht man die Zusammenlagerung von Zellen, die sich in ihrer Struktur und Funktion von anderen Zellen unterscheiden. Ein für Papier oder Textilien verwendetes Gewebe ist das Sklerenchym. Das Gewebe dient zur Festigung oder als Stützelemente der Pflanze. Es gibt zwei Arten von Sklerenchymzellen: Fasern und Sklereide. Fasern sind langgestreckte Zellen, die oft in Bündeln auftreten (Raven, Evert & Curtis, 1988, S. 452), z.B. in Blättern monokotyler Pflanzen (Gräser), in der Rinde von Sprossachsen oder im Xylem und Phloem dikotyler Pflanzen (ebd., S. 464). Xylem und Phloem bilden zusammen das Leitgewebe. Im Xylem werden Wasser und Nährsalze von der Wurzel nach oben und im Phloem organische Nährstoffe aus der Fotosynthese von oben nach unten transportiert. Wenn von Holzfasern gesprochen wird, sind bestimmte Typen von Sklerenchymfasern aus dem Xylem gemeint. Bastfasern sind solche aus dem Phloem.

### Stärke

Natürliche Stärke besteht zu 20% aus Amylose und zu 80% aus Amylopektin. Beide Makromoleküle besitzen die allgemeine Summenformel  $(C_6H_{10}O_5)_n$  und sind aus  $\alpha$ -D-Glucoseeinheiten gebildet.

Bei der Amylose sind zwischen 250 und 500  $\alpha$ -Glucose-Einheiten  $\alpha$ -1,4-glycosidisch miteinander verknüpft und bilden eine unverzweigte Kette (siehe Abb. 44). Dieses

Makromolekül ist schraubenartig gewickelt. In dessen Hohlraum können kleinere Moleküle eingeschlossen werden.

Amylopektin besteht aus bis zu einer Million  $\alpha$ -Glucoseeinheiten, die  $\alpha$ -1,4-glycosidisch verknüpft sind. Zusätzlich ist etwa jede 25. Glucoseeinheit  $\alpha$ -1,6-glycosidisch verknüpft, wodurch es zu Verzweigungen der Kette kommt (siehe Abb. 44).

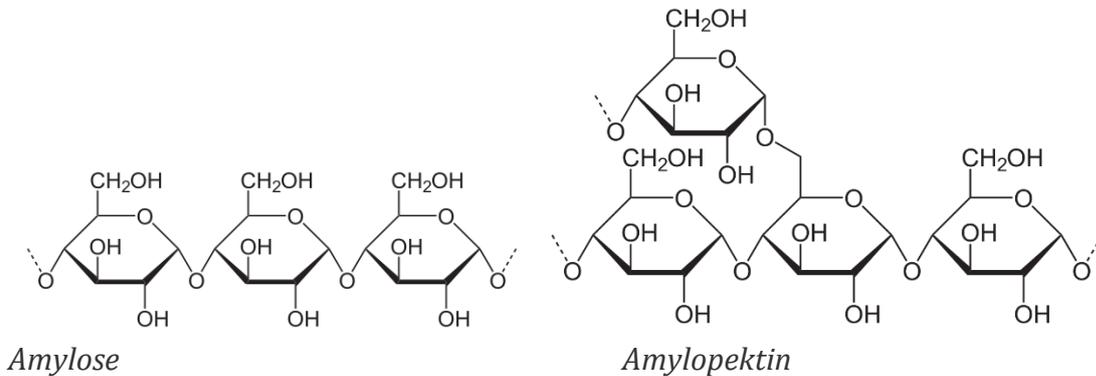


Abbildung 44: Amylose und Amylopektin

#### Papierherstellung

Heute wird das meiste Papier aus Holz oder Altpapier hergestellt. Man unterscheidet zwei Schritte: Den Faseraufschluss und die eigentliche Papierherstellung. Der erste Schritt entfällt bei der Verwendung von Altpapier. Das Holz kann mechanisch oder chemisch aufgeschlossen werden: Es wird gemahlen und dann von Lignin und Hemicellulosen getrennt. Das Mahlen bewirkt, dass die Zellwände reißen und die Fibrillen freigelegt werden. Durch Kochen und Zugabe bestimmter Chemikalien kann die Cellulose von den wasserlöslichen Substanzen abgetrennt und weiterverarbeitet werden. Durch Änderung des pH-Wertes werden die Fibrillen und die Bindungen zwischen der Cellulose und Lignin gepalten. Beim Faseraufschluss fällt der größte Teil des Energie- und Wasserverbrauchs an; die Abwasserbelastung ist dort am größten (Maué, Schönheit & Trauth, 2019, S. 96).

Da die Ressource Holz begrenzt ist, könnte alternativ – neben der Verwendung von Altpapier – Cellulose aus anderen Pflanzen gewonnen und verarbeitet werden. Das U.S. Department of Agriculture (USDA), Northern Regional Research Center in Peoria, IL untersuchte 500 Pflanzen auf ihre Eignung zur Papierherstellung (Rowell & Rowell, 1996, S. 141). Kriterien waren der Anteil an Cellulose, die Eigenschaften der Fasern (Länge, Reißfestigkeit) und das agronomische Potential (z.B. Ernteertrag). Danach

gelten Bambus, Mais, bestimmte Süßgräser, bestimmte Hülsenfrüchte und Hanf als vielversprechend. Der Lignin-Anteil ist bei den meisten Pflanzen geringer und der Cellulose-Anteil meist höher als bei Holz. Nachteil ist allerdings der geringere Ernteertrag und der monokulturelle Anbau (ebd., S. 141–149).

Zur Gewinnung der Cellulose aus Pflanzen wird diese aus den Stängeln, den Samen oder Blättern extrahiert. Nach dem Ernten der Pflanzen (auch Raufen genannt) werden die Pflanzen entweder auf dem Feld ausgelegt, so dass durch Bakterien die Holz- und Faserbestandteile gelockert oder durch Kochen mit Natriumcarbonat oder Pottasche (Kaliumcarbonat) aufgeschlossen werden. Die Fasern werden dann im Schlägerwerk zur Entfernung der restlichen Holzbestandteile bearbeitet (Schwingen) und gekämmt (Hecheln), um Kurzfasern zu entfernen (Bader, Melle & Nick, 1998, S. 37).

Zur einfacheren Handhabung und zur Verbesserung der Papierqualität werden Zusatzstoffe hinzugegeben. Die in diesem Unterrichtsmodul möglichen Zutaten sind:

- Leimungsmittel

Da Cellulose hydrophil ist, würde Papier schnell feucht werden und Tinte verlaufen. Dies verhindert man dadurch, dass man dem Papier Leimungsmittel wie Stärke zusetzt. Diese verschließt die Poren und Wasser wird nicht mehr durch die Kapillarkräfte aufgesogen.

- Formationshilfe PEO (Polyethylenoxid)

Polyethylenglycol mit einer Molekülmasse über 35000 g/mol nennt man PEO. Es hat die allgemeine Summenformel  $C_{2n}H_{4n+2}O_{n+1}$  bzw.  $HO-[CH_2-CH_2-O]_n-H$ . Diese Chemikalie ist hygroskopisch und bewirkt durch die Einlagerung von Wasser, dass das Papier nicht zu fest wird. Über intermolekulare Wechselwirkungen (Wasserstoffbrücken) mit der Cellulose verhindert es das Verklumpen der Fasern.

#### Textilfasern

Neben den Chemiefasern und industriell hergestellten Fasern gibt es Naturfasern. Diese werden in tierische, mineralische und pflanzliche Fasern unterteilt (Scheer-Triebel & Léon, 2000, S. 27). Pflanzliche Fasern enthalten Cellulose, wobei sich verschiedenste Pflanzen zur Fasergewinnung eignen. So bilden einige Pflanzen aus der Epidermis Haare, die z.B. bei der Baumwolle oder dem Kapokbaum gepflückt und anschließend gesponnen werden. Aus der Sprossachse von Brennnesseln, Seerosen (siehe Abb. 45), Hanf oder Lein können die Sklerenchymfasern isoliert werden.



Abbildung 45: Sklerenchymfasern einer Seerose

Die Fasern aus Holz sind zu kurz und eignen sich deshalb nicht zum Verspinnen (Bader et al., 1998, S. 34).

In Mitteleuropa sind für den Anbau von Faserpflanzen vor allem die Arten von Bedeutung, bei denen die Bastfasern aus dem Stängel gewonnen werden, z.B. Hanf (*Cannabis sativa* L.), große Brennnessel (*Urtica dioica* L.) (Scheer-Triebel & Léon, 2000, S. 27). Die Brennnessel steht für Schulversuche kostenlos zur Verfügung.

Der strukturelle Aufbau und die chemische Zusammensetzung der Pflanzenfasern sind ähnlich; die Unterschiede bestimmen die Fasereigenschaften (Festigkeit, Dehnung, Feuchteaufnahme u.a.) und auch die Möglichkeiten der Weiterverarbeitung (Reußmann, 2003, S. 17).

Um Fasern gewinnen zu können, müssen diese durch biologische, chemische und mechanische Verfahren oder Kombinationen der verschiedenen Methoden aufgeschlossen werden (ebd., S. 16). Der Faseraufschluss beeinflusst die Ausbeute an Fasern und deren Eigenschaften (z.B. Festigkeit, Faserlänge). Die am häufigsten angewandten Aufschlussverfahren sind die Tauröste und der mechanische Aufschluss (ebd., S. 17). Durch das Rösten wird die Substanz Pektin zerstört, das die Elementarfasern zusammenhält.

### Poly lactide (PLA)

Poly lactide werden umgangssprachlich auch Polymilchsäuren genannt. Es handelt sich dabei um Polyester der Milchsäure. Er wird z.B. hergestellt, indem die aus Stärke- oder zuckerhaltigen Edukten gewonnenen Milchsäure-Moleküle polymerisieren. PLA wird als Druckfilament beim 3D-Druck eingesetzt.

### 3 D-Druck

Im Rahmen der Unterrichtsreihe soll das Fab Lab in Frechen besucht werden. Vorab wird in einer Umfrage das Vorwissen zu 3D-Druck abgefragt, damit die Exkursion entsprechend vorbereitet und dem Wissen der Schüler\*innen angepasst werden kann. Im Fab Lab sollen die Schüler\*innen die Funktionsweise der additiven Fertigung im Schmelzschichtverfahren kennenlernen und mit unterschiedlichen Materialien drucken. Im Vorfeld entscheiden sich die Schüler\*innen, ob sie z.B. mit der Software Tinkercad ein eigenes 3D-Modell entwerfen oder im Internet frei zugängliche Vorlagen nutzen wollen. Die Objekte liegen als stl-Datei vor und müssen nun noch in ein für den 3D-Drucker interpretierbares Format konvertiert werden. Bei diesem zweiten Schritt, dem computer-gestützten Fertigen oder CAM, wird das Objekt in Schichten zerlegt. Bei diesem sogenannten Slicen werden z.B. die Bewegungen des Druckkopfes errechnet und z.B. die Temperatur festgelegt.

Die Anwendungsgebiete sind vielfältig. So lassen sich schnell Prototypen für Kleinteile herstellen und anschließend können diese direkt vor Ort getestet werden. Lange Fertigungsprozesse aus unterschiedlichen Materialien und Transport zum Einsatzort entfallen.

### Stärkefolie

Unter der Einwirkung von Wasser und Wärmeenergie brechen die Wasserstoffbrücken in der Stärke auf und es wird Wasser zwischen die einzelnen Makromoleküle eingelagert. Die Stärke quillt. Dies führt dazu, dass die kristalline Struktur zerstört wird. Man erhält Stärkekleister. Der Quellvorgang ist irreversibel, sodass auch beim Erkalten der Flüssigkeit der Stärkekleister erhalten bleibt. Beim Abkühlen und Trocknen werden neue Wasserstoffbrücken geknüpft. Diese Eigenschaften nutzt man bei der Herstellung von Stärkefolien. So bildet der Stärkekleister beim Erkalten einen spröden Kunststoff. Damit dieser nicht zu spröde wird, wird dem Stärkekleister Glycerin als Weichmacher hinzugegeben. Die Glycerin-Moleküle lagern sich zwischen die Stärkemoleküle und bilden mit diesen oder mit Wassermolekülen Wasserstoffbrücken.

### **Problemraum: Ersatzstoffe zur Papier-, Textil- oder Kunststoffherstellung**

Während der Zeit, in der die Unterrichtsreihe durchgeführt werden soll, liegt das Ausstellungsschiff MS Wissenschaft des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) in Köln und Bonn vor Anker. Dort werden Exponate zum Thema Bioökonomie präsentiert. Dieses Zukunftsthema soll zeigen, dass „nachhaltige Wirtschaft auf Grundlage nachwachsender Rohstoffe möglich ist“ (BMBF, 2020).

Aufgrund steigender Bevölkerungszahlen steigt der Bedarf an Rohstoffen. Gleichzeitig nimmt die Kohlenstoffdioxid-Emission zu, was sich auf den Treibhauseffekt auswirkt und somit zum Klimawandel beiträgt.

Zu den bedeutendsten Rohstoffen zählen Holz und Erdöl, weshalb diese in dem Modul 3 berücksichtigt werden sollen.

Holz wird zur Herstellung von Möbeln, Dachstühlen oder Papier genutzt. Dafür werden Regenwälder abgeholzt, mit Konsequenzen für die Biodiversität, das Klima und die dort lebende Bevölkerung.

Neben der Ressource Holz spielt Erdöl eine große Rolle. Hier führt die zunehmende Nutzung dieses Rohstoffes dazu, dass sich das natürliche Vorkommen reduziert. Nach dem Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e.V. hat Erdöl eine begrenzte Reichweite von geschätzt etwa 140 Jahren (BVEG, 2008). Aus Erdöl werden vor allen Dingen Kunststoffe hergestellt, die weitere Probleme verursachen können. Durch das sorglose Wegwerfen von Plastikmüll nimmt die Verschmutzung der Meere zu, mit weitreichenden Folgen für das Ökosystem. Seevögel, Fische und Schildkröten verwechseln das Plastik mit Nahrung (vgl. Greenpeace e. V. 2006, Beate Steffens). Die Tiere verhungern, da ihr Magen mit dem unverdaulichen Plastik gefüllt ist. Auch Mikroplastik wird zum Beispiel von Kleinstlebewesen aufgenommen, die wiederum von Fischen gefressen werden. Auf diesem Wege kann es auch in die Nahrungskette des Menschen gelangen. Mikroplastik kann z.B. beim Waschen von Kleidung aus Polyester (Fleecepullover) oder beim Abrieb von Gummireifen entstehen.

Die im Zusammenhang mit Kunststoffen verwendeten Begriffe „Biopolymer“, „Biokunststoff“, „biologisch abbaubarer Kunststoff“ und „Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen“ werden häufig missverstanden und werden in der Alltagssprache meist gleichgesetzt. Dabei gibt es z.B. fossile Kunststoffe, die abbaubar sind, oder nachwachsende Rohstoffe, die nicht biologisch abbaubar sind (siehe Abb. 46, vergrößerte Abbildung im Anhang J).

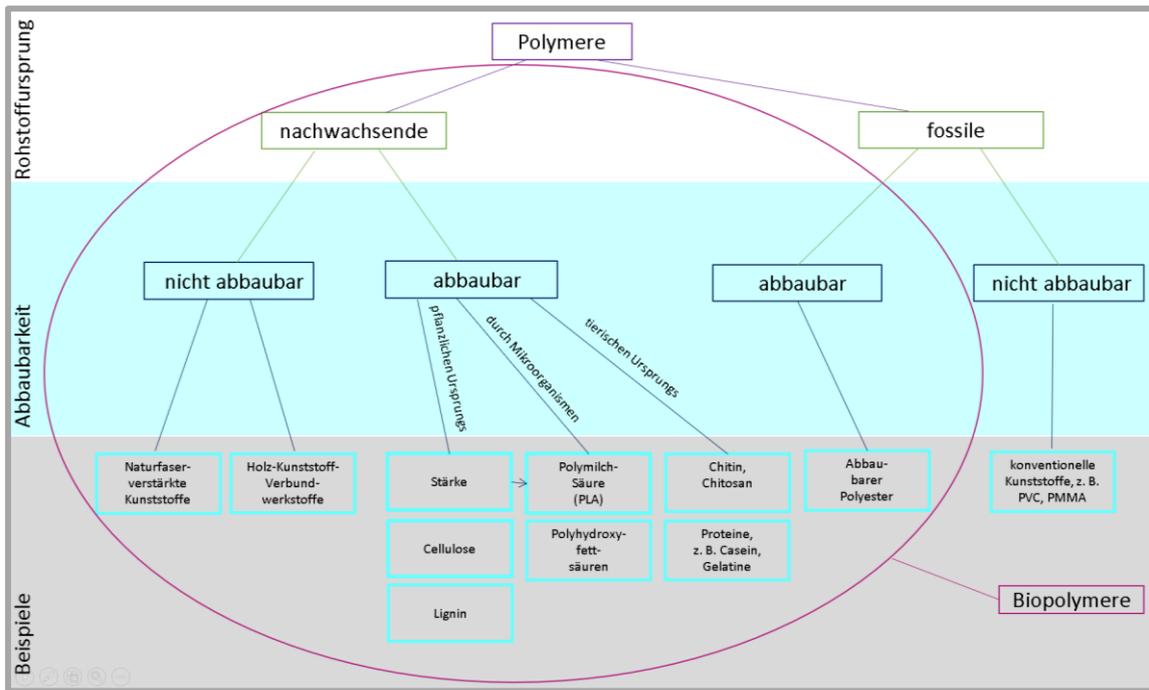


Abbildung 46: Einteilung der Polymere

(nach einer Idee von Umweltbundesamt 2009, S. 4 und Endres & Siebert-Raths, (2009, S. 5, 6)

Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen müssen nicht per se nachhaltiger sein als welche aus fossilen Rohstoffen.

Das Beispiel der Herstellung eines Joghurtbechers aus Polystyrol (aus fossilen Rohstoffen) im Vergleich zu einem aus Polymilchsäure (Stärke, Zucker als nachwachsende Ausgangsstoffe) veranschaulicht dies. So ist das Nettoergebnis des Polystyrols höher als das von PLA (Säulen C und F), womit PLA eine bessere Ökobilanz hätte.

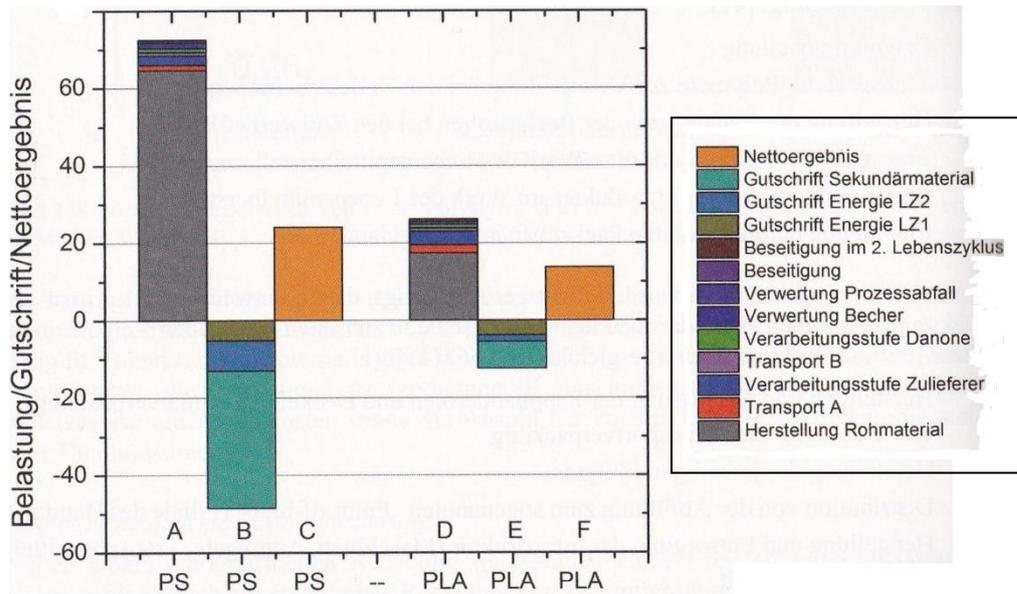


Abbildung 47: Ökobilanz fossiler Ressourcen – Becher aus PS, PLA

(aus: Türk, 2014, S. 384; Kauertz, 2011, S. 48)

Betrachtet man weitere Faktoren wie die erforderliche Anbaufläche oder den Klimawandel, der z.B. durch die Menge an CO<sub>2</sub>-Emissionen erfasst wird (ebd., S. 385), wird schnell deutlich, dass eine einfache Entscheidung, welches Produkt nachhaltiger ist, nicht so einfach möglich ist (siehe Abb. 48).

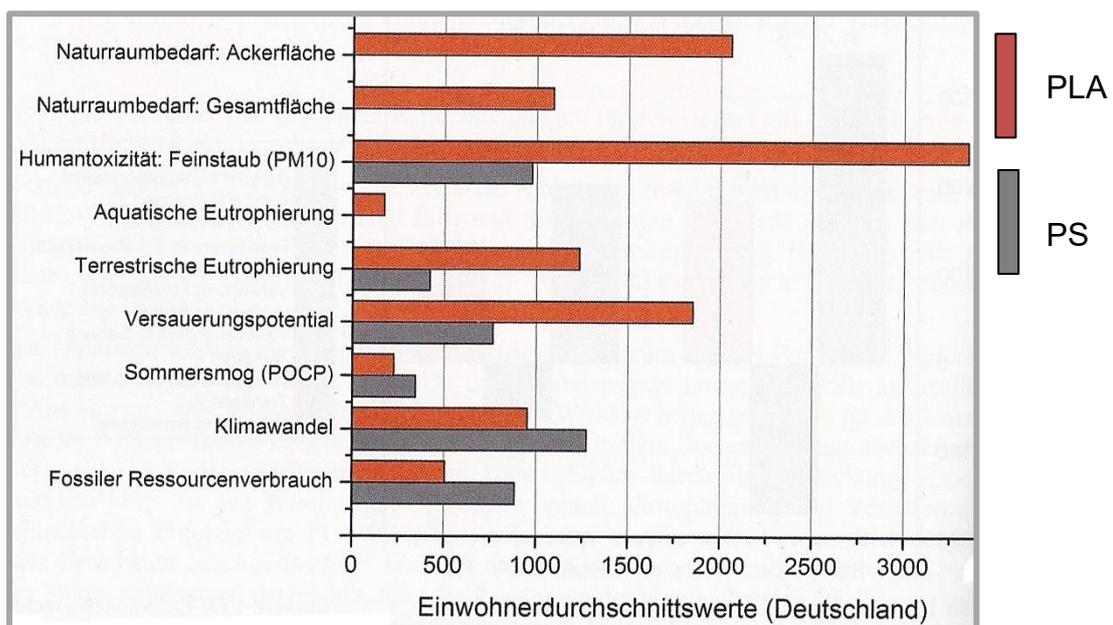


Abbildung 48: Ökobilanz mehrerer Wirkkategorien – Becher aus PS, PLA

(aus: Türk, 2014, S. 386; Kauertz, 2011, S. 73)

Das Ergebnis hängt davon ab, welche Faktoren bei der Untersuchung herangezogen werden. Für PLA wird Anbaufläche benötigt und auch die Wirkkategorie der Eutrophierung fällt beim PLA ungünstiger aus. Addiert man alle hier aufgeführten Wirkkategorien, hätte PLA eine schlechtere Ökobilanz als Polystyrol.

Kauertz (2011, S. 22) gibt zudem an, dass die Gewichtung der Faktoren einen Einfluss auf die Beurteilung der Ökobilanz hat. Weiterhin hängt sie von der Definition bzw. der Art der Messung der einzelnen Faktoren ab (ebd.).

### Phasen

Bevor die einzelnen Phasen beschrieben werden, erfolgt auch für dieses Modul zuerst eine tabellarische Darstellung (siehe Tab. 18). Der ausführliche Unterrichtsverlauf und weitere Informationen sind wieder dem Anhang C zu entnehmen (siehe Tabellen C5 und C6).

Tabelle 18: Unterrichtsgang zu Modul 3

Std.	Unterrichtsphase	Arbeitsschritte mit inhaltlichen Aspekten
1	Hinführung zum Problem, Ankommen Vorwissen	Einstieg in das Thema „Endliche Ressourcen“ durch den Erdüberlastungstag, insbesondere zum Einsatz von Erdöl und nachwachsenden Rohstoffen für die Herstellung von Produkten des Alltags und der Technik
2+3	Erarbeitung I, Informieren	Phase 1: Visualisieren des Problems der Verwendung endlicher Ressourcen mit einer Mindmap anhand eigener Recherche und von aktuellen Zeitungsausschnitten
4-9	Erarbeitung II, Verarbeiten	Festlegen, ob Alternativen zur Herstellung von Kunststoffen aus Erdöl oder zur Papierherstellung aus Holz o.ä. gefunden werden wollen Phase 2: Mitschüler*innen interviewen (Bedürfnisse) Beschreiben den Aufbau von Cellulose und Stärke Phase 3: Ideen z.B. woraus das Papier hergestellt werden könnte, wie es aussehen soll usw. Phase 4: Auffrischen des Vorwissens zu Wechselwirkungen, um z.B. die Papierherstellung erklären zu können Entwickeln eines Prototyps zur Papierherstellung aus z.B. Gras unter Berücksichtigung der Nutzer*innenbedürfnisse, optimieren Phase 5: Vergleich mit z.B. herkömmlichem Papier oder Karton
10	Sicherung, Auswerten	Phase 6: Präsentieren z.B. mit einem Flyer, Podcast, Werbevideo o.ä.

## Phase 1: Problem erkennen

Die Lehrkraft beginnt den Einstieg mit einer Folie über die begrenzten Ressourcen der Erde als Impuls (siehe Abb. 49).



The slide features a white background with a blue and black decorative footer. At the top left is an image of an industrial refinery with tall distillation columns, credited to 'JUREC / pixelio.de'. To the right is an image of a sunlit forest with fallen leaves, credited to 'Oliver Mohr / pixelio.de'. The main title 'Die Ressourcen der Erde sind begrenzt!' is centered in a large, bold, black font. Below the title, the text 'Rein rechnerisch beansprucht die Weltbevölkerung derzeit die Ressourcen von 1,75 Erden.' is displayed in a smaller black font.

Abbildung 49: Einstiegsfolie

Die Schüler\*innen nennen Erdöl als fossile Ressource. Sie wissen, dass aus Erdöl Kunststoffe hergestellt werden und dass diese Ressource endlich ist. Eventuell geben sie weitere begrenzte Ressourcen wie Holz an.

Das Vorwissen zu alternativen Ressourcen wird mithilfe der App Mentimeter aktiviert. Der Vorteil gegenüber dem Abfragen im Plenum liegt darin, dass sich alle Schüler\*innen über ihr Smartphone beteiligen. Die Teilnehmenden geben anonym ein, welche Gedanken sie mit der gestellten Frage verbinden. Die Antworten werden im Anschluss durch eine Wortwolke sichtbar gemacht. Erwartet wird, dass die Schüler\*innen Begriffe wie „umweltschonend“ oder „nachhaltig“ nennen, nachwachsende Rohstoffe wie Bambus o.ä. angeben und Alternativen zu Erdöl benennen. Evtl. denken sie beim Wort „alternativ“ auch an alternative Energiequellen.

Anschließend wird das Vorwissen zum Lerntagebuch und zum Design Thinking aufgefrischt.

Danach erstellen die einzelnen Teams eine Mindmap unter Nutzung der Informationen aktueller Zeitungsausschnitte (siehe Anhang B) und eigener Recherche.

Mithilfe eines WebQuests durchlaufen die Teams iterativ die weiteren Phasen.

#### Phase 2: Persona

Die Teams erstellen selbst eine Persona. Dazu führen sie Interviews mit Klassenkameraden und folgern daraus mögliche Bedürfnisse ihrer Persona für das von ihnen entwickelte Produkt. Empathie für wenig nahestehende Personen aufzubauen ist schwierig, weshalb Mitschüler\*innen befragt werden (vgl. Sapolsky, 2017, S. 583, S. 594–595, S. 688–691).

#### Phase 3: Ideen finden

Die Leitfrage für dieses Modul lautet: Wie können wir Pflanzeninhaltsstoffe nutzen, um Ressourcen zu schonen?

Da der Schwerpunkt dieses Moduls u.a. auf der Ideenfindung liegt, wurde nach Methoden gesucht, die die Kreativität unterstützen sollen (siehe Anhang D, Tabellen D1 bis D5). Wie beim Sport sollen sich die Schüler\*innen erst einmal „aufwärmen“ und sich auf die Ideenfindung einstellen (siehe Anhang B). Danach sollen sie unterschiedliche Methoden anwenden, um möglichst viele Ideen zu finden.

Zu dieser Unterrichtsreihe gibt es eine Vielzahl an Versuchen zur Herstellung von Stärkefolien, von Papier und Textilfasern. Für diese Arbeit wurden Links auf den Arbeitsblättern angegeben, mit dessen Hilfe die Schüler\*innen mit einfachen Materialien selbstständig Versuche entwickeln können (siehe Methoden, Arbeitsblätter im Anhang B). Sie erstellen Prototypen, die sie je nach Wunsch und Nutzer\*innenperspektive variieren können. Die Schüler\*innen entscheiden, ob sie Papier, Textilfasern oder Kunststoffe aus Stärke oder PLA herstellen wollen.

#### Phase 4: Prototyp gestalten

Mithilfe der Arbeitsblätter entwickeln die Teams Versuchsvorschriften z.B. zur Papierherstellung, Herstellung von Folien aus Stärke oder Gewinnung von Textilfasern. Dabei sollen sie wichtige Inhalte wie Reaktionsmechanismen, Polyreaktionen und Wechselwirkungen wiederholen.

#### Phase 5: Bewerten

Die Schüler\*innen bewerten ihre Prototypen, indem sie diese tabellarisch mit einem herkömmlichen Produkt anhand selbstgewählter Kriterien vergleichen. Sie sollen erkennen, dass die Bewertung nicht objektiv sein kann. Sie hängt von der Wahl der Kriterien, wie sie diese bewerten und von der Gewichtung ab. Zusätzlich hat die Wahl der Systemgrenzen einen Einfluss auf das Bewertungsergebnis. Die Systemgrenzen werden vorab in einem Kurzvortrag von der Lehrerin erläutert, so dass die Schüler\*innen in der Lage sind, diese bei ihren Tabellenerstellungen zu integrieren.

Die Systemgrenze gibt an, welche Teile des Produktionszyklus betrachtet werden. Der graue Rahmen in Abbildung 50 gibt die Systemgrenze des Herstellungsprozesses an, der blaue erweitert die Grenze um den Bereich der Rohstoffgewinnung. Der braune Rahmen stellt den Herstellungsprozess einschließlich Rohstoffgewinnung und Transport dar und der schwarze Rahmen inkludiert zusätzlich noch die Nutzungsphase und Entsorgung (from cradle to grave). Sollen zwei Produkte verglichen werden, müssen gleiche Systemgrenzen festgelegt werden. Es kann sein, dass ein Produkt bei der kleinsten Systemgrenze beispielsweise nachhaltiger zu sein scheint, aber der Gesamtprozess eine schlechtere Ökobilanz zeigt. Für die Festlegung der Systemgrenzen gibt es – neben den sachlichen und räumlichen – auch zeitliche Abgrenzungen. Diese betrifft z.B. die Frage, wie lange Kohlenstoffdioxid, das in nachwachsenden Rohstoffen gebunden wird, als gespeichert angesehen wird (Türk, 2014, S. 75).

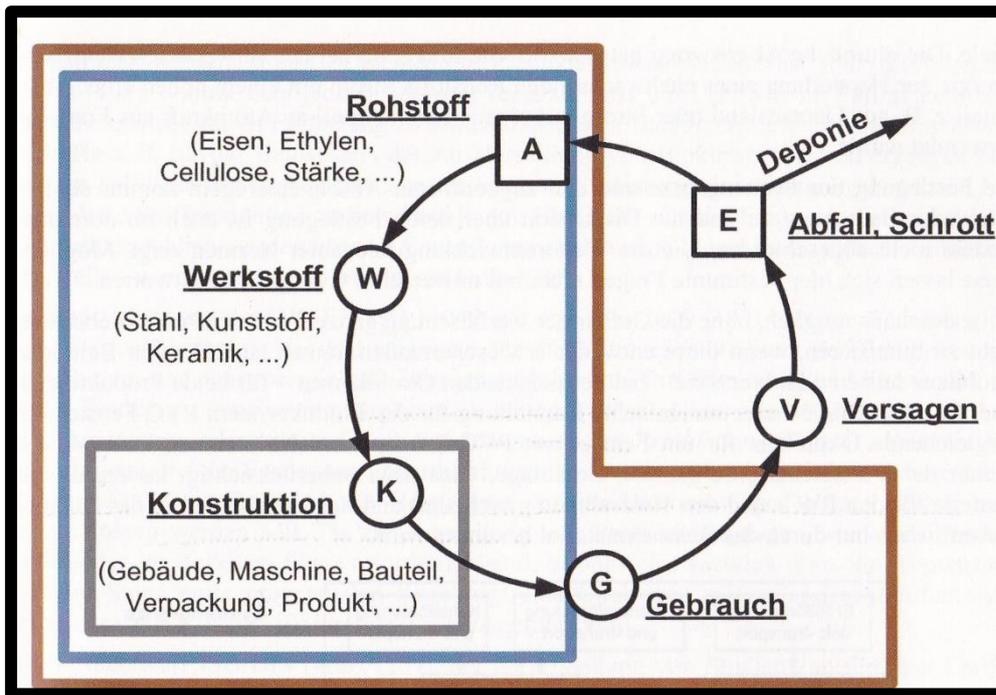


Abbildung 50: Mögliche Systemgrenzen und ihre Rolle für die Ökobilanz  
(aus Türk, 2014, S. 75)

#### Phase 6: Präsentieren

Da die Teams unterschiedliche Lösungen verfolgen und damit unterschiedliche Prototypen herstellen, dürfte es für die Schüler\*innen interessant sein, von den anderen Ansätzen zu hören. Aus diesem Grunde sollen alle Teams vor dem Plenum präsentieren. Sie können z.B. Werbevideos oder Flyer zu ihren „Produkten“ erstellen.

#### Methoden

Im Anhang (siehe Tabellen D1 bis D5) sind verschiedene Kreativitätstechniken aus der Literatur zusammengestellt. Diese wurden hinsichtlich der Vorbereitungszeit, der Dauer der Durchführung, des benötigten Materials sowie der Unterrichtsform verglichen. Mit Hilfe dieser Tabelle wurden die für diese Lerngruppe und dieses Modul geeigneten Methoden herausgesucht, die im Folgenden beschrieben werden.

#### Attributen-Liste

Die Methode „Attributen-Liste“ ist hier am Beispiel der Papierherstellung beschrieben. Dazu wird eine Tabelle mit möglichen Eigenschaften oder Merkmalen eines Produkts erstellt. Die Zeilen können so kombiniert werden, dass neue Produkte „entstehen“, z.B.:

ein weißes, quadratisches, dünnes Briefpapier auf Hanfbasis oder eine grünliche, wellige Pappe zum Verpacken.

Farbe	Form	Verwendungszweck	Dicke	Material, Cellulose aus:
weiß	DIN A5	Schreiben	dünn	Holz
weiß	Folie	Verpackung	wellig	Gras
grau	quadratisch	Isolation	dick	Spargel
grünlich	...	Lesen	...	Hanf
...	...	...	...	...

### Scamper

Die Scamper-Methode baut auf den Theorien von Osborn und Eberle auf (Starko, 2013, S. 133; Eberle, 1977). Scamper ist ein Akronym und steht für Substitute, Combine, Adapt, Modify, Put to user uses, Eliminate, Rearrange. Hinter diesen Begriffen stehen jeweils verschiedene Fragen, die bei der Ideenfindung helfen sollen (siehe Anhang B). Angewendet auf die Papierherstellung könnten z.B. folgende Fragen beantwortet werden:

Substitute: Was kann man statt Holz nutzen? (mögliche Antworten: Gras, Hanf)

Combine: Was kann man mischen? (mögliche Antworten: Altpapier und Gras oder Hanf und Gras)

Adapt: Welche anderen Ideen verbindet man damit? (mögliche Antworten: Lampenschirm aus Papier, als Filterpapier nutzen)

Modify: Wie könnte man die Farbe ändern? Welche Veränderung könnte man vornehmen? (Mögliche Antworten: Dem Papier könnten Pflanzenfarben zugegeben werden. Man könnte Blüten in das Papier einbringen)

Put to user uses: Wofür könnte man es verwenden? (mögliche Antworten: Polstern, Isolieren)

Eliminate: Was könnte man weglassen? (mögliche Antworten: Verzicht auf Bleichmittel, Farbstoffe)

Rearrange: Welche Veränderungen könnte man einführen? (Mögliche Antworten: Papier durch Zitronensäure bleichen, Farbstoffe aus Pflanzen)

## WebQuest

Für das dritte Modul wurde ein WebQuest (siehe Anhang B) erstellt mit dem Ziel der selbstständigen Recherche und Bewertung von Internetquellen. Dazu werden bereits einige Links von der Lehrkraft vorgegeben. Auf die vollständige eigenständige Recherche wurde verzichtet, da der Umfang an Internetquellen in diesem Falle unüberschaubar ist und die Schüler\*innen überfordern würde. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass die Phase der Problemdarstellung zeitlich eingegrenzt werden kann und somit mehr Zeit für die dritte Phase, auf der in diesem Modul das Hauptaugenmerk liegt, zur Verfügung steht. Die Schüler\*innen sollen eine Auswahl treffen, welche Quellen sie eingehender studieren wollen.

WebQuests bieten durch die bereits vorselektierten Quellen eine gute Option, Informationen zu bewerten und eigenständig zu arbeiten. Da sie nicht der bloßen Reproduktion, sondern zur Konstruktion von Wissen dienen (Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung ZSL, o.D.), zeigt die Nutzung von WebQuests Parallelen zum Ansatz des Design Thinking.

Die Jungen und Mädchen lösen die Aufgaben im Team und die Lehrerin fungiert als Coach und nicht als Wissensvermittlerin. Nach Deci und Ryan (1993; vgl. Prenzel, 2001) wird durch das eigenständige Arbeiten die intrinsische Motivation erhöht.

Die Arbeit mit einem WebQuest erfordert aber auch, dass die Lernenden in der Lage sind, weitestgehend selbstständig zu arbeiten. Aus diesem Grunde wird diese Methode erst eingesetzt, nachdem die Schüler\*innen bereits Erfahrungen mit dem Lerntagebuch und Design Thinking erworben haben und aufgrund zunehmenden Alters eher in der Lage sind, selbstreguliert zu arbeiten.

Das WebQuest ist so gestaltet, dass in der Einleitung ein authentisches Problem aufgeworfen wird, so wie es auch beim Design Thinking der Fall ist. Auch beim WebQuest folgen die Jungen und Mädchen einem strukturierten Prozess (siehe Abb. 51):

- Einführung: Aufwerfen eines authentischen Problems
- Aufgaben: Vorschläge zur Erarbeitung einer Lösung
- Ressourcen: Vorgegebene Informationsquellen
- Prozess: Konkrete Handlungshilfen und Unterstützung, Ablauf
- Evaluation: Kritische Reflexion und Bewertung der Ergebnisse
- Abschluss: Präsentation der Ergebnisse, Austausch (ZSL, o.D.)

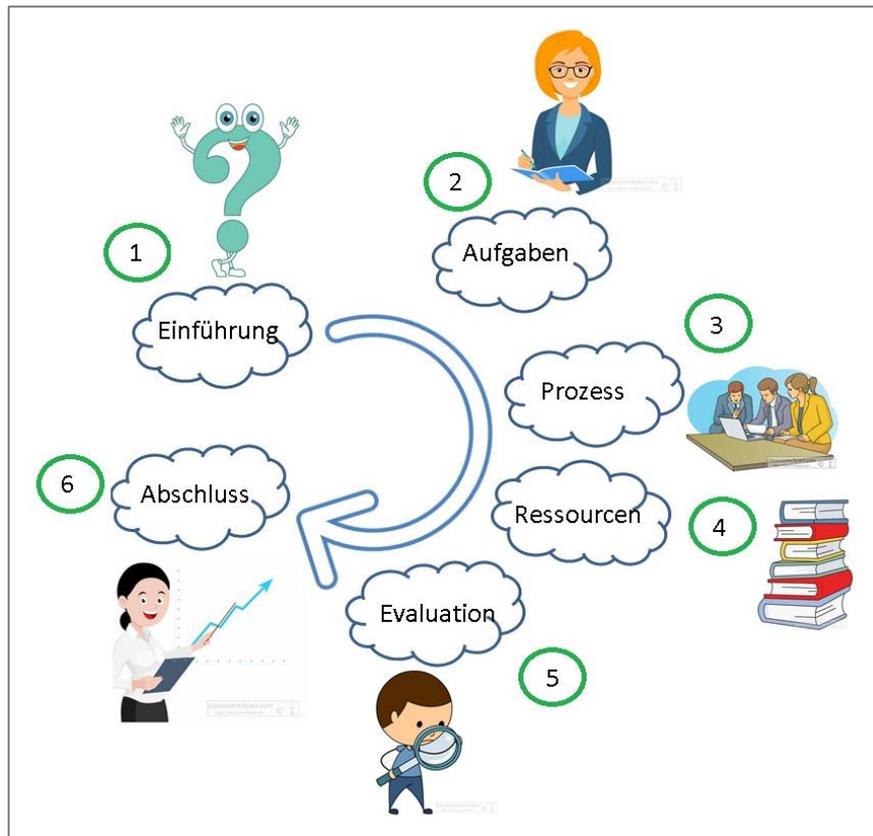


Abbildung 51: Schritte beim WebQuest

(mithilfe der Informationen vom ZSL gestaltet; Clipart provided by Classroom Clipart: <https://classroomclipart.com>)

Das WebQuest ist mit [webquest.de/ch](https://webquest.de/ch) erstellt worden (siehe Anhang B, Startseite siehe Abb. 52). Es handelt sich um ein einfaches Content Management System, das einen einfachen Texteditor mit ähnlichen Funktionen wie bei Word verwendet.

The screenshot shows a website header with the title "Makromoleküle aus Pflanzen" and a navigation bar with links for "Startseite", "Hilfe für Lernende", "Hilfe für Lehrkräfte", and "Impressum". Below the header is a table of contents with the following items:

<b>EINFÜHRUNG</b>	<b>Was ist ein WebQuest?</b>
<b>AUFGABEN</b>	WebQuest heißt frei übersetzt "abenteuerliche Spurensuche im Internet". Oft spricht man auch von computergestützten Lernumgebungen.
<b>PROZESS</b>	Jedes WebQuest besteht aus den folgenden Elementen, die der Reihe nach bearbeitet werden sollen:
<b>RESSOURCEN</b>	
<b>EVALUATION</b>	
<b>ABSCHLUSS</b>	

Below the table of contents, there is a list of elements for a WebQuest:

- Einführung: Problem, Fragestellung
- Aufgaben: Vorschläge zur Erarbeitung einer Lösung
- Ressourcen: Vorgegebene Informationsquellen
- Prozess: Konkrete Handlungshilfen und Unterstützung
- Evaluation: Kritische Reflexion und Bewertung der Ergebnisse am Ende des WebQuests
- Abschluss, Präsentation der Ergebnisse: Austausch der erarbeiteten Lösungen

At the bottom of the screenshot, it says: "Damit es mehr Spaß macht und man sich austauschen kann, wird in Gruppen gearbeitet."

Abbildung 52: WebQuest

Über ZumPad (bzw. die schoolcloud und neXboard) arbeiten die einzelnen Teams auch zu Hause an ihrem Projekt weiter.

### Materialgestaltung

Die Arbeitsblätter zu den Pflanzeninhaltsstoffen sind ähnlich gestaltet wie in den ersten beiden Modulen. Sie enthalten einige Literaturquellen, so dass die Schüler\*innen selbstständig Versuchsanleitungen erstellen können. Gleichzeitig wiederholen sie notwendiges Vorwissen.

Die Arbeitsblätter zu Kreativitätstechniken sollen die Jungen und Mädchen unterstützen, viele Ideen zu entwickeln. Dazu wurden in Anlehnung an Starko (2013, S. 128) und Guilford (vgl. Kap. 2.1.1) Fragen entwickelt, die sich auf die Flexibilität, Originalität und Produktivität (Anzahl der Ideen) als Merkmale divergenten Denkens beziehen:

**Produktivität:** Welche alternativen Ressourcen zur Papierherstellung aus Holz (Textilherstellung aus Baumwolle usw.) fallen dir ein? Nenne mindestens 10 Ideen.

**Flexibilität:** Nenne abweichende Ideen zur Herstellung von Textilfasern aus Baumwolle. Alle Ideen basieren auf .... Versucht Ideen zu finden, die das Problem auf andere Art und Weise lösen.

Originalität: Denkt an etwas, an das niemand denkt.

Zusätzlich erwähnen Starko und Guilford noch Elaboration als ein Merkmal der Kreativität. Eine dazu passende Frage könnte lauten: Wie könnt ihr auf dieser Idee aufbauen? Oder greift die Idee auf und....



## 5 Ergebnisse und Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Erhebungen zum Design Thinking-Konzept in Form dreier Unterrichtsmodule vorgestellt und kritisch reflektiert. Modul 1 dient dabei als Pilotphase, in der die Eignung der Lerntagebücher zur Datenerhebung getestet werden sollen. Danach sollen Kriterien abgeleitet werden, die eine Implementierung von Design Thinking in den Unterricht aufzeigen können. Anschließend sollen mithilfe des Design-Based Research-Ansatzes Rückschlüsse auf Rahmenbedingungen einer erfolgreichen Umsetzung des Konzeptes gezogen werden. Zum Schluss folgen erste Hinweise einer Evaluierung, indem z.B. der Einfluss der beiden – in Fragebögen erhobenen – Konstrukte, Image des Chemieunterrichts und Selbstwirksamkeitserwartung, überprüft wird.

### 5.1 Lerntagebücher

In diesem Kapitel soll zuerst gezeigt werden, inwieweit sich die Lerntagebücher zur Abbildung des Unterrichtsgeschehens eignen. Auch wenn andere Forschungsarbeiten angeben, dass sich Lerntagebücher als Datenerhebungsinstrument einsetzen lassen (vgl. Kap. 3.2), muss es nicht für diesen Kontext gelten und wird deshalb im ersten Modul geprüft. Erst danach kann mithilfe der Lerntagebücher der sich aus dem Design-Based Research-Ansatz ergebenden Forschungsfrage nach den Rahmenbedingungen zur Implementierung von Design Thinking in den Chemieunterricht nachgegangen werden.

Dazu werden die Lerntagebücher validiert, indem Beobachter\*innen in zwei zeitversetzt durchgeführten Kursen einzelne Gruppen beobachten und die Übereinstimmungen zwischen deren Beobachtungsprotokollen und den Texteinträgen in den Lerntagebüchern überprüft werden.

In allen Modulen fungiert die Lehrkraft – neben der Moderatorinnentätigkeit – als zusätzliche Beobachterin und protokolliert soweit möglich. In allen Fällen ist ein gutes Vertrauensverhältnis zu den Schülern\*innen wichtig, damit sie sich möglichst ungezwungen verhalten.

In den weiteren Modulen sollen – falls erforderlich – Änderungen im Unterrichtskonzept sowie des Lerntagebuchs vorgenommen werden. So wurden Rückmeldungen von Schülern\*innen und Beobachtungen herangezogen, um eine Formulierung im Fragenkatalog zu präzisieren und das Bewertungsraster um ein Kriterium zu ergänzen. Die weiteren

Module dienen zur Beantwortung der übergeordneten als auch weiter spezifizierter Fragestellungen und werden in der Reihenfolge ihrer Durchführung – entsprechend dem Design-based Research-Ansatz – ausgewertet (vgl. Kap. 3.1).

Da die Fragen nicht einfach mithilfe der Texte aus den Lerntagebüchern beantwortet werden können, wurde das Konstrukt der Anwendung von Design Thinking operationalisiert. Durchlaufen die Schüler\*innen alle Phasen des Design Thinkings und gehen sie iterativ vor, wird davon ausgegangen, dass sie Design Thinking umsetzen. Weitere Hinweise darauf – die gleichzeitig zur Bewertung der Umsetzung herangezogen werden können – sind das Erreichen der Lernziele entsprechend der SOLO-Taxonomie, die Anwendung der Prinzipien sowie die Nutzung von Design Thinking-Kompetenzen (vgl. Kap. 2.2.5).

Zitate aus den Lerntagebüchern oder die quantitative Darstellung einzelner Daten können zur weiteren Auswertung herangezogen werden. Rückschlüsse aus den Auswertungen werden bei der Planung und Durchführung der folgenden Module berücksichtigt und geben Hinweise auf die in Kapitel 4 aus der Forschung abgeleiteten Rahmenbedingungen. Ergeben sich mehrere Antwortmöglichkeiten, so werden diese nacheinander betrachtet und in den darauffolgenden Modulen wird erneut darauf eingegangen, um evtl. Antwortmöglichkeiten auszuschließen oder zu bestätigen. Hinweise für denkbare Folgeuntersuchungen über diese Arbeit hinaus schließen sich daran an.

### **Pilotierung im ersten Modul**

Die Forschungsfrage dieser Pilotierungsphase lautet:

---

*Bilden die Einträge in den Lerntagebüchern das Unterrichtsgeschehen ab?*

---

Das erste Modul wurde in zwei Parallelklassen zeitversetzt durchgeführt. Die Beobachter\*innen beschränkten sich jeweils auf einzelne Gruppen, um möglichst alles, was in den Gruppen gesagt oder getan wurde, notieren zu können. Diese Vorgehensweise wurde sowohl im ersten als auch im zweiten Kurs des ersten Moduls vorgenommen, wobei im ersten Durchlauf ein Beobachter und im zweiten zwei Beobachter\*innen protokollierten.

Die Lerntagebücher und Beobachtungsprotokolle werden jeweils quantitativ mit MAXQDA 2018 (Version 2018.2.5) ausgewertet. Liegt eine Übereinstimmung zwischen den Texteinträgen der Lerntagebücher und der Beobachtungsprotokolle von mindestens

75 % vor, so wird von der Eignung der Lerntagebücher ausgegangen. Dieser Wert wird damit begründet, dass die Übereinstimmung zweier unterschiedlicher Datenerhebungsinstrumente wie den Beobachtungsprotokollen und dem Lerntagebuch mit derjenigen von zwei Codierern\*innen vergleichbar sein dürfte. Als Faustregel zur Intercoder-Reliabilität wird ein Kappa-Koeffizient nach Cohen von größer als .75 als Hinweis für eine sehr gute, ein Wert zwischen .60 und .75 als gute Übereinstimmung angesehen (vgl. Wirtz & Caspar, 2002, S. 59). Da die Schüler\*innen ggf. nicht alles, was sie im Team besprechen, in das Tagebuch schreiben, könnte ein Wert von 75 % möglicherweise sogar höher bewertet werden.

Das Protokoll und das Lerntagebuch des ersten Kurses wurden im Rahmen einer Masterarbeit (Frackiewicz, 2019) ausgewertet. Dazu wurde überprüft, inwiefern Textstellen seines Beobachtungsprotokolls im Lerntagebuch der beobachteten Gruppe zu finden sind. Es wurden zwei Kategorien gebildet: „im Lerntagebuch enthalten“ (LTB) und „nicht im Lerntagebuch enthalten“ (nLTB). Wie die Namen der Codings schon zu erkennen geben, wurde nur das Dokument des Beobachtungsprotokolls überprüft. Dabei konnte so verfahren werden, da alle Textstellen im Lerntagebuch auch im Beobachtungsprotokoll wiedergefunden wurden. So konnte auf die Codierungen „im Beobachtungsprotokoll enthalten“ und „nicht im Beobachtungsprotokoll enthalten“ verzichtet werden.

Die gewonnenen Daten der Auswertung des quantitativen Vergleichs zwischen dem Lerntagebuch und dem Beobachtungsprotokoll wurden zur grafischen Visualisierung anschließend in Excel übertragen.

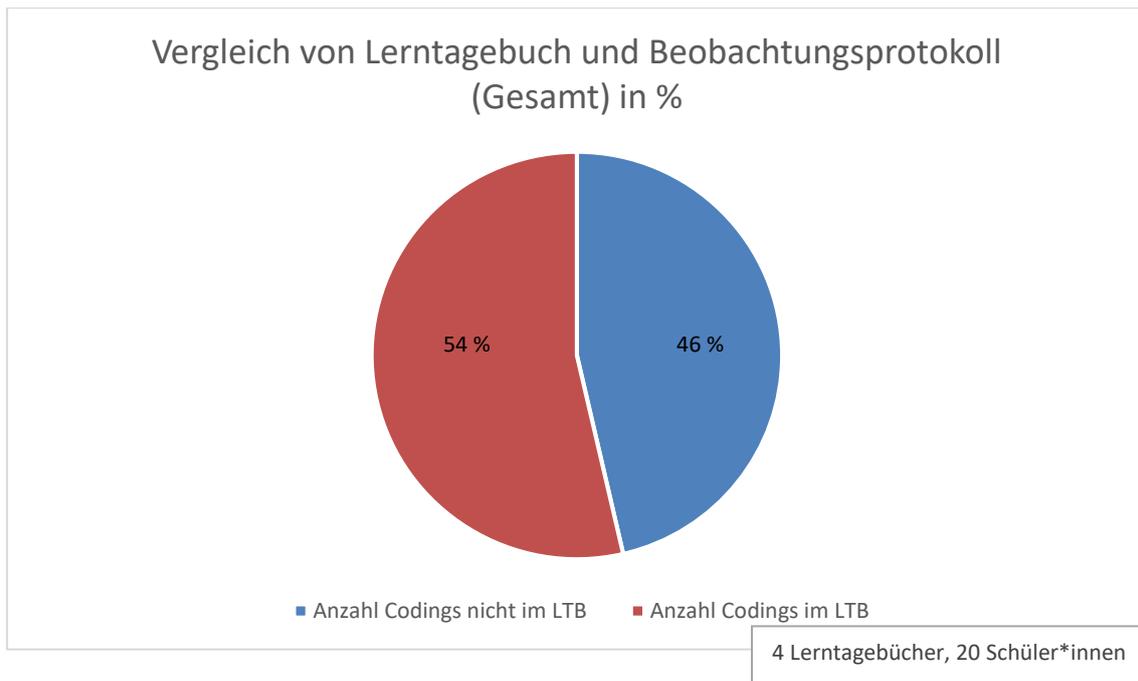


Abbildung 53: Vergleich Lerntagebuch mit Beobachtungsprotokoll, 1. Kurs  
(nach Frackiewicz, 2019, S. 65)

Es zeigten sich noch keine guten Übereinstimmungen zwischen Lerntagebuch und Beobachtungsprotokoll (siehe Abb. 53, nach Frackiewicz, 2019, S. 65). Die Übereinstimmung betrug nur 54 %. Dies bedeutet, dass ca. die Hälfte der im Unterricht stattgefundenen Inhalte nicht im Lerntagebuch wiederzufinden waren.

An dieser Stelle galt zu klären, ob die schlechte Übereinstimmung daran lag, dass die Schüler\*innen vieles, was sie im Team besprechen, nicht ins Tagebuch übernehmen und sich das Lerntagebuch damit nicht als Datenerhebungsinstrument eignet oder ob ein\*e womöglich besser geübte\*r Beobachter\*in objektiver und ertragreicher Informationen hätte sammeln können. Deshalb wurden die Beobachter\*innen vor dem zweiten Durchlauf ausführlich geschult, um sie optimal auf ihre Aufgabe vorzubereiten (siehe Anhang F). Dabei ging es z.B. darum, wie sie sich in den jeweiligen Kursen vorstellen sollen, um eine Verunsicherung der Schüler\*innen zu vermeiden.

Macht sich die Schulung bemerkbar, so müsste sich dies in einer höheren Anzahl an übereinstimmenden Codierungen bemerkbar machen.

Möglicherweise hätten eine höhere Anzahl an Beobachtern\*innen eine stärkere Aussagekraft der Untersuchung ergeben oder weitere Beobachtungshilfen, wie z.B. eine Videoaufzeichnung, herangezogen werden können. Eine Video- oder Tonaufzeichnung wurde aus datenschutzrechtlichen Gründen seitens der Schule nicht genehmigt. Weitere Beobachter\*innen hätten sich womöglich störend auf die Unterrichtssituation ausgewirkt.

Auch im zweiten Kurs wurden die Protokolle und Lerntagebücher codiert und die Ergebnisse grafisch dargestellt. Die Übereinstimmung LTB und nLTB lag nun bei beinahe 80% (siehe Abb.54).

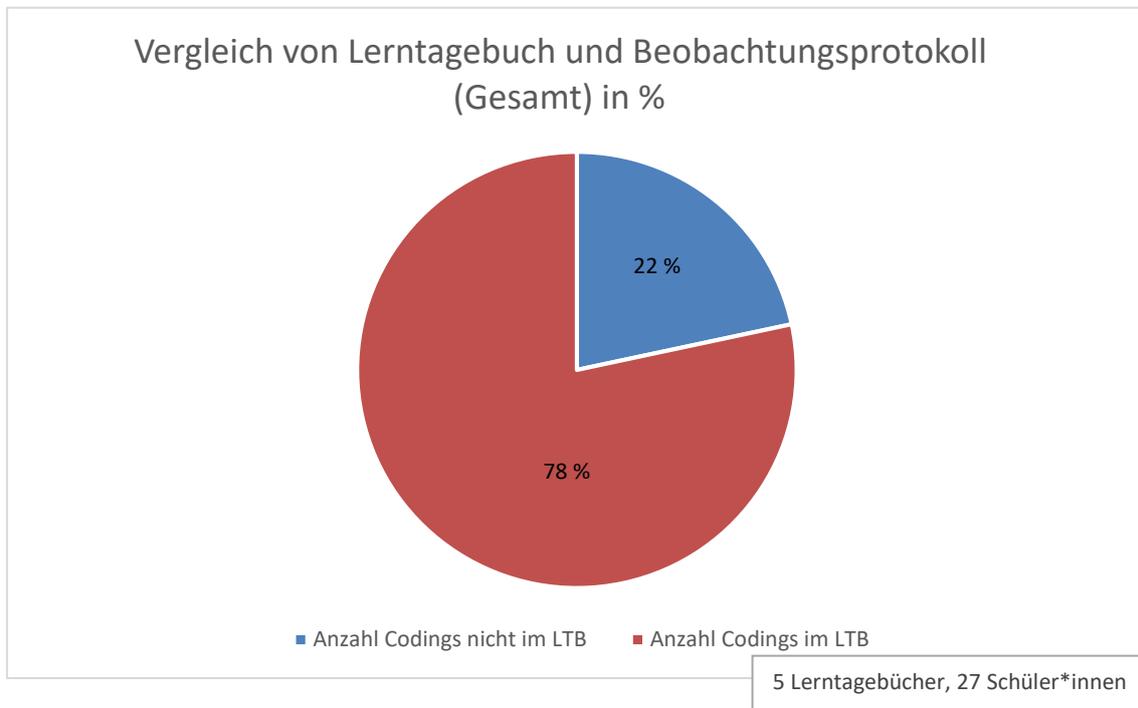


Abbildung 54: Vergleich Lerntagebuch mit Beobachtungsprotokoll, 2. Kurs

Die erste Forschungsfrage lässt sich somit dahingehend beantworten, dass die Lerntagebücher den Unterricht abbilden und bei der Beantwortung weiterer Forschungsfragen Aufschluss geben können. So musste als nächstes gezeigt werden, dass die Schüler\*innen Design Thinking anwenden.

### Implementierung von Design Thinking

Hieraus ergibt sich die nächste Forschungsfrage, die umformuliert eines der SOLO-Ziele darstellt (vgl. Kap. 4):

---

*Wenden die Schüler\*innen Design Thinking an?*

---

Indikatoren für die Implementierung sind das Durchlaufen aller Phasen des Design Thinkings sowie die Nutzung von Design Thinking-Prinzipien wie iteratives Vorgehen und

Visualisierungen (vgl. Kap. 2.2.3, Kap. 2.2.4), weshalb diese im Folgenden dargestellt werden.

### Phasen des Design Thinkings

Die Lerntagebücher wurden deduktiv codiert, wobei die Kategorien den Phasen des Design Thinkings entsprachen (vgl. Kap. 4.1; vgl. Erwartungshorizont im Anhang B). Die Codierung erfolgte dabei nach dem Sinnzusammenhang (vgl. Kap. 3.3.1). Die Berechnung der Intercoder-Reliabilität macht nach Kuckartz (2018) keinen Sinn, weshalb konsensuell codiert wurde (vgl. Kap. 3.3.1, 3.3.2). Die Zuordnung der Textstellen zu den Kategorien der Phasen war dabei immer eindeutig, was zusätzlich durch die Überschriften in den Lerntagebüchern der einzelnen Lerngruppen bestätigt wird.

Nach dem ersten Durchlauf zeigte sich, dass die Schüler\*innen alle Phasen durchlaufen haben (siehe Abb. 55).

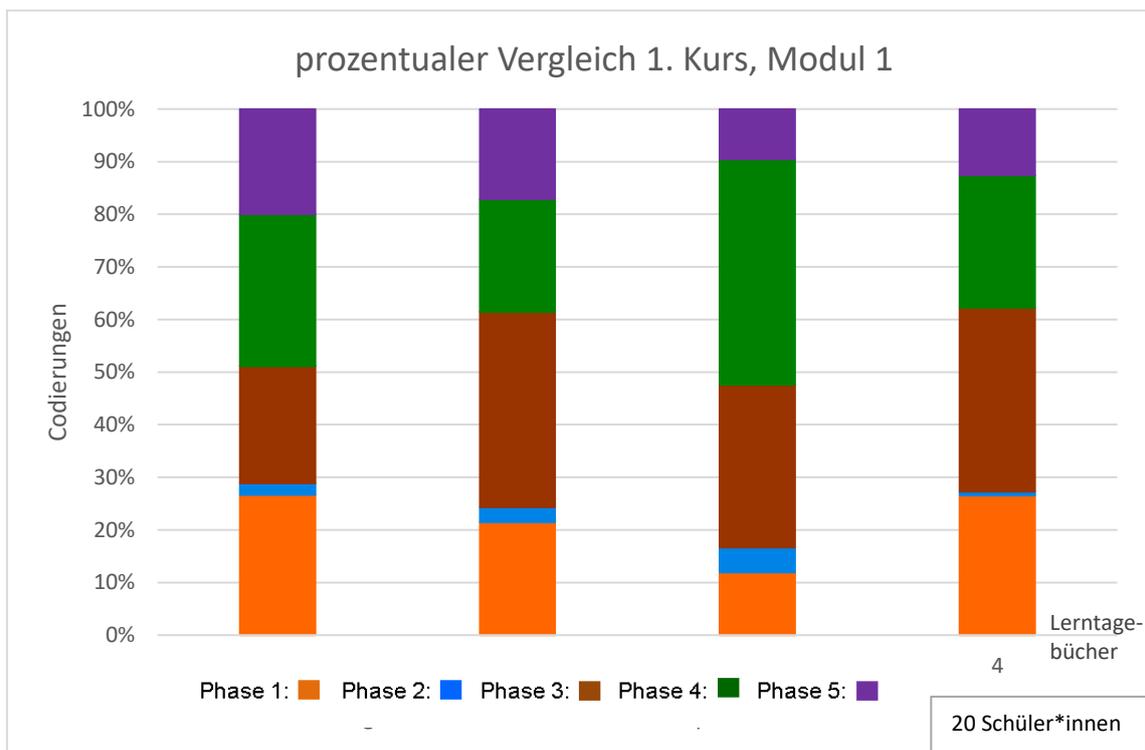


Abbildung 55: Phasen der Lerntagebücher (in %), 1. Kurs

Die prozentualen Anteile der Codierungen der einzelnen Phasen sind aber unterschiedlich hoch. So sind die der Phasen 1 und 5 geringer als die der Phasen 3 und 4. Für Phase 2 lagen erwartungsgemäß kaum Codierungen vor, da diese Phase den Lernenden in Form eines Lückentextes zur Persona vorgegeben wurde.

Die Gründe für die höheren Werte der Phasen 3 und 4 sind vielfältig. So könnten die Schüler\*innen mithilfe selbst gewählter Methoden sich mehr mit einzelnen Phasen beschäftigt haben. Vielleicht hatten sie sich für einzelne Phasen besonders viel Zeit genommen. Hierauf und auf die Qualität des Geschriebenen wird an späterer Stelle eingegangen. Umgekehrtes gilt für Phasen mit geringer Codierung. Eventuell haben die Schüler\*innen Schwierigkeiten mit diesen Phasen. Erfahrungen, die die Teams im Laufe der Module sammeln, sowie das Kennenlernen von Methoden könnten sich positiv auswirken.

#### Iteratives Vorgehen

Ein wichtiges Merkmal des Design Thinkings ist das iterative Vorgehen. Um zu untersuchen, inwieweit die Teams im Prozess zurückgegangen sind, wurden mithilfe von MAXQDA Dokument-Portraits der Hauptkategorien, also der fünf Phasen des Design Thinkings, aller Lerntagebücher, erstellt. Die Portraits zeigen den Ablauf der einzelnen Phasen. Beginnend in der ersten Zeile oben links wird zeilenweise bis nach unten rechts „gelesen“. Je häufiger die Farben wechseln, desto häufiger wurden Phasen erneut aufgegriffen. Ausgeschlossen wurde vorher, dass dieser Farbwechsel auf Wiederholungen beruht. Insgesamt sind nur in zwei Gruppen einmal eine Wiederholung und in einer Gruppe neun Wiederholungen zu verzeichnen. Die Codierungen der wieder aufgegriffenen Phasen wurden erneut gesichtet. Es zeigte sich, dass die Teams die Bedürfnisse der Persona angepasst hatten. So sagte z.B. eine Schülerin, dass sie „Duftstoffe zu den Saponinen geben, da die Persona ein gut riechendes Waschmittel haben möchte“.

In Abbildung 56 werden beispielhaft drei Dokument-Portraits vorgestellt. Die Dokument-Portraits A und B verdeutlichen das iterative Vorgehen zweier Schüler\*innenteams, wohingegen Team C alle fünf Phasen nacheinander durchlaufen hatte. Bemerkenswert an diesem Beispiel ist, dass die Phase 2 übersprungen und erst im Anschluss an die Phase 4 umgesetzt wurde. Das Zurückgehen im Design Thinking-Prozess kann an unterschiedlichen Stellen erfolgen, so dass manche Phasen erneut durchlaufen werden. Exemplarisch wird dies an den Portraits A und B gezeigt. Insgesamt ging von den neun Lerngruppen nur das Team C nicht iterativ vor. Somit wenden acht Teams eins der für Design Thinking typischen Prinzipien an, was als ein weiterer Hinweis der Anwendung von Design Thinking gesehen werden kann.

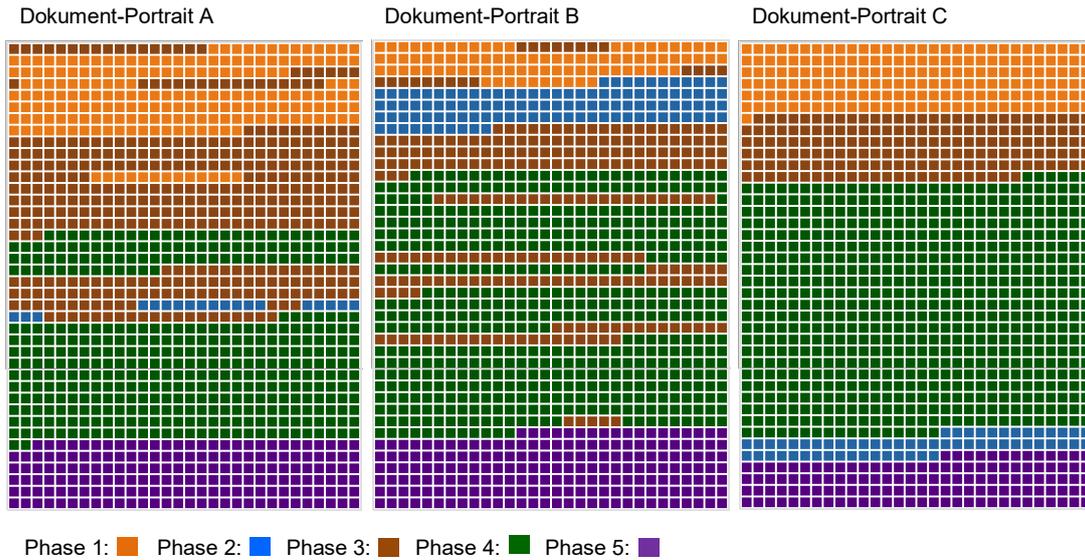


Abbildung 56: Dokument-Portraits dreier Lerntagebücher

Da es sich bei den Dokument-Portraits um fallbezogene Visualisierungen handelt, könnten diese herangezogen werden, um Lerngruppen zu interviewen, die das iterative Vorgehen besonders gut oder noch gar nicht umsetzen, um daraus Erkenntnisse zu gewinnen. Aus rechtlichen und organisatorischen Gründen sowie der sozialen Erwünschtheit wurde darauf verzichtet.

In diesen Portraits sind Textstellen, in denen sich die Teams nicht mit den Phasen beschäftigt hatten, nicht berücksichtigt. In Abbildung 57, dem Dokumenten-Vergleichsdiagramm, erscheinen diese Textstellen als weiße Felder. Die dazu gehörigen Codierungen wurden näher betrachtet und es stellte sich heraus, dass die Gruppen Organisatorisches oder ihre Teamarbeit besprachen.

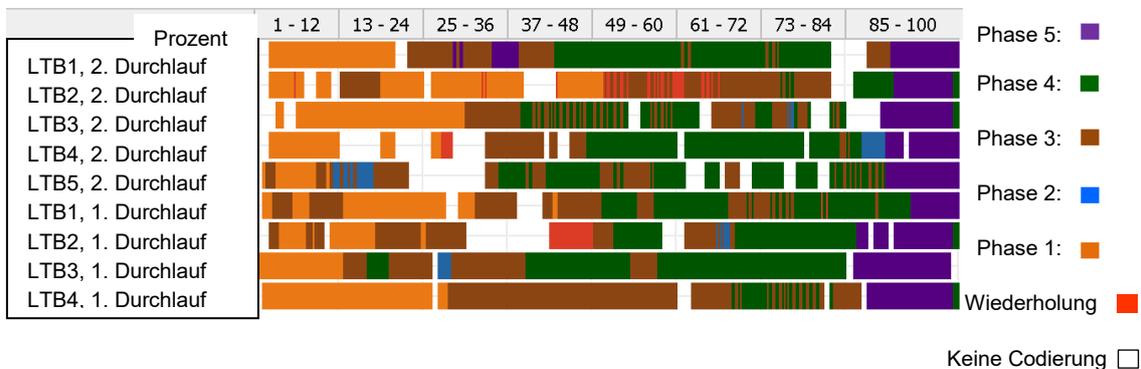


Abbildung 57: Dokumenten-Vergleichsdiagramm

## Visualisierung

Die Lerntagebücher wurden nach Textstellen zu weiteren Design Thinking-Prinzipien (vgl. Kap. 2.2.3) und damit verbundenen Fähigkeiten gesichtet, da beides Aufschluss über die Konzeptumsetzung liefern kann. Dabei wurde deduktiv codiert und die Inter-coder-Übereinstimmung erfolgte konsensuell (vgl. Codierregeln in Anhang G). Alle Lerntagebücher enthalten Visualisierungen, wobei die Codehäufigkeit mit 33 vergleichsweise hoch ist (siehe Abb. 58). Sie liegt höher als die Codehäufigkeiten der Design Thinking-Phasen (vgl. z.B. Abb. 59).

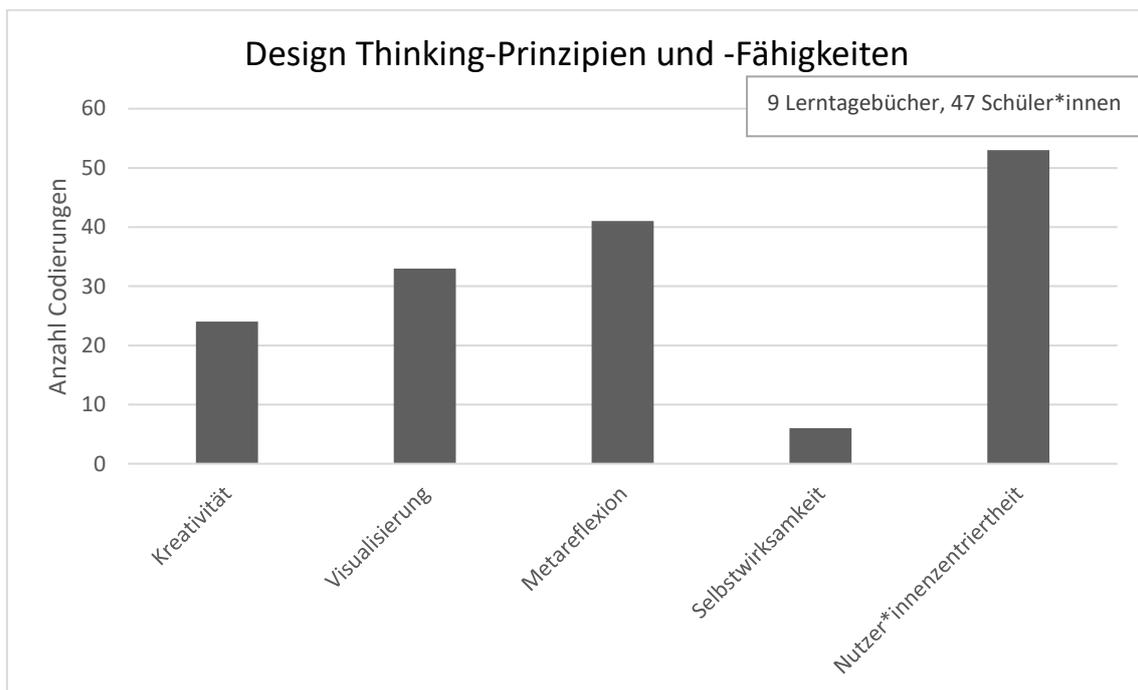


Abbildung 58: Anzahl der Codierungen zu Design Thinking-Prinzipien

Die Kategorie der Selbstwirksamkeitserwartung ist sehr selten in den Lerntagebüchern zu finden (siehe Codierregeln im Anhang G). Ein Beispiel einer reinen Jungengruppe zeigt eine positive Selbstwirksamkeitserwartung:

Besser geht's nicht. Wir kommen klar mit der Zeit, aber auch mit den Aufgaben.

Inwieweit diese schon vor der Intervention vorhanden war oder sich durch diese verändert hat, soll mithilfe von Fragebögen zur Selbstwirksamkeitserwartung vor und nach der Intervention überprüft werden. Gleichzeitig können die Fragebögen Rückschlüsse darüber geben, ob die Selbstwirksamkeitserwartung tatsächlich gering ist. Auftretende

Schwierigkeiten könnten auch dafür verantwortlich sein, dass die Teams dazu kaum etwas in die Lerntagebücher eingetragen hatten.

Eine erneute Sichtung der codierten Textstellen zur Metareflexion zeigt, dass die Schüler\*innen hauptsächlich zur Zeitplanung und zur Zusammenarbeit – aber noch wenig über auftretende Fehler – reflektieren. Aus diesem Grunde wurde im weiteren Unterrichtsverlauf über beobachtete Fehler im Plenum reflektiert und dabei verdeutlicht, welchen Nutzen die Schüler\*innen aus Fehlern ziehen können.

### **Auswertung der Module nach dem Design-Based Research-Ansatz**

Nachdem gezeigt werden konnte, dass Design Thinking in den Chemieunterricht integriert wurde, sollen nun gemäß dem Design-Based Research-Ansatz die Auswertungen der einzelnen Module im zeitlichen Ablauf und die sich daraus ergebenden möglichen Konsequenzen für die weitere Umsetzung dargestellt werden. Rückschlüsse auf die Rahmenbedingungen werden in Kapitel 5.2 zusammengefasst und diskutiert.

#### Modul 1

Wie bereits oben erwähnt, konnte mithilfe der Abbildung 55 veranschaulicht werden, dass die Jungen und Mädchen des ersten Kurses die Phase 1 noch nicht erfolgreich bearbeitet haben, obwohl sie – im Gegensatz zu den anderen Phasen – hier bereits eine Methode, das Mindmapping, einsetzen.

Damit die Schüler\*innen des zweiten Kurses die Phase 1 intensiver angehen als die des ersten Kurses, wurden Fragen zur Problemstellung vorgegeben: Wer ist beteiligt? Mit welchen Bedürfnissen? Mit welchen Folgen? Dennoch wurden keine neuen Methoden eingeübt, um die Jungen und Mädchen nicht zu überfordern. So wurde für die Phase 5 nur der Hinweis gegeben, dass sie diese nicht vernachlässigen sollen. Eine andere (zeitliche) Schwerpunktsetzung der Phasen würde vermutlich zu Lasten der anderen Phasen gehen, da den Teams nicht mehr Zeit zur Verfügung gestellt werden kann.

Die Auswertung des Vergleichs beider Kurse bestätigt die Erwartung, dass Leitfragen bzw. Hinweise zu den Phasen 1 und 5 die Zahl der Codierungen erhöht, aber gleichzeitig die der anderen Phasen reduziert (siehe Abb. 59). Phase 2 bleibt davon nahezu unberührt, da in dieser Phase geringe Anforderungen zu erfüllen waren.

Somit scheint die zur Verfügung stehende Unterrichtszeit einen Einfluss auf die Zahl der Codierungen zu haben. Inwiefern mehr Unterrichtsstunden zu höheren Codierungen führen würden, bleibt weiteren Forschungen vorbehalten. Möglicherweise führen 11 oder 12 Unterrichtsstunden zu höheren Codierungen. Die Codierungen könnten auch

geringer werden, da die Motivation der Teams bei gleichbleibendem Inhalt ggf. nachlässt (vgl. Kap. 3.4.3).

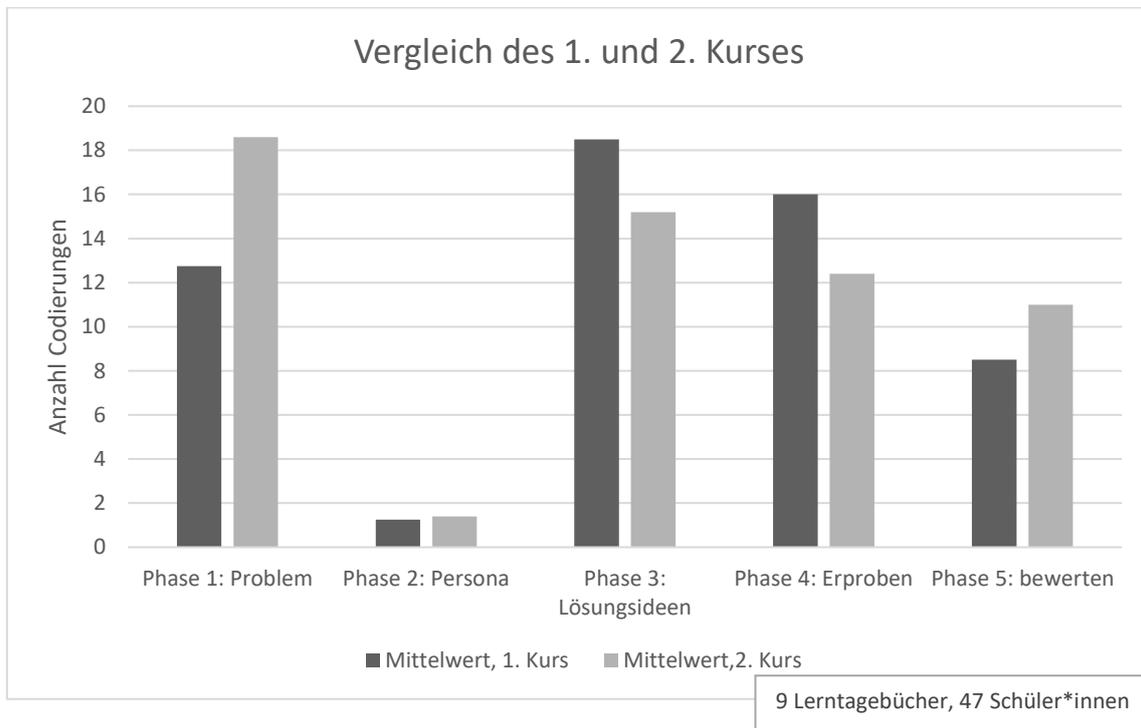


Abbildung 59: Vergleich der Codierungen beider Kurse

Um zu entscheiden, ob das Leistungsniveau der einzelnen Teams – Indikator dafür sollen die durchschnittlichen Chemienoten sein (vgl. Kap. 4.1) – einen Einfluss auf die Umsetzung von Design Thinking hat, wurde die Anzahl an Codierungen der einzelnen Phasen aller Teams verglichen (siehe Abb. 60). Die leistungsstarken Gruppen müssten in allen Phasen höhere Codierungen aufweisen.

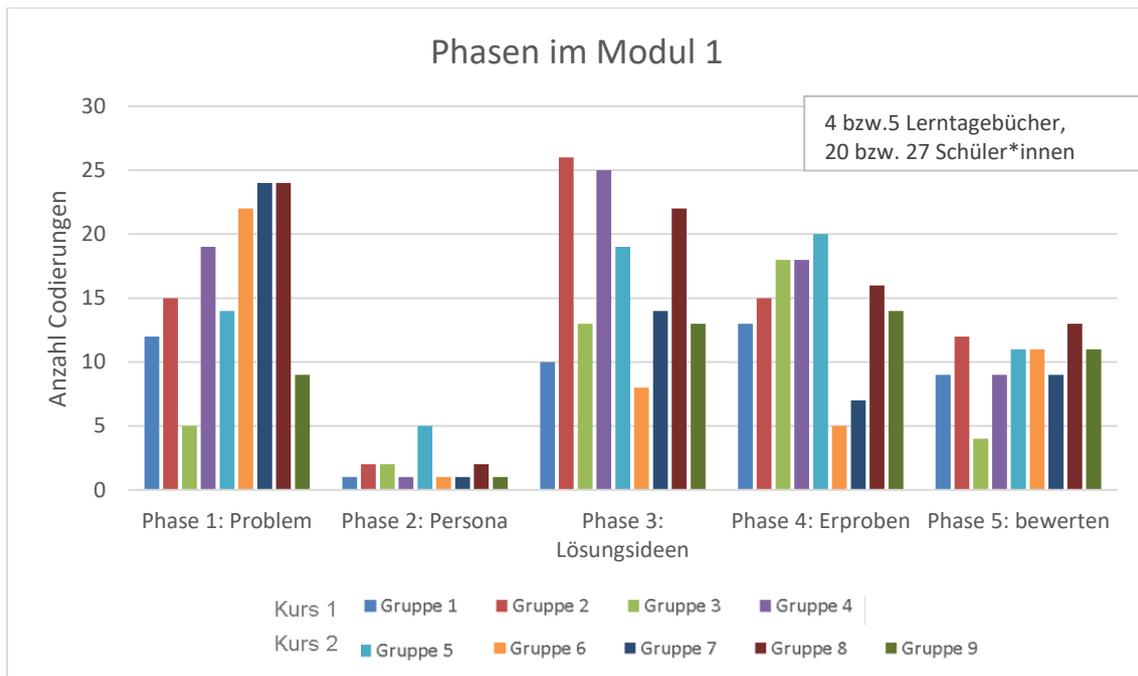


Abbildung 60: Codierungen der Phasen im Modul 1

Insbesondere in den Gruppen 1, 3, 6 (bis auf Phase 1) und 9 finden sich relativ wenig Codierungen, wobei drei dieser Gruppen sehr leistungsschwach sind. Die Gruppe 6 gehört zu den leistungsstarken. In den Lerntagebüchern wurde nach Hinweisen auf mögliche Schwierigkeiten insbesondere bei diesen Gruppen gesucht. Gruppe 6 hat die Fragen, die im Lerntagebuch vorgegeben wurden, nicht beantwortet, so dass sie weder reflektiert noch Fehler genutzt haben. In dem folgenden Modul wird deshalb exemplarisch die Bedeutung von Fehlern erarbeitet.

Soll das Leistungsniveau nicht berücksichtigt werden, sondern allgemein Hinweise auf Schwierigkeiten in einer Phase gefunden werden, so müssen die Werte normiert werden (siehe Abb. 61). Dazu wurde jeweils die Anzahl der Gesamtcodierungen der einzelnen Tagebücher gleich 100 gesetzt und der prozentuale Anteil der einzelnen Phasen berechnet.

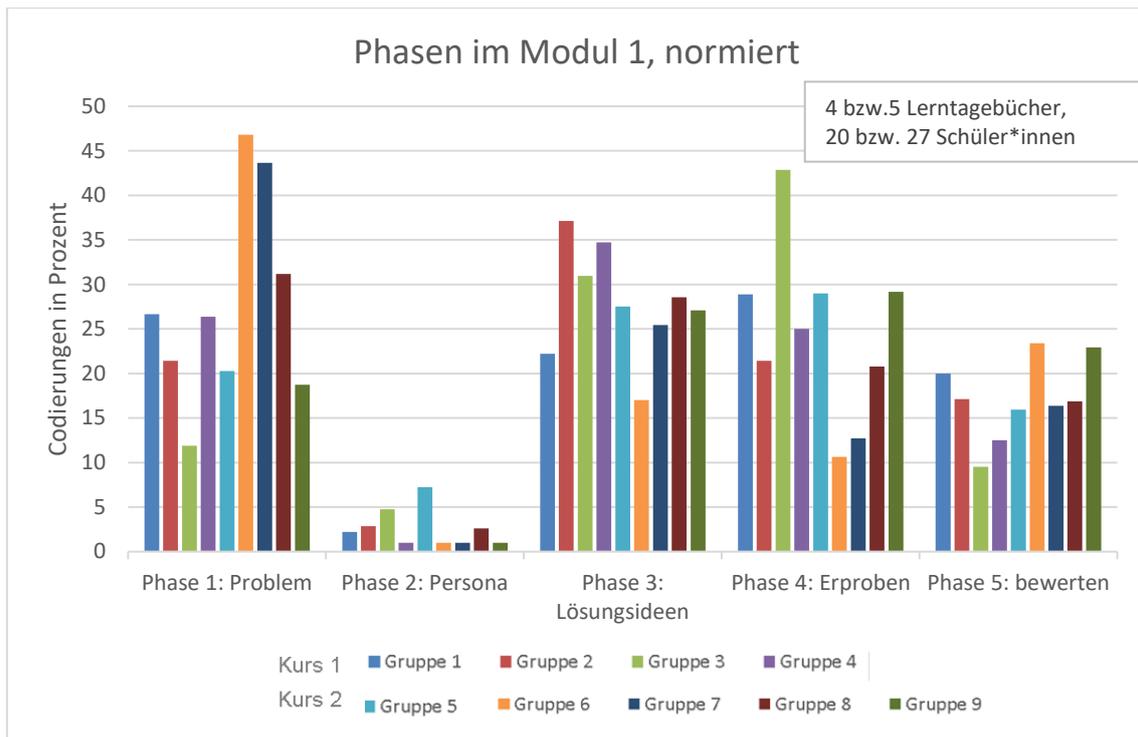


Abbildung 61: Normierte Codierungen der Phasen im Modul 1

Vergleicht man die einzelnen normierten Werte der Phasen aller neun Gruppen (siehe Abb. 61), so erkennt man, dass die Phase 1 am meisten Schwankungen aufweist. Des Weiteren lässt sich eine hohe Anzahl an Codierungen in der Phase 1 bei den Gruppen 6 und 7 ausmachen.

Eine mögliche Erklärung für die erste Beobachtung könnte darin liegen, dass die Schüler\*innen unterschiedliche Voraussetzungen für die Erstellung von Mindmaps mitbringen, was sich in der Anzahl der Codierungen widerspiegeln könnte. So kommen einige Jungen und Mädchen von anderen Schulen. Die Erfahrungen der Schüler\*innen dürften sich zum nächsten Schuljahr hin angeglichen haben. Die zweite Beobachtung kann vielleicht damit verstanden werden, dass die Gruppen 6 und 7 viel Zeit in die Phase 1 investiert haben, womit ihnen weniger Zeit für die anderen Phasen zur Verfügung gestanden hätte. Geringere Anzahl an Codierungen könnten die Folge sein.

Denkbar ist aber auch, dass diese beiden Gruppen besonderes Interesse an Problemen haben, die einen Lebensweltbezug mitbringen. Beide Gruppen zählen viele Informationen rund um die Palmöl-Problematik auf. Vermutlich haben sie sehr intensiv recherchiert. Beide Teams erwähnen, dass der Lebensraum der Orang Utans zerstört wird und die indigene Bevölkerung ihr Land verliert. Möglicherweise ist die persönliche

Betroffenheit Ursache für ein größeres Interesse. Eine kommunikative Validierung in Form von Interviews im Anschluss an die Durchführung dieses Moduls könnte über die Motive Aufschluss geben. Diese wurde aus bereits genannten Gründen nicht durchgeführt (vgl. Kap. 3.3.2).

Weiterhin lässt sich festhalten (siehe Abb. 61), dass sich die Codierungszahlen bei Gruppe 3 genau anders verhalten als bei den eben beschriebenen Gruppen. Bei Gruppe 3 gibt es nur wenige Codierungen in Phase 1 und dafür mehr in den Phasen 3 und 4. Dies spricht für eine zeitlich bedingte Ursache der unterschiedlichen Anzahl der Codierungen. Daraufhin wurden die Fragen 12 bzw. 13 in den Lerntagebüchern, die Aussagen zur Zeiteinteilung beinhalten sollten, ins Blickfeld genommen.

Gruppe 6 schrieb z.B., dass „die Zeiteinteilung ... immer etwas schwierig“ ist und Gruppe 2, dass das Zusammentragen der Informationen länger dauerte als sie geplant hatten. Die Gruppe 3 dagegen hatte keine Schwierigkeiten mit der Zeitplanung. Sie hielten fest:

Wir schaffen, was wir planen und sind auch gut in der Zeit.

Die anderen Gruppen reflektieren dahingehend nicht. Die Aussage von Gruppe 6 könnte darauf hinweisen, dass sie sich mehr mit den Phasen 2 bis 5 auseinandergesetzt hätten, wenn ihnen mehr Zeit zur Verfügung gestanden hätte. Um Ursachen festzustellen, sollen im Modul 2 die Schüler\*innen daran erinnert werden, Aussagen zu ihrem Zeitplan zu machen. Der Grund für das weniger gute Zeitmanagement kann darin liegen, dass noch viel Zeit für das Verstehen von Design Thinking und dem Führen der Lerntagebücher aufgewendet werden muss, so dass sich dieses im nächsten Modul verbessern könnte. Aber auch fehlende reflexive Fähigkeiten könnten ursächlich dafür sein, dass die Lerngruppen dazu nichts erwähnen. Nur bei Gruppe 2 kann man aus den Antworten zum reflexiven Bereich schließen, dass sie bereits gute reflexive Fähigkeiten besitzen (siehe Codierregeln zur Metareflexion im Anhang G). So findet man z.B. folgende Aussagen:

Uns wurde klar, dass Kontrollversuche wichtig sind, um zu kontrollieren, ob das, was wir mit unserem Experiment gemacht haben, wirklich funktioniert.

Wir experimentieren nun mit heißem Wasser, da es mit kaltem Wasser nicht funktioniert.

Die bisherigen Betrachtungen lassen noch wenig Aussagen über die Qualität der Beiträge und damit denkbaren Schwierigkeiten in den einzelnen Phasen zu. Erst wenn diese bekannt sind, lassen sich gezielte Unterstützungsmöglichkeiten z.B. zum Erwerb von Methodenkenntnissen anbieten. Deshalb wurden in einem nächsten Schritt Subkategorien für alle Phasen gebildet und dem jeweiligen Erwartungswert gegenübergestellt

(siehe Abb. 62). Rückschlüsse auf Schwierigkeiten könnten zu Änderungen im nächsten Modul führen.

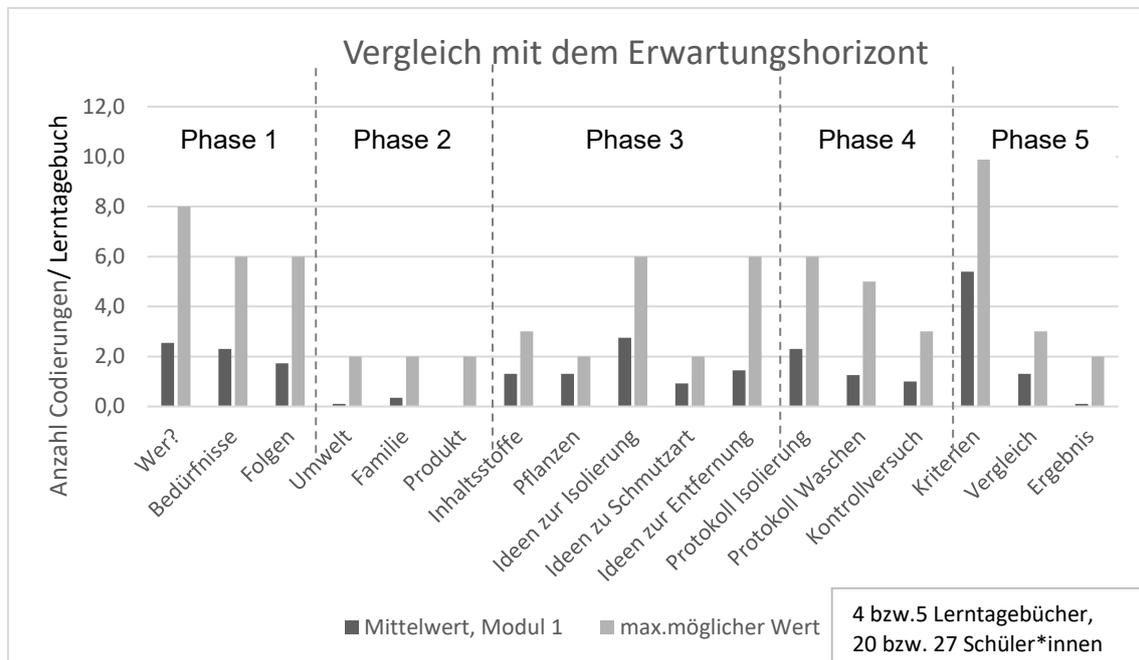


Abbildung 62: Codierungen im Vergleich zum Erwartungshorizont

Die Maximalwerte entsprechen dabei dem Erwartungshorizont (siehe Anhang B). Betrachtet man die Differenzen zwischen Maximalwert und den erreichten Werten, so fällt auf, dass diese nahezu überall hoch sind. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass die zur Verfügung stehende Zeit zu knapp war oder dass noch Schwierigkeiten mit einzelnen Bereichen des Design Thinkings vorhanden sind. Es könnte aber auch mit der Teamzusammensetzung oder der Teamarbeit zusammenhängen.

Die niedrigen Werte der Phase 4 könnten darauf zurückzuführen sein, dass die Jungen und Mädchen noch wenig Erfahrungen mit eigenständigem Experimentieren haben. Dies kann sich bereits im Laufe des nächsten Jahres ändern, da in der 11. Klasse selbstständiges Arbeiten vorgesehen ist. Ähnliches gilt für die Phase 1, denn in den meisten Fächern lernen die Schüler\*innen zu recherchieren und Mindmaps zu erstellen. Dies ist ein Grund dafür, warum der Schwerpunkt der Förderung nicht auf diesen Phasen liegt.

Bei der Phase 5 ist es insbesondere die Subkategorie Kriterien, die in absoluten Werten deutlich unter dem Maximalwert liegt. Möglicherweise sind gerade hier Unterstützungsangebote hilfreich, so dass die Schüler\*innen mehr Kriterien finden, diese möglichst gewichten und ein Fazit bilden. Das soll in den weiteren Modulen überprüft werden. Ein

weiterer Schwerpunkt soll auf der Phase 3 liegen, da insbesondere in dieser Phase die Kreativität gefördert werden soll. Dies soll erst im dritten Modul erfolgen, da die Förderung der Kreativität der anspruchsvollste Teil darstellt und angenommen wird, dass es mit zunehmendem Alter den Schülern\*innen leichter fallen dürfte, viele Ideen zu finden. Eine gleichzeitige Einführung zweier Methoden ist für diese Lerngruppen nicht ratsam, da sie leicht überfordert werden könnten.

Eine der beobachteten Gruppen im zweiten Kurs zeigte – abweichend von ihrer Leistungsstärke – eine geringere Gesamtcodierung auf als vergleichbare Gruppen. Dafür könnte ausschlaggebend gewesen sein, dass die Gruppe des zweiten Durchlaufs Probleme in der Zusammenarbeit hatte und damit weniger Zeit für die eigentliche Arbeit aufwenden konnte. Mithilfe von Codierungen der Teamphasen Forming, Storming, Norming und Performing (vgl. Teamphasen nach Tuckmann in Kap.2.1.3, siehe Codieranleitung im Anhang G) sollte dies überprüft werden. Die Auswertung dazu erfolgt in Kapitel 5.2.

## Modul 2

In Modul 2 sollte ein Mittel zur Unterstützung der Phase 5 getestet werden.

Wie bei Modul 1 wurden die einzelnen Phasen codiert (siehe Abb. 63).

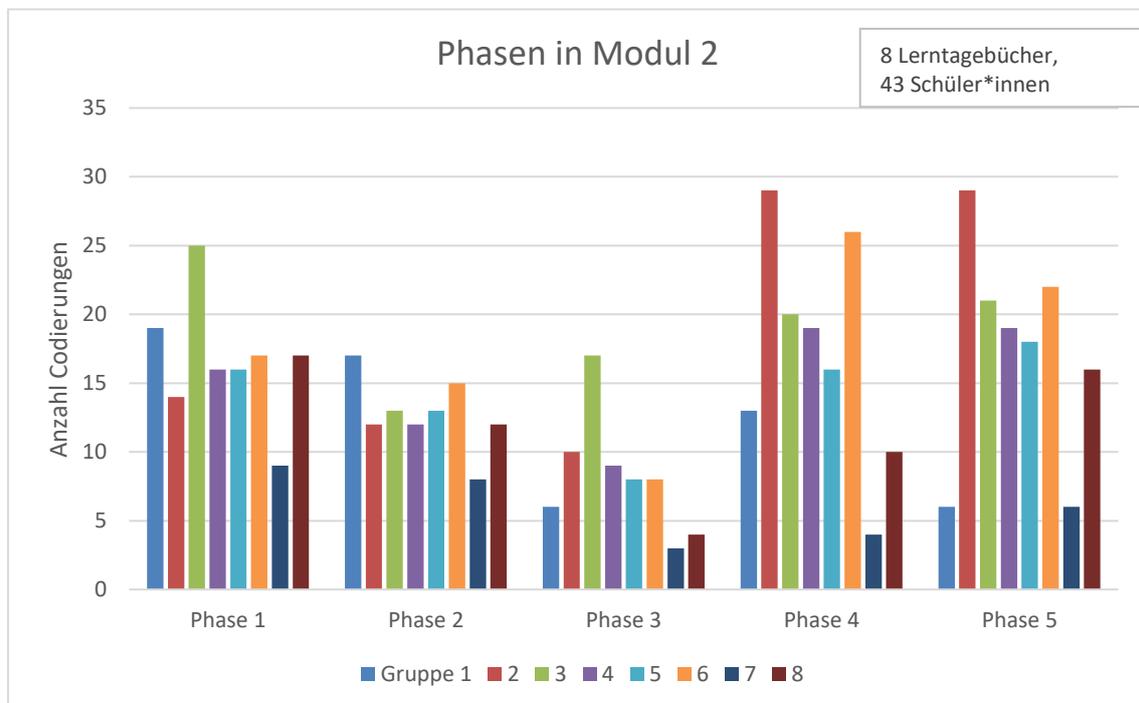


Abbildung 63: Codierungen der Phasen im Modul 2

Die Phase 3 weist wenige Codierungen auf und wird vermutlich weniger intensiv umgesetzt. Deshalb wird der Schwerpunkt in Modul 3 auf diese Phase gesetzt.

In Modul 2 sind für die Phase 2 mehr Codierungen zu finden als in Modul 1, vermutlich da die Schüler\*innen selbst eine Persona erstellen sollten. In Modul 1 gab es wenige Codierungen für die Phase 5. Das sieht in Modul 2 anders aus. Allerdings gibt es auch hier zwei Gruppen, die sich vermutlich wenig mit Phase 5 beschäftigt haben. Davon hat die Gruppe 7 in allen Phasen wenig Codierungen und die Gruppe 1 hohe Codierungen in Phase 1 und 2. Vermutlich blieb Gruppe 1 zu wenig Zeit für die restlichen Phasen, da sie viel Zeit in die ersten Phasen investiert hatten. Gruppe 7 hingegen ist sehr leistungsschwach.

Auch schlechte Teamarbeit könnte die Ergebnisse erklären. So gab es ein Team mit Schülern\*innen, die besonders gute Einzelnoten hatten. Die Gesamtbewertung lag aber unter denen anderer Teams. Vielleicht war die Teamarbeit nicht gut und es wäre hilfreich gewesen, wenn die Lehrkraft die Bedeutung von Teamrollen bewusst gemacht hätte. Im dritten Modul sollen die Jungen und Mädchen deshalb Teamrollentests durchführen und die Lehrkraft gibt ein Feedback zur Teamzusammensetzung und Hinweise, welche Teamrolle sie noch besetzen sollten.

Um auch für dieses Modul Schwierigkeiten einzelner Phasen aufzudecken, wurde wieder eine Normierung vorgenommen (siehe Abb. 64).

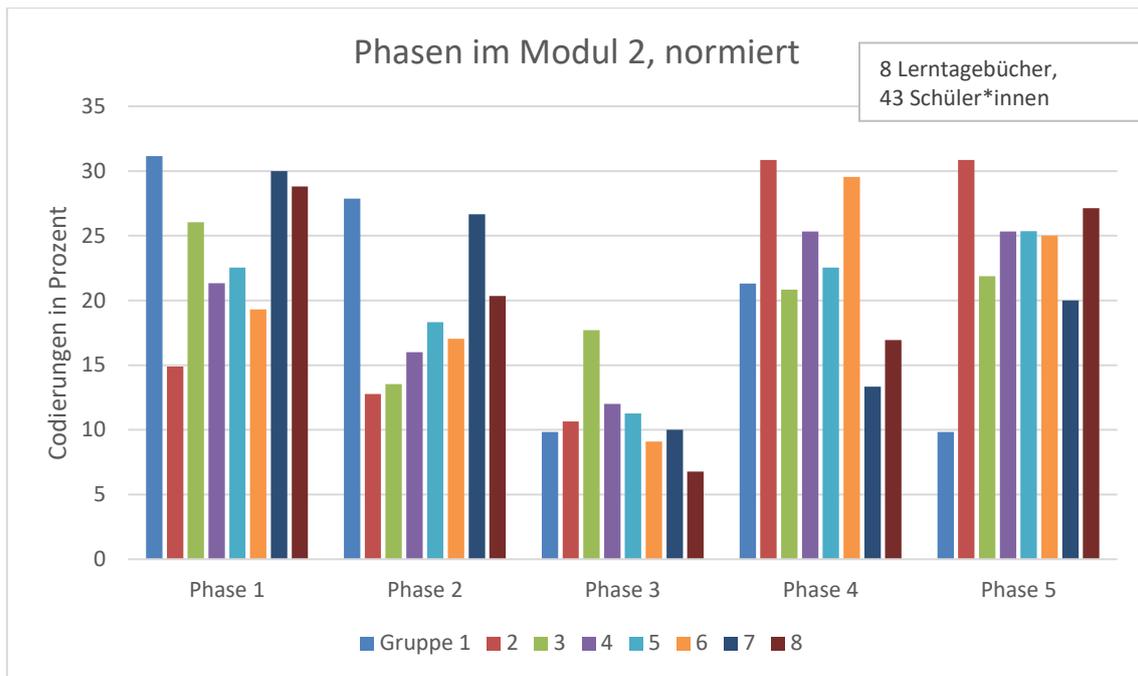


Abbildung 64: Codierungen der Phasen im Modul 2, normiert

Insgesamt sind die Ergebnisse der Gruppen einheitlicher und die Phasen gleichmäßiger codiert als bei Modul 1. Dies spricht für ein einheitlicheres Leistungsniveau oder einem Lernerfolg aus Modul 1. Schwierigkeiten scheinen alle Gruppen noch mit der Phase 3 zu haben. Hier sind die geringsten Codierungen zu finden. In Modul 3 sollen deshalb Kreativitätstechniken eingeführt werden.

## Modul 3

Ein Ziel dieses Moduls war, die Anzahl an Codierungen in Phase 3 zu erhöhen, was als Hinweis auf eine Verbesserung dieser Phase gedeutet werden könnte. Dazu wurden Methoden gesucht, die die Kreativität unterstützen sollen. Eine Codierung über alle Phasen konnte nicht vorgenommen werden, da aufgrund der Corona-Pandemie die Phase 4 gar nicht oder nur zuhause durchgeführt wurde. Deshalb kann kein Vergleich der Codierungen aller Module angestellt werden. Stattdessen wurden die Lerntagebücher mit den drei Aspekten der Kreativität – wie sie in Kapitel 2.1.1 erläutert wurden – deduktiv codiert (siehe Abb. 65).

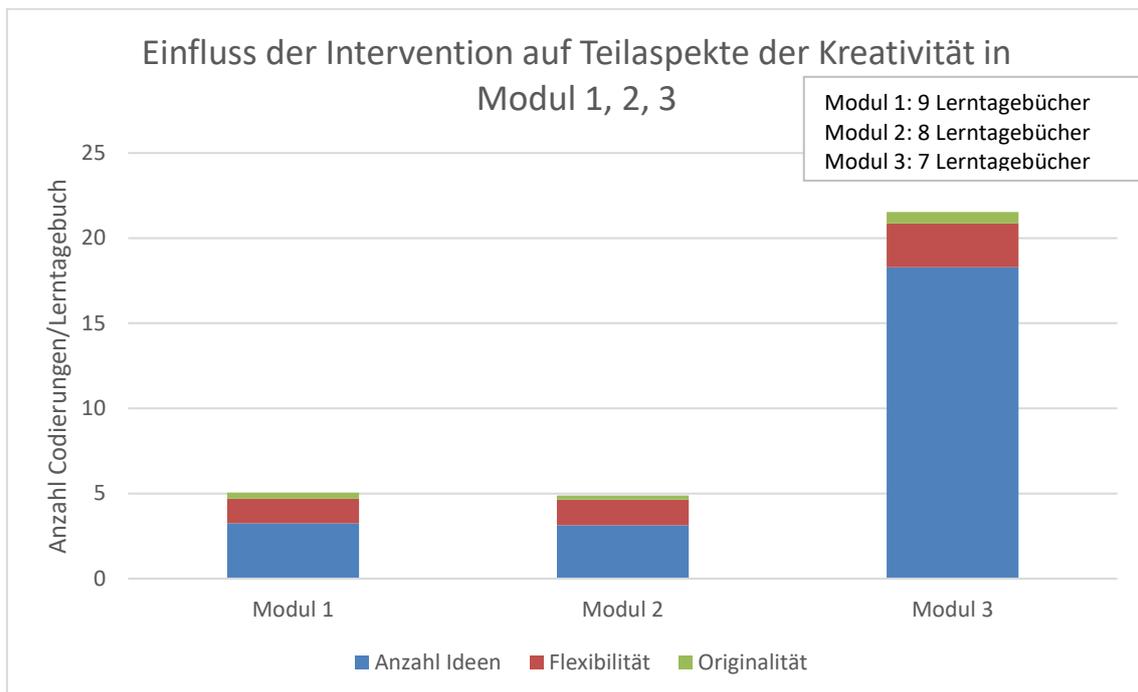


Abbildung 65: Kreativität in Modul 1, 2, 3

Originelle Ideen sind dabei Ideen, die nur eine Gruppe gefunden hat (siehe Anhang G: Ankerbeispiele bei den Codierregeln). Die Flexibilität bezieht sich auf die Kategorien der Ideen, wobei zu jeder Kategorie wiederum eine Vielzahl an Ideen eingeordnet werden können. Dies soll mithilfe von Textauszügen aus verschiedenen Lerntagebüchern des Modul 1 und der Zuordnung zu den Teilaspekten der Kreativität exemplarisch verdeutlicht werden:

Wir haben eine neue Idee entwickelt, um die Waschwirkung zu beschleunigen.

Waschvorgang:  
Den Stoff 3 Minuten in Wasser ziehen lassen.  
Oder: Mit Reibung auswaschen

Als Schmutz können wir nehmen: Ketchup, Senf, Öle oder  
Fette, Getränke (Cola...).

Wir hatten die Idee, dass Kastanien oder Kichererbsen als Er-  
satz für Waschmittel den Dreck lösen könnte.

In Modul 1 wurden die Subkategorien Pflanzen, Versuchsgestaltung, Nachweis der Ex-  
traktion, Waschvorgang, Kontrollversuch, Textilien und Schmutz deduktiv zur Hauptka-  
tegorie Flexibilität gebildet (vgl. Kap. 3.3.1). Die Intercoder-Übereinstimmung erfolgte  
konsensuell. Die beiden ersten Zitate werden der Kategorie Waschvorgang zugeordnet,  
die dritte der Kategorie Schmutz und die vierte der Kategorie Pflanzen. Die letzten drei  
Zitate beinhalten dabei mehrere Ideen.

In Modul 3 haben die Schüler\*innenteams deutlich mehr Ideen gefunden, so dass die  
Kreativitätstechniken vermutlich unterstützend wirkten. Allerdings sind die Schüler\*innen  
noch wenig flexibel in der Ideenfindung und auch das Generieren origineller Ideen  
scheint ihnen noch schwer zu fallen. Beides ist sicherlich anspruchsvoller als die Ent-  
wicklung weiterer Ideen. So vermuten Jauk et al., dass zum Auffinden origineller Ideen  
eine höhere Intelligenz nötig sei als beim einfachen Finden vieler Ideen (vgl. Kap. 2.1.1).

In zukünftigen Forschungen könnten spezielle Techniken zur Förderung der Originalität  
und Flexibilität entwickelt und evaluiert werden.

Ob sich mit zunehmender kreativer Leistung die Selbstwirksamkeitserwartung der Schü-  
ler\*innen erhöht, wurde mit dem gleichzeitigen Auftreten der Codes Kreativität und  
Selbstwirksamkeitserwartung geprüft. Dazu lassen sich jedoch aufgrund der wenigen  
Codierungen der Selbstwirksamkeitserwartung keine Aussagen treffen.

Ein weiteres Ziel des Moduls 3 war die bessere Umsetzung von Phase 5. Unter Berück-  
sichtigung der Tabelle 7 aus Kapitel 2.2.4 (Eggert & Bögeholz, 2006) wurden die drei  
Module in der Tabelle 19 gegenübergestellt, um mögliche Tendenzen bezüglich der Be-  
wertungskompetenzen erkennen zu können. Es lässt sich eine deutliche Verbesserung  
der Phase 5 in Modul 3 feststellen, auch wenn Bewertungskriterien noch kaum gewichtet  
wurden.

Tabelle 19: Bewertung der Phase 5 nach Eggert und Bögeholz (2006)

<b>Bewertungskriterien</b> (vgl. Kap. 2.2)	<b>Modul 1</b>	<b>Modul 2</b>	<b>Modul 3</b>
Kriterien (Anzahl und Art)/ Lerntagebuch	5.2	5.2	8.1
Vergabe von Punkten oder Noten	nein	14 %	ja
Gesamtbewertung	0 %	29 %	100 %
Gewichtung	0 %	0 %	12.5 %
Begründung, Fazit	22 %	57 %	80 %
Niveau nach Eggert & Bö- geholz (2006)	2 bis 3, da sie nicht reflektieren	fast 3	fast 4

## 5.2 Rahmenbedingungen

Nachfolgend werden die Ergebnisse zusammengefasst und Rückschlüsse auf die Rahmenbedingungen – entsprechend der Reihenfolge aus Kapitel 4 – gezogen. Dabei werden die dazugehörigen möglichen Indikatoren genannt und die Ergebnisse diskutiert.

Geringe Codierungen weisen dabei darauf hin, dass die Rahmenbedingungen möglicherweise geändert werden müssten.

### Anzahl Module

Ein Vergleich aller drei Module soll Aufschluss darüber geben, ob ein modularer Aufbau die Anwendung von Design Thinking im Laufe der Module verbessert. Operationalisiert wird die Verbesserung durch die Zunahme der Gesamtcodierungen und der Design Thinking-Kompetenzen. Zu bedenken ist dabei, dass eine Zunahme der Codierungen auch darin begründet sein kann, dass die Schüler\*innen in den Modulen 2 bzw. 3 älter geworden sind, die Zunahme auf besserer Teamarbeit oder einem für die Schüler\*innen interessanteren Thema beruht.

Die Codierungen erfolgten deduktiv (vgl. Kap. 2.2.5). Bezüglich ihrer eigenen Zeiteinteilung hatten die Schüler\*innen positive und negative Einschätzungen vorgenommen. In die Kategorie Zeitmanagement fließen nur die positiven Einschätzungen ein. Eine Aussage hinsichtlich der Design Thinking-Kompetenz des Zeitmanagements ist allerdings nicht aussagekräftig, da coronabedingt z.B. die Versuche nur zuhause durchgeführt werden durften. Auch lassen sich die Recherche-Fähigkeiten in allen drei Modulen nicht unmittelbar vergleichen, da in Modul 3 teilweise Literaturquellen im WebQuest

angegeben wurden. Einzig Aussagen hinsichtlich der Design Thinking-Terminologie sind möglich. Aus diesem Grunde wurden bei den Modulen 1 und 2 alle drei Kompetenzen (siehe Abb. 66) und bei allen drei Modulen die Terminologie untersucht (siehe Abb. 67). Die Codierungen erfolgten deduktiv (vgl. Anhang G) und erneut erfolgte die Intercoder-Übereinstimmung konsensuell.

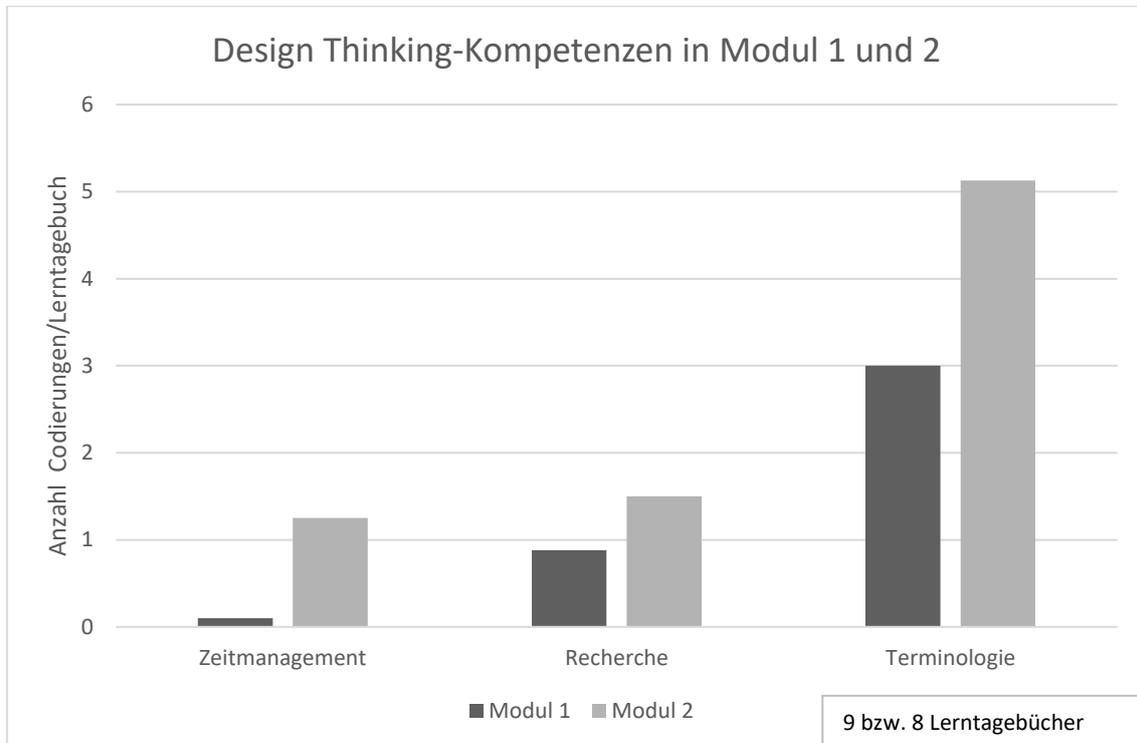


Abbildung 66: Design Thinking-Kompetenzen

In allen Lerntagebüchern der Module 1 und 2 konnten dabei Design Thinking-Begriffe ausgemacht werden. In beiden Modulen recherchierten 87,5 % der Lerngruppen. In Modul 2 befassten sich 75 % mit dem Zeitmanagement und in Modul 1 nur 11 %. Inwiefern dies für eine bessere Zeitplanung spricht, könnten einzelne Texteinträge vermuten lassen. So gaben mehrere Gruppen an, dass sie die Zeit effektiv nutzen oder sie „gut in der Zeit liegen“ (siehe Ankerbeispiele im Anhang G).

Die Lerntagebücher weisen dennoch nur eine geringe Anzahl an Codierungen zum Zeitmanagement und zur Recherche auf. Die niedrigen Codierungen bei der Recherche könnten darauf zurückzuführen sein, dass einige Literaturquellen vorgegeben wurden, damit die Schüler\*innen mehr Zeit für andere Bereiche nutzen konnten. Die Anzahl an Codierungen zur Terminologie hat deutlich zugenommen. Ähnlich wie die Nutzung von chemischen Fachbegriffen als ein Hinweis auf ein besseres Verständnis von

chemischen Sachverhalten gesehen werden kann, könnte auch hier die Anwendung von Design Thinking-Fachbegriffen so interpretiert werden.

Abbildung 67 lässt auch eine Zunahme der verwendeten Design Thinking-Begriffe im Modul 3 erkennen, dabei ist der Unterschied zwischen Modul 3 und 2 größer als der zwischen Modul 2 und 1.

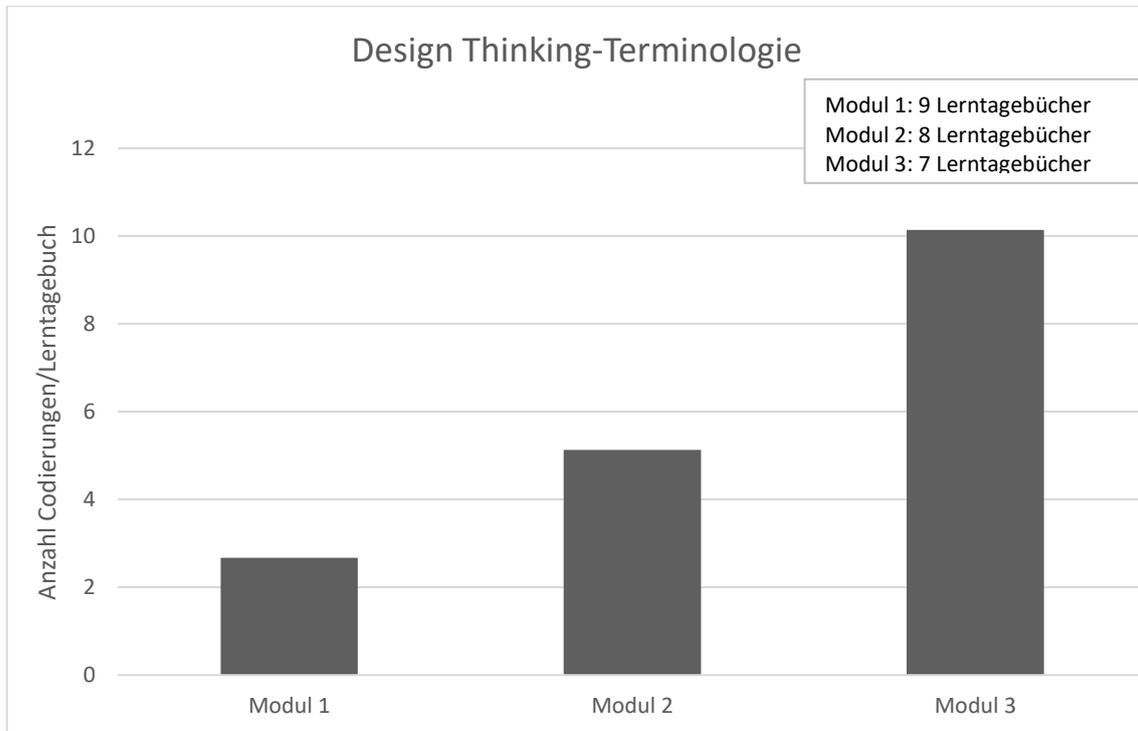


Abbildung 67: Anzahl an Design Thinking-Begriffen in Modul 1, 2, 3

Ein weiterer Indikator einer besseren Umsetzung von Design Thinking können die Gesamtcodierungen sein (siehe Tab. 20). Es wird erwartet, dass mit zunehmender Erfahrung (Methodenkenntnisse, Teamregeln usw.) die Gesamtcodierungen von Modul zu Modul zunehmen.

Tabelle 20: Anzahl der Codierungen in Modul 1, 2, 3

Anzahl Codierungen	1.Kurs	2.Kurs	Modul 1 gesamt	Modul 2	Modul 3
Pro Lerntagebuch	83.5	91.2	87.8	71.8	104.7 <sup>*</sup>
Höchster Wert	107.0	112.0	112.0	109.0	129.0
Niedrigster Wert	57.0	79.0	57.0	63.0	94.0
Differenz zw. höchstem und niedrigstem Wert	50.0	33.0	55.0	46.0	35.0
Durchschnitt leistungsstarke Gruppen			99.0	94.0	
Gruppe, die in 2 Modulen gleich zusammengesetzt war			99.0	63.0	
Gruppe A, die in allen Modulen gleich zusammengesetzt war			80.0	72.0	94.0
Gruppe B, die in allen Modulen gleich zusammengesetzt war			112.0	95.0	107.0

\* nur Gruppen, die Phase 4 umgesetzt haben

Es können dabei nur Gruppen verglichen werden, die in allen drei Modulen aus denselben Teammitgliedern bestanden, da die Zusammensetzung einen Einfluss auf das Ergebnis haben kann. Dies ist bei zwei Gruppen der Fall. Insgesamt sind die Tendenzen der Ergebnisse dieser beiden Gruppen denen aller Gruppen ähnlich, weshalb hier die Codierungen aller Gruppen betrachtet werden sollen. Die Codierungen nehmen jeweils von Modul 1 zu 2 ab (bis auf den niedrigsten Wert). Modul 3 weist die höchsten Werte auf (bis auf den Wert der Gruppe, die in allen drei Modulen gleich zusammengesetzt war), obwohl bei einigen Gruppen die Phase 4 entfallen musste. Der höhere Wert in Modul 3 ist zum Teil auf die höhere Anzahl an gefundenen Ideen zurückzuführen. Möglicherweise begründet sich der geringere Wert in Modul 2 mit dem Thema, das die Schüler\*innen evtl. weniger interessierte oder sie überfordert hatte. Sie mussten die Inhalte selbstständig erarbeiten und nicht wie in den anderen Modulen nur vertiefen. Inwiefern das Alter der Schüler\*innen eine Rolle spielt, kann an dieser Stelle nicht beantwortet

werden. Möglicherweise geben die Fragebögen zur Selbstwirksamkeitserwartung darüber Aufschluss, worauf in Kapitel 5.3 eingegangen wird.

#### Zahl der Unterrichtsstunden

Es sollen Hinweise gefunden werden, ob die Unterrichtsanzahl von zehn Stunden ausreicht, um das Konzept umzusetzen. Vermutlich würde sich die Gesamtzahl an Codierungen erhöhen, wenn mehr Zeit zur Verfügung stehen würde, was aber aus organisatorischen Gründen nicht überprüft werden konnte. Hinweise liefern aber die Zunahme der Codierungen in einigen Phasen mit gleichzeitiger Abnahme in anderen Phasen (vgl. Kap. 5.1). Auch die Zunahme an Codierungen im Laufe der Module könnte dies bestätigen, da mit zusätzlicher Erfahrung weniger Zeit notwendig sein dürfte.

Bei den drei beobachteten Gruppen wurde festgehalten, wie lange sie sich mit den einzelnen Phasen beschäftigten, um zu bestimmen, ob die Verweildauer in den Phasen proportional zu der Anzahl der Codierungen steht.

Durchschnittlich waren es für die:

- Phase 1: 90 Minuten
- Phase 2: 10 Minuten
- Phase 3: 90 Minuten
- Phase 4: 135 Minuten
- Phase 5: 20 Minuten
- (Phase 6 im Plenum: 35 Minuten; 1 Stunde zur Einführung).

Die Summe der im „Problemraum“ (vgl. Abb. 31) verbrachten Zeit ist mit ca. 100 Minuten deutlich geringer als die im „Lösungsraum“ mit 245 Minuten. In den „Lösungsraum“ fällt allerdings auch die experimentelle Arbeit. Dennoch könnte es für die Ideenfindung erfolgversprechend sein, wenn die Schüler\*innen sich intensiver mit dem Problem auseinandersetzen würden.

Der Korrelationsquotient zwischen der Höhe der Gesamtcodierungen und der für die einzelnen Phasen benötigten Zeit liegt bei .80. Die Aussagekraft bei einer Auswertung von drei Lerntagebüchern ist allerdings gering und bedeutet damit nicht zwingend, dass eine höhere Stundenanzahl zu höheren Codierungen führt. Die Gesamtcodierung nimmt zu Modul 3 hin zu (siehe Tab. 20). Anfänglich benötigen die Teams vielleicht mehr Zeit, was sich später durch Erfahrung ausgleicht. Das Einführen von Lerntagebüchern und einzelnen Methoden wie das Mindmapping vor der Erarbeitung des Design Thinkings würde die Konzentration auf den eigentlichen Design Thinking-Prozess ermöglichen.

## Klassenstufe

Mithilfe der Auswertung der Lerntagebücher konnte bestätigt werden, dass Design Thinking in diesen Klassenstufen umgesetzt wird (vgl. Kap. 5.1). Aussagen über die geeignete Klassenstufe können nur getroffen werden, wenn vergleichbare Ansätze auch in der Mittel- oder Unterstufe durchgeführt worden wären.

Höhere Gesamtcodierungen könnten auf eine bessere Umsetzung des Konzeptes hindeuten, weshalb diese in allen drei Modulen verglichen werden sollen. Dazu wurden die Werte aus der Tabelle 20 grafisch in der Abbildung 68 dargestellt.

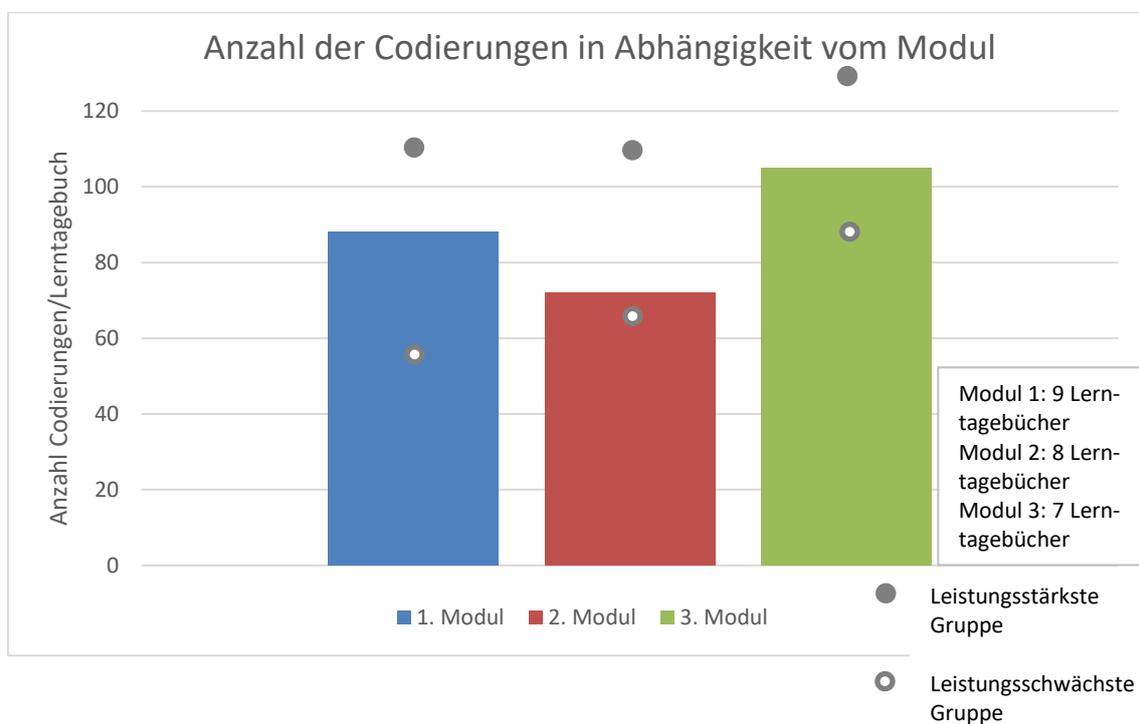


Abbildung 68: Anzahl der Codierungen in Modul 1, 2, 3

Leistungsstarke Gruppen der Module 1 und 2 unterscheiden sich kaum in der Anzahl der Gesamtcodierungen. Insgesamt liegen bei diesen Gruppen die Codierungen höher als beim Durchschnitt, was auf einer besseren Umsetzung beruhen könnte.

Leistungsstarke Gruppen profitieren vermutlich nicht mehr als leistungsschwache, wofür die Differenz der Codierungszahlen einen Hinweis liefert; sie ist in Modul 2 und 3 geringer als in 1. Möglicherweise haben leistungsschwache Gruppen durch die Anwendung von Methoden einen größeren Nutzen. In Modul 3 wurden sowohl für Phase 3 als auch für Phase 5 Methoden eingeführt.

Aufgrund zunehmender Erfahrungen (Methodenkenntnisse, Teamregeln usw.) im Laufe der Module hätte man jeweils höhere Gesamtcodierungen im Vergleich zum vorherigen Modul erwartet. Auch nach der Educational Ladder (vgl. Kap. 2.2.5) hätte man aufgrund der Erreichung höherer Lernziele höhere Codierungen vermuten können. Eine Verbesserung von Modul 1 zu Modul 2 – in Form höherer Codierungen – ist aber nicht zu erkennen. Vielleicht war das Interesse am Thema in Modul 2 geringer als in Modul 1.

Eine indirekte Aussage über die Klassenstufe lässt sich vielleicht damit gewinnen, wenn man sich die Anzahl an gefundenen Ideen ansieht. Der Auffassung von Bliersbach und Reiners (2017, S. 327) folgend sollen kreative Arbeiten nur in höheren Stufen möglich sein (vgl. Kap. 2.1.1). Daraus ließe sich schlussfolgern, dass die Klassenstufe, in der am meisten Ideen gefunden werden, die passendste sein könnte. In den Modulen 1 und 2 erkennt man kaum einen Unterschied (siehe Abb. 65), so dass beide Klassenstufen gleich geeignet zu sein scheinen. Da die kreativen Fähigkeiten nach den bisherigen Auswertungen wenig ausgeprägt sind, wäre eine niedrigere Klassenstufe sicherlich nicht sinnvoll. Auch bei der Teambildung (vgl. unten) zeigen sich wenig Unterschiede in den Modulen, so dass eine höhere Klassenstufe keine Vorteile zu bringen scheint, aber auch eine niedrigere – mit möglicherweise geringen Teamfähigkeiten – vielleicht nicht zu empfehlen wäre.

### Methodenkenntnisse

Es wurde in Kapitel 5.1. untersucht, welche Phasen geringe Codierungen aufwiesen und es konnte bestätigt werden, dass sich die Codehäufigkeiten mit der Einführung von Methoden erhöhte.

Der methodische Einsatz von Leitfragen in den Lerntagebüchern scheint sich auf die metareflexiven Fähigkeiten der Schüler\*innen auszuwirken. In Modul 1 konnten in sieben von neun Tagebüchern Codierungen zur Metareflexion vorgenommen werden, in Modul 2 und 3 wiesen alle Tagebücher Codierungen dazu auf. Auch die Codehäufigkeiten zur Metareflexion sind hoch. Bereits in Modul 1 liegt dieser Wert bei 41, was einem ähnlichen Bereich anderer Kategorien mit hohen Werten entspricht.

### Teamarbeit und Teamzusammensetzung

In den Lerntagebüchern wurde nach Anhaltspunkten für das Durchlaufen von Teambildungsphasen gesucht (vgl. Kap. 2.1.3). Da erfolgreiches Arbeiten mit Design Thinking Teamfähigkeiten erfordert, spricht das Durchlaufen verschiedener Teambildungsphasen für die Anwendung von Design Thinking (vgl. Forschungsfrage z.B. in Kap. 2.3).

Um Aussagen über die Teamzusammenarbeit machen zu können, wurden entsprechend den Teambildungsphasen Codierregeln erstellt (siehe Codierregeln im Anhang G). Die grafische Auswertung berücksichtigt nur die Module 1 und 2, da Modul 3 coronabedingt teilweise nicht in Teams durchgeführt werden konnte.

Die Phase des Formings wurde nicht gefunden (siehe Abb. 69), vermutlich da sich die Schüler\*innen bereits lange kennen. Alle Teams durchliefen die Phase des Normings. Sie identifizierten sich mit ihrem Team, indem sie ihm einen Namen gaben. Sie verteilten die Aufgaben und konnten so effektiv arbeiten.

In Modul 2 fand sich keine Storming-Phase mehr, was auf bessere Teamarbeit hindeutet.

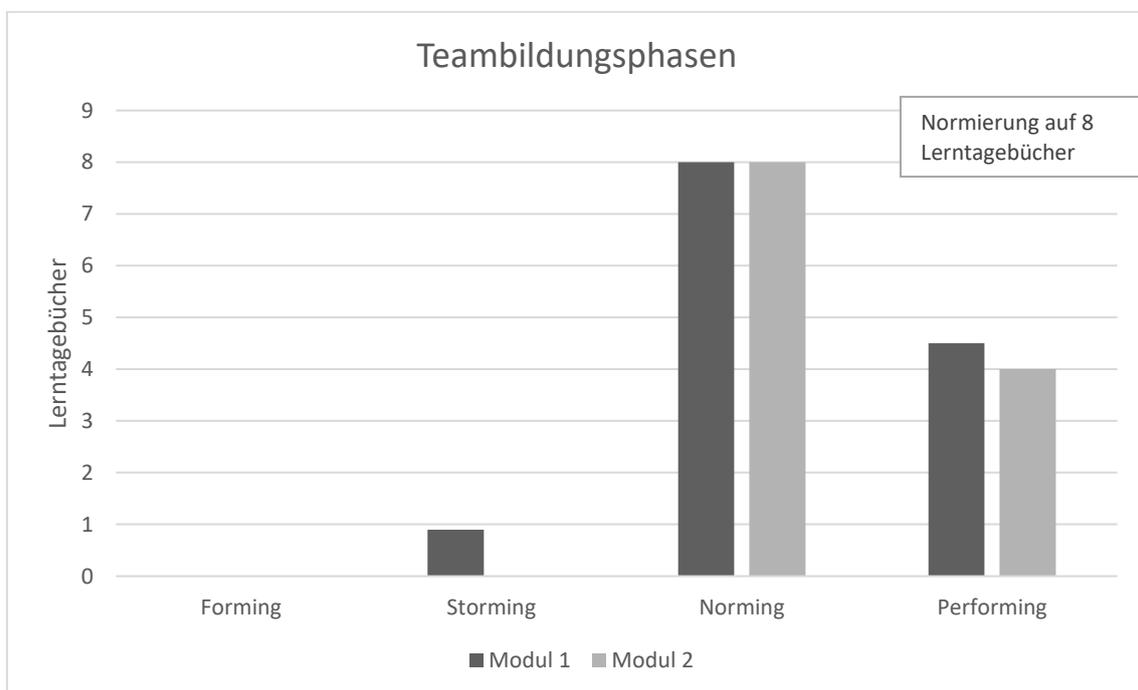


Abbildung 69: Teambildungsphasen

Ein weiterer Beleg zur Zusammenarbeit könnte das folgende Zitat einer Schülerin liefern, das im Lerntagebuch nach Durchführung eines Teamrollentests von ihr festgehalten wurde:

Durch den Test, den wir am Anfang der Stunde gemacht haben, haben wir erfahren, welche Fähigkeiten wir in Gruppenarbeiten gut können und welche Rolle wir noch besetzen müssen. Das hat uns bei der Arbeit geholfen.

Danach scheint das Bewusstmachen der eigenen Teamrolle die Zusammenarbeit noch einmal verbessert zu haben.

### Thema

Ein Thema oder eine Problemstellung könnten besonders zweckmäßig sein, wenn es die Schüler\*innen persönlich betroffen macht (vgl. Kap.2.1.1).

Ein Indiz für die persönliche Betroffenheit könnten die Informationen auf den Plakaten der Phase 1 bei Modul 1 ergeben. Auf den Plakaten stellten die einzelnen Lerngruppen die Palmöl-Problematik mit ihren positiven und negativen Folgen dar. Werden insbesondere Folgen genannt, die persönliche Betroffenheit vermuten lassen, so unterstützt dies die obige These. Mit der Computersoftware MAXQDA wurden die Häufigkeiten der auf den Plakaten benutzten Wörter und Begriffe mit der Funktion Worthäufigkeit ausgewertet. Dabei wurden nicht-sinntragende Wörter wie z.B. „und“ oder Artikel auf eine Stopp-Liste transferiert und aus der Analyse ausgeschlossen. Es zeigte sich, dass die Schüler\*innen vermehrt die Begriffe Lebensraum, Regenwälder und Orang-Utans nannten (siehe Anhang G).

Der Problemraum des Moduls 2 ist zwar komplex, aber nicht real. Vielleicht war das Thema für die Schüler\*innen damit weniger interessant als die Themen aus Modul 1 und 3. Dies könnte die Ursache für die geringeren Codierungen dieses Moduls im Vergleich zu den beiden anderen Modulen sein.

## 5.3 Fragebögen

Die Lerntagebücher weisen Codierungen zur Kollaboration (Teamphasen), Kreativität und kritischem Denken in Form der Bewertungskompetenz auf (vgl. Kap. 5.1, 5.2). Zur Selbstwirksamkeitserwartung – nach Rauth et al. (2010) das wichtigste Ziel von Design Thinking in der Ausbildung (vgl. Kap. 2.2.5) – gab es kaum Codierungen (vgl. Kap. 5.1), weshalb Fragebögen zur Selbstwirksamkeitserwartung Aufschlüsse darüber geben sollen, ob sich diese bei den Schülern\*innen durch die Intervention positiv verändert.

Gleichzeitig wird aufgrund des innovativen Charakters des Unterrichtskonzepts eine Zunahme des Images von Chemieunterricht erwartet (vgl. Kap. 2.3). Somit lauten die Forschungsfragen (vgl. Kap.3.4):

---

*Kann das in dieser Arbeit entwickelte Unterrichtskonzept die Selbstwirksamkeitserwartung der Schüler\*innen positiv verändern?*

*Führt die Intervention zu einem positiveren Image des Faches Chemie bei den Schülern\*innen?*

---

Die Ergebnisse werden getrennt nach den beiden Forschungsfragen erörtert. Dabei werden die Ergebnisse grafisch dargestellt und durch deskriptive Maßzahlen beschrieben. Die Ergebnisse werden mit den Werten anderer Forschungsarbeiten verglichen, um die eigenen Werte einordnen zu können. Anschließend werden mögliche Einflüsse von den in den Fragebögen mit erhobenen Kovariaten Alter, Note und Geschlecht aufgezeigt.

Zum Schluss werden die Ergebnisse der qualitativen Erhebung erneut herangezogen, um mögliche Korrelationen zu überprüfen. Sie ergänzen die Aussagen zu den Rahmenbedingungen der Integration von Design Thinking in den Chemieunterricht.

Nach der Darstellung der Ergebnisse erfolgt jeweils eine Diskussion darüber, inwieweit diese die Ergebnisse der qualitativen Analyse bestätigen.

Die erhobenen Daten wurden überwiegend mit dem Statistikprogramm SPSS Version 26 ausgewertet, wobei Verfahren aus der deskriptiven und inferentiellen Statistik verwendet wurden.

Aussagen über die Gesamtpopulation sind jedoch kritisch zu sehen, da es sich bei den Schulklassen um nicht probabilistische Ad-hoc-Stichproben handelt, die nicht unbedingt repräsentativ sind. Hinzu kommt, dass die Stichprobengröße zu klein ist (vgl. Kap. 3.4). Es nahmen nicht immer dieselben Schüler\*innen an den Befragungen teil, da einige die Schule verlassen bzw. neu auf die Schule gekommen waren oder im Unterricht – insbesondere coronabedingt in Modul 3 – fehlten.

Ausgewertet wurden nur die Fragebögen, bei denen die Schüler\*innen jeweils vor und nach der Intervention an der Befragung teilgenommen hatten. Dabei wurden weitere vier Fragebögen nicht berücksichtigt, da mehrere Antwortmöglichkeiten angekreuzt wurden bzw. eine Zuordnung einer Antwort nicht möglich war (vgl. Kap. 3.4).

Bei der Datenauswertung wurde angenommen, dass die Variablen intervallskaliert sind und somit parametrische Verfahren zur Auswertung genutzt werden können. In der Literatur finden sich widersprüchliche Angaben darüber, ob die Likert-Skalen intervallskaliert sind oder nicht (vgl. z.B. Norman, 2010; Harpe, 2015; Carifio & Perla, 2008; Döring & Bortz, 2016, S. 250–251). Mit ordinalen Skalen lassen sich nur nicht-parametrische Tests

vornehmen, die weniger sensitiv und weniger aussagekräftig sind (Carifio & Perla, 2008, S. 1150). Norman (2010, S. 625–632) erklärt, dass viele Studien die Robustheit parametrischer Tests der Daten von Likert-Skalen belegen. Carifio und Perla begründen die Debatte über die Skalierung damit, dass einige Forscher\*innen Einzelitems auswerten. Wird das mit dem Fragebogen erfasste Konstrukt über die Summe oder die Mittelwerte der Items erhoben, kann von einer Intervallskalierung der Daten ausgegangen werden (2008, S. 1151). Harpe nennt Charakteristiken für intervallskalierte Likert-Skalen (2015, S. 836–843). Dazu gehört z.B., dass Skalen so analysiert werden, wie es die Entwicklung derselben vorsieht.

In dieser Arbeit werden deshalb die Daten entsprechend der Vorgabe der Forscher\*innen, die diese Skalen entwickelt haben, vorgenommen. Es werden Mittelwerte und Standardabweichungen zu den Konstrukten Selbstwirksamkeitserwartung und den einzelnen Items zum Image Chemie berechnet und jeweils vor und nach der Intervention verglichen. Die Berechnung der jeweiligen Scores ist dem Kapitel 3.4. zu entnehmen.

### **Selbstwirksamkeitserwartung**

Die Daten werden zu Beginn mit anderen Forschungsarbeiten verglichen, wobei insbesondere auch Cronbachs  $\alpha$  von Bedeutung ist. Da es sich um etablierte Fragebögen handelt, wird angenommen, dass die Faktorladungen gleich sind und somit dient der Koeffizient Cronbachs  $\alpha$  zur Einschätzung der Reliabilität des Fragebogens (vgl. Döring & Bortz, 2016, S. 271).

### Vergleich mit den Werten anderer Forschungsarbeiten

Mithilfe der Tabelle 21 werden die eigenen statistischen Maßzahlen mit anderen Forschungsergebnissen verglichen.

Tabelle 21: Statistische Maßzahlen - Vergleich zu anderen Forschungen

	Modul 1, pre	Modul 1, post	Modul 2, pre	Modul 2, post	Modul 3, pre	Modul 3, post	Andere For- schungs- arbeiten*
<i>M</i>	28.00	29.53	26.52	27.70	28.00	29.41	29.43
<i>SD</i>	4.44	5.35	3.91	4.73	3.48	3.95	5.36
Varianz	19.71	28.62	15.29	22.37	12.11	15.60	28.73
Cron- bachs $\alpha$	.85	.87	.83	.88	.83	.87	.86
Cohens <i>d</i>	0.31		0.27		0.38		0.53

\*Schumacher, Klaiberg & Brähler (2001); Hinz, Schumacher, Albani, Schmid und Brähler (2006)<sup>1</sup>

Die Mittelwerte der Datenerhebungen der Module 1, 2 und 3 liegen jeweils vor und nach der Intervention unter den Werten von Schumacher et al. (2001) bzw. Hinz et al. (2006). Einzige Ausnahmen bilden die Mittelwerte nach der Intervention von Modul 1 und 3. Diese Werte entsprechen beinahe dem Wert der Ergebnisse der anderen Forschungsarbeiten. Die Standardabweichungen sind jeweils kleiner, bis auf den Wert von Modul 1, post. Cohens *d* dagegen ist deutlich kleiner als der Wert in den anderen Forschungsstudien, was nur an den kleineren Mittelwertsdifferenzen liegen kann (vgl. Formel<sup>2</sup>). Die Effektstärke ist somit bei diesen Interventionen gering, da sie unter 0.50 liegt (z.B. Döring & Bortz, 2016, S. 820). Die Stichprobengröße für einen einseitigen Test mit Messwiederholungsdesign, die zur Erreichung eines Alpha-Wertes von .05 und einer Teststärke von 80 % erforderlich ist, berechnet sich nach der Formel  $(2.5/d)^2$  und läge damit für zukünftige Studien zwischen 43 und 86 (vgl. Hanna & Dempster, 2017, S. 305–308).

Cronbachs  $\alpha$  dieser Arbeit weist einen ähnlichen Wert auf wie die von Schumacher et al. (2001) bzw. Hinz et al. (2006) und zeigen eine gute interne Konsistenz, da Werte über .80 als reliabel gelten (vgl. Hanna & Dempster, 2017, S. 52).

<sup>1</sup> Beide Studien sind im Februar 2001 in Leipzig durchgeführt worden, weshalb es sich vermutlich um dieselbe Studie handelt. Die Auswertungen sind mit geringfügig anderen Teilnehmer\*innenzahlen vorgenommen worden. Cronbachs  $\alpha$ , *SD* ist identisch, der Mittelwert weicht kaum voneinander ab. In der Tabelle ist der Mittelwert aus dem aktuelleren Artikel aufgeführt.

<sup>2</sup>  $d = \frac{MW_2 - MW_1}{\sqrt{\frac{SD_2^2 + SD_1^2}{2}}}$  (gepooltes cohens *d*)

### Einfluss der Intervention

Mithilfe von Boxplots werden Median, Mittelwert und Interquartilsabstände jeweils vor und nach der Intervention dargestellt (siehe Abb. 70, 71, 72<sup>3</sup>). Die Boxplots veranschaulichen in komprimierter Weise zentrale Tendenzen und die Verteilungsform (Bortz & Schuster, 2010, S.44). So finden sich bei rechtsschiefen Verteilungen der Median eher im unteren Teil der Box, das untere Quartil näher an der unteren Antenne oder mehr Ausreißer nach unten. Die untere Boxhälfte ist meist kleiner als die obere Hälfte. Der Mittelwert ist größer als der Median. Für linksschiefe Verteilungen gilt das Umgekehrte. Eine sehr breite Box weist auf eine negative Kurtosis hin und somit auf eine Abweichung von der Normalverteilung. Normalverteilt sind die Daten, wenn die Boxhälften die gleiche Länge haben wie die der jeweiligen Antennen und der Median mit dem arithmetischen Mittel übereinstimmt. Gleichzeitig werden Ausreißer erkannt und können aus der Auswertung herausgenommen werden. Als moderate Ausreißer gelten Werte, die größer oder gleich dem 1.5-fachen des Interquartilsabstands oberhalb des oberen Quartils oder unterhalb des unteren Quartils sind (Hanna & Dempster, 2017, S. 112).

Die Abbildungen der Boxplots (siehe Abb. 70, 71, 72) verdeutlichen die Abweichung von der Normalverteilung. Insgesamt sind in dieser Arbeit nur zwei Ausreißer zu finden (siehe Abb. 71). In Modul 2 ist vor der Intervention ein Ausreißer nach unten und nach der Intervention ein Ausreißer nach oben zu finden.

---

<sup>3</sup> Die Werte für den Summenscore liegen zwischen 10 und 40, weshalb die y-Achsen nicht mit 0 beginnen. Die Begründung ist dem Kapitel 3.4 zu entnehmen.

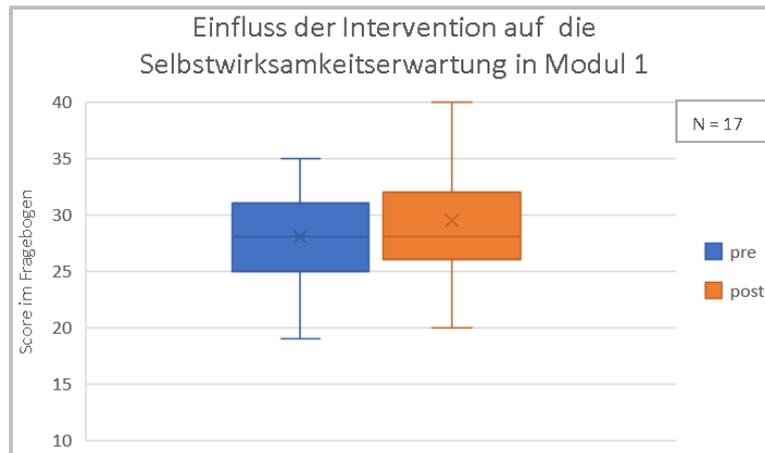


Abbildung 70: Selbstwirksamkeitserwartung in Modul 1

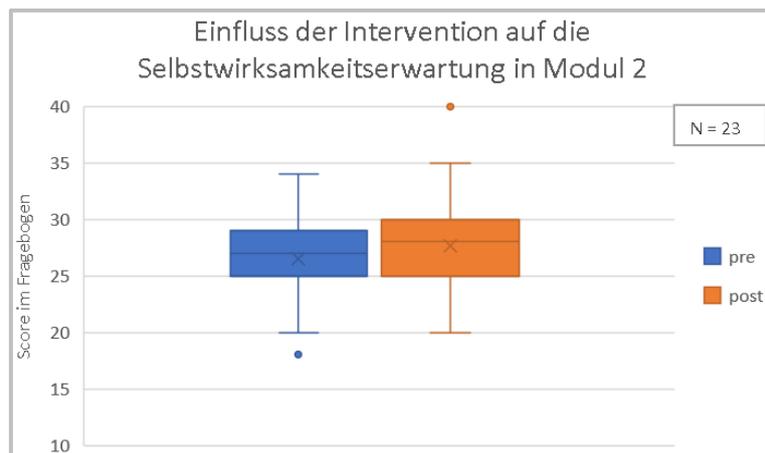


Abbildung 71: Selbstwirksamkeitserwartung in Modul 2

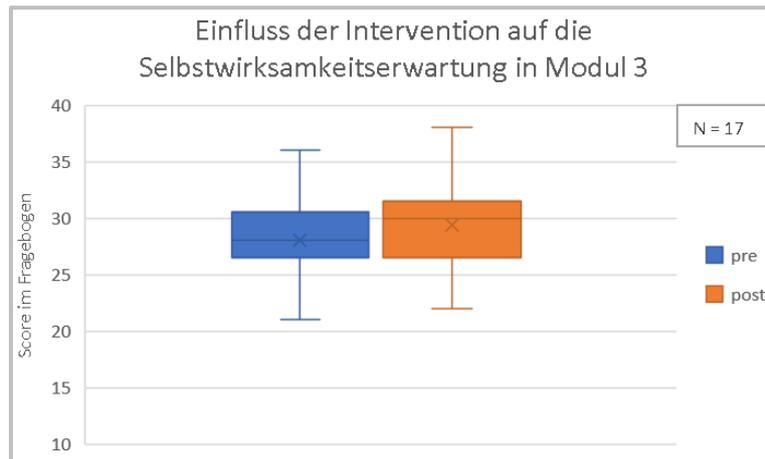


Abbildung 72: Selbstwirksamkeitserwartung in Modul 3

Das Aussehen der Boxplots legt nahe, dass die Daten nicht normalverteilt sind. In allen drei Modulen liegt der Mittelwert nach der Intervention etwas höher als vor der Intervention. Dies ist auch in Abbildung 73<sup>4</sup> zu erkennen, in der zusätzlich die Standardabweichungen eingetragen sind.

Bei der Gegenüberstellung ist zu bedenken, dass sich die Stichproben der einzelnen Module unterscheiden (unterschiedliche Schüler\*innen, Teamzusammensetzung) und Störfaktoren unterschiedlich sein können. Eine Auswertung mit derselben Stichprobe wäre wenig aussagekräftig, da diese sehr klein gewesen wäre, so dass jeweils nur die Module untereinander verglichen werden. Somit kann die Studie auch nur bedingt als Follow-Up-Studie angesehen werden.

Im Folgenden werden einige allgemeine Hinweise zu den Modulen gegeben, da diese einen Einfluss auf die Auswertung haben können und somit bei der Diskussion berücksichtigt werden:

In Modul 2 sollten sich die Schüler\*innen die fachlichen Inhalte selbstständig erarbeiten und nicht nur anwenden wie in den Modulen 1 und 3, was sie überfordert haben könnte. Dies kann sich auf die Selbstwirksamkeitserwartung auswirken.

Im dritten Modul wurden die Schüler\*innen – coronabedingt – vor völlig neue Aufgaben gestellt, die sie vielleicht überforderten oder forderten (vgl. Kap. 2.1.2). Beides hätte einen Einfluss auf die Werte der Selbstwirksamkeitserwartung. Im ersten Fall wäre die

<sup>4</sup> Der kleinst mögliche Mittelwert liegt bei 10, weshalb die y-Achse nicht mit 0 beginnt (vgl. Kap. 3.4).

Herausforderung vielleicht zu groß, so dass die Selbstwirksamkeitserwartung nach Bandura sinken müsste und umgekehrt.

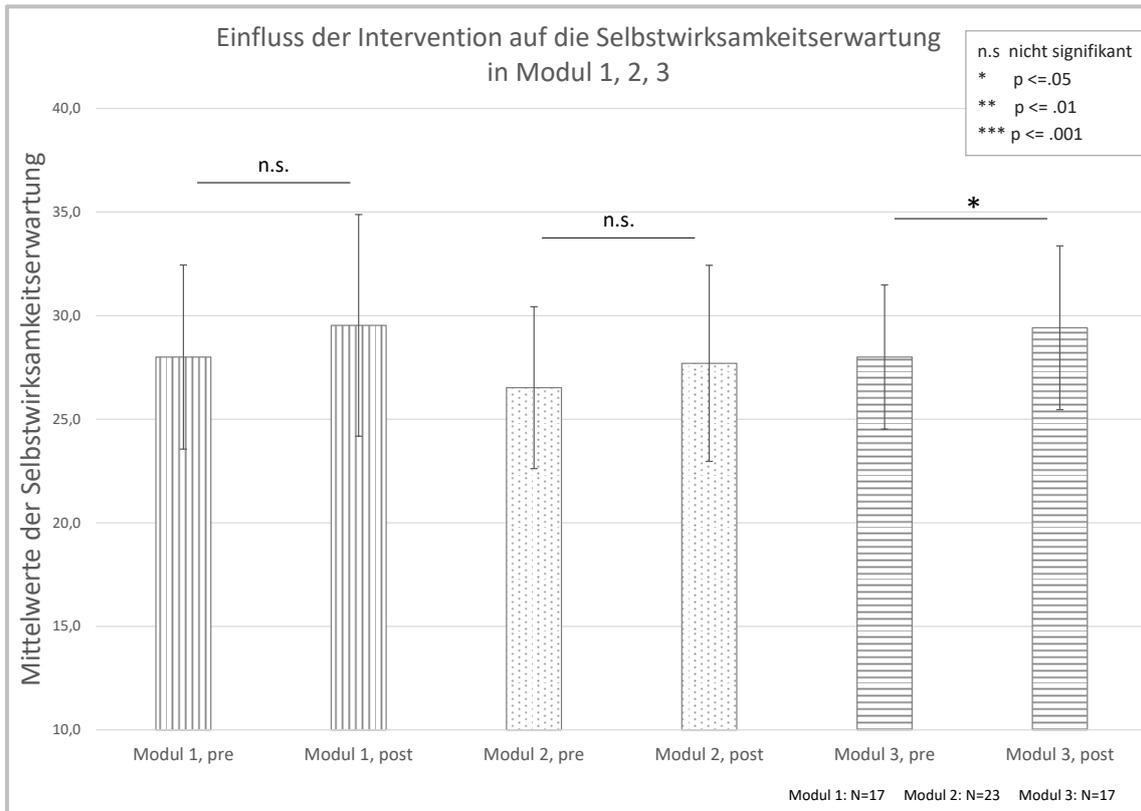


Abbildung 73: Selbstwirksamkeitserwartung in Modul 1, 2, 3

Die Abbildung 73 verdeutlicht, dass die Ergebnisse der Module 1 und 3 vergleichbar zu sein scheinen. Insbesondere der niedrige Mittelwert in Modul 2 vor der Intervention fällt auf. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass die Schüler\*innen bei der Durchführung von Modul 2 gerade in die Oberstufe gekommen und sie noch unsicher waren, ob sie die Anforderungen einer Oberstufe erfüllen können. Da diese Studie – wie oben erwähnt – nicht als Follow-Up-Studie angesehen werden kann, können keine Rückschlüsse hinsichtlich des Einflusses der Intervention auf die Selbstwirksamkeitserwartung z.B. nach der Durchführung des ersten Moduls gezogen werden.

Mit den Daten aus allen Modulen wurden zusätzlich gepaarte t-Tests durchgeführt, um zu sehen, ob es einen Unterschied in den Mittelwerten vor und nach der Intervention gibt (siehe Tabelle im Anhang I). Da t-Tests als robust gegenüber der Verletzung der Normalverteilungsannahme gelten (z.B. Rasch & Guiard, 2004; Wilcox, 2012), können diese herangezogen werden.

Es zeigte sich nur in Modul 3 dieser Studie ein statistisch signifikanter Unterschied für die Mittelwerte der Selbstwirksamkeitserwartung vor und nach der Intervention,  $t(16) = 2.24$ ,  $p = .020$ . Der Mittelwert der Bewertung der Selbstwirksamkeitserwartung war vor der Intervention  $M = 28.00$  ( $SD = 3.48$ ) und hat eine Zunahme auf  $M = 29.41$  ( $SD = 3.95$ ) nach der Intervention gezeigt.

#### Kovariaten

Die Kovariaten werden untersucht, um einen Teil der Varianz erklären zu können, die nicht durch die unabhängige Variable (hier: Intervention) zu begründen ist. Sowohl das Alter als auch das Geschlecht und die Noten der Schüler\*innen können mit der Selbstwirksamkeitserwartung zusammenhängen, weshalb Korrelationen jeweils zwischen Alter, Noten, Geschlecht und Selbstwirksamkeitserwartung berechnet werden. Da die Werte nicht normalverteilt sind, wird die nicht parametrische Korrelation verwendet und somit der Korrelationsquotient nach Spearman angewendet (z.B. Hanna & Dempster, 2017, S. 198).

Ein Zusammenhang zwischen Alter bzw. Noten und Selbstwirksamkeitserwartung konnte in den Modulen 1 und 3 nicht gefunden werden (siehe Tabellen im Anhang I). Bei Modul 2 gab es statistisch signifikante Ergebnisse, die aber klein bzw. mittel und mit geringem Effekt waren (siehe Anhang I).

Nur in Modul 2 gab es Ausreißer (vgl. Abb. 71). Diese sind jeweils einem männlichen, älteren Schüler mit schlechten Noten (pre, Ausreißer nach unten) bzw. mit guten Noten (post, Ausreißer nach oben) zuzuordnen.

Zur Auswertung hinsichtlich des Geschlechts wurden t-Tests durchgeführt. Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede bei den Geschlechtern (siehe Anhang I).

Die in Tabelle 21 angegebenen Forschungsarbeiten geben für die jüngste Altersklasse bei den Männern einen Wert von 30.8 und bei den Frauen einen von 29.4 an. In dieser Studie liegt der Durchschnittswert bei 28.68 bei den männlichen Teilnehmern und bei 27.68 bei den weiblichen Teilnehmerinnen. Das Zitat aus Kapitel 5.1 zur Selbstwirksamkeitserwartung einer reinen Jungengruppe könnte als Bestätigung auf höhere Werte bei den Jungen gesehen werden, da solch positive Aussagen in keiner anderen Gruppe zu finden sind.

#### Korrelationen

Mithilfe der Berechnungen weiterer Korrelationen – z.B. zwischen der Anzahl an gefundenen Ideen und der Mittelwertsdifferenz der Selbstwirksamkeitserwartung und zwischen der Gesamtcodierungen in den Lerntagebüchern und der Mittelwertsdifferenz der

Selbstwirksamkeitserwartung – soll herausgefunden werden, ob sich die Ergebnisse der qualitativen und quantitativen Analyse gegenseitig bestätigen. Es wurden jedoch keine signifikanten Korrelationen gefunden.

Zusammenfassend werden die Ergebnisse der qualitativen und quantitativen Forschung kombiniert, um weitere Rückschlüsse bezüglich der übergeordneten Forschungsfrage ziehen zu können. So könnten z.B. die Themenstellung, die Teambildung und der Umgang mit den Fachinhalten die Umsetzung des Konzeptes beeinflussen. Sie scheinen aber nach den Auswertungen wenig Einfluss auf die Änderung in der Selbstwirksamkeitserwartung zu haben. Im dritten Modul zeigten die Schüler\*innen ein besseres Zeitmanagement und die Gesamtcodierungen in den Lerntagebüchern waren höher. Dennoch ist der Unterschied in der Selbstwirksamkeitserwartung vor und nach der Intervention nicht höher als in Modul 1 bei vergleichbaren Mittelwerten.

Da die Selbstwirksamkeitserwartung mit dem kreativen Selbstvertrauen gleichgesetzt wurde (vgl. Kap. 2.2.5), wäre ein Zusammenhang zur Anzahl der gefundenen Ideen als ein Teilaspekt der Kreativität zu erwarten gewesen. Möglicherweise gilt dies nur für die anderen Teilaspekte der Kreativität, die Originalität und die Flexibilität. Hieraus ergeben sich weitere Forschungsfragen nach dem Einfluss von Methoden zur Förderung der Originalität oder Flexibilität.

Da sich eine positive Änderung der Selbstwirksamkeitserwartung (in Modul 3) ergab, bestätigt dies, dass schon kürzere Workshops oder Unterrichtssequenzen für das Konzept geeignet sind.

### Image

Bevor der Einfluss der Intervention auf das Image grafisch dargestellt und beschrieben wird, werden zuerst die Skaleneigenschaften bestimmt, indem die Reliabilitäten dieser Studie mit den etablierten Werten aus den Studien von Weßnigk (2013, S. 218) und Spitzer (2017, S. 105) verglichen werden. Gleichzeitig sind in der Tabelle 22 die Reliabilitäten aufgeführt, wenn ein Item gelöscht wird.

Tabelle 22: Item-Skala-Statistiken zum Image Chemieunterricht

Item	Originalitems mit neuen ergänzt $\alpha$	Originalitems mit neuen ersetzt $\alpha$	Originalitems $\alpha$
Image_1_pre1	.743	.667	.679
Image_1_pre2	.730	.660	.617
Image_1_pre3	.749	.663	.685
Image_1_pre4	.746		.648
Image_1_pre5	.728	.656	.678
Image_1_pre6	.713	.647	.645
Image_1_pre7	.698		.629
Image_1_pre8	.709	.603	
Image_1_pre9	.731	.630	
Reliabilität des gesamten Fragebogens	.751	.682	.690

Die Reliabilität ist am höchsten, wenn alle neun Items im Fragebogen enthalten sind, weshalb bei der Auswertung alle Items herangezogen werden. Dabei liegen alle Werte unter denen von Spitzer (ebd.). Sie sind mit denen von Weißnigk (ebd.) vergleichbar, auch wenn die Reliabilität des gesamten Fragebogens geringer ist.

#### Einfluss der Intervention

Im Folgenden wird das Image Chemie mithilfe eines semantischen Differentials visualisiert (siehe Abb. 74), indem die Mittelwerte aller Einzelitems – mit der Skalenmitte bei 3.5 – aufgetragen werden. Damit können die Gegensatzpaare ausfindig gemacht werden, die sich nach der Intervention verändert haben. Wie bereits in Kapitel 3.4.2 erläutert, gibt es zwei Items mit Verständnisschwierigkeiten im Vortest von Spitzer (2017). Diese sind die Items unterhalb der gelben Linie (siehe Abb. 74).

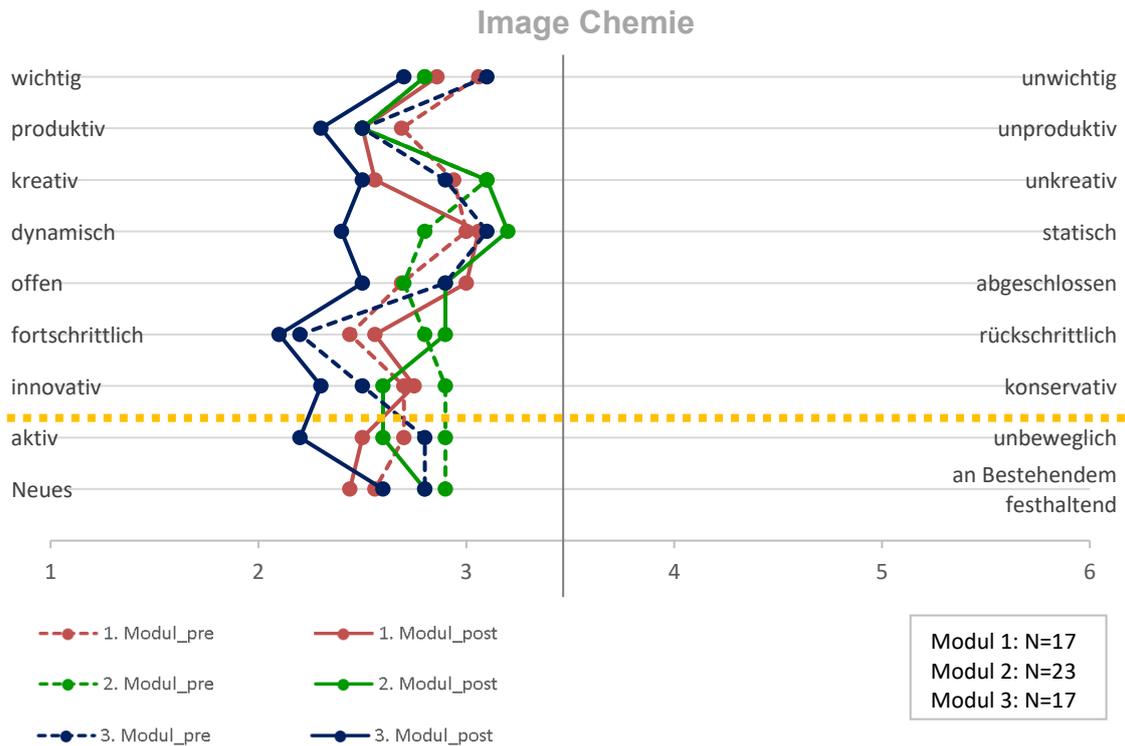


Abbildung 74: Image Chemieunterricht vor und nach der Intervention

Alle Werte liegen deutlich unter der Skalenmitte, was für ein positives Image des Chemieunterrichts spricht, wobei insbesondere nach der Durchführung des dritten Moduls die Gegensatzpaare auf ein positives Image weisen. Einige der Werte von Modul 2 liegen unter denen von Modul 1. Dies könnte die Schwierigkeit mit Modul 2 möglicherweise bestätigen (vgl. Kap. 5.1, Kap. 5.2). Die guten Werte in Modul 3 könnten darin begründet liegen, dass dieses Modul möglicherweise kreativer, interessanter oder eigenverantwortlicher gestaltet war als die anderen beiden, denn in Modul 3 konnten die Schüler\*innen das Thema selbst wählen.

Zur besseren Übersicht werden im Folgenden die einzelnen Module getrennt als semantische Differentiale abgebildet (siehe Abb. 75, 76, 77), so dass die Ergebnisse der Einzelitems ersichtlicher sind.

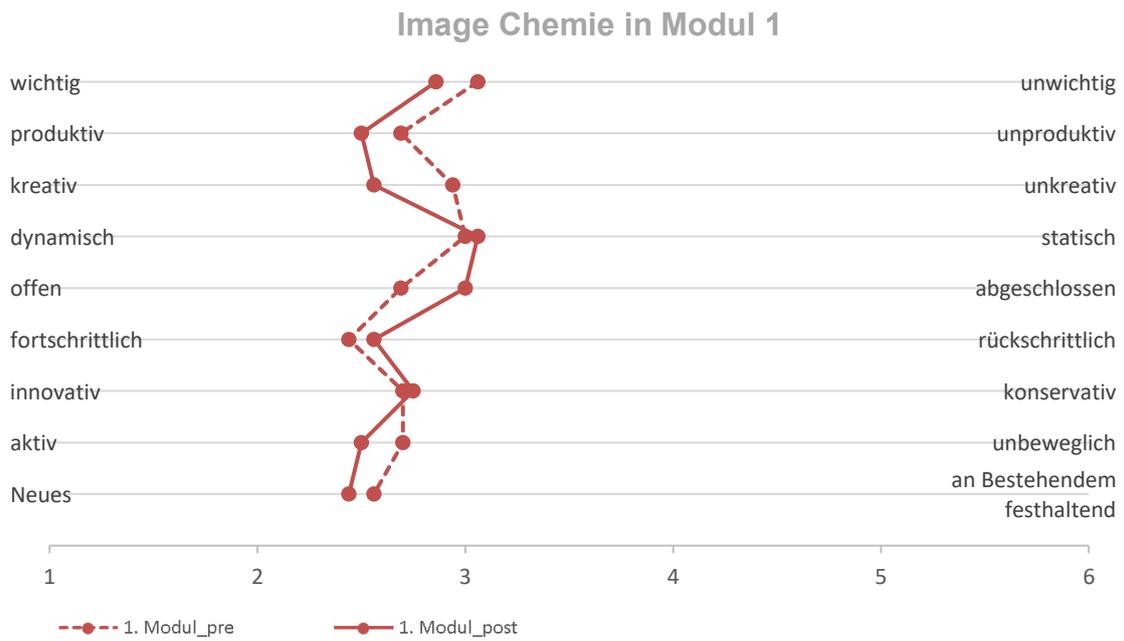


Abbildung 75: Image Chemieunterricht in Modul 1

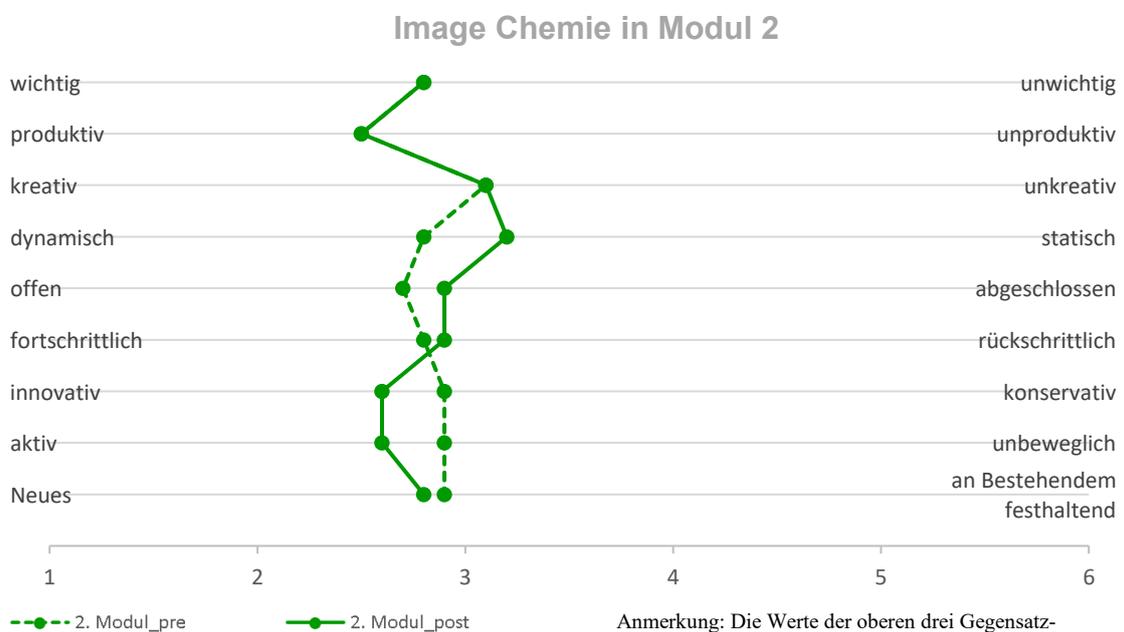


Abbildung 76: Image Chemieunterricht in Modul 2

## Image Chemie in Modul 3

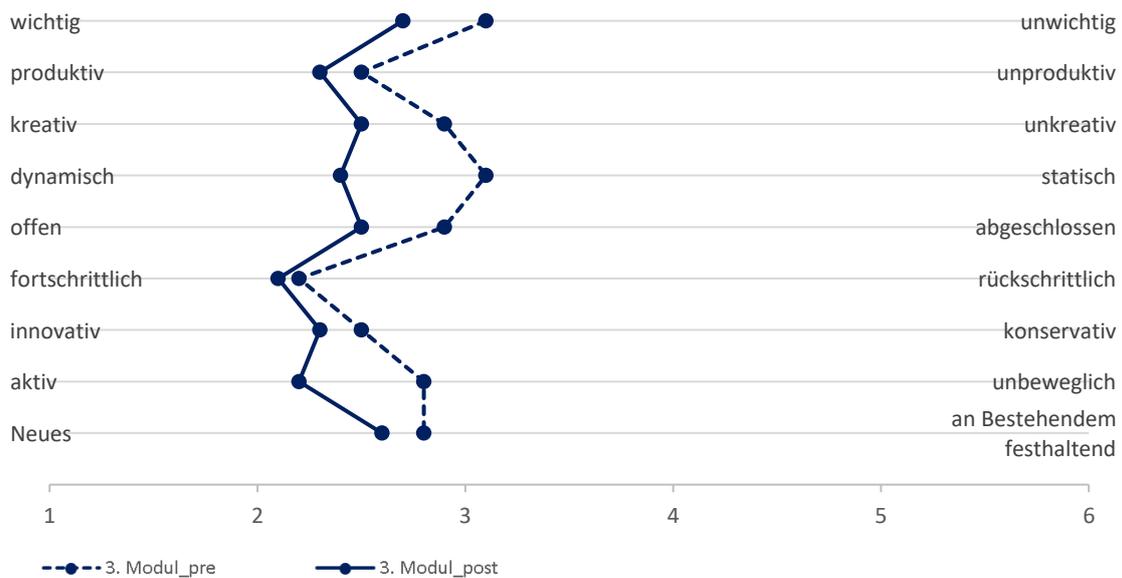


Abbildung 77: Image Chemieunterricht in Modul 3

In Modul 1 scheint das Image hinsichtlich der Gegensatzpaare wichtig-unwichtig, produktiv-unproduktiv, kreativ-unkreativ, aktiv-unaktiv und Neues-an Bestehendem festhaltend nach der Intervention positiver zu sein als vor der Intervention. Bei Modul 2 sind es nur drei Items, die für ein positiveres Image sprechen und bei den ersten drei Items zeigt sich kein Unterschied vor und nach der Intervention. In Modul 3 liegen alle Werte der Items nach der Intervention unter denen vor der Intervention, was für ein positiveres Image nach der Intervention spricht. Möglicherweise hatten einige Schüler\*innen, die wenig Interesse an Chemie hatten, die Schule zu diesem Zeitpunkt verlassen oder den Kurs abgewählt, und tauchten damit nicht mehr in der Auswertung auf.

Inwieweit die Werte der Einzelitems der drei Module vor und nach der Intervention von den jeweiligen Mittelwerten abweichen, sollen t-Tests zeigen (siehe Tab. 23).

Tabelle 23: Mittelwerte der Items zum Image Chemie

mit jeweils gleicher Stichprobe im Pre- und Post-Test (Skalenmitte: 3.5)

Item	Modul 1			Modul 2			Modul 3		
	pre	post	t-Test	pre	post	t-Test	pre	post	t-Test
wichtig...	3.06	2.86	t(15)=.764,	2.82	2.77	t(21)=.224,	3.06	2.71	t(16)=2.954,
unwichtig	(.85)	(.89)	p=.228	(.80)	(1.02)	p=.413	(.97)	(.99)	p=.005
produktiv...	2.69	2.50	t(15)=.613,	2.68	2.46	t(21)=1.226,	2.47	2.35	t(16)=.621,
unproduktiv	(.79)	(.97)	p=.275	(.95)	(.74)	p=.117	(.87)	(.61)	p=.272
kreativ...	2.94	2.56	t(15)=1.379,	3.09	3.09	t(21)<.001,	2.88	2.47	t(16)=1.692,
unkreativ	(.77)	(.81)	p=.094	(1.41)	(1.34)	p=.500	(.78)	(.80)	p=.055
dynamisch...	3.00	3.06	t(15)=-.251,	3.09	2.82	t(21)=1.368,	3.12	2.35	t(16)=2.519,
statisch	(.63)	(.93)	p=.403	(1.23)	(1.05)	p=.093	(1.17)	(1.00)	p=.115
offen...abge-	2.69	3.00	t(15)=-1.232,	3.23	2.68	t(21)=1.821,	2.94	2.53	t(16)=1.692,
geschlossen	(.60)	(.97)	p=.119	(.92)	(.99)	p=.042	(.97)	(.87)	p=.055
fort...rück-	2.44	2.56	t(15)=-.522,	2.86	2.77	t(21)=.624,	2.24	2.11	t(16)=.416,
schrittlich	(.81)	(.81)	p=.305	(.99)	(.87)	p=.270	(1.03)	(.60)	p=.342
innovativ...	2.69	2.75	t(15)=-.187,	2.86	2.64	t(21)=1.096,	2.47	2.29	t(16)=.824,
konservativ	(.87)	(.77)	p=.428	(1.17)	(.95)	p=.143	(.80)	(.77)	p=.211
aktiv...unbe-	2.69	2.50	t(15)=.588,	2.91	2.64	t(21)=1.064,	2.82	2.18	t(16)=1.542,
weglich	(.79)	(.89)	p=.283	(1.27)	(1.05)	p=.150	(1.19)	(1.01)	p=.007
Neues...an	2.56	2.44	t(15)=.397,	2.95	2.76	t(20)=.748,	2.81	2.63	t(15)=.446,
Bestehend.f.	(.89)	(.73)	p=.349	(1.24)	(1.30)	p=.232	(1.28)	(1.15)	p=.331

Lediglich für die Bewertung des Gegensatzpaares wichtig-unwichtig in Modul 3 kann vor und nach der Intervention ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $t(16) = 2.954$ ,  $p = .005$ ). Dabei ist zusätzlich zu bedenken, dass bei zahlreichen Auswertungen zufällig Signifikanz auftreten kann.

Wie weit die Werte von der Skalenmitte abweichen, soll die Tabelle 24 verdeutlichen. Dabei wird vermutet, dass sie kleiner sind als der Skalenmittelwert (vgl. Abb. 74 bis 77), was für ein positives Image des Faches Chemie sprechen würde.

Tabelle 24: Abweichung der Items vom Skalenmittelwert

Item	Modul 1		Modul 2		Modul 3	
	pre	post	pre	post	pre	post
wichtig...	t(14)=-2.049,	t(14)=-2.825,	t(20)=-4.023,	t(20)=-3.343,	t(15)=-1.882,	t(15)=-3.323,
unwichtig	p=.029	p=.007	p=.000	p=.002	p=.039	p=.002
produktiv...	t(14)=-4.097,	t(14)=-4.140,	t(20)=-4.059,	t(20)=-6.640,	t(15)=-4.854,	t(15)=-7.800,
unproduktiv	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000
kreativ...	t(14)=-2.915,	t(14)=-4.607,	t(20)=-1.360,	t(20)=-1.430,	t(15)=-3.260,	t(15)=-5.307,
unkreativ	p=.006	p=.000	p=.094	p=.084	p=.003	p=.000
dynamisch...	t(14)=-3.162,	t(14)=-1.884,	t(20)=-1.559,	t(20)=-3.038,	t(15)=-1.352,	t(15)=-4.747,
statisch	p=.003	p=.040	p=.067	p=.003	p=.093	p=.000
offen...abge-	t(14)=-5.398,	t(14)=-2.070,	t(20)=-1.387,	t(20)=-3.859,	t(15)=-2.384,	t(15)=-4.576,
geschlossen	p=.000	p=.028	p=.090	p=.000	p=.015	p=.000
fort...rück-	t(14)=-5.222,	t(14)=-4.607,	t(20)=-3.014,	t(20)=-3.925,	t(15)=-5.050,	t(15)=-9.495,
schrittlich	p=.000	p=.000	p=.004	p=.000	p=.000	p=.000
innovativ...	t(14)=-3.722,	t(14)=-3.873,	t(20)=-2.558,	t(20)=-4.249,	t(15)=-5.307,	t(15)=-6.443,
konservativ	p=.001	p=.001	p=.009	p=.000	p=.000	p=.000
aktiv...	t(14)=-4.097,	t(14)=-4.472,	t(20)=-2.184,	t(20)=-3.863,	t(15)=-2.354,	t(15)=-5.379,
unbeweglich	p=.000	p=.000	p=.020	p=.000	p=.016	p=.000
Neues...an	t(14)=-4.204,	t(14)=-5.842,	t(20)=-2.107,	t(19)=-2.601,	t(15)=-2.255,	t(14)=-3.050,
Bestehend.f.	p=.000	p=.000	p=.024	p=.009	p=.019	p=.004

In etwa 91 % weichen die Werte der Module einseitig signifikant vom Skalenmittelwert von 3.5 ab (grau: nicht signifikante Abweichungen). Die größte Abweichung vom Skalenmittelwert findet man in Modul 1 bei den Gegensatzpaaren fortschrittlich – rückschrittlich (pre) und bei Neues – an Bestehendem festhaltend (post), bei Modul 2, post beim Gegensatzpaar produktiv – unproduktiv und bei Modul 3, post bei fortschrittlich – rückschrittlich.

#### Vergleich mit den Werten anderer Forschungsarbeiten

Verglichen mit den Ergebnissen von Spitzer (2017) schwanken die Werte der einzelnen Module in dieser Studie deutlicher (vgl. Abb 74), wobei mehr Items zu finden sind, die auf ein positiveres Image hindeuten. Möglicherweise liegt das daran, dass der Unterricht schon vor den Interventionen vom herkömmlichen Unterricht abwich und innovativ war.

Im Vergleich zu den Ergebnissen von Spitzer (ebd., S. 209) zeigt sich wiederum in Modul 3 bei zwei Gegensatzpaaren (dynamisch-statisch, aktiv-unbeweglich) nach der Intervention ein um mehr als 20 % abweichender, kleinerer Wert und somit ein positiveres Image im Fach Chemie.

Im Folgenden fokussiert die Auswertung auf das dritte Modul, da dort die Image-Werte am unterschiedlichsten sind.

#### Kovariaten

Da bereits die Auswertungen zur Selbstwirksamkeitserwartung kaum Erkenntnisse hinsichtlich Alter und Noten ergaben und die einzelnen Stichproben noch kleiner würden, wurde auf eine Auswertung der Korrelationen zwischen Image Chemie und Alter bzw. Noten verzichtet. Auch wenn die t-Tests hinsichtlich des Geschlechts zur Selbstwirksamkeitserwartung statistisch nicht signifikant waren, werden zum Image t-Tests zum Geschlecht erstellt (siehe Tab. 25), da auch in der Studie von Spitzer deutliche Unterschiede bei den Geschlechtern gefunden wurden (ebd., S. 112).

Tabelle 25: Geschlechtervergleich der Item-Mittelwerte zum Image Chemie mit jeweils gleicher Stichprobe im Pre- und Post-Test, in Modul 3, getrennt nach Geschlechtern

Item	weiblich			männlich		
	pre	post	t-Test	pre	post	t-Test
wichtig...	3.14	3.00	t(7)=1.000,	3.11	2.56	t(9)=3.162,
unwichtig	(1.07)	(1.15)	p=.178	(.93)	(.88)	p=.001
produktiv...	2.29	2.57	t(7)=-1.000,	2.67	2.22	t(9)=1.835,
unproduktiv	(.95)	(.53)	p=.178	(.87)	(.67)	p=.502
kreativ...	2.86	2.29	t(7)=1.922,	3.00	2.78	t(9)=.555,
unkreativ	(.69)	(.49)	p=.051	(.87)	(.84)	p=.297
dynamisch...	3.29	2.29	t(7)=2.646,	3.00	2.44	t(9)=1.104,
statisch	(.76)	(.49)	p=.019	(1.50)	(1.33)	p=.151
offen...	3.00	2.86	t(7)=.548,	2.89	2.44	t(9)=1.180,
abgeschlossen	(1.00)	(.69)	p=.302	(1.05)	(.88)	p=.136
fort...	2.29	2.29	t(7)=<.001,	2.22	2.11	t(9)=.229,
rückschrittlich	(.76)	(.76)	p=.500	(1.30)	(.33)	p=.412
innovativ...	2.43	2.00	t(7)=1.162,	2.44	2.56	t(9)=-.426,
konservativ	(.79)	(.58)	p=.145	(.88)	(.88)	p=.341
aktiv...	3.14	2.57	t(7)=1.188,	2.56	2.00	t(9)=.783,
unbeweglich	(.90)	(.79)	p=.140	(1.42)	(1.12)	p=.228
Neues...an Beste-	3.00	2.50	t(6)=1.168,	2.78	2.78	t(9)=<.001,
hend.f.	(1.27)	(.84)	p=.148	(1.39)	(1.39)	p=.500

Es zeigt sich für beide Geschlechter bei sieben von neun Items ein Mittelwert, der kleiner ist als die Skalenmitte. Signifikante Abweichungen sind beim weiblichen Geschlecht beim Item dynamisch – statisch und beim männlichen Geschlecht beim Item wichtig – unwichtig zu finden.

Insgesamt folgt aus den Auswertungen zur Selbstwirksamkeitserwartung und zum Image, dass sich in Modul 3 eine positive Veränderung zeigte. Möglicherweise kann damit die Integration dreier aufeinanderfolgender Module als sinnvoll bestätigt werden. Es könnte aber auch sein, dass Modul 3 die Schüler\*innen thematisch mehr angesprochen hat, sie kreativer arbeiten konnten oder sie ihre Erfahrungen in anderen Fächern sinnvoll einsetzen konnten. Da das nach Rauth et al. (vgl. Kap. 2.2.5) wichtigste Ziel des Design Thinkings in der Ausbildung – die Zunahme der Selbstwirksamkeitserwartung – erreicht wurde, sind die Rahmenbedingungen vermutlich geeignet, das Konzept umzusetzen. Damit kann z.B. die Themenstellung aus dem Bereich der Nachhaltigkeit als gut angesehen werden. In allen Fällen lässt sich nicht sagen, ob andere Rahmenbedingungen zu besseren oder schlechteren Ergebnissen geführt hätten. Dazu sind Studien mit Vergleichsgruppen erforderlich.

Ergänzend können die Antworten auf die offenen Fragen nach dem dritten Modul herangezogen werden. Die folgenden Zitate von Schüler\*innen unterstützen das Potenzial des Design Thinkings zur Kreativitätsförderung und zur Imageänderung:

Dass wir selbst entscheiden dürfen. Man frei war, wie man das Problem löst. Die Individualität.

Dass man sehr kreativ werden und eigenständig arbeiten und selbst Probleme lösen kann (unabhängig vom Lehrer).

Weil es Spaß macht, eigene Ideen zu finden. Abwechslungsreich.

Das Erstellen von eigenen Produkten fand ich toll.

Gut fand ich, dass man das Problem umfangreich von vielen Seiten betrachtet.

Ich habe gelernt, weiterzudenken und alle Ideen zu berücksichtigen. Es gibt nicht nur eine Lösung.

Mir gefiel der Austausch in der Gruppe. Hilfe für spätere berufliche Aspekte. Bietet Schülern neue Perspektiven.

Das dritte Zitat betont z.B. den produktiven Aspekt dieses Unterrichts, der in Item 2 des Fragebogens zum Image des Chemieunterrichts abgefragt wird.

## 6 Fazit und Ausblick

In dieser Arbeit wurde von der Frage ausgegangen, wie die für die sogenannte VUCA-Welt erforderlichen Fähigkeiten wie Kommunikation, kritisches Denken, Kollaboration und Kreativität gefördert werden können. Ein vielversprechender Ansatz für das Fach Chemie stellt Design Thinking dar, wobei in dieser Arbeit der Schwerpunkt auf die Kreativität gesetzt wurde. Die Gründe dafür lagen darin, dass bereits Ansätze zur Förderung der anderen „Ks“ bestehen und eine Option gefunden werden sollte, das Image positiv zu verändern, so dass nicht nur Chemie-interessierte Jugendliche von dem Fach angesprochen werden.

Zuerst wurden die Rahmenbedingungen für die Implementierung von Design Thinking in den Chemieunterricht mithilfe anderer Forschungsstudien mit Erwachsenen abgeleitet (vgl. Kap. 2). Danach besteht ein sinnvolles Konzept, welches die Selbstwirksamkeitserwartung der Teilnehmenden erhöhen sollte, aus wenigen Unterrichtsstunden mit einem modularen Aufbau. So wurden drei aufeinander aufbauende Unterrichtsmodule mit jeweils zehn Unterrichtsstunden – mit an die Kernlehrpläne (2013) angelehnten Themen – für die Jahrgangsstufen 11, 12 und 13 für eine Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen entwickelt, durchgeführt und evaluiert. Dabei wurde der Prozess des Design Thinkings dahingehend neugestaltet, dass er die Aspekte einer Innovation berücksichtigt und die Schüler\*innen diese bewerten können. Gleichzeitig sollte die Kommunikation durch die Implementation einer eigenen Phase intensiviert werden.

Werden die 4 Ks gefördert und die Selbstwirksamkeitserwartung verbessert, so kann von einer erfolgreichen Konzeptgestaltung und -umsetzung ausgegangen werden.

Im Folgenden werden die Forschungsfragen, wie sie in Kapitel 2.3 abgeleitet wurden, in der dort vorgestellten Reihenfolge beantwortet, um damit die übergeordnete Forschungsfrage zu klären. Zuerst musste ein Datenerhebungsinstrument gefunden und die folgende Frage beantwortet werden:

---

*Bilden die Einträge in den Lerntagebüchern das Unterrichtsgeschehen ab?*

---

Aufgrund einer ca. 80%igen Übereinstimmung der Einträge in den Lerntagebüchern mit den Protokollen zweier Beobachter\*innen konnten die Lerntagebücher als geeignetes Instrument zur Datenerhebung identifiziert werden (vgl. Kap. 5.1). Gleichzeitig konnte

damit gezeigt werden, dass die für die Beobachter\*innen erstellte Beobachtungsanleitung erfolgversprechend ist.

Die sich anschließende Forschungsfrage lautete:

---

*Wenden die Schüler\*innen Design Thinking in dem hier vorgestellten Chemieunterricht an?*

---

Es wurde nachgewiesen, dass alle Teams Design Thinking anwenden, da sie alle Phasen des Design Thinkings durchliefen. Auch die Nutzung von Design Thinking-Kompetenzen wie Recherchieren, Zeitmanagement und Anwendung der Terminologie sowie die Prinzipien iteratives Vorgehen, Visualisierung und Nutzer\*innenzentriertheit konnten als Hinweise auf eine erfolgreiche Umsetzung ausgemacht werden. Dabei konnten die Schüler\*innengruppen durch iteratives Vorgehen ihre Fehler für weitere Erkenntnisse heranziehen. Bewährt haben sich in diesem Zusammenhang das jeweilige Feedback der Lehrkraft am Ende jeder Phase sowie eine kurze Plenumsrunde am Stundenende, an dem die Schüler\*innen kurz über ihre Erfahrungen reflektierten. In diesem Zusammenhang sind auch die relativ hohen metareflexiven Fähigkeiten der Schüler\*innen zu sehen.

Mithilfe weiterer qualitativer Ergebnisse soll nun den Fragen zu den Rahmenbedingungen in der angegebenen Reihenfolge nachgegangen werden: Anzahl der Unterrichtsmodule, Anzahl an Unterrichtsstunden, Klassenstufe, Themenstellung, Methoden. Dabei wird auch die Förderung der 4 Ks thematisiert.

Die Gesamtcodierungen der Phasen waren in Modul 3 am höchsten, was darauf hindeutet, dass die Jungen und Mädchen den Design Thinking-Prozess im letzten Modul am besten umsetzten. Ausgangspunkt des modularen Aufbaus war dabei die von Wrigley und Straker (2017) formulierte schrittweise Einführung von Design Thinking. Da weder in den Kursen dieselben Schüler\*innen teilnahmen, noch die sonstigen Faktoren wie Unterrichtszeit und Reifungseffekte als Störfaktoren berücksichtigt werden konnten, wäre eine Überprüfung mit Kontrollgruppen sowie eine größere Stichprobe für zukünftige Forschungen wünschenswert, in der schulischen Praxis aber nur schwer umsetzbar. Eine Zunahme der Gesamtcodierungen könnte auch darauf beruhen, dass die Schüler\*innen mehr am Thema des Moduls 3 als an den anderen Themen interessiert waren.

Die drei Jahrgangsstufen, in denen das Konzept durchgeführt wurde, wendeten Design Thinking zur Lösung „ihres“ Problems an, so dass sich der in dieser Arbeit entwickelte Ansatz für dieses Alter zu eignen scheint. Es zeigten sich Hinweise darauf, dass im Laufe

der Module die leistungsstarken Gruppen nicht mehr von dem Konzept profitierten als leistungsschwache. Der Leistungsabstand verringerte sich sogar, obwohl Hascher davon spricht (2010) – allerdings im Zusammenhang mit Lerntagebüchern – dass sich insbesondere für Schüler\*innen mit regulatorischen Fähigkeiten Vorteile ergeben. Da aber die leistungsstarken Gruppen in allen Modulen eine höhere Anzahl an Codierungen aufweisen, könnte dies daraus folgen, dass höhere Jahrgangsstufen, die im Vergleich zu den unteren vermutlich ein höheres Leistungsniveau mitbringen, besser für ein derartiges Konzept geeignet sind. Inwieweit die hier gemachten Erfahrungen dennoch für die Entwicklung von Unterrichtssequenzen in unteren Jahrgangsstufen genutzt werden können, stellt bisher ein Desiderat von innovativen Unterrichtskonzepten dar.

Bezüglich der möglichen Anzahl an Unterrichtsstunden lässt sich festhalten, dass vermutlich mehr Stunden zu höheren Codierungen führen könnten (und damit einer möglicherweise besseren Umsetzung des Konzeptes). Als Hinweis darauf könnte die positive Korrelation zwischen Zahl der Codierungen und Verweildauer in den einzelnen Phasen gesehen werden, obwohl damit kein kausaler Zusammenhang aufgezeigt werden kann. Darüber hinaus ist zu bedenken, dass der Einfluss durch Wiederholungseffekte auch zu einem Rückgang der Codierungen führen könnte.

Aussagen hinsichtlich der Themenwahl sind nur bedingt machbar. Eine kommunikative Validierung in Form von Interviews im Anschluss an die Durchführung der Module hätte Aufschluss darüber gegeben, an welchen Themen und aus welchen Gründen die Schüler\*innen daran interessiert sind. Rechtliche Gründe und die soziale Erwünschtheit sprachen allerdings dagegen, weshalb auf Interviews verzichtet werden musste.

Die Selbstwirksamkeitserwartung zeigte bei Modul 2 die niedrigsten Werte, was sich damit begründen ließe, dass die Schüler\*innen vielleicht glaubten, den Anforderungen an die Oberstufe nicht gerecht werden zu können. Es könnte aber auch Schwächen von Modul 2 im Vergleich zu Modul 1 und 3 einräumen. Da sich z.B. die Teamarbeit nicht verschlechterte, kann die Ursache dafür in der Problemstellung liegen. Diese war in Modul 2 weniger real und machte so vermutlich weniger persönlich betroffen, was das Interesse beeinflusst haben könnte. Gleichzeitig wurde in Modul 2 aus organisatorischen Gründen Fachwissen von den Lernenden erst erarbeitet und nicht nur vertieft angewendet, was eine zusätzliche Herausforderung für die Schüler\*innen darstellt. Die Themen hatten alle einen Bezug zur Nachhaltigkeit, wodurch eine komplexe Problemstellung erreicht wurde.

Beim Vergleich der Module ist zu bedenken, dass sich die Stichproben in den einzelnen Modulen unterschieden, da einige Schüler\*innen die Schule verlassen oder den Kurs

gewechselt hatten. Somit kann die Studie nur bedingt als Follow-Up-Studie betrachtet werden.

Bei der Frage nach Unterstützung durch den Erwerb von Methoden wurde betrachtet, ob Leitfragen im Lerntagebuch, die Kenntnisse von Teamregeln, Teamrollen und Zeitmanagement, Kreativitätstechniken und Bewertungsmethoden die Umsetzung optimieren. Leitfragen könnten den Jungen und Mädchen helfen, Design Thinking besser anzuwenden. Allerdings gibt es dafür nur zwei Anhaltspunkte. Zum einen, dass eine leistungsstarke Gruppe, die keine der Leitfragen beantwortet hatte, wenig Codierungen im Lerntagebuch aufwies und zum anderen, dass leistungsschwache Gruppen im Laufe der Module eine deutlichere Zunahme zeigten als leistungsstarke. Vermutlich half ersteren die wiederholte strukturierte Nutzung der Leitfragen. Interviews im Anschluss an die Interventionen hätten Aufschluss darüber geben können, wobei aus den bereits genannten Gründen darauf verzichtet werden musste.

Die Phase 5 wurde umgesetzt und die damit zusammenhängende Bewertungskompetenz verbesserte sich bei den Schülern\*innen im Laufe der Module, so dass die Einführung dieser Phase als gelungen angesehen werden kann. Mit dieser Phase wird den Schülern\*innen erst ein vollständiger Design Thinking-Ansatz vermittelt.

Ebenso konnte eine Zunahme der Kreativität im Laufe der Module aufgezeigt werden. Dennoch bleibt bezüglich der Kreativität noch Handlungsbedarf, denn nur die Produktivität nahm merklich zu. Zur Kreativität zählen nach Guilford (vgl. Kap. 2.1.1) aber noch die Aspekte Originalität und Flexibilität. Zu diesen Bereichen könnten in zukünftigen Studien Methoden trainiert und anschließend auf ihre Wirksamkeit überprüft werden. Als hilfreich könnte sich herausstellen, wenn sich nicht nur die Teams gegenseitig ihre Ideen vorstellen, sondern der\*die Lehrer\*in den Schülern\*innen Ideen aufzeigt, so dass sie eine Vorstellung davon bekommen, was erwartet wird oder wie solche Ideen aussehen könnten.

Das Zeitmanagement scheint sich im Laufe der Module verbessert zu haben, denn im ersten Modul gaben die meisten Teams noch an, dass sie Schwierigkeiten mit der Zeiteinteilung hatten. Im dritten Modul war das bei keinem Team mehr der Fall. Mit zunehmender Erfahrung benötigen die Schüler\*innen vermutlich weniger Zeit für die Umsetzung.

Für die Phasen des Problemraums investierten die Schüler\*innen weit weniger Zeit als für die Phasen des Lösungsraums. Denkbar wäre, dass ein vollständiges Durchdringen des Problemraums das Auffinden von Ideen erleichtern würde. Als Konsequenz daraus ergibt sich, dass die Zeitdauer im Problemraum ausgedehnt werden sollte. Inwiefern dies

einen Einfluss auf die Umsetzung von Design Thinking hätte, bedarf weiterer Untersuchungen.

Die Schüler\*innen bildeten selbst ihre Teams, so dass sie womöglich nicht optimal zusammengesetzt und Teamrollen unbesetzt waren. Dies zeigte sich im ersten Modul, wo eine Gruppe Streitigkeiten hatte, die aber schnell durch die Lehrkraft beseitigt werden konnten. In den folgenden Modulen gaben alle Schüler\*innen in den Lerntagebüchern an, dass sie gut zusammenarbeiteten. Eine Schülerin schrieb, dass die Kenntnis der Teamrollen hilfreich war. Darüber hinaus durchliefen die Schüler\*innengruppen verschiedene Teambildungsphasen, womit gezeigt werden konnte, dass durch dieses Konzept Kollaboration entwickelt werden kann. Ob sich die Teamarbeit verbessert hat, konnte aus zeitlichen Gründen nicht untersucht werden, könnte aber in späteren Studien z.B. mit den von Weßnigk (2013, S. 96–99) angegebenen Datenerhebungsinstrumenten geprüft werden.

Neben den oben genannten Hinweisen auf die Eignung der Rahmenbedingungen, lassen sich diese noch bekräftigen, wenn sich die Selbstwirksamkeitserwartung und das Image des Unterrichtsfaches verbessern, woraus sich die folgenden Forschungsfragen ergaben:

---

*Kann das in dieser Arbeit entwickelte Unterrichtskonzept die Selbstwirksamkeitserwartung der Schüler\*innen positiv verändern?*

*Führt die Intervention zu einem positiveren Image des Faches Chemie bei den Schülern\*innen?*

---

Somit dient die quantitative Datenerhebung zusätzlich als Validierung der qualitativen. Dabei konnten die folgenden Ergebnisse aus der Auswertung bereits etablierter Fragebögen herausgearbeitet werden:

Bei der Selbstwirksamkeitserwartung liegen die Werte in allen Modulen nach der Intervention höher als vor der Intervention. Die Effektstärke ist in allen Modulen klein mit Werten zwischen 0.27 und 0.38. Cronbachs  $\alpha$  liegt durchschnittlich bei .86, was dem Durchschnittswert anderer Forschungsarbeiten entspricht. Es zeigt sich in Modul 3 ein statistisch signifikanter Unterschied für die Mittelwerte der Selbstwirksamkeitserwartung vor und nach der Intervention,  $t(16) = 2.24$ ,  $p = .020$ . Der Mittelwert der Bewertung der Selbstwirksamkeitserwartung war vor der Intervention  $M = 28.00$  ( $SD = 3.48$ ) und hat eine Zunahme auf  $M = 29.41$  ( $SD = 3.95$ ) nach der Intervention gezeigt. Die Werte der männlichen Schüler liegen dabei bei durchschnittlich 28.68 und die der Schülerinnen bei

27.68. Mit der ermittelten Teststärke lässt sich für zukünftige Forschungen die mindestens erforderliche Stichprobengröße mit mindestens 43 errechnen (vgl. Hanna & Dempster, 2017, S. 305–308).

Es wird vermutet, dass die Teamzusammensetzung und das Zeitmanagement keinen oder nur geringen Einfluss auf die Selbstwirksamkeitserwartung haben, denn dann hätten in Modul 3 die Differenzen höher als in den beiden anderen Modulen sein müssen. Die Teamzusammenarbeit und das Zeitmanagement dürften sich mit zunehmender Erfahrung eher verbessert haben. Auch die Anzahl der gefundenen Ideen scheint sich nicht auf die Selbstwirksamkeitserwartung auszuwirken. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob die Selbstwirksamkeitserwartung mit dem kreativen Selbstvertrauen gleichgesetzt werden darf oder ob die Gleichsetzung nur bei den Teilaspekten zur Kreativität – der Originalität und Flexibilität – angemessen ist. Nach Jauk et al. (2013, S. 218–219) sind für originelle Ideen höhere kreative Leistungen erforderlich, so dass eventuell erst das Finden origineller Ideen zu höherer Selbstwirksamkeitserwartung beiträgt.

Beim Image zeigt sich nach dem dritten Modul ein deutlich positiveres Bild als vor der Intervention. Im Vergleich zu den Forschungen von Weßnigg (2013) und Spitzer (2017) liegen die Werte bereits vor allen drei Interventionen über deren Werten, was auf einen schon vor den Interventionen innovativen Unterricht zurückzuführen sein könnte. Insbesondere unter diesem Aspekt ist die Imageänderung als positiv zu bewerten. Ein Zusammenhang mit dem Geschlecht konnte nicht nachgewiesen werden.

Mithilfe der oben aufgeführten Antworten kann nun die übergeordnete Forschungsfrage beantwortet werden. Sie lautet:

---

***Unterstützen die abgeleiteten Rahmenbedingungen die Implementierung von Design Thinking in den Chemieunterricht?***

---

Da das Konzept angewendet wurde und die Schüler\*innen die gewünschten Ergebnisse zeigten, kann davon ausgegangen werden, dass die Gestaltung und Umsetzung in Form eines modularen Aufbaus mit jeweils zehn Unterrichtsstunden gelungen sind. Somit scheint auch die Reihenfolge der Einführung sinnvoll zu sein: zuerst der Design Thinking-Prozess und danach für bestimmte Phasen vorgesehene Methoden. Darüber hinaus sind die Besonderheiten dieses Design Thinking-Ansatzes vielversprechend und die Methoden geeignet, die Kreativität zu fördern sowie die Bewertungskompetenz zu erhöhen.

Im Laufe der Module zeigte sich, dass die Teams eigenständiger arbeiteten und sie das Lerntagebuch selbstverständlich ausfüllten und sie Fehlwege notierten, was ihnen zu Beginn noch sehr schwerfiel. Ob dies ohne zusätzliche Hinweise erfolgt wäre, ist fraglich, weshalb den Schülern\*innen regelmäßig ein kurzes Feedback gegeben werden sollte. Möglicherweise führt diese Vorgehensweise zu einem tieferen Verständnis und besseren Vernetzung der Fachinhalte.

Zum Abschluss dieser Arbeit leite ich aus meiner Forschung Empfehlungen für Lehrkräfte, Lehrplanentwickler\*innen, Schuldirektor\*innen und Bildungspolitiker\*innen zur Umsetzung und Entwicklung weiterer Design Thinking-Unterrichtseinheiten ab. So ist meines Erachtens eine wichtige Voraussetzung einer erfolgreichen Umsetzung eines ergebnisoffenen Konzepts, dass sowohl die Lehrkraft als auch die Schüler\*innen ein sogenanntes Growth Mindset aufweisen. Die Lehrkraft sollte den Jungen und Mädchen klar machen, dass ihre Mindsets veränderbar sind. Die Lehrkraft sollte motivieren können und über große Methodenkenntnisse verfügen.

Bei der Planung weiterer Design Thinking-Einheiten ist aus meiner Sicht sinnvoll, Versuche aus dem zugehörigen Kontext zu suchen, die vielfältig umgesetzt, eigenständig entwickelt und mit ungefährlichen Chemikalien und einfachen Geräten durchgeführt werden können. Danach wird nach einem Problem gesucht, das komplex formuliert werden kann. So eignen sich Themen aus dem Bereich der Nachhaltigkeit, da sie komplex sind und gleichzeitig eine reale Darstellung erleichtern. Möglich ist auch der umgekehrte Weg der Suche nach einem gesellschaftsrelevanten Problem und daran anknüpfend nach Versuchen zu recherchieren, die u.a. vielfältige Umsetzungswege eröffnen.

Bei der Einführung von Design Thinking sollten keine neuen fachlichen Inhalte erarbeitet, sondern diese nur angewendet und vertieft werden. So werden die Schüler\*innen nicht überfordert. Hilfreich ist sicherlich, wenn die Jungen und Mädchen Erfahrungen aus anderen Fächern oder unteren Klassenstufen zur Führung von Lerntagebüchern und zur Nutzung von Methoden mitbringen. Damit stünde mehr Zeit für den eigentlichen Design Thinking-Prozess zur Verfügung. In diesem Fall würde ich die Zeit für die Erarbeitung des Problemraums ähnlich ansetzen wie für den Lösungsraum, denn das tiefe Durchdringen des Problems dürfte beim Auffinden von Lösungsansätzen helfen. Weiterhin wirkt sich unterstützend aus, wenn den Lernenden aus den bereits durchgeführten Modulen exemplarisch Ideen vorgestellt werden, so dass sie eine Vorstellung davon bekommen, was von ihnen erwartet wird.

Erweitert werden könnte dieses Konzept, indem Fachlehrer\*innen aus verschiedenen Disziplinen die Teams verstärken und fächerverbindend gearbeitet wird. Inhaltlich können z.B. gesellschaftswissenschaftliche oder wirtschaftswissenschaftliche Bereiche

vertieft werden. Die Teams könnten zum Beispiel einen Flyer zu „ihrem“ Produkt im Deutsch- oder Medienunterricht entwickeln.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass Design Thinking das Potenzial hat, die Kreativität zu fördern und das Image Chemie positiv zu verändern. Dies konnte durch Zitate von Schüler\*innen unterstützt werden. Einigen von ihnen war besonders wichtig, dass sie selbst entscheiden und eigene Ideen entwickeln durften. Andere fanden den Unterricht abwechslungsreich und kreativ.

Viele der in dieser Arbeit aufgezeigten Erkenntnisse zu den Rahmenbedingungen lassen sich auf andere Fächer übertragen, so dass viele Schüler\*innen in ihrer Kreativität gefördert werden und das mit dem denkbaren positiven Nebeneffekt der Vorbereitung auf ihren späteren Beruf.

## 7 Literaturverzeichnis

- Ackerl, B., Lang, C., & Scherz, H. (2003). *Entwicklung von Selbstständigkeit und Eigenverantwortung bei Oberstufenschülern*, S. 10–11.
- Ackerl, B., Lang, C., & Scherz, H. (2004).: *Entwicklung von Selbstständigkeit und Eigenverantwortung bei Oberstufenschülern*, Leibnitz - Langfassung, S. 12.
- Aflatoony, L., Wakkary, R., & Neustaedter, C. (2018). *Becoming a design thinker: assessing the learning process of students in a secondary level design thinking course*. *International Journal of Art & Design Education*, 37(3), S. 438–453.
- Aktionsbündnis Regenwald statt Palmöl (2021). <https://www.regenwald-statt-palmoel.de/de/palmoel/palmoelverwendung/72-palmoel-und-seine-verwendung> [zuletzt abgerufen am 02.02.2021]
- Altheide, D. L. (1996). *Qualitative media analysis*. Thousand Oaks, California, USA: Sage Publications Ltd.
- Altrichter, H. ua (1997): *PraktikerInnen als ForscherInnen. Forschung und Entwicklung durch Aktionsforschung*. Friebertshäuser, B./Prengel, A. aaO, S, 640660.
- Altrichter, H., Posch, P., & Spann, H. (2018). *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht: Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsevaluation durch Aktionsforschung*. UTB.
- Andreasen, N. C. (2005). *The creating brain: The neuroscience of genius*. Dana Press.
- Amabile, T. M. (1983). *The social psychology of creativity: A componential conceptualization*. *Journal of personality and social psychology*, 45(2), S. 357–376.
- Amabile, T. M. (1988). *A model of creativity and innovation in organizations*. *Research in organizational behavior*, 10(1), S. 123–167.
- Amabile, T., & Grysiewicz, S. S. (1987). *Creativity in the R&D laboratory*. Center for Creative Leadership.
- Amabile, T. M., & Pillemer, J. (2012). *Perspectives on the social psychology of creativity*. *The Journal of Creative Behavior*, 46(1), S. 3–15.
- Amelang, M., & Bartussek, D. (1997). *Differentielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung*. 3. überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Kohlhammer.
- Arnold, J. E. (1959/2016). *Creative engineering*. In W. J. Clancey (Ed.), *Creative engineering: Promoting innovation by thinking differently* (S. 59–150). Stanford Digital Repository. <http://purl.stanford.edu/jb100vs5745> (Original manuscript 1959).

- Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). *The skill content of recent technological change: An empirical exploration*. *The Quarterly journal of economics*, 118(4), S. 1279–1333.
- Bach-Blattner, T., & Bohl, T. (2011). Leistungsüberprüfung und Leistungsbewertung im Kontext der neuen Lernkultur. In W. Sacher, & F. Winter (Hrsg.), *Diagnose und Beurteilung von Schülerleistungen* (S. 177–194). Baltmannsweiler: Schneider Verlag.
- Bachmann, H., & Theel, M. (Hrsg.) (2021). *Die deutschen APA-Regeln: Basierend auf der 7. Auflage (2019) des offiziellen APA-Publication-Manuals*. Scribbr. <https://www.scribbr.de/zitieren/handbuch-apa-richtlinien/> [zuletzt abgerufen am 08.07.2021]
- Bader, H. J., Melle, I., & Nick, S. (1998). *Nachwachsende Rohstoffe: "die Natur als chemische Fabrik"*. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, S. 6.
- Badr Goetz, N. (2007). *Das Dialogische Lernmodell. Grundlagen und Erfahrungen zur Einführung einer komplexen didaktischen Innovation in den gymnasialen Unterricht*. München: Meidenbauer, S. 45–60.
- Badr Goetz, N., & Ruf, U. (2007). *Das Lernjournal im dialogisch konzipierten Unterricht. Lernprozesse dokumentieren, reflektieren und beurteilen-Lerntagebuch und Portfolio in Bildungsforschung und Bildungspraxis*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 133–148.
- Bandura, A. (1977). *Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change*. *Psychological review*, 84(2), S. 191–215.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action*. Englewood Cliffs, NJ, 1986. S.94.
- Bandura, A. 1995. Exercise of personal and collective self efficacy in changing societies. In: Bandura, A. 1995. *Self-efficacy in Changing Societies*. Cambridge, New York, Melbourne: Cambridge University Press. S. 1–45.
- Bandura, A. (1997). *Self-Efficacy: The Exercise of Control*. New York: Freeman.
- Bandura, A. (1999). *Social cognitive theory: An agentic perspective*. *Asian Journal of Social Psychology*, 2(1), S. 21–41.
- Bandura, A. (2012). *On the functional properties of perceived self-efficacy revisited*. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0149206311410606>
- Barab, S., & Squire, K. (Hrsg.) (2004). *Special issue: Design-based research: Claryfying the terms*. In: *The journal of the learning sciences*, 13(1).
- Barron, F., & Harrington, D. M. (1981). *Creativity, intelligence, and personality*. *Annual review of psychology*, 32(1), S. 439–476.

- Bartnitzky, J. (2004). *Einsatz eines Lerntagebuchs in der Grundschule zur Förderung der Lern- und Leistungsmotivation - Eine Interventionsstudie*; Dissertation, Universität Dortmund
- Basadur, M. (1994). Managing the creative process in organizations. In Runco, M. A. (Ed.). (1994). *Problem finding, problem solving, and creativity*. Greenwood Publishing Group, S. 237–268.
- Baumgartner, P. (2004). *Content-Management-Systeme in e-Education*, Innsbruck: Studien-Verlag.
- Baumgartner, P., Häfele, H., & Maier-Häfele, K. (2002). *E-Learning Praxishandbuch – Auswahl von Lernplattformen: Marktübersicht – Funktion – Fachbegriffe*, Innsbruck: Studien-Verlag
- Beck, E., Guldimann, T., & Zutavern, M. (1991). *Eigenständig lernende Schülerinnen und Schüler*. Zeitschrift für Pädagogik, 37 (5), S. 735–767.
- Behrens, Desiree (2017): *Architektur macht kreativ. Design Thinking bei SAP*. In: wissensmanagement (3), S. 14–15.
- Beier, W. (2009). *Biologisch abbaubare Kunststoffe*. Verfügbar unter: [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/383\\_4](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/383_4). [zuletzt abgerufen am 08.07.2021]
- Beiser, D. (2019) <https://www.dirk-beiser.de/wp-content/uploads/2019/08/teamrollen-nach-belbin.pdf> und <https://www.123test.com/de/Teamrollentest/> [zuletzt abgerufen am 08.07.2021]
- Belbin, R. M. (2012). *Team roles at work*. Routledge.
- Berthold, K. (2006). *Handlungskompetent durch Reflexion im Lerntagebuch: Fünf Thesen*. Bildung und Erziehung, 59(2), S. 205–214.
- Bickel-Sandkötter, S. (2001). *Nutzpflanzen und ihre Inhaltsstoffe*. Quelle & Meyer.
- Biggs, J., & Tang, C. (2007). *Outcomes-based Teaching and Learning (OBTL). Why is it, How do we make it work*.
- Bildungsagentur Content Pool GmbH (2005), [http://www.lehrer.at/hausgeraete/ober/pdf/os\\_schmutz\\_GESAMT.pdf](http://www.lehrer.at/hausgeraete/ober/pdf/os_schmutz_GESAMT.pdf), [zuletzt abgerufen am 20.10.2019]
- Bliersbach, M., & Reiners, C. S. (2017). Kreativität und Chemie?. Chemie in unserer Zeit, 51(5), S. 324–331.
- BMBF (2020) <https://www.bmbf.de/de/leinen-los-fuer-ms-wissenschaft---ausstellungsschiff-zeigt-wissenswertes-rund-um-die-12228.html> [zuletzt abgerufen am 01.08.2020]
- Boden, M. A. (2004). *The creative mind: Myths and mechanisms*. Psychology Press.

- Boekaerts, M. (1999). *Self-regulated learning: Where we are today*. International journal of educational research, 31(6), S. 445–457.
- Bohl, T. (2009). *Prüfen und Bewerten im Offenen Unterricht* (4., neu ausgestattete Aufl.). Weinheim; Basel: Beltz.
- Bornemann, S. (2012). *Kooperation und Kollaboration. Das Kreative Feld als Weg zu innovativer Teamarbeit*. Wiesbaden: Springer VS.
- Bortz, J., & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human-und Sozialwissenschaftler*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bosse, D. (2004). Umgang mit Heterogenität in der gymnasialen Oberstufe. In: Bosse, Dorit (Hrsg.): *Unterricht, der Schülerinnen und Schüler herausfordert*. Bad Heilbrunn/ Obb. S. 177–189.
- Boyatzis, R. E. (1998). *Transforming qualitative information. Thematic analysis and code development*. Thousand Oaks, California, USA: Sage Publications Ltd.
- Brandt, A. K., & Eagleman, D. (2017). *The runaway species: How human creativity remakes the world*. Canongate Books Limited.
- Bräuer, G. (2000). *Schreiben als reflexive Praxis. Tagebuch, Arbeitsjournal, Portfolio*. Freiburg im Breisgau: Fillibach, S. 21.
- Bräuer, G. (2004). *Schreiben(d) lernen. Ideen und Projekte für die Schule*. Hamburg
- Brown, A. L. (1992). *Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings*; Journal of the Learning Sciences, 2(22), S. 141–178.
- Brown, Shona L.; Eisenhardt, Kathleen M. (1995): *Product development: Past Research, Present Findings, and Future Directions*. Academy of Management Review 20 (2): S. 343–378.
- Brown, T. (2008). *Design Thinking*. Harvard Business Review, S. 1–10.
- Buchanan, R. (1992). *Wicked problems in design thinking*. Design issues, 8(2), S. 5–21.
- Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e. V., <https://www.bveg.de/Erdgas/Rohstoffe/Reichweite-fossiler-Rohstoffe> [zuletzt abgerufen am 05.08.2020]
- Bungard, W., & Antoni, C. H. (1995). *Gruppenorientierte Interventionstechniken*. Organisationspsychologie, 2, S. 377–404.
- Burmeister, M., Jokmin, S., & Eilks, I. (2011). *Bildung für nachhaltige Entwicklung und Green Chemistry im Chemieunterricht*. Chemkon, 18(3), S. 123–128.

- BVEG (2008). Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geenergie e. V., <https://www.bveg.de/Erdgas/Rohstoffe/Reichweite-fossiler-Rohstoffe> [zuletzt abgerufen am 05.08.2020]
- Carifio, J., & Perla, R. (2008). *Resolving the 50-year debate around using and misusing Likert scales*. *Medical education*, 42(12), S. 1150–1152.
- Carroll, M. P. (2014). *Shoot For The Moon! The Mentors and the Middle Schoolers Explore the Intersection of Design Thinking and STEM*. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 4(1).
- Carroll, M., Goldman, S., Britos, L., Koh, J., Royalty, A., & Hornstein, M. (2010). *Destination, Imagination and the Fires Within: Design Thinking in a Middle School Classroom*. *The Journal of Academic Development and Education*, 1.
- Cattell, R. B. (1963). *Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment*. *Journal of Educational Psychology*, 54(1), S. 1–22. <https://doi.org/10.1037/h0046743>
- Cattell, R. B (1971).: *Abilities: Their structure, growth, and action*. Houghton Mifflin, New York, S. 87–121.
- Cernusca, D. (2007): *Implementation of an Online Learning Enviroment in a Large Classroom*; VDM Verlag Dr. Müller Saarbrücken
- Choi, N. (2005). *Self-efficacy and self-concept as predictors of college students' academic performance*. *Psychology in the Schools*, 42(2), S. 197–205.
- Cooper, R. G., & Kleinschmidt, E. J. (1995). *Benchmarking for firm's critical success factors in new product development*. *Journal of Product Innovation Management* 12 (5): S. 374–391.
- Corazza, G. E. (2016). *Potential originality and effectiveness: The dynamic definition of creativity*. *Creativity Research Journal*, 28 (3), S. 258–267. doi:10.1080/10400419.2016.1195627
- Corazza, G. E. (2016, September 15). *Creativity: A dynamic definition*. Keynote speech at the MIC Conference 2016: From creative brains to creative societies, Bologna, Italy.
- Csikszentmihalyi, M. (2010). *Kreativität: wie Sie das Unmögliche schaffen und Ihre Grenzen überwinden*. Klett-Cotta, S. 210.
- Curedale, R. (2013). *Design thinking*. Topanga: Design Community College.
- d.school Paris. (o. D.). ME310 design innovation. <https://www.dschooll.fr/en/me310/> [zuletzt abgerufen am 20.08.2021]
- d.school. (o. D.). <https://dschooll.stanford.edu> [zuletzt abgerufen am 20.08.2021]

- d.school. (o. D.). The K12 lab wiki. <https://dschool.stanford.edu/programs/k12-lab-network> [zuletzt abgerufen am 20.08.2021]
- Dalgety, J., & Coll, R.K. (2006). Exploring first-year science students' chemistry self-efficacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4, S. 97–116. doi: 10.1007/s10763-005-1080-3
- De Boer, H., & Reh, S. (Eds.). (2013). *Beobachtung in der Schule–Beobachten lernen*. Springer-Verlag.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1993). *Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik*. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), S. 223–238.
- De Florio-Hansen, I. (1999). *Das Lerntagebuch als Projekt. Erfahrungen mit dem journal d'apprentissage: le français et moi*. *Der Fremdsprachliche Unterricht: Französisch*, 41, S. 16–21.
- Deitering, F. G. (1998). Selbstgesteuertes Lernen. In S. Greif, & H.-J. Kurtz (Hrsg.) *Handbuch Selbstorganisiertes Lernen* (2., unveränderte Auflage), (S. 155–161). Göttingen: Verlag für Angewandte Psychologie Göttingen.
- Deitering, F. G. (2001). *Selbstgesteuertes Lernen* (Innovatives Management), 2. Auflage, Hogrefe Verlag.
- Depiné, Á., de Azevedo, I. S. C., Santos, V. C., & Eleutheriou, C. S. T. (2017). Smart Cities and Design Thinking: Sustainable development from the citizen's perspective. In *Proceedings of the February 2017 Conference: IV Regional Planning Conference*, Aveiro, Portugal.
- Design-Based Research Collective (2003). *Design-Based research: An emerging paradigm for educational inquiry*. *Educational Researcher*, 32 (1), S. 5–8.
- De Sousa, F. C. (2008). *Still the elusive definition of creativity*. *Tarptautinis psichologijos žurnalas: Biopsichosocialinis požiūris*, (2), S. 55–82.
- Dignath, C., Büttner, G., & Langfeldt, H.-P. (2008). *How can primary school students learn selfregulated learning strategies most effectively? A meta-analysis on self-regulation training programmes*. In: *Educational Research Review*, 3, S. 101–129.
- Dillenbourg, P. (Hrsg.) (1999). *Collaborative learning. Cognitive and computational approaches*. Amsterdam: Pergamon.
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Wiesbaden: Springer-Verlag.
- Dorst, K. (2011). *The core of 'design thinking' and its application*. *Design Studies*, 32(6), S. 521–532.

- DW Wirtschaft und Wissenschaft, *Global Ideas*, Hrsg. Deutsche Welle, 2018  
<https://www.dw.com/downloads/45810722/180912-dw-global-ideas-lernheft-2.pdf>, S. 23 [zuletzt abgerufen am 16.10.2019]
- Eberle, B. F. (1977). *Scamper*. Buffalo, NY: DOK.
- Edelman, J. A., Owoyele, B., Santuber, J., Talbot, A. V., Unger, K., & Lewinski, K. V. (2020). *Assessing highly effective performative patterns*. In H. Plattner, C. Meinel, & L. Leifer (Eds.), *Design Thinking Research - Investigating Design Team Performance* (S. 15–33). Springer, Cham.
- Edelson, D. C. (2002). *Design Research: What We Learn When We Engage in Design*. *The Journal of the Learning Sciences*, 11(1), S. 105–121.
- Eggert, S., & Bögeholz, S. (2006). *Göttinger Modell der Bewertungskompetenz—Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung*. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, S. 177–197.
- Eilks, I. (2003a). *Kooperatives Lernen im Chemieunterricht: Teil 1*. MNU, 56 (1), S. 51–55.
- Eilks, I. (2003b). *Kooperatives Lernen im Chemieunterricht: Teil 2*. MNU, 56 (2), S. 111–116.
- Eilks, I., & Ralle, B. (2002, January). *Partizipative Fachdidaktische Aktionsforschung. Ein Modell für eine begründete und praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiesdidaktik*. In CHEMKON: Forum für Unterricht und Didaktik (Vol. 9, No. 1, S. 13–18). Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH.
- Eilks, I., Rauch, F., Frerichs, N., & Kapanadze, M. 3. *Aktionsforschung zur Erneuerung des naturwissenschaftlichen Unterrichts*. *Das ARTIST-Guidebook*, 9, S. 15.
- Einsiedler, W. (Hrsg.). (2011). *Unterrichtsentwicklung und didaktische Entwicklungsforschung*. Klinkhardt.
- Ekvall, G. (1996). *Organizational climate for creativity and innovation*. *European journal of work and organizational psychology*, 5(1), S. 105–123.
- Endres, H. J., & Siebert-Raths, A. (2009). *Technische Biopolymere. Rahmenbedingungen, Marktsituation, Herstellung, Aufbau und Eigenschaften*. 1st ed. München: Hanser, S. 5–6.
- Erbeldinger, J., & Ramge, T. (2015): *Durch die Decke denken*. München: Redline Verlag.
- Essau, K. (1977), *Anatomy of Seed Plants*, 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York, S. 36.

- Euler, M. (2001). *Lernen durch Experimentieren*. In M. Prenzel, U. Ringelband, & M. Euler (Hrsg.), *Lernort Labor. Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft. Bericht über einen Workshop in Kiel im Februar 2001* (IPN-Materialien, S. 13–42). Kiel: IPN.
- Euler, D. (2012). Unterschiedliche Forschungszugänge in der Berufsbildung: eine feindliche Koexistenz? In E. Severing, & R. Weiss (Hrsg.), *Qualitätsentwicklung in der Berufsbildungsforschung* (S. 29–46). Bielefeld: W.Bertelsmann.
- Euler, D. (2014). *Design Research-a paradigm under development*.
- Eysenck, H. J. (1979). *The structure and measurement of intelligence*. Transaction Publishers, S. 175–193
- Fadel, C., Bialik, M., & Trilling, B. (2017). *Die vier Dimensionen der Bildung*. ZLL21 Zentralstelle für Lernen und Lehren im 21. Jahrhundert e. V..
- Faulstich-Wieland, H. (2004). *Mädchen und Naturwissenschaften in der Schule. Expertise für das Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg*. <http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/fileadmin/MaterialienBT/Expertise.pdf> [zuletzt abgerufen am 29.05.2020]
- Feldhaus, L.; Primavera, J., & Kleible, A. (2018). HOPP FOUNDATION for Computer Literacy & Informatics gGmbH, [hopp-foundation.de](http://hopp-foundation.de) [zuletzt abgerufen am 08.07.2021]
- Feldhusen, J. F., & Goh, B. E. (1995). *Assessing and accessing creativity: An integrative review of theory, research, and development*. *Creativity Research Journal*, 8(3), S. 231–247.
- Feser, M. S. (2018, September). Methodenworkshop: Typen qualitativer Inhaltsanalyse. Beitrag präsentiert auf der GDCP Jahrestagung 2018, Kiel
- Fischer, D., & Bosse, D. (2010). Das Tagebuch als Lern- und Forschungsinstrument. In: Friebertshäuser, Barbara; Prengel, Annedore (Hrsg.). *Qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft*. Juventa Verlag. Weinheim. S.871–886.
- Fonds der Chemischen Industrie im Verband der Chemischen Industrie e. V (2007). *Informationsserie Textilchemie*, [www.vci.de/vci/downloads-vci/textilchemie-textheft.pdf](http://www.vci.de/vci/downloads-vci/textilchemie-textheft.pdf) [zuletzt abgerufen am 27.09.2021]
- Forum Waschen (2013). Vortrag: 9. Multiplikatoren tagung in Fulda 8. März 2013, Dr. Alfred Kürzinger, Delta Pronatura Dr. Krauß, & Dr. Beckmann KG [https://www.forumwaschen.de/files/content/Aktionstag%20Nachhaltiges%20%28Ab%29Waschen/Multiplikatoren%20tagung/Multi%202013/Waschmittel%2BFleckentferner-2013\\_Kuerzinger.pdf](https://www.forumwaschen.de/files/content/Aktionstag%20Nachhaltiges%20%28Ab%29Waschen/Multiplikatoren%20tagung/Multi%202013/Waschmittel%2BFleckentferner-2013_Kuerzinger.pdf) [zuletzt abgerufen am 20.10.2019]

- Frackiewicz, P. (2019). Zum Einsatz von Lerntagebüchern beim „Design thinking“ im Chemieunterricht; Masterarbeit, Universität Siegen, unveröffentlicht
- Freedman, K. (2010). *Rethinking creativity: A definition to support contemporary practice*. *Art Education*, 63(2), S. 8–15.
- Friedrich, H. F., & Mandl, H. (1997). Analyse und Förderung selbstgesteuerten Lernens. In F. E. Weinert, & H. Mandl (Hrsg.), *Psychologie der Erwachsenenbildung* (S. 237–293). Göttingen: Hogrefe.
- Frietsch, R.; Schubert, T.; Feidenheimer, A., & Rammer, C., (2020) in BDI\_Innovationsindikator 2020 [http://www.innovationsindikator.de/fileadmin/content/2020/pdf/Innovationsindikator\\_2020-kompakt.pdf](http://www.innovationsindikator.de/fileadmin/content/2020/pdf/Innovationsindikator_2020-kompakt.pdf) [zuletzt abgerufen am 27.07.2020]
- Funke, J. (1999). *Komplexes Problemlösen* [Themenheft]. *Psychologische Rundschau*, 50(4).
- Funke, J. (2000). *Psychologie der Kreativität*. In: *Kreativität* (S. 283–300). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Galton, F. (1869). *Hereditary genius: An inquiry into its laws and consequences* (Vol. 27). Macmillan. S. 6, 63, 67, 81, 107, 110.
- Gardner, H. (2007). *Five Minds for the Future*. La teoría en la práctica [Five Minds for the Future. The theory in practice].
- Gebert, D. (2004). *Innovation durch Teamarbeit: eine kritische Bestandsaufnahme*. Kohlhammer
- Gerling, A., & Gerling G. (2018). *Der Design-Thinking-Werkzeugkasten - Eine Methodensammlung für kreative Macher*. dpunkt.verlag Heidelberg
- Getzels, J. (1975). *Creativity: Prospects and issues*. In I. Taylor, & J. W. Getzels (Eds.), *Perspectives in creativity* (S. 326–344). Chicago, IL: Aldine.
- Gläser, J., & Laudel, G. (2010). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. Als Instrument rekonstruierender Untersuchungen* (4. Auf.). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gläser, J., & Laudel, G. (2013). *Life with and without coding: Two methods for early-stage data analysis in qualitative research aiming at causal explanations*. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 14(2), Art. 5, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs130254> [zuletzt abgerufen am 05.10.2021]
- Gläser-Zikuda, M., & Hascher, T. (2007). Zum Potenzial von Lerntagebuch und Portfolio. In: Gläser-Zikuda, Michaela; Hascher, Tina (eds.) *Lernprozesse dokumentieren, reflektieren und beurteilen. Lerntagebuch und Portfolio in Bildungsforschung und Bildungspraxis* (S. 9–21). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- Götz, T., & Nett, U. E. (2017). Selbstreguliertes Lernen. In Götz, T. (Hrsg.): *Emotion, Motivation und selbstreguliertes Lernen* (S. 143–184). Paderborn: Schöningh (2. Auflage).
- Gräber, W., & Kleuker, U. (1998). *Erläuterungen zu Modul 8: Entwicklung von Aufgaben für die Kooperation von Schülern (BLK-Modellversuch zur "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts")*. Verfügbar unter <http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/fileadmin/MaterialienBT/modul8.zip> [zuletzt abgerufen am 30.07.2020]
- Griffin, P.; McGaw, B., & Care, E. (2012). *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. Dordrecht: Springer.
- Grots, A. & Pratschke, M. (2009). *Design Thinking – Kreativität als Methode*. Marketing Rev St. Gallen 2, S. 18–23.
- Gudjons, H. (2003). *Didaktik zum Anfassen – Lehrer/in-Persönlichkeit und lebendiger Unterricht*, Bad Heilbrunn: Klinkhardt-Verlag, 3. Auflage.
- Guilford, J. P. (1950). *Creativity: American Psychologist*, 5, S. 444–454, <https://doi.org/10.1037/h0063487>
- Guldimann, T. (2003). *Das Lernen verstehen – eine Voraussetzung für die Lerndiagnose*. Schulverwaltung spezial, 2, S. 4–8.
- Gupta, A. K.; Raj, S. P., & Wilemon, D. (1987): *Managing the R&D marketing interface*. Research Management (2): S. 38–43.
- Gürtler, J., & Meyer, J. (2013). *30 minuten design thinking*. GABAL Verlag GmbH, 10.
- Guzzo, R. A. (1996). *Fundamental considerations about work groups*. Handbook of work group psychology, 3-21.4.
- Haager, J. S., & Baudson, T. G. (2019). *Kreativität in der Schule-finden, fördern, leben*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Haase, J.; V. Hoff, E., Hanel, P. H. P., & Innes-Ker, Å: *A Meta-Analysis of the Relation between Creative Self-Efficacy and Different Creativity Measurements*. In: Creativity Research Journal. Band 30, Nr. 1, 2. Januar 2018, ISSN 1040-0419, S. 1–16, doi:10.1080/10400419.2018.1411436 (tandfonline.com [zuletzt abgerufen am 29. 08.2019]).
- Hanke, P. (2006). *Grundschule in Entwicklung–Herausforderungen und Perspektiven für die Grundschule heute. Einführung*. Münster, S. 7–14.
- Hanna, D., & Dempster, M. (2017). *Statistik für Psychologen für Dummies*. John Wiley & Sons.

- Harpe, S. E. (2015). *How to analyze Likert and other rating scale data*. *Currents in pharmacy teaching and learning*, 7(6).
- Hascher, T., & Astleitner, H. (2007). *Blickpunkt Lernprozess. Lernprozesse dokumentieren, reflektieren und beurteilen. Lerntagebuch und Portfolio in Bildungsforschung und Bildungspraxis*, S. 25–43.
- Hascher, T. (2005). *Diagnostizieren in der Schule*. *PraxisWissen SchulLeitung*, S. 1–8.
- Hascher, T. (2010). Lernen verstehen und begleiten - Welchen Beitrag leisten Tagebuch und Portfolio? In: Gläser-Zikuda, Michaela (ed.) *Lerntagebuch und Portfolio aus empirischer Sicht*. *Erziehungswissenschaft: Vol. 27* (S. 166–180). Landau: Empirische Pädagogik.
- Hasso Plattner Institute: School of Design Thinking 2016, <https://hpi.de//index.html> [zuletzt abgerufen am 21.07.2021]
- Hattie, J., Beywl, W., & Zierer, K. (2013). *Lernen sichtbar machen*. Hohengehren.
- Haushalt aktiv (2004). [http://www.lehrer.at/hausgeraete/ober/pdf/os\\_schmutz\\_GESAMT.pdf](http://www.lehrer.at/hausgeraete/ober/pdf/os_schmutz_GESAMT.pdf) [zuletzt abgerufen am 20.10.2019]
- Heller, K. A. (1973). *Intelligenzmessung*. Neckar-Verlag.
- Helmke, A. (2007). *Einblick in die Lehr-Lern-Situation": Ein Bogen zur Unterrichtsbeobachtung. SchulleitungPlus: Grundsätze und Verfahren wirksamer Führung*. München: Oldenbourg.
- Helmke, A. (2007). *Unterrichtsqualität: Erfassen, bewerten, verbessern*. Klett.
- Heske, H. (2001). *Lerntagebücher. Eine Unterrichtsmethode, die das Selbstlernen im Mathematikunterricht fördert*. *Mathematik lehren*, 104, S. 14–17.
- Hesse M. et al., Gerhardt A. (Hrsg.). *Inhaltsstoffe bei Pflanzen* (1990) PdN-B. 4/39, S. 33.
- Hill, B. (2001). *Der Methodenbaukasten*. Aachen: Shaker Verlag.
- Hinz, A., Schumacher, J., Albani, C., Schmid, G., & Brähler, E. (2006). *Bevölkerungsrepräsentative Normierung der Skala zur Allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung*. *Diagnostica*, 52(1), S. 26–32.
- Hocevar, D. (1981). *Measurement of creativity: Review and critique*. *Journal of Personality assessment*, 45(5), S. 450–464.
- Hoffmann, C.P.; Lennerts, S.; Schmitz, C.; Stölzle, W.; Uebnickel, F (Hrsg.) (2016): *Business Innovation: Das St. Galler Modell*, Wiesbaden: Gabler Springer Verlag.

- Holsti, O. R. (1969). *Content Analysis for the Social Sciences and Humanities*. Reading, Massachusetts, USA: Addison-Wesley Publishing Company.
- Hörmann, H.-J. (1986). Selbstbeschreibungsfragebogen. In Scharzer, R. (Hrsg.), *Skalen zur Befindlichkeit und Persönlichkeit* (S. 47–83): Freie Universität Berlin.
- Hostettmann, K. (2005): *Saponins*. Cambridge University Press, S. 18.
- Hoy, A.W., & Schönplflug, U. (2008). *Pädagogische Psychologie*. München: Pearson Studium.
- Huber, A. A. (2007). *Wechselseitiges Lehren und Lernen (WELL) als spezielle Form kooperativen Lernens*. Logos-Verlag.
- Hußmann, S. (2003). *Mathematik entdecken und erforschen in der Sekundarstufe II–Theorie und Praxis des Selbstlernens in der Sekundarstufe II*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Hussy, W. (1986). *Denkpsychologie: ein Lehrbuch. 2. Schlußfolgern, Urteilen, Kreativität, Sprache, Entwicklung, Aufmerksamkeit*. Kohlhammer.
- Ingold, S., Maurer, B., & Trüby, D. (2019). *Chance Makerspace*. kopaed.
- ISB Staatinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (2008): Pädagogisch diagnostizieren im Schulalltag. In: *ISB-Projekt: Individuell fördern*. München, Staatinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung.
- Jacob, N. C. (2014). Lernen von kreativen Vordenkern—Ein Workshop zur Kreativitätsförderung. In *Innovationsorientierte Personalentwicklung* (S. 175–187). Springer Gabler, Wiesbaden.
- Jäger, A. O. (1984). *Intelligenzstrukturforschung: Konkurrierende Modelle, neue Entwicklungen, Perspektiven*. Psychologische Rundschau, 35, S. 21–35.
- Jansen, M. (2014). *Akademische Selbstkonzepte in den naturwissenschaftlichen Fächern: Ausdifferenzierung, Geschlechtsunterschiede und Effekte dimensionaler Vergleiche* (Doctoral dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin).
- Jauk, E., Benedek, M., Dunst, B., & Neubauer, A. C. (2013). *The relationship between intelligence and creativity: New support for the threshold hypothesis by means of empirical breakpoint detection*. Intelligence, 41(4), S. 212–221. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2013.03.003>
- Jenkins J (2010). Creating the Right Environment for Design. In: Lockwood T (Hrsg) *Design Thinking – Integrating Innovation, Customer Experience, and Brand Value*. Allworth Press, New York, S 23–33.

- Jerusalem, M., & Mittag, W. (1999). Selbstwirksamkeit, Bezugsnormen, Leistung und Wohlbefinden in der Schule. In Jerusalem, M., Pekrun, R. & Jerusalem-Pekrun (Hrsg.), *Emotion, Motivation und Leistung* (S. 223–245). Göttingen: Hogrefe Verl. für Psychologie.
- Jerusalem, M., & Schwarzer, R. (1999). *Skala zur allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung. Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. Berlin: Freie Universität Berlin.
- Jerusalem, M., & Schwarzer, R. (2003). *SWE-Skala zur Allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung*.
- Jobst, B., Köppen, E., Lindberg, T., Moritz, J., Rhinow, H., & Meinel, C. (2012). The faith-factor in design thinking: Creative confidence through education at the design thinking schools Potsdam and Stanford?. In *Design thinking research* (S. 35–46). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Johannsson-Sköldberg, U., Woodilla, J., & Çetinkaya, M. (2013). *Design Thinking: Past, Present and Possible Futures. Creativity and Innovation Management*, 22(2), S. 121–146.
- Jürgens, E. (2010). *Leistung und Beurteilung in der Schule*. 7. überarb. Aufl. Sankt Augustin: Academia.
- Kabanoff, B., & Rossiter, J. R. (1994). *Recent developments in applied creativity*. International review of industrial and organizational psychology, 9, S. 283–324.
- Kail, R., Pellegrino, J. W., & Hildebrandt-Essig, A. (1988). *Menschliche Intelligenz*. Spektrum der Wissenschaft.
- Kanfer, F. H., Reinecker, H., & Schmelzer, D. (1996). *Selbstmanagement-Therapie* (2. Aufl.): Berlin. Heidelberg, New York usw.: Springer.
- Kantereit, T. (Ed.). (2020). *Hybrid-Unterricht 101: Ein Leitfaden zum Blended Learning für angehende Lehrer: innen*. Visual Ink Publishing.
- Kasper, H., & Lipowsky, F. (1997). *Das Lerntagebuch als schülerbezogene Evaluationsform in einem aktiv-entdeckenden Grundschulunterricht - Beispiele aus einem Geometrie-Projekt*; in: Schönbeck, J. (Hrsg.): *Facetten der Mathematikdidaktik*, Deutscher Studienverlag Weinheim.
- Katzenbach, J. R., & Smith, D. K. (1993). *Teams: der Schlüssel zur Hochleistungsorganisation*, übers. aus dem Amerik.". *The Wisdom of Teams*", Wirtschaftsverlag Ueberreuter, Wien.

- Kauertz, B., Detzel, A., & Volz, S. (2011). *Ökobilanz von Danone Activia-Verpackungen aus Polystyrol und Polylactid*. Heidelberg: ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, abgerufen 29.07.2020 unter [https://www.foodwatch.org/uploads/media/OEkobilanz\\_Danone\\_Activia\\_IFEU\\_Institut\\_01.pdf](https://www.foodwatch.org/uploads/media/OEkobilanz_Danone_Activia_IFEU_Institut_01.pdf) [zuletzt abgerufen am 02.12.2020]
- Kauffeld, S. (2001). *Teamdiagnose*. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.
- Kauffeld, S. (2002). Das Kasseler-Kompetenz-Raster (KKR)—ein Beitrag zur Kompetenzmessung. In *Kompetenzentwicklung in der beruflichen Bildung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Kelley, T., & Kelley, D. (2005). *The 10 faces of innovation*. Retrieved July 10, 2016 from <http://www.fastcompany.com/54102/10-faces-innovation> [zuletzt abgerufen am 08.01.2020]
- Kelley, T., & Kelley, D. (2013). *Creative confidence*. New York: Crown Publishing.
- Kelley, T., & Littman, J. (2005). *The ten faces of innovation. IDEO's strategies for beating the devil's advocate & driving creativity throughout your organization*. New York: Currency/Doubleday.
- Kempf, D. <https://bdi.eu/artikel/news/innovationsindikator-2018-deutschland-liegt-deutlich-hinter-spitzenreitern/> [01.05.2019]).
- Kerguene, A., Schaefer, H., & Taherivand, A. (2017). *Design Thinking: Die agile Innovations-Strategie* (Vol. 307). Haufe-Lexware.
- Kerguene, A. (2017a). Eine kurze Geschichte des Design Thinking. In: Hasso-Plattner-Institut Academy (Hrsg.): *Design Thinking. Der kreative Weg zu innovativen Lösungen*. Unter Mitarbeit von Dozenten der HPI Academy. Hamburg: ZEIT Akademie GmbH, S. 6–7.
- Kerguene, A. (2017b). Was ist Design Thinking? In: Hasso-Plattner-Institut Academy (Hrsg.): *Design Thinking. Der kreative Weg zu innovativen Lösungen*. Unter Mitarbeit von Dozenten der HPI Academy. Hamburg: ZEIT Akademie GmbH, S. 17–27.
- Kessels, U., & Hannover, B. (2004). Entwicklung schulischer Interessen als Identitätsregulation. In J. Doll, & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 398–412). Münster: Waxmann.
- Kessels, U., & Hannover, B. (2006). Zum Einfluss des Images von mathematisch-naturwissenschaftlichen Schulfächern auf die schulische Interessenentwicklung. In M. Prenzel & L. Al-lolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 350–369). Münster: Waxmann.

- Kessels, U., Rau, M., & Hannover, B. (2006). *What goes well with physics? Measuring and altering the image of science*. *British Journal of Educational Psychology* (76), S. 761–780.
- Kernlehrplan für die Sekundarstufe II NRW – Chemie (2013). Schulentwicklung NRW - Lehrplannavigator S II - Gymnasiale Oberstufe - Chemie - Kernlehrplan Chemie für die Gymnasiale Oberstufe - Übersicht [zuletzt abgerufen am 27.09.2021]
- Kim, K. H. (2008). *Meta-Analyses of the Relationship of Creative Achievement to Both IQ and Divergent Thinking Test Scores*. In: *The Journal of Creative Behavior*. Band 42, Nr. 2, 1. Juni 2008, ISSN 2162-6057, S. 106–130, doi:10.1002/j.2162-6057.2008.tb01290.x (wiley.com [abgerufen am 12. November 2019]).
- Klostermann, M. (2014). *Lehr-/Lern-Überzeugungen von Studierenden und Lehrenden im Fach Chemie im ersten Studienjahr* (Doctoral dissertation, Universitätsbibliothek Kiel).
- KMK, & BMZ (2016). *Orientierungsrahmen globale Entwicklung*.
- Kniberg, H., & Skarin, M. (2010). *Kanban und Scrum*. <https://res.infoq.com/news/2010/01/kanban-scrum-minibook/en/resources/KanbanAndScrum-German.pdf> [zuletzt abgerufen am 19.11.2021]
- Komus, Ayelt et al. (2020). Studie Status Quo (Scaled) Agile 2019/20, Ergebnisbericht-SQA-INT-v1.0.2.pdf
- Konrad, K. (2008). *Erfolgreich selbstgesteuert Lernen – Theoretische Grundlagen, Forschungsergebnisse, Impulse für die Praxis*, Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt Verlag.
- Körner, H. D., & Ihringer, S. (2016). *Selbstwirksamkeit beim Experimentieren – Mädchen und Jungen in den Naturwissenschaften. Vielfalt geschlechtergerechter Unterrichtsideen und konkrete Umsetzungsbeispiele für Sekundarstufen*, Berlin, S. 106–140.
- Krapp, A., & Ryan, R. M. (2002). Selbstwirksamkeit und Lernmotivation. *Zeitschrift für Pädagogik. Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen*, 44, S. 54–82.
- Krippendorff, K. (1980). *Validity in content analysis*. In E. Mochmann (Hrsg.), *Computerstrategien für die Kommunikationsanalyse* (S. 69–112). Frankfurt am Main: Campus Verlag.
- Krippendorff, K. (2004). *Content Analysis. An Introduction to Its Methodology* (2. Auf.). Thousand Oaks, California, USA: Sage Publications Ltd.

- Krüger, M. (2019). *Design Thinking für berufsbildende Schulen? Annäherung an einen Innovationsansatz über dessen Erprobung in der Lehrerbildung*. Journal of Technical Education (JOTED), 7(1).
- Krupp, U.; Sommer, K.; Klein, M., & Schneider, C. (2015). *Nachwachsende Rohstoffe – immer nachhaltig? Nutzungskonflikt am Beispiel von Palmöl und Palmkernöl*. Unterricht Chemie, 26, S. 24–32.
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3. Aufl.). Weinheim: Beltz Juventa.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Aufl.). Weinheim: Beltz Juventa.
- Kuhn, D. (1999). *A Developmental Model of Critical Thinking*, In: Educational Researcher 28, no. 2, S.16–46.
- Lai, E.; DiCerbo, K., & Foltz, P. (2017). *Skills for Today: What We Know about Teaching and Assessing Collaboration*. London: Pearson.
- Lamnek, S. (2010). *Qualitative Sozialforschung*. Lehrbuch. 4. Aufl. Beltz.
- Landmann, M., & Schmitz, B. (2004). *Entwicklung, Einsatz und Evaluation eines standardisierten Tagebuchs zur Verbesserung der Zielerreichung bei Frauen in Phasen beruflicher Neuorientierung*. In: W. Bos; E.M. Lankes; N. Plaßmeier.
- Landmann, M., & Schmitz, B. (2007). *Welche Rolle spielt Self-Monitoring bei der Selbstregulation und wie kann man mit Hilfe von Tagebüchern die Selbstregulation fördern. Lernprozesse dokumentieren, reflektieren und beurteilen. Lern-tagebuch und Portfolio in Bildungsforschung und Bildungspraxis*, S. 149–169.
- Lang, M., & Pätzold, G. (2006): *Wege zur Förderung selbstgesteuerten Lernens in der beruflichen Bildung*. Bochum; Freiburg: Projekt Verlag.
- Lee, D. (2018). *Design thinking in the classroom: Easy-to-use teaching tools to foster creativity, encourage innovation, and unleash potential in every student*. Ulysses Press.
- Leifer, L. (2012): *Über Design Thinking, Bad Guys, Experimente, Jagd und organisationalen Wandel*. In: *OrganisationsEntwicklung*, Nr. 2, 2012, S. 8–13.
- Lembcke, T. B., Brendel, A. B., & Kolbe, L. M. (2019). *Make Design Thinking Teams Work: Einblicke in die Herausforderungen von innovativen Team-Kollaborationen*. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 56(1), S. 135–146.
- Lewrick, M., Link, P., & Leifer, L. (Eds.). (2018). *Das Design Thinking Playbook: mit traditionellen, aktuellen und zukünftigen Erfolgsfaktoren*. Vahlen.

- Liebig, S. (2003). *Ein anderer Blick auf Unterricht: Das Lerntagebuch*; <http://saliebig.bw.lo-net2.de/administrator/Lerntagebuch.pdf> [zuletzt abgerufen am 19.08.2019]
- Lissmann, U. (2008). *Leistungsmessung und Leistungsbeurteilung. Eine Einführung*. Landau: Verlag Empirische Pädagogik.
- Lissmann, U. (2010). *Leistungsmessung und Leistungsbeurteilung – eine Einführung* (Materialien für Lehre-, Aus- und Weiterbildung, Bd. 32). 2. korr. u. erg. Auflage. Landau: Verlag Empirische Pädagogik.
- Lor, R. (2017, May). *Design thinking in education: a critical review of literature*. In IACSSM; ACEP, Conference Proceedings, S. 36–68.
- Lüttge, U., Kluge, M., & Bauer, G. (1989). *Botanik*. VCH.
- Mabey, C., & Caird, S. (1999). *Building team effectiveness*. Open University. Milton Keynes.
- Malikow, M. (2018). *Towards an Understanding of Creativity*, S.10.
- Mansfield, R. S., & Busse, T. V. (1981). *The psychology of creativity and discovery: Scientists and their work*. Burnham.
- Marsh, H. W., Barnes, J., Cairns, L., & Tidman, M. (1984). *Self-Description Questionnaire: Age and sex effects in the structure and level of self-concept for preadolescent children*. *Journal of Educational Psychology*, 76(5), S. 940.
- Marsh, H., & O'Neill, R. (1984). *Self Describing Questionnaire III: The Construct Validity of Multi-dimensional Self-Concept Ratings by late Adolescents*. *Journal of Educational Measurement*, 21(2), S. 153–174.
- Marsh, H. W., & Martin, A. J. (2011). *Academic self-concept and academic achievement: Relations and causal ordering*. *British Journal of Educational Psychology*, 81(1), S. 59–77.
- Maué, B., Schönheit, E., & Trauth, J. (2019). *Unterrichtsmaterialien Papier – von Natur bis Kultur*. [https://www.foep.info/dokumente/upload/296c7\\_Unterrichtsmaterialien\\_Papier\\_-\\_von\\_Natur\\_bis\\_Kultur.pdf](https://www.foep.info/dokumente/upload/296c7_Unterrichtsmaterialien_Papier_-_von_Natur_bis_Kultur.pdf) [zuletzt abgerufen am 20.05.2020]
- Mayer, J., & Hillmann, S. (1996). *Assessing students' thinking through writing*. *Mathematics Teacher*, 89, S. 428–432.
- Mayring, P. (1995). *Möglichkeiten fallanalytischen Vorgehens zur Untersuchung von Lernstrategien*; *Empirische Pädagogik* Bd. 9 Nr. 2, S. 155–171.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse*. 12., überarb. Aufl.

- Mayselless, N., Saggar, M., Hawthorne, G., & Reiss, A. (2018). *Creativity in the twenty-first century: The added benefit of training and cooperation*. In Design thinking research, S. 239–249. Springer.
- McKenney, S. (2001). *Computer-based support for science education materials developers in Africa: Exploring potentials*. Doctoral dissertation. Enschede, the Netherlands: University of Twente.
- McKenney, S., Nieveen, N., & Van den Akker, J. (2006). *Design Research from a Curriculum Perspective*. In Educational design research, S. 62–90.
- Mednick, S. (1962). *The associative basis of the creative process*. Psychological review, 69(3), S. 220–232.
- Meinel, C., & Leifer, L. (2011). Design thinking research. In H. Plattner, C. Meinel, & L. Leifer (Eds.), *Design thinking. Understand – improve – apply* (pp. xiii–xxxi). Heidelberg: Springer.
- Meinel, C., Weinberg, U., & Krohn, T. (Eds.). (2015). *Design thinking live: Wie man Ideen entwickelt und Probleme löst*. Murmann Publishers GmbH.
- Merziger, P. (2007). *Entwicklung selbstregulierten Lernens im Fachunterricht: Lernstagebücher und Kompetenzraster in der gymnasialen Oberstufe*. Verlag Barbara Budrich.
- Mittelbach, T. (2020). *Scrum in die Schule!*. Visual Ink Publishing
- Montoto, O. C. [https://www.usableyaccessible.com/recurso\\_glosario.php#double\\_diamond\\_design\\_process\\_model](https://www.usableyaccessible.com/recurso_glosario.php#double_diamond_design_process_model) [zuletzt abgerufen am 14.10.2021]
- Morgan, D. N. (1953). *Creativity today: A constructive analytic review of certain philosophical and psychological work*. Journal of Aesthetics and Art Criticism, 12, S. 1–24. doi:10.2307/426297
- Mühle, G. (2004). *Art. Kreativität, Kreativitätsforschung*. Dorsch, Friedrich, Psychologisches Wörterbuch, Bern, S. 516–518.
- Mühle, G., & Häcker, H. (1998). *Kreativität, Kreativitätsforschung*. Dorsch Psychologisches Wörterbuch, 13, S. 467–468.
- Müller, S. C., & Heimann, R. (2020). *Palm Oil–“all-round talent “and green horror: an interdisciplinary concept for a multidimensional view on palm oil*. CHEM-KON, 27(5), S. 224–231.
- Muir, N., & Kimbell, I. (2008). *Discover SAP®*. 1. Aufl. Bonn: Galileo Press (SAP Press).
- Mumford, M. D., & Gustafson, S. B. (1988). *Creativity syndrome: Integration, application, and innovation*. Psychological bulletin, 103(1), S. 27.

- Nadas, E., & Nietzschmann, R. (2001). *Erfahrungen mit Lerntagebüchern. Ein Instrument der gegenseitigen Rückmeldung und der Bewertung?* In: Pädagogik 5 (2001). S. 27.
- Neber, H. (2002). Entdeckendes Lernen im Kontext neuerer Lehr-Lern-Forschungen. In: Hameyer, & J. Wiechmann (Hrsg.) 1998, *Entdeckendes Lernen. Didaktische Texte zum Sachunterricht*, Kiel.
- Norman, G. (2010). *Likert scales, levels of measurement and the "laws" of statistics*. *Advances in health sciences education*, 15(5)
- Noweski, C., Scheer, A., Büttner, N., von Thienen, J., Erdmann, J., & Meinel, C. (2012). Towards a paradigm shift in education practice: Developing twenty-first century skills with design thinking. In *Design thinking research*, S. 71–94. Springer.
- Nückles, M., Hübner, S., & Renkl, A. (2009). *Enhancing self-regulated learning by writing learning protocols*. *Learning and instruction*, 19(3), S. 259–271.
- Nückles, M., Hübner, S., Glogger, I., Holzäpfel, L., Schwonke, R., & Renkl, A. (2010). Selbstreguliert lernen durch Schreiben von Lerntagebüchern. In Gläser-Zikuda, M. (Hrsg.). *Lerntagebuch und Portfolio auf dem Prüfstand*. Landau: Verlag Empirische Pädagogik. S. 35–58.
- OECD (2004) *Learning for Tomorrow's World. First Results from PISA 2003*. Paris: OECD <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/218525261154.pdf?expires=1595830538&id=id&accname=guest&checksum=6C82EB086421A40F082E1B161F30A71E>, [zuletzt abgerufen am 10.09.2019]
- Ordóñez, A. S., Lema, C. G., & Puga, M. F. M. (2017). *Design Thinking as a methodology for solving problems: contributions from academia to society*. In *Global Partnerships for Development and Engineering Education: Proceedings of the 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, July 19-21, 2017, Boca Raton, FL, United States. Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions.
- Paneco (2015). [https://paneco.ch/sumatra-orang-utan-schutzprogramm/studie-nachhaltiges-palmoel-2/?gclid=EAIaIQobChMI7cex8cum3QIVwk0YCh0HWgU-IEAAYAyAAEgIf8PD\\_BwE](https://paneco.ch/sumatra-orang-utan-schutzprogramm/studie-nachhaltiges-palmoel-2/?gclid=EAIaIQobChMI7cex8cum3QIVwk0YCh0HWgU-IEAAYAyAAEgIf8PD_BwE) [zuletzt abgerufen am 10.09.2019]
- Perels, F., Schmitz, B., & Bruder, R. (2003). *Trainingsprogramm zur Förderung der Selbstregulationskompetenz von Schülern der achten Gymnasialklasse*. *Unterrichtswissenschaft*, 31(1), S. 23–37.
- Peterson, N. G., Mumford, M. D., Borman, W. C., Jeanneret, P., & Fleishman, E. A. (1999). *An occupational information system for the 21st century: The development of O\*NET*. American Psychological Association.)

- Pink, D. H. (2006). *A whole new mind: Why right-brainers will rule the future*. Penguin.
- Plattner, H. (2012). *Design thinking research*. C. Meinel, & L. Leifer (Eds.). Springer.
- Plattner, H., & Meinel, C. (2009). *Design Thinking—Innovation lernen—Ideenwelten öffnen*. miWirtschaftsbuch: Finanzbuch Verlag GmbH.
- Plattner, H., Meinel, C., & Leifer, L. (Eds.). (2016). *Design thinking research: Taking breakthrough innovation home*. Springer, S. 2197–5752.
- Plomp, T. (2013). *Educational design research: An introduction*. Educational design research, S. 11–50.
- Plomp, T., & Nieveen, N. M. (2010). *An introduction to educational design research: Proceedings of the seminar conducted at the East China Normal University, Shanghai (PR China), November 23-26, 2007*. Stichting Leerplan Ontwikkeling (SLO).
- Pöpping, W., & Melle, I. (2002). *Unterrichtsverfahren im Chemieunterricht des Gymnasiums*. H. Behrendt (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie* (S. 212–214). Alsbach: Leuchtturm
- Prediger, S., & Link, M. (2012). *Fachdidaktische Entwicklungsforschung—Ein lernprozessfokussierendes Forschungsprogramm mit Verschränkung fachdidaktischer Arbeitsbereiche*. Formate Fachdidaktischer Forschung. Empirische Projekte—historische Analysen—theoretische Grundlegungen. *Fachdidaktische Forschungen*, 2, S. 29–46.
- Preiser, S. (1976). *Kreativitätsforschung*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, S. 81.
- Prenzel, M. (2001). *Motiviertes Lernen im Studium—Wissensstand und Impulse*. Hochschuldidaktische Impulse—Materialien zum forschenden Lernen, 2, S. 13–37.
- Prenzel, M., & Ringelband, U. (2001). *"Lernort Labor" - Neue Initiativen*. In M. Prenzel, U. Ringelband, & M. Euler (Hrsg.), *Lernort Labor. Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft. Bericht über einen Workshop in Kiel im Februar 2001* (IPN-Materialien, S. 7–12). Kiel: IPN.
- Rädiker, S., & Kuckartz, U. (2019). *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA*. Wiesbaden, Germany: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Rafolt, S., Kapelari, S., & Kremer, K. (2019). *Kritisches Denken im naturwissenschaftlichen Unterricht—Synergiemodell, Problemlage und Desiderata*. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), S. 64.
- Rambow, R., & Nückles, M. (2002). *Der Einsatz eines Lerntagebuchs in der Hochschule*.

- Rao, H., Puranam, P., & Singh, J. (2020). *Does Design Thinking Training Really Increase Creativity? Results from an Experiment with Middle-School Students*.
- Rasch, D., & Guiard, V. (2004). *The robustness of parametric statistical methods*. *Psychology Science*, 46, S. 175–208.
- Rauth, I., Köppen, E., Jobst, B., & Meinel, C. (2010). Design thinking: An educational model towards creative confidence. In DS 66-2: *Proceedings of the 1st international conference on design creativity* (ICDC 2010). Von [https://www.designsociety.org/publication/30267/design\\_thinking\\_an\\_educational\\_model\\_towards\\_creative\\_confidence](https://www.designsociety.org/publication/30267/design_thinking_an_educational_model_towards_creative_confidence) [zuletzt abgerufen am 28.07.2020]
- Raven, P. H., Evert, R. F., Curtis, H., & Langenfeld-Heysler, R. (1988). *Biologie der Pflanzen*. W. de Gruyter.
- Razzouk, R., Shute, V. (2012). *What is design thinking and why is it important?*. Review of educational research, 82(3), S. 330–348.
- Reeves, T. (2000). *Enhancing the worth of instructional technology research through “design experiments” and other developmental strategies*. In AERA Annual Meeting, S. 1–15.
- Reeves, T.C. (2006). *Design research from a technology perspective*. In van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (Eds.), *Educational design research*, S. 52–66.
- Reich, K. (Hrsg). *Methodenpool*. In:URL: <http://methodenpool.uni-koeln.de> 2008 ff, [zuletzt abgerufen am 11.10.2018]
- Reinmann, G. (2005). *Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung*. *Unterrichtswissenschaft*, 33(1), S. 52–69.
- Reinmann-Rothmeier, G. (unter Mitarbeit von Vohle, F.; Adler, F., & Faus, H.) (2003). *Didaktische Innovation durch Blended Learning. Leitlinien anhand eines Beispiels aus der Hochschule*: Bern u.a.: Huber.
- Reinmann-Rothmeier, G. (2016), Vortrag Berlin, [https://gabi-reinmann.de/wp-content/uploads/2016/11/Vortrag\\_Berlin\\_Nov2016.pdf](https://gabi-reinmann.de/wp-content/uploads/2016/11/Vortrag_Berlin_Nov2016.pdf) [zuletzt abgerufen am 08.06.2019]
- Reinmann-Rothmeier, G., & Mandl, H. (1996). *Lernen auf der Basis des Konstruktivismus. Wie Lernen aktiver und anwendungsorientierter wird*. *Computer und Unterricht*, 23(1996), S. 41–44.
- Reinmann-Rothmeier, G., Mandl, H. (2002). *Analyse und Forderung kooperativen Lernens in netzbasierten Umgebungen*. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 34 (1). S. 44–57.

- Reußmann, D. I. T. (2003). *Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von Langfasergrenulat mit Naturfaserverstärkung*.
- Rhodes, M. (1961). *An analysis of creativity*. Phi Delta Kappan, 42, S. 305–310.
- Richter, G. (1997). *Stoffwechselphysiologie der Pflanzen: Physiologie und Biochemie des Primär- und Sekundärstoffwechsels*. Georg Thieme Verlag
- Rittel, H. W., & Webber, M. M. (1973). *Dilemmas in a general theory of planning*. *Policy sciences*, 4(2), S. 155–169.
- Rode, H., & Michelsen, G. (2012). *Der Beitrag der UN-Dekade 2005–2014 zu Verbreitung und Verankerung der Bildung für Nachhaltige Entwicklung*. Deutsche UNESCO-Kommission eV (DUK): Bonn, Germany.
- Rosenstiel, L. V. (1994). *Teamentwicklung*. *Management Zeitschrift Industrielle Organisation*, 63(2), S. 78–83.
- Roth, B. (2015). *The achievement habit*. New York: Harper Collins.
- Rowell, R. M., & Rowell, J. (1996). *Paper and composites from agro-based resources*. CRC press.
- Royalty, A., Oishi, L., & Roth, N., 2012, “I Use it Every Day: Pathways to adaptive Innovation after Graduate Study in Design Thinking” in *Design Thinking Research: Measuring Performance in Context*, eds H. Plattner, C. Meinel, & L. Leifer, Springer International Publishing, Heidelberg, S. 95–108.
- Ruf, U., & Gallin, P. (1991). *Lernen auf eigenen Wegen-mit Kernideen und Reisetagebüchern*. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 9(2), S. 248–258.
- Ruf, U., & Gallin, P. (1999). *Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik* Bd. 1. Seelze: Friedrich.
- Ruf, U., & Gallin, P. (2003). *Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik: Austausch unter Ungleichen* [Dialogic learning in language and mathematics: Exchange amongst unequals]. Seelze-Velber, Germany: Kallmeyer.
- Runco, M. A., & Acar, S. (2012). *Divergent thinking as an indicator of creative potential*. *Creativity Research Journal*, 24, S. 66–75.
- Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). *The standard definition of creativity*. *Creativity Research Journal*, 24, 92 - 96. doi:10.1080/10400419.2012.650092
- Sapolsky, R. M. (2017). *Gewalt und Mitgefühl: die Biologie des menschlichen Verhaltens*. München: Carl Hanser Verlag.
- Schallmo, D. R. (2017). *Design Thinking erfolgreich anwenden*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

- Scheer, A., Noweski, C., & Meinel, C. (2012). *Transforming constructivist learning into action: Design thinking in education*. Design and Technology Education: An International Journal, 17(3).
- Scheer-Triebel, M., & Léon, J. (2000). *Industriefaser–Qualitätsbeschreibung und pflanzenbauliche Beeinflussungsmöglichkeiten bei Faserpflanzen: ein Literaturreview*. Pflanzenbauwissenschaften, 4(2), S. 91–102.
- Schiefele, U., & Pekrun, R. (1996). Psychologische Modelle des fremdgesteuerten und selbstgesteuerten Lernens. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie. Pädagogische Psychologie*. Bd 2. Psychologie des Lernens und der Instruktion (S. 249–278). Göttingen: Hogrefe.
- Schleicher, Andreas (2013). 21st Century Skills. re:publica 2013. [https://www.youtube.com/watch?v=Ibb5KE6Cl\\_w](https://www.youtube.com/watch?v=Ibb5KE6Cl_w) [zuletzt abgerufen: 29.01.2021].
- Schleicher, A. (2018). *How to build a 21st-century school system*. Paris: OECD Publishing.
- Schmid, O., & Knapsack, C. (2012). *Meta-Analyse von Ökobilanzen für bio-basierte Polymere in der Produktion von Proganic®*.
- Schreier, M. (2012). *Qualitative Content Analysis in Practice*. London, Großbritannien: Sage Publications Ltd.
- Schreier, M. (2014a). Quantitative Content Analysis. In U. Flick (Hrsg.), *The SAGE Handbook of Qualitative Data Analysis* (S. 170–181). London, Großbritannien: Sage Publications Ltd.
- Schreier, M. (2014b). *Varianten qualitativer Inhaltsanalyse: Ein Wegweiser im Dickicht der Begrifflichkeiten*. IN Forum Qualitative Sozialforschung, 15 (1).
- Schuler, H., & Görlich, Y. (2007). *Kreativität: Ursachen, Messung, Förderung und Umsetzung in Innovation*. Hogrefe Verlag.
- Schumacher, J., Klaiberg, A., & Brähler, E. (2001). *Bevölkerungsrepräsentative Normierung der Skala zur Allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung*. [http://userpage.fuberlin.de/~health/swe\\_norm.pdf](http://userpage.fuberlin.de/~health/swe_norm.pdf) [zuletzt abgerufen am 05.05.2019]
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (1999). Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen. In: R. Schwarzer, M. Jerusalem (Hrsg.): *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. Berlin, 2014, S. 15–16.
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. In M. Jerusalem & D. Hopf, *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen* (S. 28–53), Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

- Schwedt, G. (2007). *Chemie für alle Jahreszeiten: einfache Experimente mit pflanzlichen Naturstoffen*. John Wiley & Sons.
- Seifried, J., & Sembill, D. (2006). Selbstorganisiertes Lernen als didaktische Lehr-Lern-Konzeption zur Verknüpfung von selbstgesteuertem und kooperativem Lernen, In: *Selbst gesteuertes Lernen in der beruflichen Bildung* / Euler, D.; Pätzold, G.; Lang, M. (Hrsg.). - Stuttgart Steiner, 2006, S. 93–108.
- Serrat, O. (2010). *Design Thinking*. Knowledge Solutions, 78(March 2010), S. 1–6.
- Serrat, O. (2017). Design thinking. In Knowledge Solutions (S. 129–134). Springer, Singapore.
- Shute, V. J., & Torres, R. (2012). *Where streams converge: Using evidence-centered design to assess Quest to Learn. Technology-based assessments for 21st century skills: Theoretical and practical implications from modern research*, S. 91–124.
- Siller, C., & Hascher, T. (2012). *Lern-und Kooperationsprozesse im jahrgangsgemischten Unterricht in der Grundschule. Eine Analyse mittels Lerntagebüchern*. Empirische Pädagogik, 26(2), S. 200–224.
- Siemens (2021). *Design Thinking in MINT – innovativ fördern, kreativ denken*. [www.siemens-stiftung.org](http://www.siemens-stiftung.org) [zuletzt abgerufen am 07.06.2021]
- Simon, H. A. (1977). The structure of ill-structured problems. In *Models of discovery* (S. 304–325). Springer, Dordrecht.
- Smith, G. J. (2005). *How should creativity be defined?*. Creativity Research Journal, 17(2-3), S. 293–295.
- Soentgen, J. (2019). *Konfliktstoffe: über Kohlendioxid, Heroin und andere strittige Substanzen*. oekom verlag
- Sonalkar, N., Mabogunje, A., & Cutkosky, M. (2018). Quadratic Model of Reciprocal Causation for Monitoring, Improving, and Reflecting on Design Team Performance. In *Design Thinking Research* (S. 43–57). Springer, Cham.
- Spearman, C. (1904). "General intelligence," objectively determined and measured. *American Journal of Psychology*, 15, S. 201–292.
- Spector, M. (2015). *The SAGE Encyclopedia of Educational Technology*. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.
- Spitzer, P. (2017). *Untersuchungen zur Berufsorientierung als Baustein eines relevanten Chemieunterrichts im Vergleich zwischen Mittel- und Oberstufe sowie Darstellung des Chem-Trucking-Projekts als daraus abgeleitete Interventionsmaßnahme für den Chemieunterricht*.
- Stahl, E., & Bromme, R. (2007). *The CAEB: An instrument for measuring connotative aspects of epistemological beliefs*. *Learning and Instruction*, 17(6), S. 773–785.

- Stamann, C., Janssen, M., & Schreier, M. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse-Versuch einer Begriffsbestimmung und Systematisierung*. In Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research (Vol. 17, No. 3). DEU.
- Stammermann, H. (2018). *Papier ist geduldig. Fördert das Schulbegleitheft methodische Kompetenzen?* In: Pädagogik (Weinheim), 70/ 9, S. 32–35.
- Stamps, J., & Lipnack, J. (2000). A Systems Science of Networked Organisations. In *Proceedings of the World Congress on Systems Sciences ISSS*.
- Stangl, W. (2020) <https://lexikon.stangl.eu/1535/selbstwirksamkeit-selbstwirksamkeitserwartung/> [zuletzt abgerufen am 06.07.2019]
- Stangl, W. (2007). E-Learning. In M. Friedrich (Hrsg.), *Wirtschaftsinformatik 2*. Bamberg: C.C. Buchners Verlag.
- Starko, A. J. (2013). *Creativity in the classroom: Schools of curious delight*. Routledge.
- Steffens, B. (2006) <https://www.greenpeace.de/themen/meere/muell-im-meer> [zuletzt abgerufen am 24.03.2020]
- Steigleder, S. (2008). *Die strukturierende qualitative Inhaltsanalyse im Praxistest. Eine konstruktive kritische Studie zur Auswertungsmethodik von Philipp Mayring*. Marburg: Tectum.
- Steinke, I. (2007). Qualitätssicherung in der qualitativen Forschung. In U. Kuckartz, H. Grunenberg, & T. Dresing (Hrsg.), *Qualitative Datenanalyse: computergestützt. Methodische Hintergründe und Beispiele aus der Forschungspraxis* (S. 176–187). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Steinke, I. (2008). Gütekriterien qualitativer Forschung. In U. Flick, E. von Kardorff, & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung. Ein Handbuch* (S. 319–331). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Sternberg, R. J. (2003). *Wisdom, intelligence, and creativity synthesized*. Cambridge University Press, S. 42–86.
- Stevens, M. J., & Campion, M. A. (1994). *The knowledge skill and ability requirements or teamwork: Implications for human resource management*. In: Journal of Management 20(2). Stamford: JAI Press Inc. S. 503–530.
- Strauch, A., Jütten, S., & Mania, E. (2009). *Kompetenzerfassung in der Weiterbildung: Instrumente und Methoden situativ anwenden*. W. Bertelsmann Verlag.
- Strohmeier, J. (2010). *Test zur Erfassung des kreativen Denkens (TEKD): Zusammenhänge mit umgebungsbezogenen Variablen und Vergleiche von Gruppen mit unterschiedlichen Kreativitätsschwerpunkten*. na.

- Sumfleth, E., Rumann, S., & Nicolai, N. (2004). *Kooperatives Arbeiten im Chemieunterricht: Gemeinsames Arbeiten in kleinen Gruppen und mit Eltern*. Essener Unikate (24), S. 74–85.
- Taheri, M., Unterholzer, T., Hölzle, K., & Meinel, C. (2016, March). An educational perspective on design thinking learning outcomes. In ISPIM Innovation Symposium (p. 1). *The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM)*.
- Taylor, C. W. (1988). Various approaches to and definitions of creativity. In R. J. Sternberg (Ed.), *The nature of creativity: Contemporary psychological perspectives* (S. 99–124). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Torrance, E. P. (1966). *Torrance tests of creative thinking: Directions manual and scoring*. Bensenville, IL: Scholastic Testing Service.
- Torrance, E. P. (1988). The nature of creativity as manifest in its testing. In R. J. Sternberg (Ed.), *The nature of creativity* (S. 43–75). New York, NY: Cambridge University Press.
- Treffinger, D. J. (1993). Stimulating creativity: Issues and future directions. In S. G. Isaksen, M. C. Murdock, R. L. Firestien, & D. J. Treffinger (Eds.), *Nurturing and developing creativity: Emergence of a discipline* (S. 8–27). Norwood, NJ: Ablex.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. John Wiley & Sons.
- Tschepe, S. (2017). *Was sind die wichtigsten Eigenschaften und Fähigkeiten von Design Thinking-Coaches?* (Master's thesis, Humboldt-Universität zu Berlin).
- Tschesche, R., & Wulff, G. (1973). *Biologie und Chemie der Saponine. Fortschritte in der Chemie organischer Naturstoffe*, S. 462–668.
- Tschimmel, K., & Santos, J. (2018, August). *How Designers Can Contribute to Education*. In Congress of the International Ergonomics Association (S. 2098–2107). Springer, Cham.
- Tschimmel, K., Santos, J., Loyens, D., Jacinto, A., Monteiro, R., & Valença, M. (2015). *Research Report D-Think – Design Thinking Applied to Education and Training*. Matosinhos: ERASMUS+, KA2 Strategic Partnerships.
- Tuckman, B. W. (1965). *Developmental sequence in small groups*. *Psychological bulletin*, 63(6), S. 348–399.
- Tuckman, B. W., & Jensen, M. A. (1977). *Stages of small-group development revisited*. *Group and Organization Studies* 2, no. 4: S. 419–27.
- Tulodziecki, G., Grafe, S., & Herzig, B. (2013). *Gestaltungsorientierte Bildungsforschung und Didaktik: Theorie-Empirie-Praxis*. Julius Klinkhardt.

- Türk, O. (2014). *Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe*. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Ueberschaer, N. (1997). *Mit Teamarbeit zum Erfolg: so gestalten Sie effizient die Zusammenarbeit im Unternehmen*. Hanser.
- Van den Akker, J. (1999). Principles and Methods of Development Research. In van den Akker, J., Branch, R. M., Gustafson, K., Nieveen, N., & T. Plomp (Hrsg.), *Design Approaches and Tools in Education and Training* (S. 1–14). Springer, Dordrecht
- Van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenny, S., Nieven, N. (2006): *Educational Design Research*, S. 52–66.
- Vedder, J. (2019). <https://www.vedducation.de/2019/04/07/schule-im-wandel-eine-geschichte-in-15-bildern/> [zuletzt abgerufen am 05.03.2021]
- Von Drdoht - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29068155>, abgerufen am 12.08.2020
- Von Thienen, J. P. A., Meinel, C., & Corazza, G. E. (2017). *A short theory of failure. Electronic Colloquium on Design Thinking Research*. <http://ecdtr.hpi-web.de/report/2017/001>
- Von Thienen, J. P. A., Clancey, W. J., Corazza, G. E., & Meinel, C. (2018). *Theoretical foundations of design thinking*. In *Design thinking research* (S. 13–40). Springer, Cham.
- Wagner, G. (2017). *Waschmittel: Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit*. John Wiley & Sons.
- Wagner, T. (2010). *The Global Achievement Gap: Why Even Our Best Schools Don't Teach the New Survival Skills Our Children Need-And What We Can Do about It*. *ReadHowYouWant.com*.
- Wagner, T. (2014). *The global achievement gap: Why even our best schools don't teach the new survival skills our children need-and what we can do about it*. Hachette UK.
- Wallas, G. (1926). *The art of thought*. NY.
- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). *Design-Based Research and Technology Enhanced Learning Environments*. *Educational Technology Research & Development*, 53(4), S. 5–23.
- Wassong, T. (2017). *Datenanalyse in der Sekundarstufe I als Fortbildungsthema*. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Weidner, M. (2003). *Kooperatives Lernen im Unterricht: Das Arbeitsbuch* (5. Aufl.). Seelze-Velber: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung GmbH.

- Weilbacher, J. in: *Human Resources Manager, Wechselspiel statt Tagesgeschäft*, Berlin, Ausgabe 02/2012, April/Mai 2012, S. 23–24.
- Weinberg, U. (2012): Vortrag zum Thema Design Thinking. <https://www.youtube.com/watch?v=WDCZ8u6YZ6I>
- Weinberg, U. (2016). *Design thinking (Interview). Ideen & Management, Materialien für nachhaltige Unternehmensführung*, 1, S. 4–7.
- Weinberg, U. (2015): *Network thinking. Was kommt nach dem Brockhaus-Denken?* Hamburg: Murmann Publishers.
- Weisberg, R. W. (1989). *Kreativität und Begabung. Was wir mit Mozart, Einstein und Picasso gemeinsam haben*. Heidelberg, S. 1–6.
- Weisberg, R. W. (2015). *On the usefulness of “value” in the definition of creativity*. *Creativity Research Journal*, 27, S. 111–124. doi:10.1080/10400419.2015.1030320
- Wessling, H. (2011). *Steve Jobs' Agenda-Intelligent Cutting-Edge Products*.
- Weßnigk, S. (2013). *Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten*. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität.
- Wiendieck, G. (1992). *Teamarbeit. Handwörterbuch der Organisation*, 3, S. 2375–2384.
- Wilcox, R. R. (2012). *Introduction to robust estimation and hypothesis testing (3rd ed.)*. *Statistical modeling and decision science*. Amsterdam, Boston: Academic Press.
- Wilde, D. J. (2009). *Innovations and Errors. Teamology: The Construction and Organization of Effective Teams*, S. 67–77.
- Winter, F. (2006). *Leistungsbewertung - Eine neue Lernkultur braucht einen anderen Umgang mit den Schülerleistungen*; Schneider-Verl. 2. unveränd. Aufl. Hohengehren.
- Winter, F. (2007). *Fragen der Leistungsbewertung beim Lerntagebuch und Portfolio. Lernprozesse dokumentieren, reflektieren und beurteilen*. *Lerntagebuch und Portfolio in Bildungsforschung und Bildungspraxis*, S. 109–129.
- Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Göttingen: Hogrefe.
- Wrigley, C., & Straker, K. (2017). *Design thinking pedagogy: The educational design ladder*. *Innovations in Education and Teaching International*, 54(4), S. 374–385.

Wylie, I. (2001). *Failure is glorious*, Fast Company, 30. September 2001, <https://www.fastcompany.com/43877/failure-glorious> [zuletzt abgerufen am 12.03.2020]

ZSL – Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung – Land Baden-Württemberg  
[https://www.lehrerfortbildung-bw.de/u\\_gestaltlehlern/projekte/webquest/definition.html](https://www.lehrerfortbildung-bw.de/u_gestaltlehlern/projekte/webquest/definition.html) [zuletzt abgerufen am 27.09.2021]

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer, nicht angegebener Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Es wurden keine Dienste eines Promotionsvermittlungsinstituts oder einer ähnlichen Organisation in Anspruch genommen.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

---

Ort, Datum, Unterschrift

# Anhang

## A Forschungsethik

Die Forschungsarbeit wurde unter Berücksichtigung der fünf ethischen Prinzipien der APA (vgl. Bachmann & Theel, 2021; vgl. Hanna & Dempster, 2017, S. 53–64) durchgeführt. Diese lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Wohltätigkeit und Nichtschädigung
- Vertrauen und Verantwortung
- Integrität
- Gerechtigkeit
- Respekt.

So liegen von allen Teilnehmern\*innen bzw. dessen Erziehungsberechtigten gültige Einwilligungserklärungen vor. Sie wurden darüber aufgeklärt, dass sie das Recht haben, die Teilnahme an den Fragebogenerhebungen zu verweigern oder abubrechen. Dies hat keinen Einfluss auf die Notengebung.

Die Daten werden vertraulich behandelt und die Fragebögen sind anonymisiert. Die Nachnamen in den Lerntagebüchern sind entfernt worden.

Die Genehmigung des Direktors der Schule, an der die Unterrichtsmodule durchgeführt wurden, sowie der Bezirksregierung liegen vor (vgl. Anschreiben unten).

Die Nutzung der Fragebögen wurde seitens der Urheber genehmigt (vgl. unten).

Freie Universität Berlin, Gesundheitspsychologie (PF 10),  
Habelschwerdter Allee 45, 14195 Berlin, Germany

Fachbereich Erziehungs-  
wissenschaft und Psychologie  
- Gesundheitspsychologie -

Professor Dr. Ralf Schwarzer  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin, Germany

Fax +49 30 838 55634  
health@zedat.fu-berlin.de  
www.fu-berlin.de/gesund

### Permission granted

to use the General Self-Efficacy Scale for non-commercial research and development purposes. The scale may be shortened and/or modified to meet the particular requirements of the research context.

<http://userpage.fu-berlin.de/~health/selfscal.htm>

You may print an unlimited number of copies on paper for distribution to research participants. Or the scale may be used in online survey research if the user group is limited to certified users who enter the website with a password.

There is no permission to publish the scale in the Internet, or to print it in publications (except 1 sample item).

The source needs to be cited, the URL mentioned above as well as the book publication:

Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (1995). Generalized Self-Efficacy scale. In J. Weinman, S. Wright, & M. Johnston, *Measures in health psychology: A user's portfolio. Causal and control beliefs* (pp.35-37). Windsor, UK: NFER-NELSON.

Professor Dr. Ralf Schwarzer  
[www.ralfschwarzer.de](http://www.ralfschwarzer.de)

Abbildung A1: Genehmigung zur Nutzung des Fragebogens



**Department Chemie und  
Biologie  
Didaktik der Chemie**

Prof. Dr. Martin Gröger

Petra Wolthaus

Adolf-Reichwein- Str. 2

57068 Siegen

Telefon +49 271 740-4371

Telefax +49 271 740-2774

groeger@chemie.uni-siegen.de

petra.wolthaus@uni-siegen.de

UNIVERSITÄT SIEGEN • Fakultät IV / Didaktik der Chemie • 57068 Siegen

Siegen, den 26.11.2018

Sehr geehrter Herr Blickberndt,

Frau Petra Wolthaus möchte im Rahmen eines Promotionsvorhabens an der Universität Siegen mit den Schülerinnen und Schülern ihres Chemiekurses an Ihrer Schule eine innovative Unterrichtsreihe zum Design Thinking im Chemieunterricht durchführen.

Dabei werden die gleichen Inhalte wie im regulären Chemieunterricht behandelt. Frau Wolthaus möchte damit untersuchen, wie gut sich die neue Methode eignet, Chemieunterricht schüleraktivierend und lebensweltbezogen zu unterrichten.

Für die Untersuchung werden die Schülerinnen und Schüler von Frau Wolthaus und einem Studenten der Universität Siegen in mehreren Stunden bei der Gruppenarbeit beobachtet. Dazu wird mit einem Erhebungsbogen protokolliert, wie die Lernenden in der Gruppe arbeiten. Es werden *keine* personenbezogenen Daten erhoben und es werden *keine* Film- oder Tondokumente aufgenommen. Die geplante Untersuchung erfolgt also *völlig anonym*, sodass ein Rückschluss auf die Klasse oder einzelne Schüler/-innen nicht möglich ist und so die Vorgaben des Schulgesetzes (SchulG § 120, Abs 4) sowie des Datenschutzgesetzes Nordrhein-Westfalen (DSG NRW) erfüllt sind. Die erhobenen Daten dienen ausschließlich Forschungszwecken der Arbeitsgruppe und werden nicht an Dritte weitergegeben.

Wir möchten Sie daher um Genehmigung des Vorhabens nach AScho §47, Abs. 8; RdErl. 2 bitten.

Vielen Dank für Ihre Bemühungen.

Mit freundlichen Grüßen

Abbildung A2: Genehmigung des Direktors der Schule



**Department Chemie und  
Biologie  
Didaktik der Chemie**

Prof. Dr. Martin Gröger  
Petra Wolthaus  
Adolf-Reichwein- Str. 2

57068 Siegen  
Telefon +49 271 740-4371  
Telefax +49 271 740-2774  
groeger@chemie.uni-siegen.de  
petra.wolthaus@uni-siegen.de

UNIVERSITÄT SIEGEN • Fakultät IV / Didaktik der Chemie •  
57068 Siegen

Siegen, den 26.11.2018

Sehr geehrte Damen und Herren,

Frau Petra Wolthaus möchte im Rahmen eines Promotionsvorhabens an der Universität Siegen mit den Schülerinnen und Schülern ihres Chemiekurses eine innovative Unterrichtsreihe zum Design Thinking im Chemieunterricht durchführen.

Dabei werden die gleichen Inhalte wie im regulären Chemieunterricht behandelt. Frau Wolthaus möchte damit untersuchen, wie gut sich die neue Methode eignet, Chemieunterricht schüleraktivierend und lebensweltbezogen zu unterrichten.

Für die Untersuchung werden die Schülerinnen und Schüler von Frau Wolthaus und einem Studenten der Universität Siegen bei der Gruppenarbeit beobachtet. Dazu wird mit einem Erhebungsbogen protokolliert, wie die Lernenden in der Gruppe arbeiten. Es werden *keine* personenbezogenen Daten erhoben und es werden *keine* Film- oder Tondokumente aufgenommen. Die geplante Untersuchung erfolgt also *völlig anonym*, sodass ein Rückschluss auf die Klasse oder einzelne Schüler/-innen nicht möglich ist. Die erhobenen Daten dienen ausschließlich Forschungszwecken der Arbeitsgruppe und werden nicht an Dritte weitergegeben.

Die Teilnahme der Schülerinnen und Schüler an der Untersuchung ist freiwillig. Eine Nicht-Teilnahme führt nicht zu einer Benachteiligung im Unterricht.

Wir würden uns sehr freuen, wenn Sie uns hierbei unterstützen könnten!

Mit freundlichen Grüßen

gez. Prof. Dr. Martin Gröger



Hiermit gebe ich mein Einverständnis, dass meine Tochter/mein Sohn

\_\_\_\_\_ an der Untersuchung der Chemiedidaktik Siegen

\_\_\_\_\_  
Name des Kindes  
teilnehmen darf.

\_\_\_\_\_  
Unterschrift eines Elternteils

## B Unterrichtsmaterial

Tabelle B: Liste der Materialien

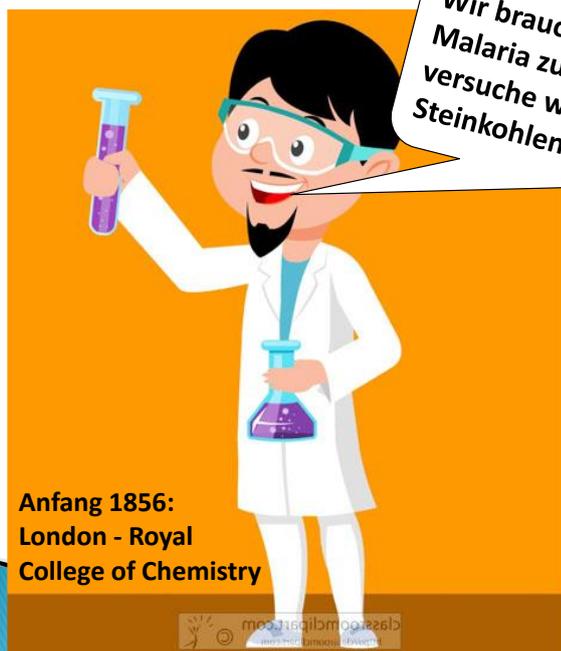
Material	Modul	Hauptziele
Powerpoint* (es sind nur die Folien abgebildet, die inhaltlich nicht im Erfindertagebuch zu finden sind)	1, 2, 3	Einführung: Design Thinking, Tagebuch mit Bewertungskriterien (Transparenz);  Methoden zu den Phasen
Erfindertagebuch*	1, 2, 3	Datenerhebung, Reflexion
Feedbackbogen (Phasen)	1, 2, 3	Förderung durch Feedback
Powerpoint*	1	Strukturierung
Arbeitsblätter Pflanzeninhaltsstoffe	1	Information
Erwartungshorizont	1	Bewertung
Brief („Anschreiben einer Firma“)*	2	authentisches Problem
Aufgaben*	2	Einführung: Problem
Rückmeldebogen zur Expertise	2	Transparenz
Pflanzeninhaltsstoffe	2	Information
Zeitplan	2	Zeitmanagement
Powerpoint*	3	Strukturierung
WebQuest	3	Struktur, Transparenz
Aktuelle Zeitungsausschnitte	3	Vorwissen, Impuls
Mindmaps	3	Visualisierung
Pflanzeninhaltsstoffe	3	Information
Methodenliste: Ideen	3	Ideen finden

\*Für einige Abbildungen gilt: Image Provided by Classroom Clipart. Sie sind mit Wasserzeichen versehen und sind nur im Unterricht eingesetzt worden.

## So werdet ihr Erfinder!

- ▶ Ein Blick in die Vergangenheit
- ▶ Wir überlassen nichts dem Zufall – die Strategie des Design Thinking
- ▶ Was ist eine Innovation?
- ▶ Alles beginnt mit einem Problem
- ▶ Die Phasen des Design Thinking im Einzelnen
- ▶ Das Erfindertagebuch
- ▶ Die Erfindung bekannt machen – Präsentation
- ▶ Die Erfindung auf den Markt bringen – Bewertung

### Ein Blick in die Vergangenheit – Die Farbe Lila



*Wir brauchen Chinin, um Malaria zu bekämpfen. Perkin, versuche welches aus Steinkohlenteer herzustellen!*

Anfang 1856:  
London - Royal  
College of Chemistry

## Ein Blick in die Vergangenheit – Die Farbe Lila

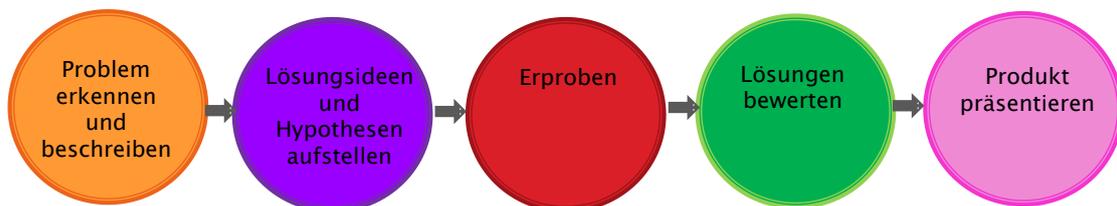
Osterferien 1856:  
Im Elternhaus von Perkin



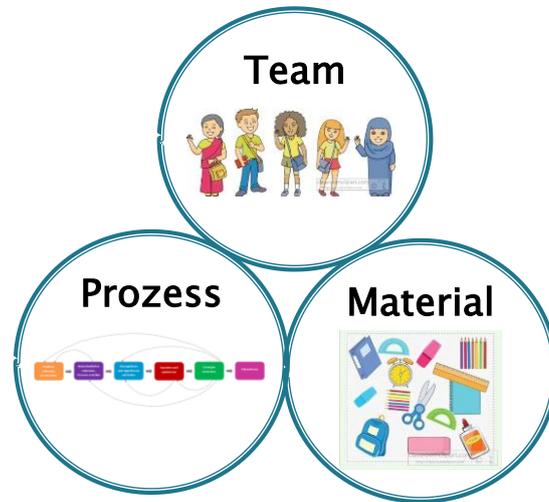
Oh, ein Niederschlag. Aber leider kein Chinin. Ich schütte es nicht weg, sondern guck´mal, was ich damit machen kann. Wow!! Die Seide wird lila!

Etwas später meldete Perkin ein Patent „Erster synthetisch hergestellter Farbstoff“ an. Im August 1856 trug die High Society prunkvolle Kleider, die mit Mauvein lila gefärbt waren.

## Und heute!

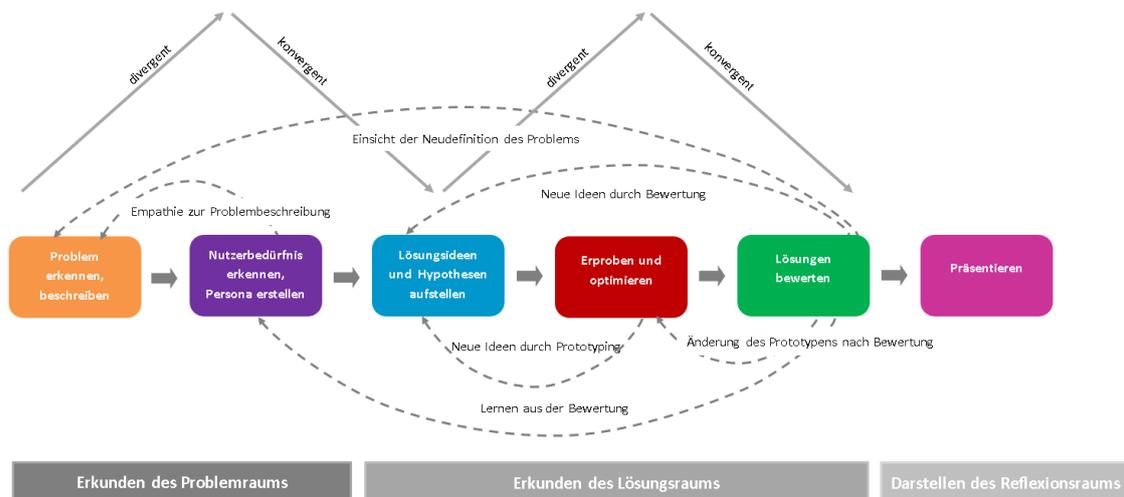


# Die innovativen Unternehmen! Sie überlassen nichts dem Zufall

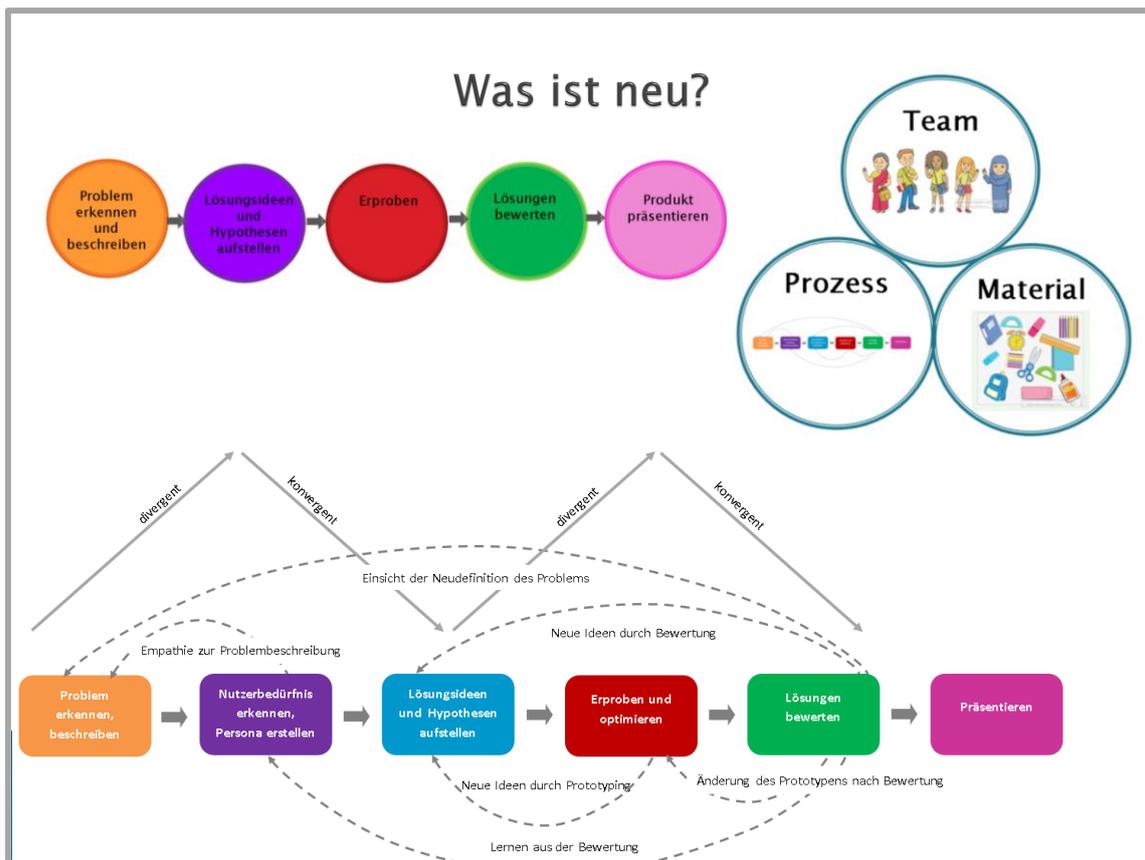


Die Methode: Design Thinking

# Die innovativen Unternehmen! Sie überlassen nichts dem Zufall



Planvolles Vorgehen zur Ideenentwicklung– Design Thinking



## Design Thinking

- ▶ <https://edpuzzle.com/media/603382ed9e511a4299bf19e1>



## So arbeiten Erfinder

- ▶ Erfindertagebuch:
  - Was ist ein Erfindertagebuch (Lerntagebuch)?
  - Wie arbeite ich bzw. die Gruppe damit?
  - Welche Materialien gehören hinein?
  - Wie erfolgt die Bewertung?
- ▶ Gebundenes Heft (Schnellhefter)
- ▶ Nach jeder Phase Gespräch mit Lehrkraft mit dem Ziel den bisherigen Ablauf zu reflektieren, weiteres Vorgehen abzusprechen
  
- ▶ Spiegelt den Ablauf wieder, einzelne Arbeitsschritte nachvollziehbar
- ▶ Zeitlicher und gedanklicher Ablauf
- ▶ Dient der Gedankenstütze und hilft bei der Weiterentwicklung der Idee
- ▶ Lernfortschritte, Erfolge erkennbar, wo nacharbeiten?
- ▶ Wer übernimmt welche Aufgaben?



Gewürze

### Verwendung von Pflanzen



Chemische Produkte



Indikatoren



Vorbilder



Genussmittel



Heilmittel

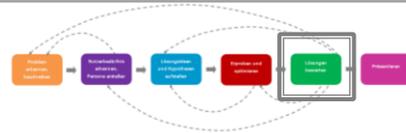


Baumaterial



Nahrung

## Methoden: Bewerten



Die Tabelle könnte so aussehen:

Merkmal/ Lösungsvariante	Sportverein A	Sportverein B	Sportverein C
Entfernung	1	0	1
Kosten	1	0	0
Freunde	0	1	0
Liga			
Summe			

1 = gut  
0 = schlecht

Berücksichtigt bei der Kriterienfindung die drei Bereiche von Innovationen: Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Bedürfnisse (s. a. Persona). Begründet eure Auswahl.

## Bildnachweise:

- ▶ <https://classroomclipart.com/>: Folien 2, 3, 5, 8, 16, 17, 18, 25  
group-of-multicultural-students  
woman-showing-healthy-foods-clipart  
hand-drawn-style-science-beaker-clipart-2  
school-supplies-board-clipart-7211a  
school-supplies-clipart-7202a  
school-supplies-open-blue-three-ring-binder-with-lined-paper-clipart-3

Image Provided by [Classroom Clipart](#)

- ▶ [Pixelio.de](https://pixelio.de/):  
497931\_original\_R\_by\_siepmannH\_pixelio.de
- ▶ <https://de.freeimages.com/photo/butter-2-1328164>
- ▶ [GIF animate movie old - animated GIF on GIFER](#)
- ▶ Petra Wolthaus - Mitmachlabor EMA

# Erfindertagebuch

## Inhaltsverzeichnis

Erfindertagebuch.....	2
Mögliche Fragen.....	3
Was ist eine Erfindung oder Innovation?.....	4
Die Phasen des Erfinder-Prozesses.....	5
Unsere Persona.....	8
Die Höhle der Löwen.....	9
Bewertung des Erfindertagebuchs.....	10
Zeitplan.....	11
Ablauf.....	11

## Erfindertagebuch



### **Das Ziel: Erfolgreich erfinden**

Das Erfindertagebuch hilft euch, eure Gedanken zu strukturieren und sie nicht zu vergessen. Ihr behaltet den roten Faden bei eurer selbstständigen Arbeit. Ihr entdeckt, welche Fragen noch offen sind und könnt die Zusammenhänge zwischen chemischem Fachwissen und eurer Erfindung jederzeit wiedergeben.

Ihr wollt andere von eurer Idee begeistern! Dabei hilft es, auf Einwände reagieren zu können. Mögliche Fehler oder Schwierigkeiten können euch einen Hinweis auf Einwände geben. So könnt ihr dagegen argumentieren.

Zusätzliche Materialien (Fotos, Skizzen) visualisieren den Prozess oder das Produkt. So könnt ihr potentielle Kunden gewinnen.

### **So erreicht ihr das Ziel**

Damit ihr andere von eurer Erfindung überzeugen könnt, wird das Erfindertagebuch ordentlich geführt und in ganzen Sätzen geschrieben. Das Erfindertagebuch besteht aus einem Deckblatt (Thema, Gruppenmitglieder), einem Inhaltsverzeichnis und den Antworten auf untenstehende Fragen zu jeder Unterrichtsstunde.

Mögliche Fragen\*, die jede Stunde im Erfindertagebuch beantwortet werden:

**Inhalt**

1. Was war euer Thema? (Datum, Protokollant)
2. Wusstest du schon etwas darüber?
3. Ist euch etwas nicht klar geworden? Formuliert eine Frage für eure Mitschüler.
4. Welche inhaltlichen Fragen sind noch offen?



**Planung eurer Arbeit**

5. Welche Aufgaben sollen durchgeführt werden?
6. Werden zusätzliche Hilfsmittel (Bücher, Internet, Plakate usw.) benötigt?
7. Wer soll welche Aufgaben übernehmen?
8. Welche nächsten Schritte stehen an?

**Reflexion eurer Arbeit**

9. Welche Schwierigkeiten sind aufgetreten? Warum seid ihr nicht weitergekommen? Formuliert eine Frage für eure Mitschüler.
10. Wo wurden Änderungen vorgenommen und warum?
11. Wie bewertet ihr den bisherigen Verlauf eures Projektes? Was ist gut gelaufen? Wo gab es Schwierigkeiten?
12. Was habt ihr Neues gelernt? Schreibt etwas auf, was ihr euren Mitschülern mitgeben wollt.

Notiert offene Fragen oder Schwierigkeiten am besten mit unterschiedlichen Farben. So könnt ihr darauf schneller zurückgreifen.

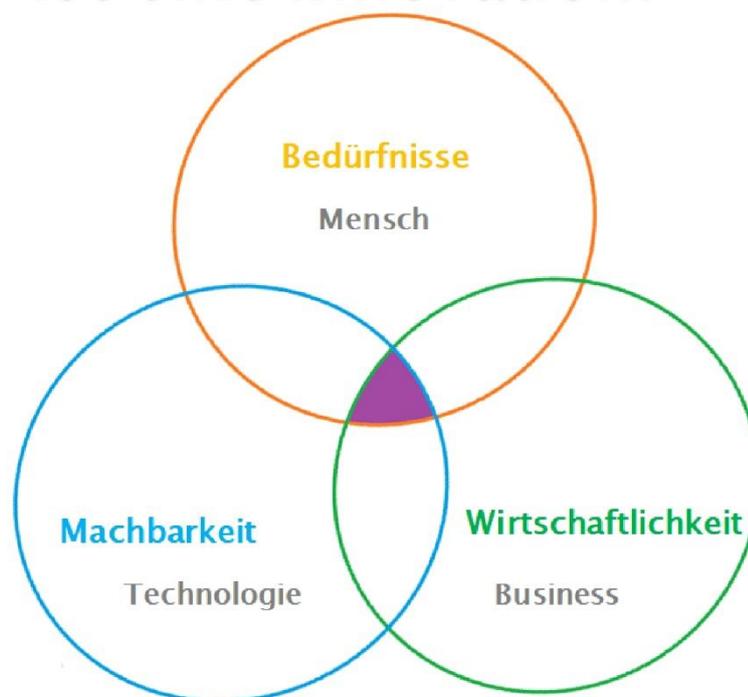
\* Leitfragen lehnen sich an die von Heske (2001, S. 14 -17) bzw. Winter (2007, S. 112) an.

## Was ist eine Erfindung oder Innovation?

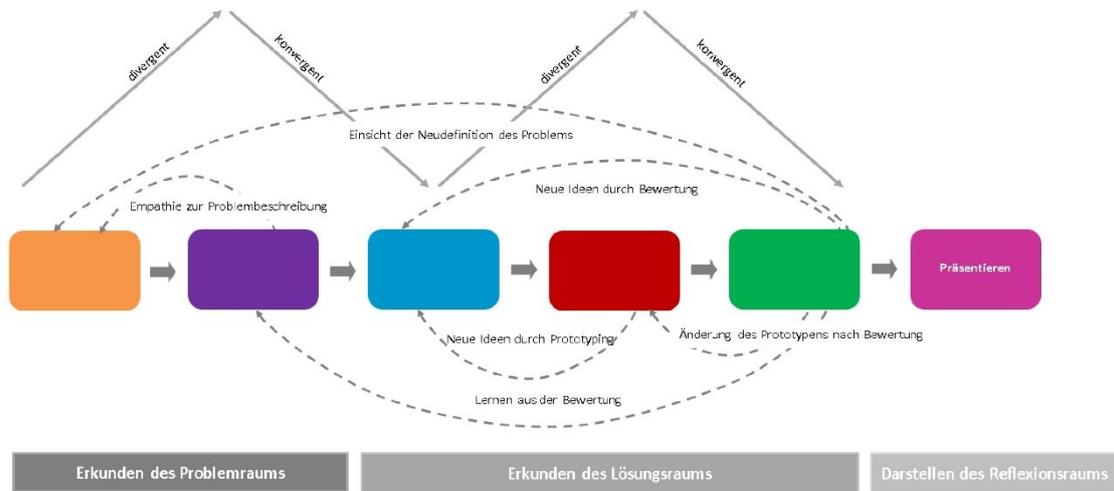
Steve Jobs stellte 2007 das erste iPhone vor, was völlig anders aussah als alle bisherigen Telefone. Apple ist seit Jahren eines der innovativsten Unternehmen.

Was versteht man nun unter Innovation und warum sind Unternehmen wie Apple so erfolgreich?

Innovation bedeutet "Erneuerung". Dabei wird eine Idee erst zu einer Innovation, wenn eine Balance zwischen den drei konkurrierenden Aspekten "Bedürfnisse, Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit" gefunden wird.



## Die Phasen des Erfinder-Prozesses



Überlegt euch zu jeder Phase, wie ihr vorgehen wollt. Haltet alle Schritte nachvollziehbar fest. Nach jeder Phase sprecht ihr mit der Lehrkraft. So habt ihr die Möglichkeit, die Bewertung eures Erfindertagebuchs zu verbessern und bei der Präsentation eher zu überzeugen.

(Darstellung verkleinert)

### Unsere Frage: Wie können wir nachhaltig Kleidung waschen?

Aufgaben:

1. Fasst in Stichworten zusammen, warum ihr das Erfindertagebuch führt (siehe auch Seite 1)
2. Schneidet die Phasen (siehe unten) aus und klebt sie in den entsprechenden Kreis des Erfinder-Prozesses ein.
3. Ordnet die Texte den jeweiligen Phasen zu, indem ihr jeweils den Namen der Phase ergänzt.
4. Bringt die Phasen in die richtige Reihenfolge, indem ihr sie ausschneidet und in der richtigen Reihenfolge aufklebt.



Erproben und optimieren

Lösungsideen finden/  
Hypothesen aufstellen

Lösungen bewerten

Problem erkennen, beschreiben

Bedürfnisse der Nutzer erkennen (Persona)

Phase: \_\_\_\_\_

In dieser Phase werden die Bedürfnisse der Kunden/ Nutzer ermittelt. Dazu führen Unternehmen Interviews durch oder beobachten sie. Anhand der ermittelten Bedürfnisse wird ein typischer Kunde, eine sogenannte Persona, erstellt. Dies hilft, sich in den Kunden hinzusetzen. Der Vorteil ist, dass so weniger Kosten für Werbung notwendig sind und die Floprate neuer Produkte oder Dienstleistungen geringer ist.

**Das benötigt ihr:** Persona siehe nächste Seite

Phase: \_\_\_\_\_

Diese Phase hilft, sich einen Überblick über das Problemfeld zu verschaffen und sich anschließend auf einen gemeinsamen Startpunkt zu einigen. Dazu sammelt man möglichst viele Informationen, z.B.:

Welche Personen sind betroffen?

An welchen Orten?

Welche Wünsche, Bedürfnisse haben die verschiedenen Beteiligten?

Diese werden visualisiert.

**Das benötigt ihr:** evtl. Flipchart, Notizzettel, Tafel, Stifte, Internetzugang z. B. für folgende URLs:

<https://www.kinderweltreise.de/kontinente/asien/malaysia/daten-fakten/wirtschaft/wirtschaft-2/>

<https://www.abenteuer-regenwald.de/bedrohungen/palmoel>

Phase: \_\_\_\_\_

Unter Berücksichtigung der drei Bereiche von Innovationen (inklusive der Persona) werden Bewertungskriterien aufgestellt und der Lösungsansatz bewertet.

**Das benötigt ihr:** Darstellung der Bewertungskriterien z. B. in Tabellenform

Phase: \_\_\_\_\_

Hier wird die Lösungsidee, auf die man sich geeinigt hat, aufgegriffen und erste Versuche durchgeführt. Somit hat man ein vorläufiges Produkt, welches im weiteren Verlauf verbessert wird.

Denkt beim Experimentieren daran, einen Kontrollversuch durchzuführen und alles zu notieren, damit ihr (oder andere) den Versuch wiederholen können.

**Das benötigt ihr:** Experimentiermaterial

Phase: \_\_\_\_\_

Jetzt wird nach Lösungsideen gesucht. Desto mehr Ideen man findet, desto besser. Jede noch so abwegige Idee ist gefragt. Hier gibt es kein "Aber". Die Ideen werden skizziert und zum Schluss wird eine Idee ausgewählt, die die Bedürfnisse der Persona berücksichtigt und umgesetzt werden soll.

**Das benötigt ihr:** Arbeitsblätter zu Pflanzeninhaltsstoffen, evtl. Flipchart, Post-its, Tafel, Stifte

## Unsere Persona

<p><b>Frust</b> (im Zusammenhang mit dem Problem)</p>	 <p>Alter: Geschlecht: Bildung: Ehemann: Kinder: Hobbys: Sonstiges:</p>
<p><b>Bedürfnisse</b> (im Zusammenhang mit dem Problem)</p>	

classroomclipart.com  
http://classroomclipart.com

<p><b>Frust</b> (im Zusammenhang mit dem Problem)</p>	 <p>Alter: Geschlecht: Bildung: Ehemann: Kinder: Hobbys: Sonstiges:</p>
<p><b>Bedürfnisse</b> (im Zusammenhang mit dem Problem)</p>	

classroomclipart.com  
http://classroomclipart.com

Wählt "eure" Persona aus und ergänzt die leeren Textstellen.

## Die Höhle der Löwen

- ▶ Ziel: Sicherung der Ergebnisse
- ▶ Angelehnt an deutsche Unterhaltungsshow von VOX
- ▶ Erfinder und Unternehmensgründer werben um Startkapital
- ▶ Vorstellung der innovativen Idee vor der Jury („Löwen“)
- ▶ („Löwen“ erhalten im Gegenzug einen Unternehmensanteil)
- ▶ 2 Gruppen stellen ihre Erfindung vor:

Kurze Präsentation (Was ist das Besondere?, Wie wurde die Erfindung entwickelt?, „Produkt“ zeigen, evtl. Flyer), max. 10 min, Ziel: die „Löwen“ zu überzeugen

- ▶ „Löwen“:

Bewertungskriterien überlegen und begründen, welche Gruppe überzeugt hat



## Bewertung des Erfindertagebuches

Kriterium	Bewertung
<b>Formaler Bereich</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Äußere Form</li> <li>• Deckblatt</li> <li>• Inhaltsverzeichnis</li> <li>• Zusatzmaterial</li> <li>• Umfang</li> <li>• Sprache</li> </ul>	30 Punkte maximal Davon erreicht: _____ P
<b>Inhalt</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thema (Frage 1)</li> <li>• Vorwissen (Frage 2)</li> <li>• Verständnis (Frage 3)</li> <li>• Offene Fragen (Frage 4)</li> </ul>	20 Punkte maximal Davon erreicht: _____ P
<b>Planerisches Vorgehen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Welche Aufgaben? (Frage 5)</li> <li>• Hilfsmittel (Frage 6)</li> <li>• Wer? (Frage 7)</li> <li>• Nächste Schritte (Frage 8)</li> </ul>	20 Punkte maximal Davon erreicht: _____ P
<b>Reflexiver Bereich</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwierigkeiten (Frage 9)</li> <li>• Änderungen (Frage 10)</li> <li>• Bewertung des Verlaufs (Frage 11)</li> <li>• Neu Gelerntes (Frage 12)</li> </ul>	20 Punkte maximal Davon erreicht: _____ P
<b>Termine</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Am Ende jeder Phase Gespräch mit Lehrkraft</li> <li>• Abgabetermin eingehalten</li> </ul>	10 Punkte maximal Davon erreicht: _____ P
<b>Note</b>	

Note	1+	1	1-	2+	2	2-	3+	3	3-	4+	4	4-	5+	5	5-	6
Anteil erreichter Punkte	100	94	89	84	79	74	69	64	59	54	49	44	38	32	26	19
	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	39	33	27	20	0

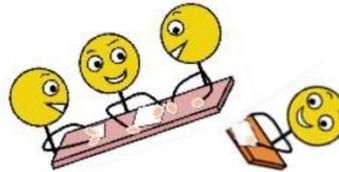


## Zeitplan

- ▶ Insgesamt: 10 Unterrichtsstunden
  - ▶ 1. Stunde: Einführung Design Thinking, Erfindertagebuch
  - ▶ Weitere 8 Stunden selbstständige Arbeit (Phasen inklusive Experimentieren, Führen des Erfindertagebuches)
  - ▶ Tipps zur Zeiteinteilung:
2. Stunde – Phase 1: Problemstellung visualisieren, 3. Stunde: Phase 3 (Phase 2 vorhanden: siehe Persona): Arbeitsblätter Pflanzeninhaltsstoffe, Ziel: Finden eines alternativen Stoffes, 4. – 6. Stunde: Phase 4: Experimentieren, 7. Stunde: Phase 5,
- 8./ 9. Stunde: evtl. eine Phase wiederholen, Präsentation vorbereiten, Lerntagebuch ergänzen

**Wichtig:** arbeitsteilig arbeiten

- ▶ 10. Stunde: „Die Höhle der Löwen“ (max. 10 min, 2 Gruppen)
- ▶ **Eigene, selbstständige Einteilung**
- ▶ nach jeder Phase Feedbackgespräch mit Lehrkraft
- ▶ **Abgabedatum + Präsentation: 18.03.2019**



## Ablauf

- ▶ Team aus 4 Leuten
- ▶ Zu Beginn jeder Stunde: Planung (Wer macht was?: Protokollant, Organisator, Moderator, Zeitwächter, evtl. Sicherheitsbeauftragter)
- ▶ Aufgaben bearbeiten, Erfindertagebuch führen
- ▶ Gespräch mit Lehrkraft
- ▶ Ende der Stunde: Reflexion, Planung?....

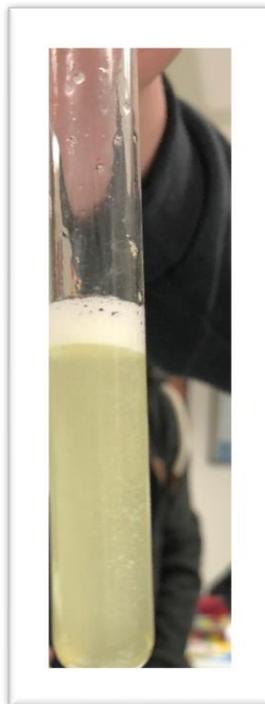
Feedback	Phase 1: Problem	Phase 2: Persona	Phase 3: Lösungsideen	Phase 4: Erproben	Phase 5: Bewerten
Was war euer Thema? (1.)					
Wusstest du schon etwas darüber? (2.)					
Ist euch etwas nicht klar geworden? (3.)					
Welche inhaltlichen Fragen sind noch offen? (4.)					
Welche Aufgaben sollen durchgeführt werden? (5.)					
Werden zusätzliche Hilfsmittel (Bücher, Internet, Plakate usw.) benötigt? (6.)					
Wer soll welche Aufgaben übernehmen? (7.)					
Welche nächsten Schritte stehen an? (8.)					
Welche Schwierigkeiten sind aufgetreten? Warum seid ihr nicht weitergekommen? (9.)					
Wo wurden Änderungen vorgenommen und warum? (10.)					
Wie bewertet ihr den bisherigen Verlauf eures Projekts? Was ist gut gelaufen? Wo gab es Probleme? (11.)					
Was habt ihr Neues gelernt? (12.)					

Farben: Inhalt **Planerisches Vorgehen** **Reflexives Vermögen** Zur Phase 6 erhaltet ihr bei der Präsentation Feedback

(Darstellung verkleinert)



## Modul 1



# Alle reden von Palmöl!

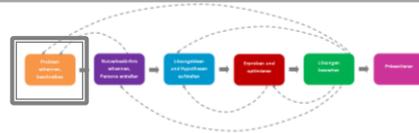


[ © allison.hare / CC BY 2.0 ]



[ © glennhurowitz / CC BY-ND 2.0 ]

## Das grüne Gold – Film



**Wofür wird Palmöl benötigt:**

- ▶ .....

**Vorteile von Palmöl:**

- ▶ .....

**Probleme, die mit dem Anbau zusammenhängen:**

- ▶ .....

**Wer ist betroffen?**

- ▶ .....



# Palmöl-Problematik

The diagram illustrates the 'Drei Säulen der Nachhaltigkeit' (Three Pillars of Sustainability). It consists of three interconnected circles: a blue circle for 'Ökonomische Aspekte' (Economic Aspects), an orange circle for 'Soziale Aspekte' (Social Aspects), and a green circle for 'Ökologische Aspekte' (Ecological Aspects). Double-headed arrows connect each pair of circles, indicating their interdependence. The text 'Drei Säulen der Nachhaltigkeit' is centered between the circles. In the top right corner, there is a small flowchart with six colored boxes: orange, purple, blue, red, green, and pink, connected by arrows and enclosed in a dashed oval.

# Alternative gesucht!

Wie können wir unsere Kleidung nachhaltig waschen?

This slide features a photograph of a supermarket aisle on the left, showing shelves stocked with various brands of laundry detergents like Persil and Pril. On the right, there is a graphic of school supplies including a calculator, ruler, pencils, a glue stick, and a notebook. The text 'Alternative gesucht!' and the question 'Wie können wir unsere Kleidung nachhaltig waschen?' are prominently displayed. A watermark 'siepmannH pixelio.de' is visible at the bottom of the photograph. In the top right corner, there is a small flowchart with six colored boxes: orange, purple, blue, red, green, and pink, connected by arrows and enclosed in a dashed oval.

## Pflanzeninhaltsstoffe Alkaloide

### Bedeutung für die Pflanze:

Alkaloide sind toxisch und bieten vielen Pflanzen Schutz vor Fressfeinden. Eine Vorstufe des Alkaloids kann z. B. in der Zellvakuole gespeichert sein. Wird nun die Vakuole durch Fraß zerstört, gelangt die Vorstufe ins Cytoplasma, wo sie durch Enzyme in das giftige Alkaloid umgewandelt wird.

Schon seit dem Altertum verwendeten Menschen Alkaloide als Drogen, Gifte oder Stimulantien. Die Wirkung beruht auf ihrer strukturellen Ähnlichkeit mit körpereigenen Botenstoffen. Wichtige Alkaloide sind z. B. Nikotin, Coffein, Solanin (z. B. in grünen Kartoffeln), Morphin, Cholchicin, Strychnin oder LSD (Lysergsäure-diethylamid).

### Vorkommen:

Alkaloide kommen in manchen Pflanzenfamilien vermehrt vor: Mohn-, Tabakpflanzen, Amaryllisgewächse.

### Grundorgan:

Alkaloide können in Vakuolen, Zellwänden oder auch Milchröhren gespeichert sein. In der Tabakpflanze wird das Nikotin in der Wurzel produziert und in die Blätter transportiert.

### Strukturmerkmale:

Zur Gruppe der Alkaloide gehören ca. 3000, alkalisch reagierende Stickstoffverbindungen. Die Grundgerüste sind ähnlich.

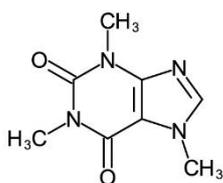
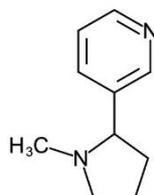


Abb.: Coffein



Nikotin



## Pflanzeninhaltsstoffe Etherische Öle

### Bedeutung für die Pflanze:

Pflanzen enthalten meist ein Gemisch verschiedener etherischer (umgangssprachlich: ätherisch) Öle.

Da diese leicht flüchtig sind, können sie durch Ihren Duft Insekten anlocken, die die Pflanzen bestäuben.

Teilweise schützen sie vor dem Fraß durch Insekten, in dem die angenagte Pflanze mithilfe bestimmter etherischer Öle „Nachrichten“ an andere Pflanzen schickt, die sich dadurch schützen können. Auf das Signal hin produzieren sie Abwehrstoffe gegen die Schadinsekten.

### Vorkommen:

Etherische Öle kommen z. B. in Gewürzpflanzen wie Kamille, Anis, Gewürznelken, Eukalyptus, Minze oder Rosmarin vor. Du findest sie auch in gut duftenden Pflanzen wie Rosen oder Lavendel oder in Zitrusfrüchten.

### Grundorgan:

Pflanzen enthalten etherische Öle meist in besonderen Drüsen- oder Ölzellen. Diese kommen in nahezu allen Pflanzenorganen vor.

### Strukturmerkmale:

Etherische Öle sind Terpene oder Phenylpropane. Terpene leiten sich formal vom Isopren (2-Methylbuta-1,3-dien) ab und zeichnen sich dabei durch eine große Vielfalt an Kohlenstoffgerüsten und geringere Anzahl an funktionellen Gruppen aus.

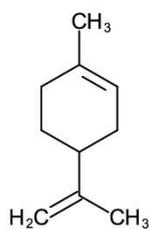
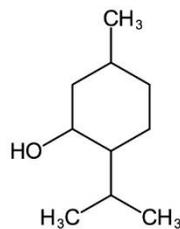
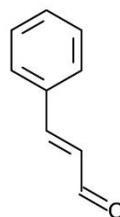


Abb.: Limonen



Menthol



Zimtaldehyd



## Pflanzeninhaltsstoffe Saponine

### Bedeutung für die Pflanze:

Sie wirken als Abwehrstoffe gegen Pilze, da sie die Zellmembran zerstören können.

### Vorkommen:

Einen hohen Saponingehalt findet man zum Beispiel in Efeu, Rosskastanien, Kichererbsen, Sojabohnen, Agave, Spargel oder Spinat.

### Grundorgan:

Roskastanien und Kichererbsen enthalten Saponine in den Früchten. In Spross von Spargel (Spargelstangen) findet man Saponine und bei Agaven und Spinat sind es die Blätter, die Saponine enthalten. Bei Soja und Efeu kommen sie in der ganzen Pflanze vor.

### Strukturmerkmale:

In Saponinen sind Zuckerbausteine an Sterole oder andere polyzyklische Triterpene gebunden.

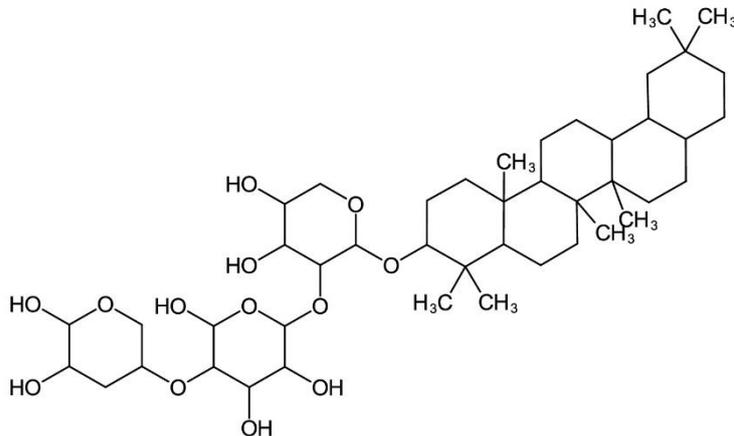


Abb.: ein mögliches Grundgerüst



## Pflanzeninhaltsstoffe Anthocyane

### Bedeutung für die Pflanze:

Anthocyane schützen die Pflanze vor schädlichem UV-Licht. Die Farbe kann auch Tiere und Insekten anlocken, die ihrerseits die Pflanzen bestäuben und so zur Vermehrung beitragen.

### Vorkommen:

Viele Pflanzen mit roten oder blauen Blüten enthalten Anthocyane. Diese können ihre Farbe ändern, wenn sich der pH-Wert ändert. Im Lungenkraut (1. Bild rechts oben) sind zum Beispiel die jungen Blüten rot und die älteren blau. Sicherlich hast du im Unterricht schon mit Rotkohl experimentiert und das Farbenspiel bei unterschiedlichen pH-Werten bestaunt.

### Grundorgan:

Anthocyane kommen meist in Blüten vor. Tomaten dagegen sind rot, da sie Carotinoide enthalten.

### Strukturmerkmale:

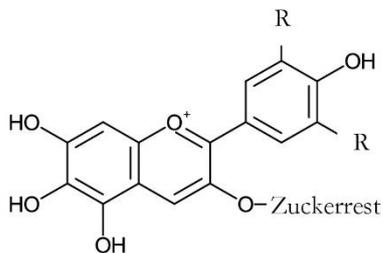


Abb.: Allgemeines Grundgerüst mit unterschiedlichen Resten R



## Pflanzeninhaltsstoffe Carotinoide

### Bedeutung für die Pflanze:

Carotinoide erfüllen zwei wichtige Aufgaben: zum einen sind einige an der Fotosynthese beteiligt, zum anderen befinden sie sich in Chromoplasten und sorgen für die Farbe von Blüten oder Früchten. Zusätzlich schützen sie die Pflanze vor schädlichem UV-Licht.

### Vorkommen:

Viele Pflanzen mit gelben oder roten Blüten oder Früchten enthalten Carotinoide. In einigen unserer Obst- oder Gemüsesorten wie Tomaten, Paprika, Möhren oder Apfelsinen sind sie zu finden. Der Name „Carotinoid“ kommt aus dem Lateinischen: carota: Karotte, Möhre.

### Grundorgan:

Man findet sie meist in Blüten, Blättern oder Früchten.

### Strukturmerkmale:

Das Grundgerüst besteht aus 40 Kohlenstoffatomen bzw. 8 Isopren-Baueinheiten.

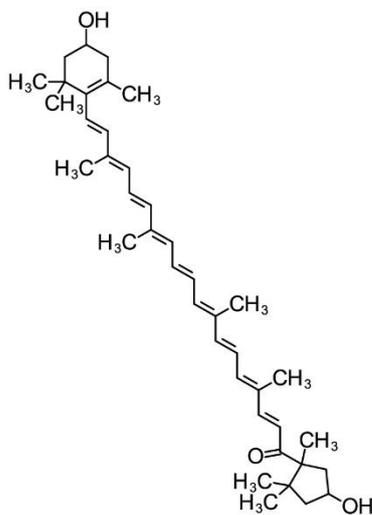
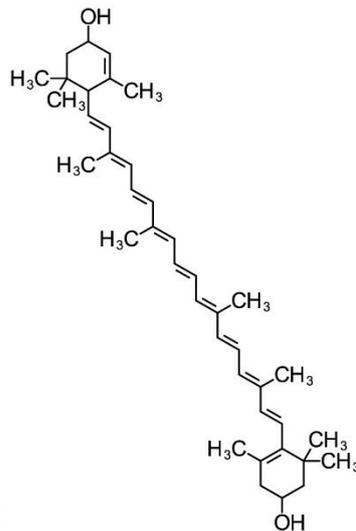


Abb.: Capsanthin (Paprikafarbstoff)



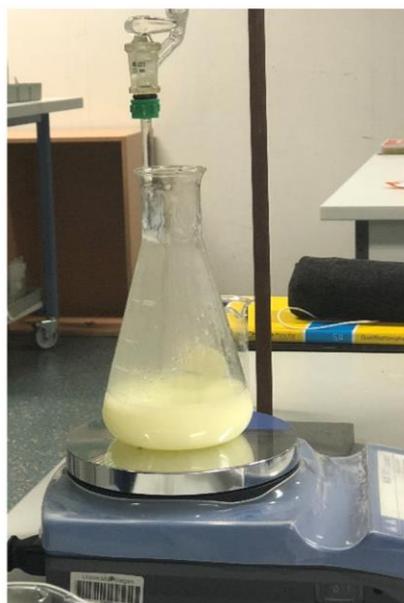
Lutein (ein Blattfarbstoff)







## Modul 2



**Lebensmittelhandel** *Gesund und Munter*

Abteilung Marketing  
Sana Corpore  
Mensweg 10

45127 Essen



Labor für chemische Analysen  
Abteilung Q1 (Säure-Base-Analyse)  
Brönsted-Str. 1  
54310 Menningen an der Sauer

**Auftrag: Wie können Sie umweltfreundlich die Säurekonzentration unserer Lebensmittel bestimmen?**

10.9.2019

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir wollen die Säurekonzentration unserer Lebensmittel bestimmen, da eine eine zu hohe Konzentration den Zähnen schaden und zur Kariesbildung beitragen kann. Unsere Kunden sind sehr umweltbewusst, weshalb wir bei der Bestimmung der Säurekonzentration umweltfreundliche Farbstoffe nutzen wollen.

Wir erteilen Ihnen hiermit den Auftrag, die Säurekonzentration eines unserer Produkte zu bestimmen. Eine Ausdehnung unseres Auftrages auf weitere Produkte ist abhängig davon, wie umweltfreundlich Sie die Bestimmung der Säurekonzentration erfolgte und wie gut Ihre Expertise ist. Diese sollte die Untersuchungsmethoden und die Ergebnisse beinhalten.

Unsere Marketingabteilung freut sich auf eine gute Zusammenarbeit und der zeitnahen Zusendung der Expertise.

Mit freundlichen Grüßen

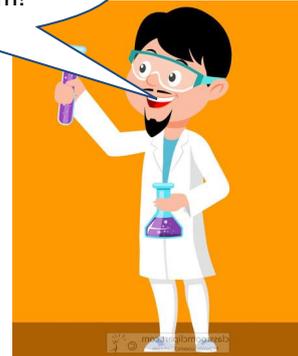
**Sana Corpore**

Sana Corpore  
Abteilung Marketing  
**Lebensmittelhandel** *Gesund und Munter*

# Aufgabe 1

Ihr Team des Labors für chemische Säureanalysen hat den Auftrag des Lebensmittelhandels Gesund und Munter übernommen. Da Ihr Labor ein **innovatives Unternehmen** ist, setzt es auf **Design Thinking**, um Ideen zu entwickeln und zu testen. Zur Erfüllung der Nutzung **umweltfreundlicher Substanzen** setzen Sie auf **Pflanzeninhaltsstoffe**.

Wir wollen wissen, wie sauer das ist und warum!



## Zur Verfügung stehen Ihnen folgende Materialien:

- Die Auftragserteilung des Lebensmittelhandels
- Produkte dieses Lebensmittelhandels, z. B. Sauermilch, Molke
- Lösungen farbiger Pflanzeninhaltsstoffe
- Natronlauge ( $c = 1 \text{ mol/L}$ )
- Labor-Geräte wie Bechergläser, Reagenzgläser, Trichter, Pipetten, Rührstäbe, Messzylinder.

## Aufgaben:

### 1.1 Recherchieren und visualisieren Sie das Problemfeld:

- Welcher Stoff ist hauptsächlich für die saure Reaktion verantwortlich? Welche Säure?
- Welche Lebensmittel enthalten Säuren?
- Wozu werden sie manchen Lebensmitteln zugesetzt?
- Welche Personen sind beteiligt?
- Welche Wünsche haben diese?

### 1.2 Untersuchung:

#### 1.2.1 Planen Sie zu dem übernommenen Auftrag mit den oben aufgelisteten Materialien ein Experiment.

- Welches Produkt soll untersucht werden?
- Warum?
- Wie soll es untersucht werden?

#### 1.2.2 Bearbeiten Sie den Auftrag experimentell und rechnerisch und protokollieren Sie Ihre Ergebnisse gut nachvollziehbar in der geforderten Expertise (**Persona erstellen und beachten, für die Auftraggeber aus der Perspektive des Labormitarbeiters formulieren**).

#### 1.2.3 Erläutern Sie dabei, warum das gewählte experimentelle Verfahren zum Ziel führt und welche chemischen Zusammenhänge der Berechnung zugrunde liegen.

### 1.3. Diskutieren Sie Ihre Versuchsplanung und -durchführung (**Pro + Contra**), nennen Sie versuchstechnische Probleme und machen Sie Verbesserungsvorschläge (**Hier wird nicht erwartet, dass alles sofort super geklappt hat, sondern dass Hindernisse benannt und erörtert werden. Fertige Vorschriften aus Büchern oder dem Internet führen hier nicht zum Ziel**).

**Halten Sie nach jedem Schritt (Phase des Design Thinkings) Rücksprache mit Ihrer Vorgesetzten!**

## Rückmelde- und Bewertungsbogen zur Expertise des Teams: \_\_\_\_\_

Kriterien	Bewertung	Max. Punktzahl	Erreichte Punktzahl
<b>zum Inhalt (sinnvolle Auswahl und Platzierung von Inhalten):</b>			
	<b>Anschreiben (Persona berücksichtigen)</b>	5	
<b>Aufgabe 1.1</b>	<b>Recherche und Visualisierung: Problemfeld</b>	10	
		10	
<b>Aufgabe 1.2.2</b>	<b>Protokoll des selbst entwickelten Versuches</b>	5	
	<b>Vollständigkeit, evtl. mit Abbildung(en)</b>		
<b>Aufgabe 1.2.3</b>	<b>Methodenerläuterung</b>	10	
<b>Aufgabe 1.3</b>	<b>Methodenkritik</b>	10	
<b>Aufgabe 2.1, 2.2</b>	<b>Etabl. Versuch: Kurz-Protokoll + Berechnung</b>	10	
	<b>evtl. mit Abbildung(en)</b>		
<b>Aufgabe 2.3</b>	<b>Vergleich mit selbst entwickeltem Versuch</b>		
	<b>mit Bewertung, evtl. Tabelle</b>		
<b>sachlich richtig (Sa)</b>		5	
<b>Fachsprache (Fa)</b>		5	
<b>Sprache (R, Z, A)</b>		5	
<b>Vollständigkeit (alle Gliederungspunkte)</b>		5	
<b>Layout Gliederung + Absätze</b>		5	
<b>einheitlich, sinnentsprechend, übersichtlich</b>			
<b>Markierungen</b>		5	
<b>Überschriften sinnvoll gestaltet, Abbildungen ordentlich und beschriftet</b>			
<b>Seitenzahlen</b>		2	
<b>Deckblatt</b>		5	
<b>Übersichtliches und ansprechendes Inhaltsverzeichnis</b>		5	
<b>Literatur-/Quellenangaben</b>		10	
<b>Summe</b>		<b>112</b>	

Note	1+	1	1-	2+	2	2-	3+	3	3-	4+	4	4-	5+	5	5-	6
<b>Anteil</b>	112	105	100	94	89	83	77	72	66	61	55	49	43	36	29	21
<b>erreichter Punkte</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	106	101	95	90	84	78	73	67	62	56	50	44	37	30	22	0

# Aufgabe 2

Ihr Team führt nun zum Vergleich einen Versuch nach einem etablierten Verfahren – der Titration- durch.

Jetzt wollen wir es genau wissen!

## Material

- Die Auftragserteilung der Firma Gesund und Munter
- 20 ml Buttermilch o. a.,  
Pipette 3mal mit Wasser gespült und auf 100 ml aufgefüllt
- ca. 1ml Phenolphthalein-Lösung, 0,1%
- ca. 1 ml Lösung des farbigen Pflanzeninhaltsstoffes, der sich als geeignet gezeigt hat
- Natronlauge,  $c = \underline{0,1}$  mol/L
- Leitungswasser
- Magnetrührer + Magnetrührstäbchen („Rührfisch“)
- Bürette
- Erlenmeyerkolben, 100mL
- Messpipette, 20mL



### Titration – Was macht man da?

<https://www.youtube.com/watch?v=K7PrbjkZFG>



## Aufgaben: Ergänzen Sie die Expertise mit den nachfolgenden Aufträgen:

- 2.1 Führen Sie die Titration mit Ihrer Farbstofflösung durch (Youtube-Film als Anleitung)
- 2.2 Berechnen Sie mithilfe Ihres Messergebnisses die Säurekonzentration und vergleichen Sie sie mit dem Ergebnis Ihres eigenen Versuches.
- 2.3 Vergleichen Sie die beiden Versuchsdurchführungen (diese und Ihre eigene) und begründen Sie die in diesem Versuch genannten Bedingungen. Führen Sie auch eine Titration mit Phenolphthalein durch. Wozu dient dieser Versuch?
- 2.4 Fügen Sie in Ihre Expertise ein Inhaltsverzeichnis und ein Literaturverzeichnis ein.
- 2.5 Erstellen Sie zum Schluss ein Anschreiben und geben Sie die Expertise Ihrer Vorgesetzten ab.

## Gliederung der Expertise:

### Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
  - a. Wie sind wir das Problem angegangen (mit Bezug zum Auftrag!)?
  - b. Warum ist das Produkt sauer?
2. Selbst entwickelter Versuch
  - a. Protokoll (Material, Durchführung, Aufbau-Skizze, Auswertung mit Berechnung)
  - b. Methodenkritik
3. Etablierter Versuch (Titration)
  - a. Protokoll (s.o.)
  - b. Vergleich mit eigenem Versuch
4. Fazit (Bezug zum Auftrag!)
5. Literaturverzeichnis (Quellenangaben)

## Pflanzeninhaltsstoffe Farbstoffe liefernde Pflanzen

### Anthocyane:

Viele Pflanzen mit roten oder blauen Blüten enthalten Anthocyane. Diese können ihre Farbe ändern, wenn sich der pH-Wert ändert. Der Umschlag ist dabei wenig scharf.

Im Lungenkraut sind zum Beispiel die jungen Blüten rot und die älteren blau. Sicherlich hast du im Unterricht schon mit Rotkohl experimentiert und das Farbenspiel beobachtet. Auch Heidelbeeren, Kirschen oder Hibiskus enthalten Anthocyane.

### Carotinoide:

Viele Pflanzen mit gelben oder roten Blüten oder Früchten enthalten Carotinoide. In einigen unserer Obst- oder Gemüsesorten wie Tomaten, Paprika, Möhren oder Apfelsinen sind sie zu finden. Der Name „Carotinoid“ kommt aus dem Lateinischen: carota: Karotte, Möhre.

### Polyketide:

Es gibt eine Reihe unterschiedlicher Polyketide. Viele sind in Mikroorganismen, Pilzen und Flechten zu finden. Allen ist gemein, dass sie antibiotische Wirkung zeigen.

Bei den Pflanzen sind es zum Beispiel der Hopfen, der das Polyketid Humulon enthält. Hopfenextrakt wird beim Bierbrauen eingesetzt und sorgt für die Würze des Bieres. Ebenso würzig bzw. scharf schmeckend ist Curcumin. Es ist normalerweise gelb und zeigt in alkalischen Lösungen eine braune Farbe.

Curcumin findet man in den Rhizomen verschiedener Curcuma-Arten (z. B. Javanischer oder Langer Gelbwurz). Ein Rhizom ist ein unter der Erde oder dicht über dem Boden wachsender Spross, von dem Wurzeln und Blatttriebe ausgehen.

### Anwendung:

Textilien, Lebensmittel oder Kosmetika können mit einigen Farbstoffen gefärbt werden, andere eignen sich als natürliche Säure-Base-Indikatoren.

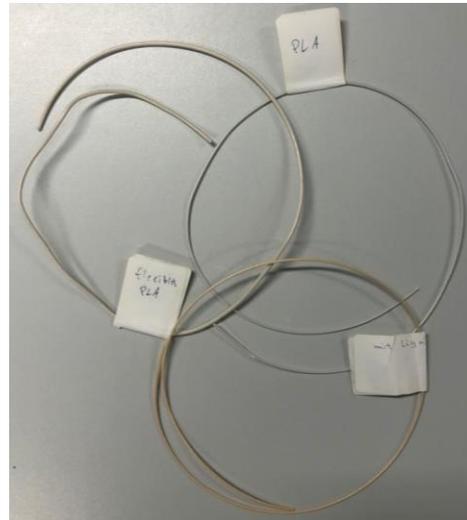
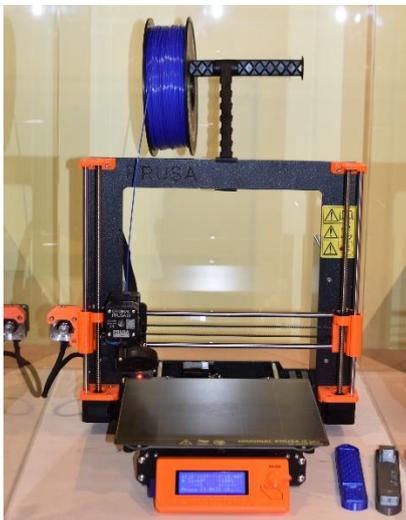
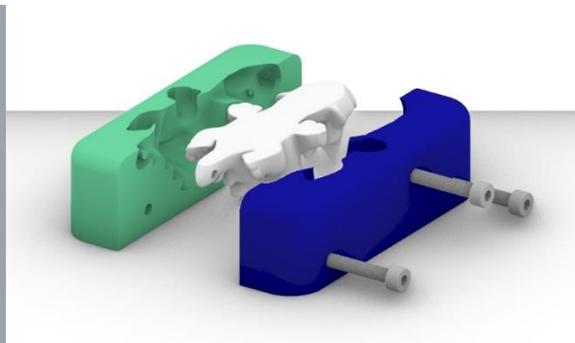
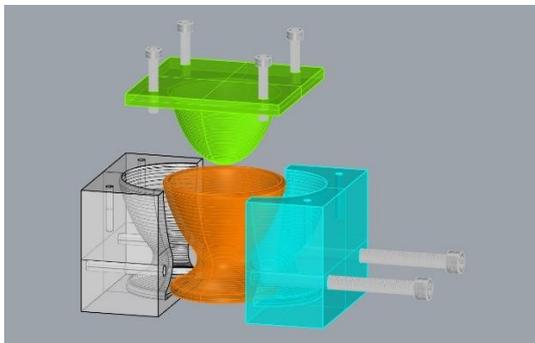


## Wie können wir umweltfreundlich die Säurekonzentration von Lebensmitteln bestimmen?

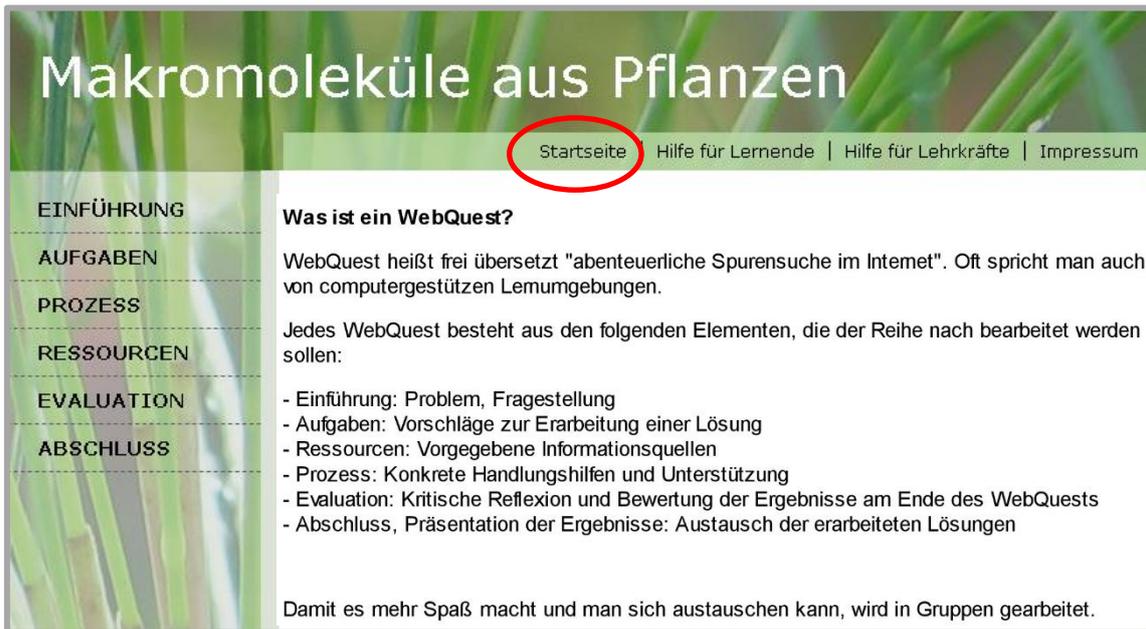
Unterrichtsstunde	Ziele	Materialien
<b>1. Stunde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hinführung zur Problemstellung</li> <li>• Wiederholung Design thinking (Welche Phasen und was wird da gemacht?)</li> <li>• Ziele des Erfindertagebuches</li> </ul>	Brief (AB)
<b>2. bis 8. Stunde</b>	<p>siehe Ziele der Phasen</p> <p>Hinführung zu Anforderungen einer Facharbeit</p> <p>Versuche selbstständig durchführen, Inhalte erarbeiten</p> <p>Bewertung</p>	<p>Brief (AB) Aufgaben 1 (AB) weitere Pflanzeninhaltsstoffe (AB) Aufgabe 2 (AB) Bewertung Expertise (AB) Lerntagebücher</p> <p>Experimentiermaterialien, Chemikalien</p> <p>Fragen für jede Stunde (4 mal)- jeder protokolliert 1 mal Feedbackbogen</p>
<b>9. Stunde</b>	<p>Expertise schreiben Antwortbriefe: Welches Labor würdet ihr beauftragen? Hausaufgabe: gegenseitige Bewertung der Briefe</p>	

Ziele der Phasen	Geschätzter Zeitbedarf	Eigene Schätzung	Tatsächlicher Zeitbedarf
Phase 1 – Problemfeld: Visualisieren und recherchieren, z. B. zu <ul style="list-style-type: none"> <li>- Welche Säuren kommen in Lebensmitteln vor?</li> <li>- In welchen Lebensmitteln?</li> <li>- Wozu werden sie manchen Lebensmitteln zugesetzt?</li> <li>- Welche Personen sind beteiligt?</li> <li>- Welche Wünsche haben diese?</li> </ul>	<b>1 h</b>		
Phase 2 – Persona erstellen (Nutzer*innen): <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wünsche, Bedürfnisse</li> <li>- Einstellung zu Umwelt</li> <li>- Welche Produkte?</li> </ul>	<b>30 min</b>		
Phase 3 – Lösungsideen finden: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Welches Produkt soll untersucht werden?</li> <li>- Warum?</li> <li>- Wie soll es untersucht werden? (Geräte? Chemikalien?)</li> </ul>	<b>1 h</b>		
Phase 4 – Prototyp des Experiments durchführen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Durchführung verschiedener Versuche</li> </ul>	<b>4 h</b>	(abhängig von der Anzahl erforderlicher Versuche)	
Phase 5 – Bewerten <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kriterien, evtl. Gewichtungen</li> <li>- Vergleich mit etabliertem Verfahren</li> <li>- Ergebnis des Vergleiches</li> </ul>	<b>1 h</b>		
Expertise: Anschreiben Inhaltsverzeichnis Beschreibung der Vorgehensweise Bewertung (Kriterien, Vergleich, Ergebnis) Literaturangaben	<b>30 min</b>		
<b>Antwortbriefe</b>	<b>15 min</b>		

# Modul 3



WebQuest:  
Startseite:



**Makromoleküle aus Pflanzen**

Startseite | Hilfe für Lernende | Hilfe für Lehrkräfte | Impressum

EINFÜHRUNG	<b>Was ist ein WebQuest?</b>
AUFGABEN	WebQuest heißt frei übersetzt "abenteuerliche Spurensuche im Internet". Oft spricht man auch von computergestützten Lernumgebungen.
PROZESS	Jedes WebQuest besteht aus den folgenden Elementen, die der Reihe nach bearbeitet werden sollen:
RESSOURCEN	
EVALUATION	- Einführung: Problem, Fragestellung
ABSCHLUSS	- Aufgaben: Vorschläge zur Erarbeitung einer Lösung
	- Ressourcen: Vorgegebene Informationsquellen
	- Prozess: Konkrete Handlungshilfen und Unterstützung
	- Evaluation: Kritische Reflexion und Bewertung der Ergebnisse am Ende des WebQuests
	- Abschluss, Präsentation der Ergebnisse: Austausch der erarbeiteten Lösungen

Damit es mehr Spaß macht und man sich austauschen kann, wird in Gruppen gearbeitet.

Im Folgenden werden nur die Texte einzelner Seiten abgebildet. Die Seiten „Hilfe für Lehrkräfte“ und „Impressum“ sind nicht aufgeführt.

Hilfe für Lernende:

Nach dem Webquest könnt ihr:

- viele Ideen nennen zu "Wie können wir makromolekulare Pflanzeninhaltsstoffe nutzen, um ressourcenschonende Produkte herzustellen".
- das Produkt anhand verschiedener Kriterien bewerten.
- erkennen, dass die Bewertung von den gewählten Kriterien abhängt.

Ihr solltet folgendes Vorwissen mitbringen oder es mithilfe des Buches oder eures Heftes auffrischen:

- Was ist Design thinking?
- Wie und warum führe ich das Erfindertagebuch?

Einführung:

Rein rechnerisch beansprucht die Weltbevölkerung zur Zeit 1,75 Erden.

Unsere Ressourcen sind begrenzt: Wälder werden abgeholzt. Meere durch Plastik verunreinigt.

Daraus ergibt sich unsere Leitfrage:

Wie können wir Pflanzeninhaltsstoffe nutzen, um ressourcenschonende Produkte herzustellen?

Gesucht sind Alternativen zur Papierherstellung aus Holz, Alternativen zu Plastik aus Erdöl.

Mithilfe dieses Webquests visualisiert ihr das Problem, findet viele Ideen, erstellt einen Prototypen und bewertet eure Lösung.

Aufgaben:

In eurer Gruppe durchlauft ihr alle Phasen des Design Thinkings. Geht zurück in den Phasen (iteratives Vorgehen), wenn ihr eure Ideen abwandeln wollt. Das zeichnet einen guten Design Thinker aus.

Hier die Phasen im Einzelnen:

#### Phase 1: Problem visualisieren

Ihr könnt eine Mindmap o. ä. gestalten. Nutzt die Informationen aus dem [Zeitungsartikel](#) und recherchiert selbst.

#### Phase 2: Persona erstellen

Wenn ihr genau wissen wollt, was eure "Kunden" ("Persona") wünschen, führt doch ein Interview mit ihnen durch. Ihr könnt eure MitschülerInnen befragen. Vielleicht habt ihr Ideen zu Produkten, die ihr am Tag der offenen Tür verkaufen könnt.

#### Phase 3: Ideen generieren

Wie beim Sport geht es auch beim [Ideen entwickeln](#) darum, sich [aufzuwärmen und zu üben](#). Also: Erst Aufwärmen und dann Ideen entwickeln.

Auch hierbei sind Regeln zu beachten.

#### Phase 4: Prototypen entwickeln

Entwickelt mithilfe der Arbeitsblätter einen Prototypen. Zeigt diesen (evtl. mit einer einfachen Skizze zur Nutzung eures Produktes) euren "Kunden" und fragt sie erneut. Was gefällt ihnen? Was wünschen sie sich anders?

#### Phase 5: Bewerten

siehe Evaluation

#### Phase 6: Präsentieren

siehe Abschluss

Prozess:

### 1. Arbeitsform:

Es wird in Gruppen aus 4 bis 5 Personen gearbeitet. Weitere Informationen findet ihr [hier](#). Damit ihr möglichst effektiv und erfolgreich in den Gruppen arbeitet, soll die Gruppe mit verschiedenen Teamrollen besetzt sein. Macht den Teamrollentest unter: <https://www.123test.com/de/Teamrollentest>

Aus dem Test: ambitiös = ruhmstüchtig

Nach dem Test teilt ihr eurem Lehrer die Prozentangaben der ersten drei Teamrollen mit. Ein Team ist dann besonders erfolgreich, wenn bestimmte Teamrollen vorhanden sind. Falls in eurem Team eine wichtige Teamrolle fehlt, so erfahrt ihr von der Lehrkraft, wie ihr diese ersetzen könnt.

### 2. Recherche:

Zur Recherche sollen die zusammengestellten Internetquellen und Literaturangaben auf den Arbeitsblättern, die unter "Ressourcen" zu finden sind, verwendet werden und eigene Quellen gesucht und angegeben werden.

### 3. Aufgaben:

Die Expertengruppen bearbeiten Aufgaben zu unterschiedlichen Themen:

- [Papier aus...](#)
- [Textilfasern aus...](#)
- [Stärkefolie aus...](#)
- [Kunststoffersatz \(PLA\) aus...](#)

### 4. Erfindertagebuch:

Führt das Erfindertagebuch wie gewohnt und legt besonderen Wert auf: Fehler, Schwierigkeiten und Reflexion.

### 5. Zeitplan:

Insgesamt stehen uns 10 Unterrichtsstunden zur Verfügung, davon dient die erste zur Wiederholung und Einführung.

Hier die geschätzte Zeit für die einzelnen Phasen

2 Stunden: Problem beschreiben und visualisieren (Phase 1)

2 Stunden: Ideen finden (Phase 3)

4 Stunden: Prototyp testen (Phase 4)

1 Stunde Bewertung (Phase 5).

Die Phase 2 (Persona, Interview) und die Erstellung eines Erklärideos o. ä. macht ihr außerhalb des Unterrichts.

**Ressourcen:**

Wählt eins der folgenden Unterthemen aus:

- Cellulose liefernde Pflanzen - Papier
- Cellulose liefernde Pflanzen - Textilien
- Stärke liefernde Pflanzen - Kunststoffolie
- Stärke liefernde Pflanzen - Polymilchsäure.

Auf den jeweiligen Arbeitsblättern (siehe unter Aufgaben) findet ihr neben den Aufgaben auch Literaturquellen. Recherchiert zusätzlich und ergänzt die Quellenangaben entsprechend.

**Evaluation:**

**Bewertet eure Produktidee. Überlegt euch dazu verschiedene Kriterien.**

**Abschluss:**

Informiert eure MitschülerInnen über euer Wissen. Ihr könnt z. B. ein Erklärvideo drehen, einen Flyer gestalten oder eine Produktpräsentation erstellen.

Nachdem alle Gruppen ihre Präsentationen gezeigt haben, entscheidet ihr euch gemeinsam, welchen oder welche Prototypen weiter verbessert werden sollen. Die fertigen Produkte können z. B. am Tag der offenen Tür an Mitschüler verkauft werden.



**Scinexx, 18.03.2016:**

... das Problem, dass Kunststoffe aus Erdöl gewonnen werden und dies enorme Mengen des Treibhausgases CO<sub>2</sub> freisetzt. ... Sie entwickelten eine Methode, mit der ein PET-ähnlicher Kunststoff aus CO<sub>2</sub> und Pflanzenabfällen erzeugt werden kann. PET ist ein Polymer, das aus zwei erdölbasierten Grundbestandteilen hergestellt wird, ...

**General-Anzeiger, 4./5. Januar 2020:**

Der Lebensmittelhandel beugt sich der Kritik an der Flut von Plastikverpackungen. ... So kommen in der EU jetzt Obst und Gemüse mit einem essbaren Überzug auf den Markt. ... Dieser vervier- bis verfünffache die Haltbarkeit der Feldfrüchte... Die Hülle besteht aus einer Mischung sogenannter Monoacylglyceride.

**FAZ, 3. Juni 2018:**

Die Meere sind voller Plastik. Das meiste kommt nicht aus Europa. Trotzdem sollen die Europäer noch mehr Plastik einsparen. ... Auch prüfe man, wie es bei den Kunden ankomme, Äpfel und Birnen in Graspapier zu verpacken; das bestehe zu 40 Prozent aus Gras und nur zu 60 Prozent aus Holz....

In unseren Kleiderschränken findet sich jede Menge Plastik. Polyester? Polyacryl? Alles Plastik.... Mit jedem Waschgang machen sich ein paar von diesen Fasern auf den Weg ins Meer. ...

**General-Anzeiger, 22./23. Juni 2019:**

Eine neue Studie berichtet, dass ein Mensch pro Woche bis zu fünf Gramm Mikroplastik zu sich nimmt. ... Durch Nahrung, Trinkwasser oder durch bloßes Atmen.

Für Mikroplastik gibt es keine offizielle Definition. Laut Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) sind üblicherweise Plastikpartikel gemeint, die kleiner als ein Mikrometer... sind. ...

Ob Mikroplastik dem Körper schadet, ist nach BfR-Fachleuten bislang nicht bewiesen. ... Mode aus Mais und Milch

Die Modebranche sucht nach neuen Wegen, nachhaltig zu produzieren. Ein Ansatz: Lebensmittelreste wie Maisabfälle, Kokosnussschalen oder getrockneter Kaffeesatz werden in der Polymer-Produktion eingesetzt. .... Aus dem Pflanzenzucker der Maispflanze wird Polylactid hergestellt.

**FAZ, 23. Juni 2019:**

Und wenn man die Verpackung einfach mitessen könnte?

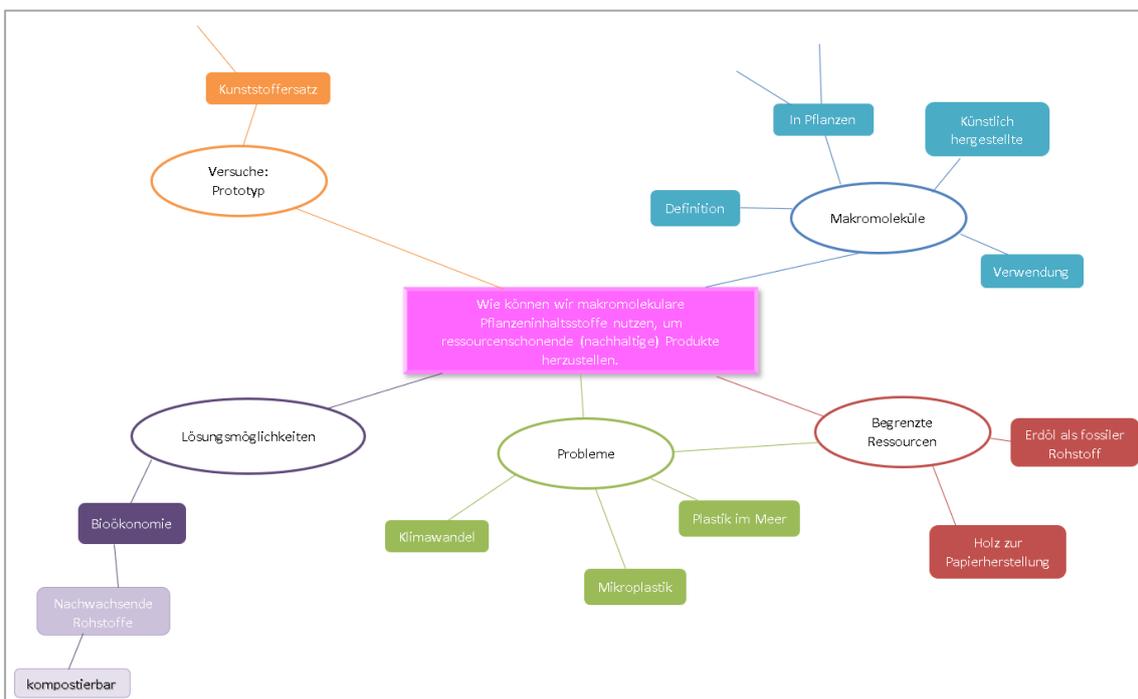
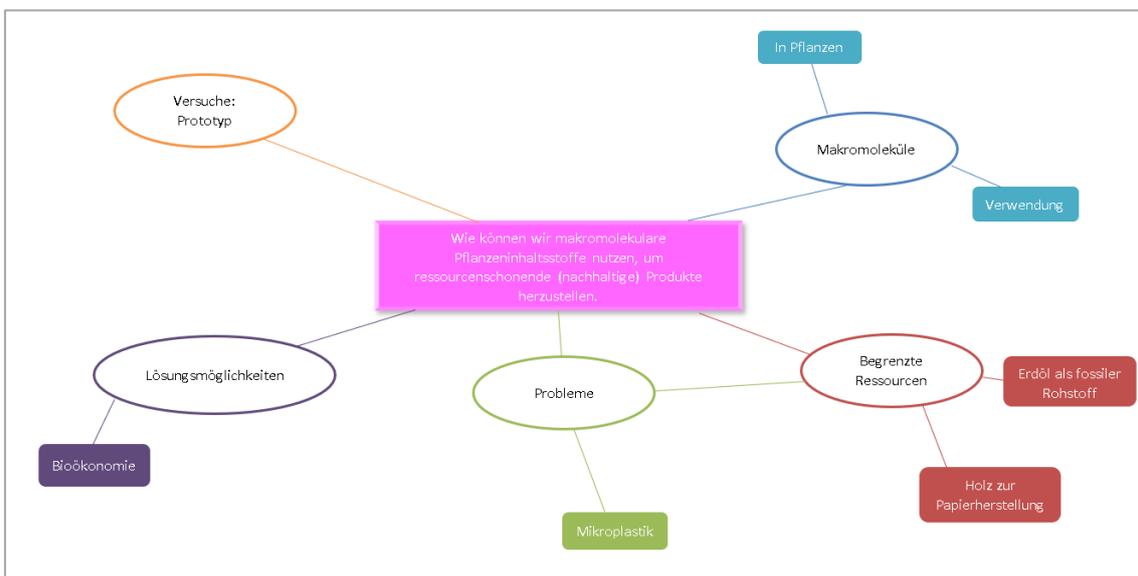
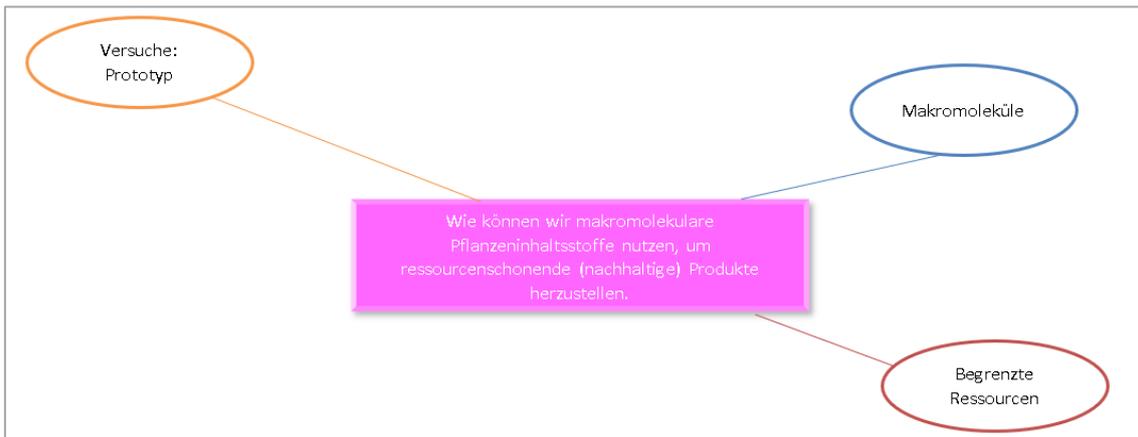
Dabei sind essbare Verpackungen keine neuen Erfindungen.... Eis geht traditionell in Waffeln über die Theke. Doch seit Anfang der 2000er Jahre sorgen verspeisbare ...verstärkt für Schlagzeilen: ...Folien aus dem Milchprodukt Casein ....

... bei der Herstellung von ... abbaubaren [oder] ... essbaren Innovationen werde oft auf dieselben Rohstoffe zurückgegriffen, die ... selbst als Lebensmittel gelten. Hinsichtlich der Ackerfläche könnte dadurch Konkurrenz zur Lebens-mittelproduktion entstehen. .... Das aus Pflanzenabfällen .... hergestellte Spray wird ... auf Obst und Gemüse gesprüht.

**FAZ, 5. Januar 2020:**

Die Modewelt rast, die Menschen kaufen mehr Klamotten denn je: Fast Fashion zerstört unseren Planeten.... Die Welt trägt also Plastik. Etwa jedes zweite Kleidungsstück wird aus Polyester hergestellt. Polyethylenterephthalat, kurz PET, knittert nicht, reißt nicht, bleibt formstabil, widersteht UV-Strahlung und nimmt kaum Wasser auf. ... Die Industrie fahndet ... nach neuen Faser-materialien....

Mindmaps – verschiedene Schwierigkeitsstufen (verkleinerte Darstellung):



## Pflanzeninhaltsstoffe Stärke liefernde Pflanzen - PLA

### Stärke:

Stärke besteht aus ca. 20 % wasserlöslicher Amylose und 80 % Amylopektin. Sie kann durch Säuren in ihre Monomere hydrolysiert werden: die Glucose. Stärke oder Glucose können durch Mikroorganismen zu Milchsäure vergärt werden.

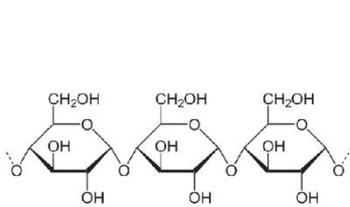


Abb.: Amylose

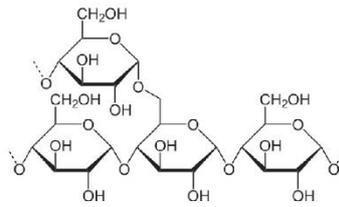


Abb.: Amylopektin, etwa jedes 12. Glucose-Molekül mit  $\alpha$ -(1,6) - glykosidischer Bindung

### Vorkommen:

Die Stärkebildung bei Pflanzen dient der Speicherung der Glucose in osmotisch unwirksamer Form; bei Tieren ist die Speicherform das Glycogen. Wird die Stärke -oder das Glycogen- hydrolysiert, bildet sich Glucose, die enzymatisch abgebaut wird und dabei Energie liefert. Stärke kommt in verschiedenen Pflanzenorganen vor:

- im Samen, z. B. beim Reis
- in der Nuss z. B. bei Quinoa
- in den Knollen: Kartoffeln, Süßkartoffeln (keine Kartoffel).

### Verwendung:

Stärke-haltige Pflanzen sind ein Hauptnahrungsmittel. Stärke-haltige Produkte werden vielfältig in der Lebensmittelindustrie genutzt. Stärke wird aber auch als Verdickungs- oder Klebemittel eingesetzt. Aus Stärke bzw. Glucose können Kunststoffe hergestellt werden, wobei Folien aus Stärke und Kunststoff aus Polymilchsäure zu den Biokunststoffen zählen.

### Herstellung von Polymilchsäure:

Aus Milchsäure wird Polymilchsäure: Chemie heute, Seite 167, Versuch 2



## Wie können wir PLA für den 3-D-Druck aus Pflanzen herstellen?

### Infotext:

Aus den Milchsäure-Monomeren kann in einer Polykondensation unter Wasserabspaltung das Polymer, die Polymilchsäure – auch PLA oder Polylactid, hergestellt werden. Diese Reaktion gleicht der Veresterung, nur dass hierbei viele (poly) Veresterungen stattfinden; es entsteht ein Polyester. Das Monomer muss also mehrere funktionelle Gruppen besitzen, so dass die Kondensation an mehreren Stellen im Molekül stattfinden kann.

Herkömmliche Polymilchsäure erweicht bei ca. 60 °C, wodurch ihr Einsatzgebiet beschränkt ist. Durch sogenannte Copolymerisation oder durch Herstellung von Polymerblends können eine höhere Temperaturbeständigkeit erreicht werden, wodurch sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten ergeben.

PLA wird z. B. als Druckfilament beim 3-D-Druck genutzt.

Vorlagen für 3-D-Druck: <https://www.thingiverse.com/>

Zum Beispiel Handy-Ständer: <https://www.thingiverse.com/thing:1587568>

(Drache und Nilpferd sind machbar)

<https://3d-erleben.kultus-bw.de/Lde/Startseite/3D-Druck/Level+1+-+gruen>

(verschiedene Schwierigkeitsgrade)

Wer selbst Vorlagen erstellen möchte: uMake, tinkercad, solid edge

### Aufgaben:

1. Milchsäure wird nach IUPAC als 2-Hydroxypropansäure bezeichnet. Zeichnet die Strukturformel.
2. Formuliert mithilfe der Informationen aus dem Text und eures Buches Seite 164 die Reaktionsschritte der Polykondensation der Milchsäure zu PLA und gebt die Wiederholungseinheit an.
3. PLA ist ein Thermoplast. Eräutert dies, indem ihr auf die Struktur des Makromoleküls eingeht.
4. Thermoplaste werden z. B. durch Spritzgießen hergestellt. Erläutert das Verfahren mithilfe des Buches Seite 155 und begründet, warum die Verarbeitung von Duroplasten durch dieses Verfahren nicht möglich ist.
5. Stellt dar, warum PLA in Form von Copolymerisaten vorkommt (Seite 160 im Buch).
6. Erläutert die Funktionsweise eines 3D-Druckers und erläutert, wie dieser unsere Welt verändert:  
<https://www.youtube.com/watch?v=9JXFgr-J4WI>  
<https://www.youtube.com/watch?v=-py56-p35UU>  
<https://www.spektrum.de/video/wie-3-d-druck-unsere-welt-veraendert/1736614> .

## Pflanzeninhaltsstoffe Stärke liefernde Pflanzen - Folie

### Stärke:

Stärke besteht aus ca. 20 % wasserlöslicher Amylose und 80 % Amylopektin. Sie kann durch Säuren in ihre Monomere hydrolysiert werden: die Glucose. Stärke oder Glucose können durch Mikroorganismen zu Milchsäure vergärt werden.

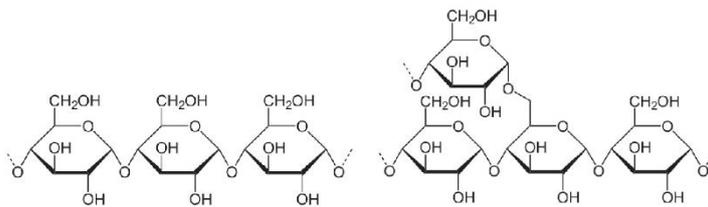


Abb.: Amylose

Amylopektin, etwa jedes 12. Glucose-Molekül mit  $\alpha$ -(1,6) - glykosidischer Bindung

### Vorkommen:

Die Stärkebildung bei Pflanzen dient der Speicherung der Glucose in osmotisch unwirksamer Form; bei Tieren ist die Speicherform das Glycogen. Wird die Stärke hydrolysiert, bildet sich Glucose, die enzymatisch abgebaut wird und dabei Energie liefert.

Stärke kommt in verschiedenen Pflanzenorganen vor:

- im Samen, z. B. beim Reis
- in der Nuss z. B. bei Quinoa
- in den Knollen: Kartoffeln, Süßkartoffeln.

### Verwendung:

Stärke-haltige Pflanzen sind ein Hauptnahrungsmittel. Stärke-haltige Produkte werden vielfältig in der Lebensmittelindustrie genutzt. Stärke wird aber auch als Verdickungs- oder Klebemittel eingesetzt.

Aus Stärke bzw. Glucose können Kunststoffe hergestellt werden, wobei Folien aus Stärke und Kunststoff aus Polymilchsäure zu den Biokunststoffen zählen.

### Versuchsansätze zur Herstellung von Folien:

<http://www.chemieunterricht.de/dc2/nachwroh/>

Herstellung einer Folie aus Kartoffelstärke

<https://www.science.lu/de/bio-produkte/stelle-bioplastik-her>

und

[www.youtube.com/watch?v=8nxuO3SjMQM&feature=emb\\_rel\\_end](http://www.youtube.com/watch?v=8nxuO3SjMQM&feature=emb_rel_end)

weitere Anleitung und Fortsetzung: Bildung einer Schüssel

Achtung: Das Glycerin ist meist nur 85%ig. Verdünnt man diese Lösung nochmals 1:1, so muss man statt 2 ml im Versuch 2,5 ml einsetzen.

Keine lösliche Stärke aus der Sammlung verwenden, da Amylopektin fehlt!



## Wie können wir Kunststoff-Folien aus Pflanzen herstellen?

### Infotext:

Das Wort „bio“ in Biokunststoffe steht sowohl für „biobasiert“ als auch für „biologisch abbaubar“. Biobasierte Kunststoffe werden in erster Linie aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen. Biologisch abbaubare Kunststoffe können auch aus fossilen Rohstoffen hergestellt werden. Biologisch abbaubar ist ein Kunststoff nach DIN EN 13432, wenn er nach einer festgeschriebenen Zeit unter bestimmten Bedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Sauerstoffgehalt) von Mikroorganismen oder Pilzen zu mehr als 90 % abgebaut wurde.

### Aufgaben:

1. Erklärt mithilfe des Films den Begriff „Bioökonomie“: <https://www.bmbf.de/de/media-video-11043>.

2. Erläutert, was Biokunststoffe sind und welche Vor- und Nachteile sie haben. Nutzt dazu auch die folgenden Quellen:

<https://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/videos/bioplastik-video-104.html>

<https://prezi.com/uwno-yantoba/biokunststoffe/>

<https://prezi.com/mamyqep2pq5a/biokunststoffe-gfs-chemie/>

Chemie heute, Seite 169

3. Erklärt, wie Kunststoff recycelt werden kann. Lest dazu im Buch auf Seite 168.

4. Recherchiert zu Versuchen, die das Recycling veranschaulichen u. a. auf:

<http://www.chemieunterricht.de/dc2/plaste/>

und führt diese nach Absprache mit der Lehrkraft durch. Protokolliert diese.

5. Stellt Informationen zu Mikroplastik zusammen:

<https://www.dgvlug-lug.de/sekundarstufe-ii/ernaehrung-und->

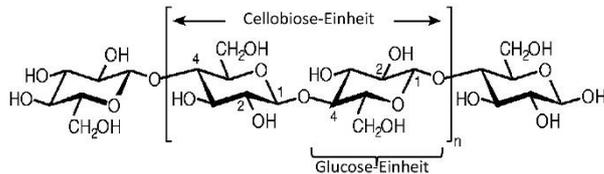
[verbraucherbildung/mikroplastik/?tx\\_dgvlug\\_lowebcode%5Baction%5D=&tx\\_dgvlug\\_lowebcode%5Bcontroller%5D=Webcode&cHash=20b3e45c3e11893ae3e7a15faa758db2](https://www.dgvlug-lug.de/sekundarstufe-ii/ernaehrung-und-verbraucherbildung/mikroplastik/?tx_dgvlug_lowebcode%5Baction%5D=&tx_dgvlug_lowebcode%5Bcontroller%5D=Webcode&cHash=20b3e45c3e11893ae3e7a15faa758db2)

[%5Bcontroller%5D=Webcode&cHash=20b3e45c3e11893ae3e7a15faa758db2](https://www.dgvlug-lug.de/sekundarstufe-ii/ernaehrung-und-verbraucherbildung/mikroplastik/?tx_dgvlug_lowebcode%5Baction%5D=&tx_dgvlug_lowebcode%5Bcontroller%5D=Webcode&cHash=20b3e45c3e11893ae3e7a15faa758db2)

## Pflanzeninhaltsstoffe Cellulose liefernde Pflanzen - Papier

### Cellulose:

Cellulose ist ein Polysaccharid aus vielen Glucose-Monomeren. Die Art der Verknüpfung führt zu langen, linearen Ketten.



### Vorkommen:

Cellulose ist der Hauptbestandteil von pflanzlichen Zellwänden. Lagern sich die langkettigen Cellulose-Moleküle zu Fibrillen und diese weiter zu Fasern zusammen, so dienen sie als Stützgewebe. Bei den Fasern unterscheidet man zwischen Kurz- und Langfasern.

Langfasern finden sich im Bastgewebe sehr biegsamer Hölzer (z. B. Weide), in Einjahrespflanzen (z.B. Hanf), in großen selbst-tragenden Blättern (z.B. Banane, Agave) oder als Fallschirmfasern von Flugsamen (z.B. Baumwolle).

Kurzfasern sind kürzer und kommen in dem verholzten Teil der Stängel von Einjahrespflanzen (z. B. Brennnessel, Gräser) vor.

### Verwendung:

Die Fasern werden bei der Papier- oder Textilherstellung genutzt.

### Fasergewinnung und Papierherstellung:

Die Fasern können aus verschiedenen Pflanzen durch folgende Verfahren gewonnen werden:

- chemische Gewinnung, in dem die Fasern durch Laugen oder Säuren herausgelöst werden
- mechanische Gewinnung, in dem die Fasern durch Zerreiben herausgelöst werden.

Die so gewonnenen Faserrohstoffe werden zunächst aufgelöst, mit Sieben aufgefangen und dann mit Hilfs- und Füllstoffen versetzt. Die Fasern werden anschließend gepresst, über mit Dampf beheizte Zylinder geführt, um das überflüssige Wasser zu entfernen.



## Wie können wir Papier aus Pflanzen herstellen?

### Infotext:

Jeder nutzt täglich Papier, sei es in Form von Schulheften, Toilettenpapier oder Verpackungsmaterial für die vielen Pakete, die in Haushalten oder Firmen landen. Da Holz der Hauptrohstoff ist, spielen bei der Papierherstellung die Rodung von Wäldern und die damit zusammenhängende Zerstörung von Biodiversität eine große Rolle. Mit dem Schutz der Wälder, die Kohlenstoffdioxid speichern, könnte die Erderwärmung reduziert werden. Anstatt Holz zu verwerten, können alternativ andere Pflanzen genutzt werden, denn auch sie enthalten Cellulose, die zur Papierherstellung benötigt wird.

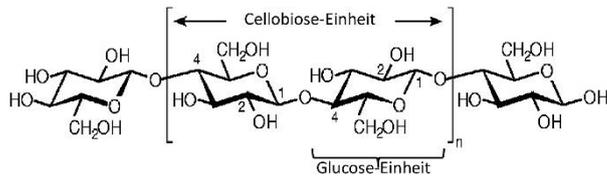
### Aufgaben:

1. Informiert euch über die Fasergewinnung und Papierherstellung, zum Beispiel auf:  
<https://www.youtube.com/watch?v=TNVzQt6uGkU>  
[https://www.youtube.com/watch?v=d\\_6l6Yo8wyA](https://www.youtube.com/watch?v=d_6l6Yo8wyA)  
[https://www.youtube.com/watch?v=urgesH\\_MTZA](https://www.youtube.com/watch?v=urgesH_MTZA)  
<https://www.youtube.com/watch?v=QqYgspwotcg>  
<http://www.chemieunterricht.de/dc2/papier/index.html> (sehr ausführliche, gute Informationen)  
[https://opus.bibliothek.uni-augsburg.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/3706/file/Soentgen\\_Brennnessel.pdf](https://opus.bibliothek.uni-augsburg.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/3706/file/Soentgen_Brennnessel.pdf) .
2. Erstellt mithilfe dieser Informationen einen Prototyp einer Versuchsanleitung zur Fasergewinnung sowie zur Papierherstellung.  
 Folgende Materialien und Chemikalien können genutzt werden: Stabmixer, Schöpfrahmen, Vlies, Pflanzenpresse, Bügeleisen, Formationshilfe PEO, Leimung, Pottasche, verschiedene Pflanzenfasern (selbst besorgen).
3. Testet verschiedene Pflanzen zur Fasergewinnung, stellt euer eigenes Papier her und verbessert gegebenenfalls eure Versuchsanleitung.
4. Erläutert, warum die Cellulosefasern bei der Papierherstellung zusammenhalten und recherchiert, wozu die Leimung, Pottasche und PEO dienen.
5. Stellt das Reaktionsschema der Verknüpfung der Glucose-Einheiten zu Cellulose mithilfe eures Buches dar und nennt die Art der Polyreaktion.

## Pflanzeninhaltsstoffe Cellulose liefernde Pflanzen - Textilien

### Cellulose:

Cellulose ist ein Polysaccharid aus vielen Glucose-Monomeren. Die Art der Verknüpfung führt zu langen, linearen Ketten.



### Vorkommen:

Cellulose ist der Hauptbestandteil von pflanzlichen Zellwänden. Lagern sich die langkettigen Cellulose-Moleküle zu Fibrillen und diese weiter zu Fasern zusammen, so dienen sie als Stützgewebe. Bei den Fasern unterscheidet man zwischen Kurz- und Langfasern.

Langfasern finden sich im Bastgewebe (Transport organischer Nährstoffe aus der Fotosynthese) sehr biegsamer Hölzer (z. B. Weide), in Einjahrespflanzen (z.B. Hanf), in großen Blättern (z.B. Banane, Agave) oder als Fallschirmfasern von Flugsamen (z.B. Baumwolle).

Kurzfasern sind kürzer und kommen in dem verholzten Teil der Stängel von Einjahrespflanzen (z. B. Brennnessel, Gräser) vor.

### Verwendung:

Die Fasern werden bei der Papier- oder Textilherstellung genutzt.

### Fasergewinnung für Textilien:

Die Gewinnung hängt davon ab, von welchem Teil der Pflanze die Fasern stammen. Bei der Baumwolle werden die Haare gepflückt, getrocknet und von noch anhaftenden Samen befreit.

Nutzt man die Stängel, so werden die Fasern erst aus diesen herausgelöst. Die Fasern sind hier langgestreckte Zellen mit verdickten Zellwänden. Durch Rösten werden die Pektine, die die Fasern mit den festen Bestandteilen der Pflanze verbinden, aufgelöst. Dies kann durch Mikroorganismen oder chemische Substanzen geschehen.

Nach Gewinnung der Faserrohstoffe werden diese zu einem Garn versponnen, veredelt und zu einer Textilie verarbeitet, die z. B. gefärbt oder bedruckt werden kann.



## Wie können wir Textilien aus Pflanzen herstellen?

### Infotext:

Zur Herstellung von Textilien werden entweder Chemiefasern, die aus Erdöl oder Erdgas hergestellt werden, oder Naturfasern verwendet. Bei den Naturfasern unterscheidet man zwischen tierischen (Wolle, Haare, Seide) und pflanzlichen Fasern. Letztere bestehen aus Cellulose.

### Aufgaben:

Informiert euch über die Isolierung von Pflanzenfasern:

<https://fashionunited.de/nachrichten/business/6-nachhaltige-textiloptionen-die-die-branche-veraendern-werden/2017091922926>

[https://opus.bibliothek.uni-](https://opus.bibliothek.uni-augsburg.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/3706/file/Soentgen_Brennnessel.pdf)

[augsburg.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/3706/file/Soentgen\\_Brennnessel.pdf](https://opus4/frontdoor/deliver/index/docId/3706/file/Soentgen_Brennnessel.pdf)

<https://www.youtube.com/watch?v=3BizfM9ver4>

und entwickelt einen Prototyp einer Versuchsvorschrift zur Isolierung von Pflanzenfasern.

- Beschreibt die Spinnverfahren mithilfe der Seite 24 und 25 auf: <https://www.vci.de/vci/downloads-vci/textilchemie-textheft.pdf>.
- Von der Beschaffenheit (chemischen Eigenschaften) der Fasern hängt es ab, welches Färbeverfahren sich eignet. Ergänzt die folgende Tabelle mithilfe des Infotextes, eigenen Rechercheergebnissen und eurer Kenntnis über Struktur und Eigenschaften von Cellulose:

Fasertyp/ Beispiele	Chem. Eigenschaften/ Verknüpfung mit Farbstoff	Geeignete Farbstoffe/ Beispiele
Tierische Fasern/ _____	Carboxy- und Aminogruppen können mit kationischen bzw. anionischen Gruppen des Farbstoffes wechselwirken	Kationische oder anionische Farbstoffe/ Triphenylmethanfarbstoffe
Pflanzliche Fasern/ _____	Die _____-Gruppen machen das Färben mit wasserlöslichen Farbstoffen schwierig, deshalb müssen die Fasern vorbehandelt werden durch Beizen, Küpenfärberei oder Färben mit Reaktivfarbstoff	Anthrachinonfarbstoffe/ _____ Indigoide Farbstoffe/ _____ Azofarbstoffe/ _____
Chemische Fasern/ _____	Die Fasern sind hydrophob und lassen sich daher gut mit Dispersionsfarbstoffen oder Pigmenten färben.	Phthalocyanfarbstoffe/ _____

- Ordnet den Bildern die entsprechenden Fasertypen (Baumwolle, tierische Wolle) begründet zu. Erläutert, welches Färbeverfahren dargestellt werden soll.

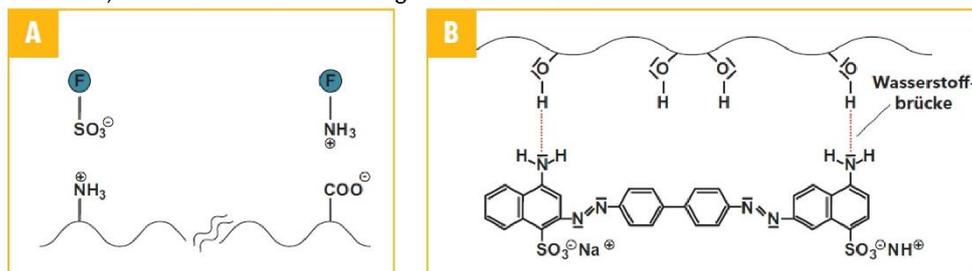


Abb.: Wechselwirkungen und Färbeverfahren, aus Textiheft VCI Seite 15 Anhang  
F=Farbstoff; Wellen stehen für die Hauptkette der Faser

## Kreativität trainieren

### Regeln für erfolgreiches Brainstorming:

- ▶ Teamleiter ernennen, der an Regeln erinnert
- ▶ Lasst alle Ideen zu, bewertet sie nicht!
- ▶ Setzt auf Quantität!
- ▶ Führt nur ein Gespräch gleichzeitig!
- ▶ Nennt nur Überschriften, keine Details!
- ▶ Bleibt beim Thema!
- ▶ Baut auf den Ideen der anderen auf!
- ▶ Visualisiert eure Ideen!
- ▶ Ermutigt euch zu wilden Ideen!

### Aufwärmen:

#### **30 circles:**

- ▶ Einzelarbeit
- ▶ aus jedem Kreis etwas kreieren, z. B. Fußball, Gesicht (siehe Lehrerpult)
- ▶ in 2 Minuten möglichst viele Kreise nutzen

#### **Stille Post (pantomimisch):**

- ▶ Gruppenarbeit
- ▶ Zettel mit Wörtern, die dargestellt werden (siehe Lehrerpult)
- ▶ 15 Minuten

## Ideen generieren

Im Folgenden findet ihr unterschiedliche Materialien, die euch bei der Ideenfindung helfen können.

Das Ziel ist, mindestens 20 Ideen zu finden.

1. Beantwortet folgende Fragen oder ergänzt die Sätze<sup>1</sup>:

- Welche alternativen Ressourcen zur Papierherstellung aus Holz (Textilherstellung aus Baumwolle u.ä.) fallen euch ein?
- Nennt abweichende Ideen .... Alle eure Ideen basieren auf.... Versucht Ideen zu finden, die das Problem auf andere Art und Weise lösen.
- Denkt an etwas, an das niemand denkt.
- Wie könnt ihr auf dieser Idee aufbauen? Greift die Idee eines Teammitglieds auf und antwortet: „Das ist toll, und wir könnten das... ergänzen.“
- Ergänzt den Lückensatz:

\_\_\_\_\_ (Persona) braucht einen Weg, um \_\_\_\_\_ (Bedürfnis), weil  
\_\_\_\_\_ (unerwartete Einsicht).

Beispiele:

Junge Mutter braucht einen Weg, um ohne Allergene zu waschen, weil Kind allergisch auf herkömmliches Waschmittel reagiert.

Oder: Umweltaktivistin braucht einen Weg, um nachhaltig zu waschen, weil sie sich für Umwelt einsetzen möchte.

2. Nutzt die Methode „Attributen-Liste“<sup>2</sup>:

Hier findet ihr ein Beispiel für eine Attributen-Liste zum Produkt Lutscher (Tabelle unten): Es wird eine Tabelle mit möglichen Eigenschaften oder Merkmalen eines Produkts erstellt. Die Zeilen können so kombiniert werden, dass neue Produkte „entstehen“, z.B.: ein quadratischer Lutscher mit Streifen, der nach Lakritz schmeckt, einen essbaren Stiel hat und in Gras verpackt ist.

<sup>1</sup> Nach Ideen von: Gerling, Der Design-Thinking-Werkzeugkasten, dpunkt.verlag Heidelberg, 2018, S. 96 –113

<sup>2</sup> Nach Ideen von: A. Starko, Creativity in the classroom: Schools of curious delight, Routledge, 2013, S. 137 –140



### 3. Nutzt die Scamper-Methode<sup>3</sup>:

Scamper ist ein Akronym und steht für **S**ubstitute, **C**ombine, **A**dapt, **M**odify, **P**ut to user uses, **E**liminate, **R**earrange

<p><b>P</b>ut to user uses</p>  <p>Petra Wolthaus</p>	<p><b>E</b>liminate</p>  <p>Julia Volkmer</p>	<p><b>R</b>earrange</p>  <p>Foldable Bike von <a href="#">Stirwise</a> ist lizenziert unter <a href="#">CC BY-NC-ND 2.0</a>.</p>	
<p>Beispiel Fortbewegung</p>			
<p><b>M</b>odify</p>  <p>Petra Wolthaus</p>	<p><b>A</b>dapt</p>  <p>Petra Wolthaus</p>	<p><b>C</b>ombine</p>  <p>Petra Wolthaus</p>	<p><b>S</b>ubstitute</p>  <p>Kahvilokki, CC0, Wikimedia</p>

Versuch zur Wasserleitung in Pflanzen:



- S**ubstitute: Welche anderen Pflanzen könnte man nutzen?
- C**ombine: Kann man andere Flüssigkeiten verwenden?
- A**dapt: Kann man die Pflanze umdrehen?
- M**odify: Macht es einen Unterschied, ob man dicke oder dünne Stängel nutzt?
- P**ut to other uses: Könnte man damit Farbstoffgemische trennen?
- E**liminate: Würde die Wasserleitung auch ohne Blütenblätter funktionieren?
- R**earrange: Was würde passieren, wenn man Wurzeln statt Stängel nehmen würde?

<sup>3</sup> Das Design thinking Playbook, Michael Lewrick, Patrick Link, Larry Leifer, Verlag Franz Vahlen GmbH, München 2018.S. 93–96

**Substitute / Ersetzen**

- Was kann man ersetzen?
- Was kann man stattdessen nutzen?
- Wer kann stattdessen eingebunden werden?
- Welchen Prozess könnte man stattdessen nutzen?
- Welches andere Material könnte man stattdessen nutzen?

**Combine / Kombinieren**

- Was kann kombiniert werden?
- Was kann man vermischen?
- Wie könnte man bestimmte Teile verbinden?
- Welche Zwecke könnte man kombinieren?

**Adapt / Anpassen/ Angleichen**

- Welche anderen Ideen suggeriert das?
- Gibt es etwas, das ähnlich ist, das man auf das bestehende Problem anwenden kann?
- Gibt es aus der Vergangenheit ähnliche Situationen?

**Modify / Modifizieren**

- Welche Veränderung könnte man einführen?
- Kann man die Bedeutung verändern?
- Wie könnten man Farbe oder Form verändern?
- Was kann man vermehren?
- Was kann man verringern?
- Was könnte man modernisieren?
- Kann man es vergrößern?
- Kann man es verkleinern?

**Put to other uses / Anders einsetzen**

- Wofür könnte es im jetzigen Zustand noch eingesetzt werden?
- Wofür könnte man es einsetzen, wenn man es verändert?

**Eliminate / Weglassen**

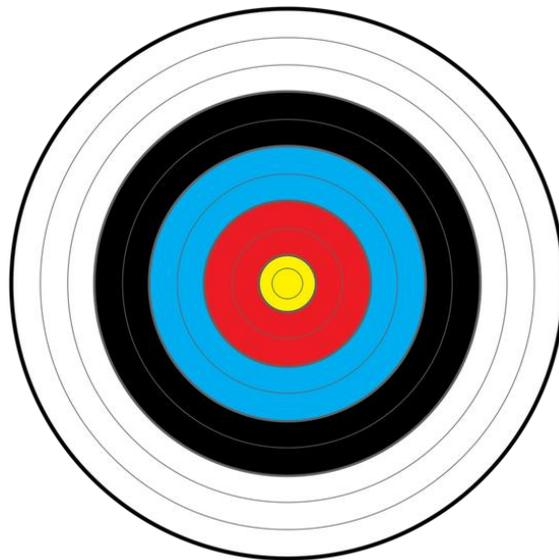
- Was könnte man weglassen?
- Ohne was würde es auch funktionieren?

**Rearrange / Neu anordnen**

- Welche anderen Muster würden auch funktionieren?
- Welche Veränderungen könnte man einführen?
- Was könnte man austauschen?
- Was könnte man neu anordnen?

## Ideen auswählen

1. Überlegt euch Produkte, die ihr herstellen und am Tag der offenen Tür verkaufen könntet.
2. Sortiert die Ideen so, dass ähnliche zusammen liegen und entscheidet euch gemeinsam für eine Idee, die ihr in der zur Verfügung stehenden Zeit umsetzen wollt. Ihr könnt dazu z. B. Punkte für jede Idee vergeben. Oder ihr heftet die Punkte an das Thermometer (desto heißer, desto besser findet ihr die Idee).



"Dieses Foto" von Unbekannter Autor ist lizenziert gemäß CC BY-NC-ND

## C Unterrichtsverlaufspläne

### Modul 1

Tabelle C1: Anbindung an die Kernlehrpläne (KLP NRW, 2013) zu Modul 1

<b>Kontext:</b> Seife ist zum Waschen da	
<b>Inhaltsfeld 1: Kohlenstoffverbindungen und Gleichgewichtsreaktionen</b>	
<b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Organische (und anorganische) Kohlenstoffverbindungen</li> </ul> <b>Zeitbedarf:</b> 10 Stunden à 45 Minuten	<b>Schwerpunkte übergeordneter Kompetenzerwartungen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>UF1 Wiedergabe</li> <li>E4 Untersuchungen und Experimente</li> <li>K2 Recherche</li> </ul> <b>Basiskonzept Struktur-Eigenschaft:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Stoffklassen und ihre funktionellen Gruppen</li> <li>Bindungen und zwischenmolekulare Wechselwirkungen</li> </ul>
<b>Vorwissen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Intermolekulare Wechselwirkungen</li> <li>Löslichkeit</li> <li>Veresterung</li> <li>Struktur von Seifen</li> <li>Eigenschaften von Seifen: grenzflächenaktive Phänomene, emulgierende Wirkung</li> </ul>	

Tabelle C2: Unterrichtsgang zu Modul 1

St d.	Unterrichtsphase	Inhaltliche Aspekte	Schüler*innenaktivität bezogen auf Design Thinking	Material/ Lehrmittel	Konkretisierte KLP-Kompetenz  Schüler*innen...
1	Hinführung zum Problem, Ankommen  Vorwissen	Palmölproblematik	Problem wird den Schüler*innen vorgestellt, Lernziele vorgestellt, Vorwissen im Plenum gesammelt  Vernetzen ihr Wissen	Zeitungsartikel zu Palmöl  Film über Palmöl: Alltagsrelevantes Problem soll Schüler*innen motivieren	
2+3	Erarbeitung I, Informieren	Design Thinking als Lösungsansatz	Erklären der Phasen und Unterschiede zur	Comic: Interesse wecken an neuem Lösungsansatz (Design Thinking	

		<p>Folgen der Rodung der Regenwälder</p> <p>Waschmit- telersatz aus Pflanzenin- haltsstoffen</p> <p>Umweltein- fluss von Waschmittel, Eigenschaf- ten</p> <p>Struktur und Eigenschaf- ten von Sei- fen</p>	<p>herkömmlichen Vorgehensweise zur Lösung von Problemen</p> <p>Erarbeiten die Funktionen des Lerntagebuches, führen abwechselnd Lerntagebuch während der gesamten Unterrichtsreihe, um Fehler zu erkennen, Handeln zu reflektieren</p> <p>Phase 1: Problem beschreiben und visualisieren: Mindmapping Bildung der Fragestellung</p> <p>Phase 2 und 3: Wünsche und Ablehnung des*der potentiellen Nutzers*in in die Ideenfindung integrieren</p> <p>Informieren sich mithilfe der Arbeitsblätter über Strukturmerkmale verschiedener Pflanzeninhaltsstoffe im Gruppenpuzzle, fragen evtl. nach, Lehrkraft unterstützt gegebenenfalls einzelne Gruppen und gibt bei Bedarf Tipps z.B.: Welche Strukturmerkmale von Seifen erklären die Waschwirkung, Grenzflächenaktivität</p>	<p>entwickelt im Silicon valley)</p> <p>Lerntagebuch</p> <p>Arbeitsblätter zu Pflanzeninhaltsstoffen mit Vorkommen und Strukturmerkmalen (verschiedene Schwierigkeitsgrade: am einfachsten: etherische Öle, da WDH + flüchtige Substanzen, danach Alkaloide + Carotinoide, aufgrund einfacher Strukturen bzw. Ähnlichkeit der Strukturen mit bereits besprochenen; am schwersten: Saponine)</p>	<p>Recherchieren angeleitet und unter vorgegebener Fragestellungen Eigenschaften und Verwendung .... (K2)</p> <p>Stellen anhand von Strukturformeln Vermutungen zu Eigenschaften ausgewählter Stoffe auf ... (E3)</p>
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			Sammeln Ideen: Pflan- zen, Extraktion, Waschvorgang		
4-9	Erarbei- tung II, Verarbei- ten		<p>Phase 4: Entwickeln ei- nen Versuch, extrahieren Sa- ponine, testen Waschwirkung, stellen Prototyp her, verbessern evtl. Prototyp, präzisieren evtl. die Bedürfnisse der Persona (nutzer*innen- orientiert), ge- hen iterativ vor, protokollieren im Erfindertag- ebuch Zusatzaufga- ben: Nachweis der Grenzflä- chenaktivität, (Untersuchun- gen zur Um- weltverträglich- keit) Temperaturab- hängigkeit der Waschwirkung testen</p> <p>Phase 5: Bewerten den Lösungsansatz durch Vergleich mit herkömmli- chem Wasch- mittel, bewerten evtl. auch, wie sich der Stoff anfühlt, wie er riecht, stellen Kriterien in Be- zug auf Mach- barkeit, Nutzen und Wirtschaft- lichkeit auf, ver- bessern evtl. Prototyp durch Zugabe von Duft- oder Farbstoffen</p> <p>Gruppen arbei- ten</p>	<p>Mögliches Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sägen, Ham- mer, Mörser, Pistill o. ä. zum Zerkleinern der Pflanzen(teile)</li> <li>- Wasser</li> <li>- Wasserkocher</li> <li>- Geräte wie Pi- petten, Becher- gläser, Trichter u. a. m.</li> <li>- Stoffreste aus z. B. Baum- wolle, Wolle, Vlies, Seide</li> <li>- Schmutz wie Ketchup, Senf, Tinte (Erde usw. können sich die Schü- ler*innen selbst besorgen)</li> </ul>	<p>Stellen anhand von Strukturfor- meln Vermutun- gen zu Eigen- schaften ausge- wählter Stoffe auf und schlagen geeignete Expe- rimente zur Überprüfung vor (E3)</p> <p>Führen qualita- tive Versuche unter vorgegeben- ner Fragestel- lung durch und protokollieren die Beobachtungen (E2, E4)</p> <p>Dokumentieren Experimente in angemessener Fachsprache (K1)</p> <p>Erläutern ausge- wählte Eigen- schaften.... (UF1, UF3)</p> <p>Zeigen Vor- und Nachteile ausge- wählter Produkte des Alltags und ihrer Anwendung auf, gewichten diese und bezie- hen begründet Stellung zu de- ren Einsatz (B1, B2)</p>

			entsprechend der Phasen, führen am Ende jeder Phase ein Gespräch mit der Lehrkraft und erhalten Feedback		
10	Sicherung, Auswerten		Überprüfen Ziele, Vorgehen und Lernerfolg, präsentieren Ergebnis (Prototyp) im Plenum geben Feedback zum Design Thinking: 5 Finger.....? Was hat euch geholfen? Welche Methoden habt ihr genutzt? Bei welcher gab es Schwierigkeiten? Welche Phasen wurden eingesetzt?	Präsentation: Höhle des Löwen	
<b>Leistungsbeurteilung:</b>					
Bewertung des LTB					
Präsentation					

**Erwartete Schwierigkeiten:**

- die Schlussfolgerung, dass die Pflanzeninhaltsstoffe extrahiert werden müssen, Tipp: Hinweis auf bereits durchgeführten Versuch zur Extraktion von Indikator aus Rotkohl
- verschiedene Pflanzen enthalten unterschiedliche Saponine, Konzentration der Saponine in den Pflanzen ist unterschiedlich, Vergleich schwierig
- Nachprüfbarkeit, z. B. bei Festlegung über die Zusammensetzung der Modellverschmutzung, Ändern nur 1 Variablen... (Gütekriterien)
- Definition: wann ist Stoff sauber?
- Auffinden von Bewertungskriterien, Erkennen, dass ein Vergleich nötig ist (herkömmliches Produkt), Bilden eines Fazits

**Modul 2**

Tabelle C3: Anbindung an die Kernlehrpläne (KLP NRW, 2013) zu Modul 2

<b>Kontext:</b> Säuren (und Basen) in Alltagsprodukten	
<b>Inhaltsfeld 2: Säuren, Basen und analytische Verfahren</b>	
<b>Inhaltlicher Schwerpunkt:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzentrationsbestimmung von Milchsäure in Lebensmitteln</li> </ul>	<b>Schwerpunkte übergeordneter Kompetenzerwartungen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• E1 Probleme und Fragestellungen</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Endpunktstittation mit Indikator</li> </ul> <p><b>Zeitbedarf:</b> 10 Stunden à 45 Minuten</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E4 Untersuchungen und Experimente</li> <li>• K2 Recherche</li> <li>• K3 Präsentation</li> <li>• B1 Kriterien</li> </ul> <p><b>Basiskonzept Struktur-Eigenschaft:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Merkmale von Säuren</li> </ul> <p><b>Basiskonzept Donator-Akzeptor, Gleichgewicht:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutralisation</li> </ul>
<p><b>Vorwissen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indikatoren ändern in Abhängigkeit vom pH-Wert ihre Farbe</li> <li>• Neutralisationsreaktionen als Reaktion zwischen Oxonium- und Hydroxid-Ionen</li> <li>• Stoffmengenkonzentration</li> </ul>	

Tabelle C4: Unterrichtsgang zu Modul 2

St d.	Unter-richts-phase	Inhaltliche Aspekte	Schüler*innenaktivität bezogen auf Design Thinking	Material/ Lehr-mittel	Konkreti-sierte KLP-Kompetenz  Schüler*innen ...
1	Ankommen und Einstimmen  Hinführung zum Problem, Vorwissen aktivieren	Umwelteinflüsse von Farbstoffen	Schüler*innen werden über Lernziele und Unterrichtsverlauf informiert: sollen eine Methode entwickeln zur Bestimmung der Säurekonzentration in Lebensmitteln, Fehlerquellen angeben, Recherchieren, Bewerten usw.  Vernetzen bereits vorhandenen Wissens	Anschreiben einer „Firma“: Alltagsrelevantes Problem soll SuS motivieren	
2+3	Erarbeitung I, Informieren	Vorkommen von Säuren in Lebensmitteln	Phase 1: Beschreiben und Visualisieren Problem  Phase 2 und 3: Erstellen mithilfe des „Anschreibens“ eine Persona,	Aufgaben1 Lerntagebuch	Recherchieren zu Alltagsprodukten, in denen Säuren enthalten sind ... (K2, K4) Identifizieren die Milchsäure als Bestandteil in Buttermilch (UF1)

			integrieren Wünsche und Ablehnung dieser Persona in die Ideenfindung		
4-9	Erarbeitung II, Verarbeiten	Indikatoren, Säurekonzentrationsbestimmung, Titrationsverfahren und Fehlerquellen	<p>Phase 4: Planen Versuche, Extrahieren von Anthocyanen und Curcumin, evtl. erkennen die Schüler*innen bereits anhand des Textes, dass sich Curcumin besser eignet als Anthocyane, ansonsten testen sie beides, protokollieren im Erfindertagebuch, verbessern evtl. Prototyp, gehen iterativ vor, führen etabliertes Titrationsverfahren durch Lehrkraft geht in einzelne Gruppen und gibt bei Bedarf Tipps z.B.: Habt ihr eine Idee, wie man sehen kann, ob die Lösung neutral ist?</p> <p>Gruppen arbeiten entsprechend der Design Thinking-Phasen; die Phasen werden streng getrennt, indem zwischen jeder Phase ein Gespräch mit der Lehrkraft stattfindet.</p> <p>Phase 5: Bewerten den Lösungsansatz durch Vergleich mit etabliertem</p>	<p>Versuchsmaterial Arbeitsblatt zu Pflanzeninhaltsstoffen mit Farbstoffen liefernden Pflanzen: Anthocyane, Carotinoide und Polyketide wie Curcumin</p> <p>Aufgabe 2, Feedbackbogen zur Expertise (ähnlich einer Facharbeit)</p>	<p>Planen Experimente zur Bestimmung der Milchsäure in Buttermilch angeleitet bzw. selbstständig (E1, E2)</p> <p>Erläutern das Verfahren einer Säure-Base-Titration mit Endpunktbestimmung über einen Indikator, führen diese zielgerichtet durch und werten sie aus (E3, E4, E5) Bewerten durch eigene Experimente gewonnene Analyseergebnisse zu Säure-Base-Reaktionen im Hinblick auf ihre Aussagekraft (u. a. Nennen und Gewichten von Fehlerquellen) (E4, E5)</p>

			Verfahren zur Titration und Indikatoren, erstellen Kriterien in Bezug auf Machbarkeit, Nutzen und Wirtschaftlichkeit		
10	Sicherung, Auswerten		Präsentieren Vorgehensweise und Produkt in ihrer Expertise	Präsentation z.B. prezi, ppt  Feedback zum Design Thinking: Was hat euch geholfen? Welche Methoden habt ihr genutzt? Bei welcher gab es Schwierigkeiten? Welche Phasen wurden eingesetzt? zur Expertise: Welches Labor würdet ihr beauftragen und warum bzw. warum nicht?	
<b>Leistungsbeurteilung:</b>					
Bewertung des LTB					
Präsentation					

**Erwartete Schwierigkeiten:**

- Wer soll die Persona sein? Der Lebensmittelhandel, der das Anschreiben erstellt hat oder der Kunde dieses Lebensmittelhandels?
- Zu Erkennen, wozu ein Farbstoff benötigt wird.
- Konzentration anhand des Indiaktorschlages herauszubekommen.
- Zu Erkennen, dass Ausspülen der Pipette erforderlich ist.

**Modul 3**

Tabelle C5: Anbindung an die Kernlehrpläne (KLP NRW, 2013) zu Modul 3

**Kontext:** Unsere Ressourcen sind begrenzt – Nachwachsende Rohstoffe als Alternativen?

**Inhaltsfeld 4: Organische Produkte – Werkstoffe und Farbstoffe**

**Inhaltlicher Schwerpunkt:**

- Organische Werkstoffe

**Zeitbedarf:** 10 Stunden à 45 Minuten

**Schwerpunkte übergeordneter Kompetenzerwartungen:**

- UF3 Systematisierung
- E4 Untersuchungen und Experimente
- K3 Präsentation
- B1 Kriterien
- B4 Möglichkeiten und Grenzen

	<b>Basiskonzept Struktur-Eigenschaft:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoffklassen und Reaktionstypen</li> <li>• Eigenschaften makromolekularer Verbindungen</li> <li>• Polykondensation und radikalische Polymerisation</li> <li>• Zwischenmolekulare Wechselwirkungen</li> </ul>
<b>Vorwissen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdöl als fossiler Rohstoff zur Herstellung von Kunststoffen</li> <li>• Struktur und Eigenschaften von Kunststoffen (Elastomer, Duroplast, Thermoplast)</li> </ul>	

Tabelle C6: Unterrichtsgang zu Modul 3

St d.	Unter-richts-phase	Inhaltliche Aspekte	Schüler*in-nenaktivität bezogen auf Design Thinking	Material/ Lehr-mittel	Konkreti-sierte KLP-Kompetenz  Schüler*innen ...
1	Hinführung zum Problem Bekanntgabe: Unterrichtsverlauf, Lernziele  Vorwissen aktivieren	Erdüberlastungstag: Endliche Ressourcen  Lerntagebuch, Design thinking, Einsatz von Erdöl, Holz als Ressource	Geben Gedanken auf der App Mentimeter  Aktivieren Vorwissen	Einstiegsfolie zu begrenzten Ressourcen als Impuls  Mentimeter	erläutern und bewerten den Einsatz von Erdöl und nachwachsenden Rohstoffen für die Herstellung von Produkten des Alltags und der Technik (B3)
2 - 9	Informieren	Aufbau von Cellulose und Stärke Vorkommen in Pflanzen Pflanzliche Fasern	Recherchieren, visualisieren das Problem: Mindmapping, Conceptmap o. a.  Entscheiden, mit wem sie wie vorgehen wollen, sie teilen sich ihre Zeit selbst ein.  Erstellen Persona (gesellschaftliches Problem),	WebQuest zum eigenständigen Erarbeiten  Zeitungsausschnitte  Arbeitsblätter:  - Kreativität fördern	recherchieren zur Herstellung ... ausgewählter organischer Verbindungen und stellen die Ergebnisse adressatengerecht dar (K2, K3)  beschreiben den Aufbau der Moleküle. (UF1, UF3)

	<p>Verarbeiten</p>	<p>Papierherstellung und Wechselwirkungen der Fasern Polykondensation Radikalische Polymerisation Biokunststoffe Recycling Mikroplastik</p> <p>Mögliche Versuchsansätze:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Papier aus Gras, Spargel, Laub</li> <li>- Folie aus Stärke</li> <li>- Textilfasern aus Brennesselfasern</li> <li>- PLA für den 3D-Druck</li> </ul> <p>(Produkt entweder selbst layouts mit tinkercad oder Vorlage auf thingiverse nutzen)</p>	<p>Interview von Mitschülern</p> <p>Sie entscheiden, ob sie Alternativen zur Herstellung von Kunststoffen aus Erdöl oder zur Papierherstellung aus Holz entwickeln wollen o. ä.</p> <p>Bildung der Fragestellung: Wie können wir....?</p> <p>Finden viele Ideen, Wünsche und Ablehnung der Persona in die Ideenfindung integrieren</p> <p>Führen Lerntagebuch</p> <p>Lehrkraft hilft bei Bedarf</p> <p>Entwickeln einen Prototyp (Versuch, Produkt) und führen den Versuch durch, diskutieren ihr Ergebnis, verbessern evtl. ihren Prototyp, mit erneutem Bezug auf die Persona (nutzer*innenorientiert)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Papier aus Cellulose Textilien aus Cellulose</li> <li>- Kunststoff aus Stärke</li> <li>- Kunststoff aus PLA</li> </ul>	<p>erklären Stoffeigenschaften ... mit dem Einfluss der jeweiligen funktionellen Gruppen und sagen Stoffeigenschaften vorher (UF1)</p> <p>erklären den Aufbau von Makromolekülen aus Monomer-Bausteinen und unterscheiden Kunststoffe aufgrund ihrer Synthese als Polymerisate oder Polykondensate (UF1, UF3)</p> <p>beschreiben und erläutern die Reaktionsschritte einer radikalischen Polymerisation (UF1, UF3)</p> <p>erläutern die Eigenschaften von Polymeren aufgrund der molekularen Strukturen und erklären ihre praktische Verwendung (UF2, UF4)</p> <p>demonstrieren an ausgewählten Beispielen mit geeigneten Schemata den Aufbau und die Funktion „maßgeschneiderter“ Moleküle (K3)</p> <p>erläutern die Planung einer Synthese ausgewählter organischer Verbindungen ... im makromolekularen Bereich (E4)</p> <p>diskutieren Wege zur Herstellung ausgewählter Alltagsprodukte ...</p>
--	--------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			Bewerten ihren Prototyp im Vergleich zu einem herkömmlichen Produkt, Suchen geeigneter Kriterien		aus ökonomischer und ökologischer Perspektive  beurteilen Nutzen und Risiken ausgewählter Produkte der organischen Chemie unter vorgegebenen Fragestellungen (B4)
10	Auswerten		Präsentieren ihre Synthese- bzw. Herstellungsverfahren, reflektierten dabei ihr Vorgehen, den Lernerfolg. Teams können z.B. ein Podcast, eine Werbevideo o.ä. erstellen	Tools wie Prezi, ExplainEverything, Canva o. ä.	
<b>Leistungsbeurteilung:</b>					
Bewertung des Lerntagebuchs					
Präsentation					

**Erwartete Schwierigkeiten:**

- die Versuchsanleitungen zu erstellen; Recherche ist dazu erforderlich und es ist schwierig zu entscheiden, welche Versuchsschritte nötig sind;  
dazu sollte vor der Versuchsdruchführung überlegt werden, warum welche Schritte erforderlich oder vielversprechend sind
- bei der Papierherstellung: zu erklären, warum man die herausgelösten Fasern quetschen muss und das Wasser entfernt werden muss
- die Versuche dauern länger und müssen in einigen Fällen bis zu einem guten Versuchsergebnis sicherlich mehrfach durchgeführt werden; Frust durchzuhalten
- Die Fragen für das Interview zu erstellen
- Die Bedeutung der Kreativitätstechniken zu erkennen

## D Fachlicher und methodischer Hintergrund

In diesem Teil des Anhangs sind fachliche und methodisch-didaktische Hintergrundinformationen aufgeführt, die bei der Begründung der Gestaltung von Arbeitsblättern, der Auswahl an Methoden und der Unterrichtsdurchführung herangezogen wurden.

### Arbeitsblätter Pflanzeninhaltsstoffe

Es wird kurz erläutert, was unter Pflanzeninhaltsstoffen zu verstehen ist und die Überschriften auf den Arbeitsblättern begründet.

Pflanzen enthalten die durch die Fotosynthese gebildeten Substanzen einschließlich ihrer Umwandlungsprodukte sowie aus der Umgebung aufgenommene Stoffe. Zu letzteren gehören Wasser und Mineralstoffe. Erstere werden unterteilt in primäre und sekundäre Pflanzenstoffe (Abb. D1). Die primären Pflanzenstoffe sind Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße. Sie werden im Primärstoffwechsel hergestellt und sind am Energiestoffwechsel und dem Zellaufbau beteiligt. Sekundäre Pflanzenstoffe (auch Sekundärmetaboliten) werden von Pflanzen weder im Energiestoffwechsel noch im aufbauenden (*anabolen*) oder im abbauenden (*katabolen*) Stoffwechsel produziert. Sie werden nur in speziellen Zelltypen hergestellt und grenzen sich von primären Pflanzenstoffen dadurch ab, dass sie für die Pflanze nicht lebensnotwendig sind.

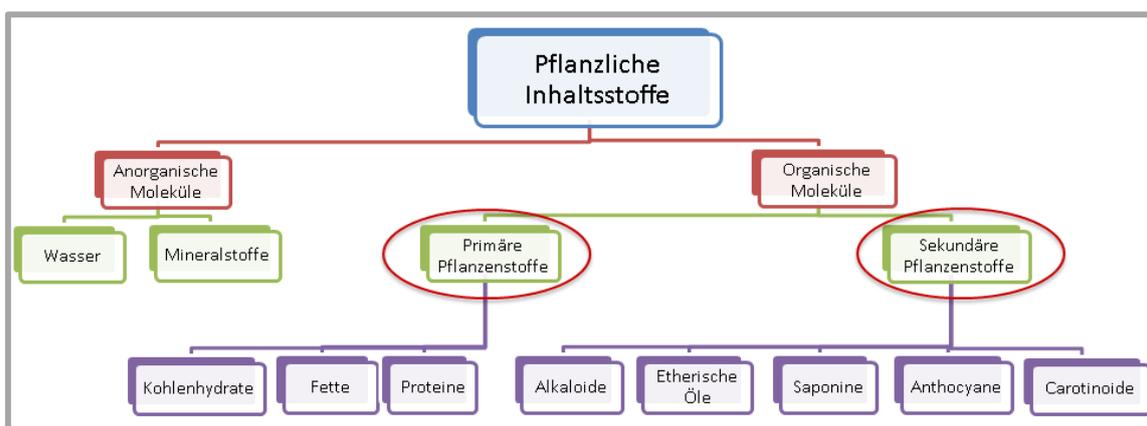


Abbildung D1: Einteilung pflanzlicher Inhaltsstoffe

Die pflanzlichen Sekundärverbindungen lassen sich nach ihrer chemischen Struktur (z.B. Richter, 1997) oder nach ihrem Vorkommen im Stoffwechselweg

ordnen (Abb. D2). Die Struktur als Ordnungskriterium heranzuziehen, um die Arbeitsblätter zu den Pflanzeninhaltsstoffen mit vergleichbaren Überschriften zu versehen, ist in diesem Fall nicht sinnvoll, da einzelne Moleküle unterschiedlichen Stoffklassen zugeordnet werden können.

Pflanzen nutzen ihre Sekundärmetabolite z.B. zur Abwehr von Herbivoren, zum Schutz vor UV-Strahlung, als mechanische Festigung oder zur Anlockung von Bestäubern. Die Industrie oder der Lebensmittelhandel machen sich diese Eigenschaften zunutze.

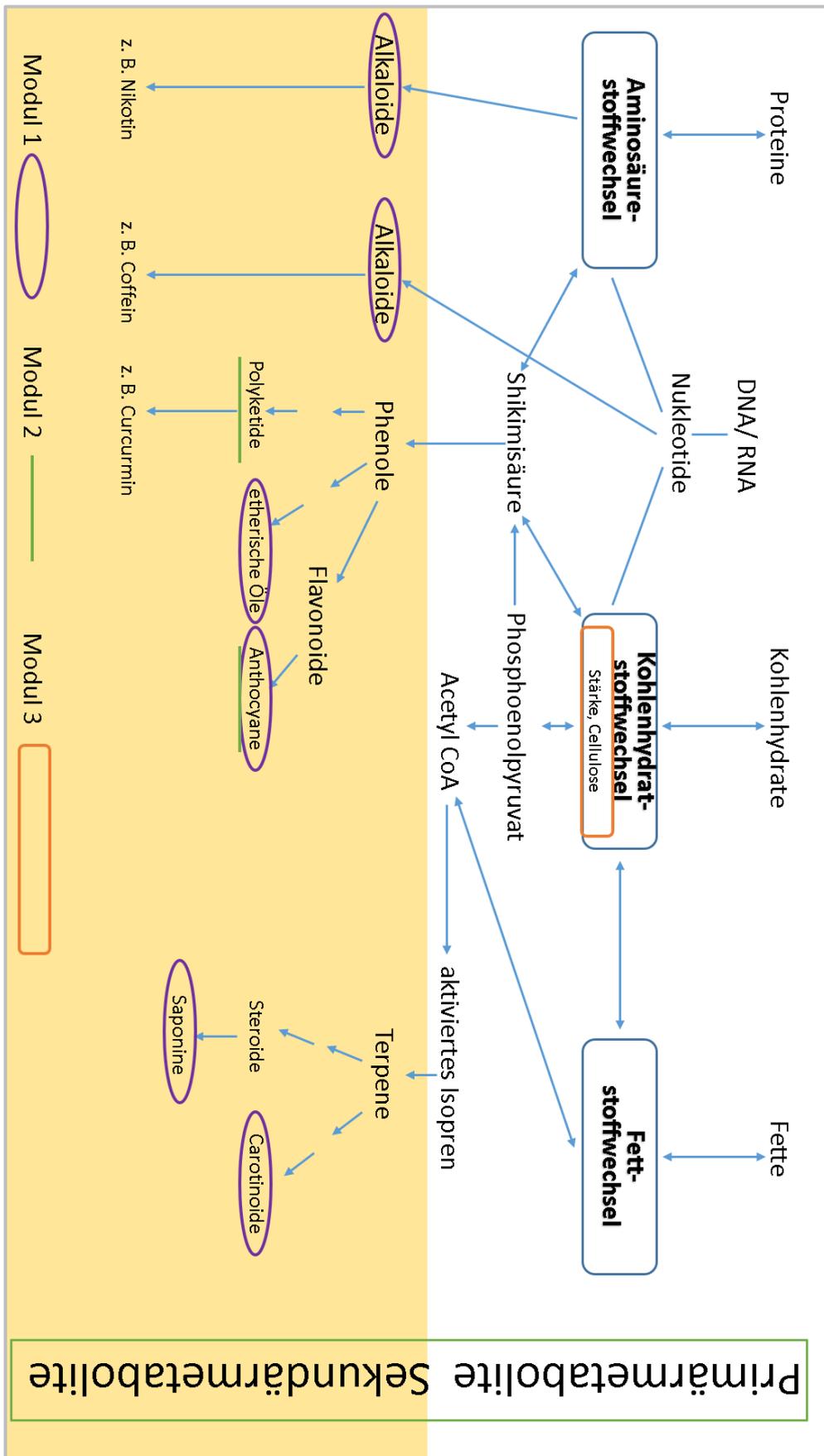


Abbildung D2: Stoffklassen pflanzlicher Inhaltsstoffe (entworfen mithilfe von: Richter, 1997; Hesse et al., 1990, S. 33)



### Kreativitätstechniken

Im Folgenden sind Kreativitätstechniken aus verschiedenen Büchern tabellarisch zusammengestellt. Bereits in der ersten Tabelle beschriebene werden in den folgenden Tabellen nicht erneut aufgeführt. Sie werden insbesondere hinsichtlich der Vorbereitungszeit, des Materialaufwands und des Zeitaufwands miteinander verglichen, um mithilfe dieser Kriterien die Auswahl der in dieser Arbeit verwendeten Techniken zu begründen. Gleichzeitig wurden unterschiedliche Techniken in dieser Arbeit getestet.

Tabelle D1: Kreativitätstechniken nach Gerling (2018, S. 96–113)

Methode	Vorbereitung	Material	Unterrichtsform	Vorgehensweise	Zeitaufwand/Minuten	Ziel
<b>Stille Post mit Pantomime</b>	keine	Post-its, Papier, Stifte	Gruppenarbeit	Zettel mit Wort (Person, Filmtitel, Objekt)	15	Aufwärmen zum Wechsel in kreativen Modus, weg vom analytischen Denken
<b>Brainstorming zu sinnlosem Thema</b>	keine		Gruppenarbeit oder Partnerarbeit	z.B. Wie könnte man aus Pfannkuchen einen Turm bauen, der höher ist als der Kölner Dom	5-15	Aufwärmen
<b>Negatives Brainstorming</b>	keine		Gruppenarbeit oder Partnerarbeit	Brainstormen zum Gegenteil von dem, was eigentlich die Fragestellung ist	5-15	Aufwärmen, andere Ideen
<b>Wie könnten wir?-Fragen</b>	Kundenperspektiv-Lückensätze* oder Designprinzipien**	Post-its, Stifte	Plenum	Aus Kundenperspektiv-Lückensätze oder Designprinzipien Fragen formulieren, z.B. Wie könnten wir Kleidung nachhaltig waschen?	10	Ausgangspunkt für Brainstorming schaffen
<b>Brainstorming</b>	Wie könnten wir?-Fragen	Post-its, Stifte	Plenum		>30	Viele Ideen
<b>Brainwriting</b>	s. o.	Karteikarten möglichst DIN A4, Stifte	Gruppenarbeit	Jedes Teammitglied erhält eine Karteikarte mit „Wie könnten wir?“-Frage, Teams sitzen im Kreis und jedes Mitglied schreibt Idee zu seiner Frage auf, Karteikarte mit Frage und Idee wird an linken Nachbarn weitergegeben, der eine weitere Idee zu dieser neuen Frage aufschreibt	10 - 20	Ideen von allen Teams
<b>635-Methode</b>	Evtl. Blatt Papier vorbereiten	Zettel, Stifte	Gruppenarbeit	6 Teilnehmer erhalten großes Blatt Papier, was durch 3 Spalten und 6 Zeilen in 18 Kästchen unterteilt ist, jeder Teilnehmer schreibt in erste Zeile 3 Ideen (je Spalte eine) zu „Wie könnten wir...?“ auf, nach 5 Minuten Blatt weiterreichen	30	Auf Ideen aufbauen
<b>Was würde der wohl denken?</b>	Liste mit 5 bis 10 Politikern, berühmten	Post-its, Stifte	Gruppenarbeit		10 - 20	Ideen aus unterschiedlichen Blickwinkeln
	Personen aus der Geschichte, Filmstars					
<b>Faktor 10</b>	Skalierte Auswirkungen	Post-its, Stifte	Gruppenarbeit oder Partnerarbeit	z.B.: Was würde passieren, wenn eine Million Nutzer*innen betroffen wären? Oder nur 10? Was wäre, wenn die Implementierung 1 Million EURO kosten würde? Oder nur 100?	10 - 30	Erkennen des Potentials der Idee, Auswirkungen auf Kunden
<b>Ergebnisse der Gruppe finden</b>		Post-its, Stifte		z. B.: Abstimmung mit Klebepunkten, jeder erhält 3	10	Richtung festlegen

\* \_\_\_\_\_ (Persona) braucht einen Weg, um \_\_\_\_\_ (Bedürfnis), weil \_\_\_\_\_ (unerwartete Einsicht):

Beispiel: Junge Mutter braucht einen Weg, um ohne Allergene zu waschen, weil Kind allergisch auf herkömmliches Waschmittel reagiert.

Oder: Umweltaktivistin braucht einen Weg, um nachhaltig zu waschen, weil sie sich für Umwelt einsetzen möchte.

\*\*Bedürfnis: Umweltaktivistin möchte nachhaltig waschen. Designprinzip: Waschmittel muss nachhaltig sein.

Tabelle D2: Kreativitätstechniken nach Lee (2018, S. 101–130)

Methode	Vorbereitung	Material	Unterrichtsform	Vorgehensweise	Zeitaufwand/ Minuten	Ziel
<b>30 circles (Burnett)</b>	30 Kreise auf einem Papier	Papier, Stifte	Einzelarbeit	Aus jedem Kreis etwas kreieren, z.B. Fußball, Gesicht, in 2 Minuten möglichst viele Kreise nutzen	2	Angst vor Versagen verlieren, Aha-Momente schaffen, Befriedigung erhalten
<b>World ball (B. Roth)</b>	keine	Ball	Gruppenarbeit	Ball wird von einem zum nächsten ge-worfen, dabei neues Wort vom Werfer, Fänger muss wie-derholen, was ge-sagt wurde und fort-setzen, hinsetzen, wer beteiligt war	10	Brainstorming-Fähigkeiten
<b>Party Planner (Ellen Deutscher)</b>	keine		Gruppenarbeit	Party wird geplant: 1. Runde: einer nennt eine Idee z.B. Dinosaurier-Motto, anderer antwortet mit ja, aber z.B. Kinder fürchten sich vor Dinos, 2. Runde: Ja, und...die Einladungskarte wird in Form eines Dinos gestaltet, Unterschied zwischen beiden Runden	10	Regeln verstehen
<b>Disruptus (Heidi Peterson)</b>	Karten mit Bildern	Karten mit Bildern	Gruppenarbeit	Create: z.B. 1 Schüler nimmt eine Karte mit Sonnen-brille und eine mit Tasse und Strohhalm auf, könnte Bild skizzieren mit Brille und Strohhalm als Schnorchelausrüs-tung	20	Brainstorming-Fähigkeiten
				Improve: z.B. Fön mit Schalldämpfer verbessern, so dass weniger laut Transform: anderen Zweck angeben z.B. Plastikflasche mit Löchern versehen und als Sprenkler verwenden Disrupt: Funktion ansehen und anderen Gegenstand finden, der diese Funktion erfüllen könnte, z.B. Regenschirm soll trocken halten, wetterfester Hut oder Jacke Zeit zum Erfahrungsaustausch nach dem Spiel		
<b>Plussing (begeistern bzw. ergänzen: plus)</b>	keine		Gruppenarbeit	Idee aufgreifen und sagen* das ist toll* und wir könnten das... ergänzen	10	Regeln anwenden
<b>Choosing the best ideas</b>	keine		Gruppenarbeit	Burnett: Ideen wählen nach bestimmten Kriterien, D. Lee hat diese angepasst an Schulklasse: Ideen, die den*die Nutzer*in am ehesten glücklich machen, am ehesten funktionieren, überraschen, danach Ideen zu 1 oder 2 Ideen kombinieren. Warum ist diese Idee cool? Wie nützt sie dem*der Nutzer*in oder löst das Problem?	15	Viele Ideen, Perspektivwechsel

Tabelle D3: Kreativitätstechniken nach Lewrick et al. (2018, S. 93–106)

Methode	Vorbereitung	Material	Unterrichtsform	Vorgehensweise	Zeitaufwand/ Minuten	Ziel
<b>Kopfstandmethode</b>	keine		Gruppenarbeit	Fragestellung wird umgedreht, z.B. Wie würdest du... verhindern	15	Anregung von Kreativität
<b>Scamper</b>	keine		Gruppenarbeit	S= Substitute, C=Combine, A=Adapt, P=Put to other uses, E=Eliminate, R=Rearrange	15	Viele Ideen

Tabelle D4: Kreativitätstechniken nach Feldhaus et al. (2018, S. 140–153)

Methode	Vorbereitung	Material	Unterrichtsform	Vorgehensweise	Zeitaufwand/ Minuten	Ziel
<b>Brainstorming</b> <b>Varianten:</b> -Stilles Brainstorming - Auf den Ideen anderer aufbauend -Heiße Kartoffel -Superman -Ideenzug	keine		Gruppenarbeit	Regeln besprechen Aufbauend auf Wie könnten wir...?-Fragen	bis 10	Viele Ideen
<b>Ideen sortieren + auswählen</b>	keine	Klebspunkte	Gruppenarbeit	Ideen sortieren: Thematisch – Überschrift suchen, nach Bewertungskriterien Thermometer Rahmen für die Lieblingsidee Auswählen: Drei Klebspunkte, geheime Wahl, Veto (Streichen von Ideen)	bis 10	Auf eine Idee einigen

Tabelle D5: Kreativitätstechniken nach Starko (2013, S. 137–171)

Methode	Vorbereitung	Material	Unterrichtsform	Vorgehensweise	Zeitaufwand/ Minuten	Ziel
<b>Attributenliste</b>	keine	Tabelle	Einzelarbeit, Gruppenarbeit	Ziel und Vorgehen erläutern	bis 10	Ideen finden durch Variation

## E Gefährdungsbeurteilungen

Die Gefährdungsbeurteilungen sind hier nicht vollständig eingefügt; sie reduzieren sich auf die Versuchsbeschreibungen, Gefahren, Ergebnisse und Maßnahmen.

### Versuch: Extraktion von Saponinen

*In kaltes oder heißes (ca. 70 °C) Wasser gibt man z.B. gemahlene Rosskastanien, zerquetschte Kichererbsen. Evtl. lässt man einige Minuten einweichen, filtriert und prüft bei der so gewonnenen Flüssigkeit in einem Reagenzglas mit Stopfen oder durch Pusten mit einem Strohhalm die Schaumbildung.*

#### Gefahren:

Einatmen / Hautkontakt:



Brandgefahr:



Explosionsgefahr:



Sonstige Gefahren:

#### Ergebnis:

Schülerversuch möglich



nur Lehrerversuch



#### Maßnahmen:

Schutzbrille

### Versuch: Waschwirkung von Saponinen

*Die extrahierte Saponinlösung wird auf verunreinigte Textilien aufgetragen oder eingerieben und mit (heißem) Wasser ausgewaschen, evtl. vorher eingeweicht.*

#### Gefahren:

Einatmen / Hautkontakt:



Brandgefahr:



Explosionsgefahr:



Sonstige Gefahren:

#### Ergebnis:

Schülerversuch möglich



nur Lehrerversuch



#### Maßnahmen:

Schutzbrille, Handschuhe

## Versuch: Extraktion von Curcumin aus Kurkuma oder Curry-Pulver und Anthocyanen aus Rotkohlsaft oder anderen anthocyanhaltigen Pflanzen

*Rotkohl, Veilchen oder andere anthocyanhaltige Pflanzen werden zerkleinert, evtl. gemörsert und mit heißem Wasser oder Brennspiritus übergossen und anschließend filtriert.*

*Ein Stück einer Kurkuma-Wurzel wird zerkleinert, gemörsert und in Brennspiritus gegeben und filtriert. Es kann auch Curry- oder Kurkuma-Pulver verwendet werden.*

### Beteiligte Stoffe:

Pflanzenfarbstoffe wie Curcumin oder Anthocyane in Ethanol

[Achtung] GHS02 GHS07

H225: Flüssigkeit und Dampf entzündbar. H319: Verursacht schwere Augenreizung.



GHS02



GHS07

### Gefahren:

Einatmen / Hautkontakt:

Brandgefahr:

Explosionsgefahr:

Sonstige Gefahren:

### Ergebnis:

Schülerversuch möglich

nur Lehrerversuch

### Maßnahmen:

Schutzbrille, Handschuhe

## Versuch: Endpunktstittation mit Curcumin oder Rotkohlsaft

*Eine Bürette wird mit NaOH gespült und anschließend gefüllt (Trichter). In einen Erlenmeyerkolben wird die Buttermilch als Probelösung mit Curcumin-Lösung oder Rotkohlsaft (jeweils in Brennspiritus, Rotkohl evtl. in Wasser) als Indikatoren gegeben und bis zum Farbumschlag titriert.*

### Beteiligte Stoffe:

Natronlauge (Maßlösung  $c = 1 \text{ mol/L}$  bzw.  $0,1 \text{ mol/L}$ ) [Gefahr] GHS05

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

Pflanzenfarbstoffe wie Curcumin oder Anthocyane in Ethanol

[Achtung] GHS02 GHS07

H225: Flüssigkeit und Dampf entzündbar. H319: Verursacht schwere Augenreizung.



GHS02



GHS05



GHS07

**Gefahren:**Einatmen / Hautkontakt: Brandgefahr: Explosionsgefahr: Sonstige Gefahren: **Ergebnis:**Schülerversuch möglich nur Lehrerversuch **Maßnahmen:**

Schutzbrille, Handschuhe, Brandschutz

**Versuch: Papierherstellung**

Das Pflanzenmaterial wird zerkleinert (Mixer, Mörser), mit einem Hammer weich geklopft und für 1 bis 2 Tage in Wasser eingelegt. Anschließend wird der Brei für 1 bis 2 Stunden gekocht. Dem Wasser werden pro Liter 2 Esslöffel Natriumcarbonat zugefügt. Danach wird der Brei in einem Sieb gründlich gewaschen und von den nichtfaserigen Bestandteilen getrennt. Die Fasern werden mit einem Schöpfrahmen abgeschöpft und z. B. in einer Pflanzenpresse getrocknet oder gebügelt. Je nach Pflanzenmaterial wird der Bütte etwas Polyethylenoxid-Lösung (1 Teelöffel auf 2 L Wasser, eine halbe Stunde quellen lassen) zugefügt.

**Gefahren:**Einatmen / Hautkontakt: Brandgefahr: Explosionsgefahr: Sonstige Gefahren: **Ergebnis:**Schülerversuch möglich nur Lehrerversuch **Maßnahmen:**

Schutzbrille, Handschuhe

**Versuch: Stärkefolie**

2,5g Maisstärke oder Kartoffelstärke werden mit 20ml Wasser und 2ml halbkonz. (50 %) Glycerin-Lösung zu einem Brei verrührt und 15 min lang gekocht (evtl. 1 – 2 mL Lebensmittelfarbe zufügen), wobei man ab und zu umrührt. Die Mischung wird mit einem Uhrglas abgedeckt. Das noch heiße, flüssige (ansonsten Wasser zugeben und nochmals aufkochen) Produkt wird auf eine PE-Fläche oder auf Backpapier ausgegossen und über Nacht zum Durchtrocknen gelagert. (alternativ: Trockenschrank, 2h, 100-105 °C)

**Ausgangsstoffe:**

Schwefel [Achtung] GHS02 GHS07

H228: Entzündbarer Feststoff. H315: Verursacht Hautreizungen.



GHS02

GHS07

andere Stoffe: Glycerin, Maisstärke

**Gefahren:**Einatmen / Hautkontakt: Brandgefahr: Explosionsgefahr: Sonstige Gefahren: **Ergebnis:**Schülerversuch möglich nur Lehrerversuch **Maßnahmen:**

Schutzbrille, Handschuhe

**Versuch: Kunststoff aus Milchsäure**

Zu etwa 2,5 ml Milchsäure gibt man in ein Reagenzglas ein Siedesteinchen und eine Spatelspitze Zinkchlorid. Dann wird vorsichtig über der Brennerflamme erhitzt. Es entsteht ein feinporiger Schaum, der beim Abkühlen erstarrt.

**Ausgangsstoffe:**

Milchsäure (ca. 90 %ig) [Gefahr] GHS05

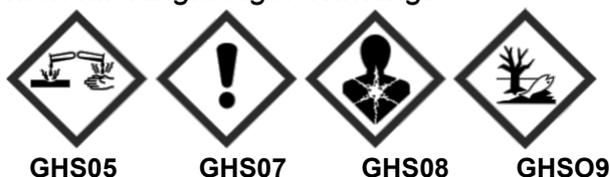
H318: Verursacht schwere Augenschäden. H315: Verursacht Hautreizungen.

Zinkchlorid [Gefahr] GHS05 GHS07 GHS09, H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken. H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. H410: Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

Zinn(II)-chlorid (wasserfrei) [Gefahr] GHS05 GHS07 GHS08 GHS09

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H317: Kann allergische Hautreaktionen verursachen. H302+332: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken und Einatmen. H373: Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition. H410: Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

**Produkte: Polymilchsäure****Gefahren:**Einatmen / Hautkontakt: Brandgefahr: Explosionsgefahr: Sonstige Gefahren: 

Gefahr für Wasserorganismen

**Ergebnis:**Schülerversuch möglich nur Lehrerversuch **Maßnahmen:**

Schutzbrille, Handschuhe

## Versuch: Textilfasern aus Pflanzenmaterial

Die Brennnesselstängel oder anderes Cellulose-haltiges Pflanzenmaterial werden in einer Wanne mit Wasser übergossen. Dazu muss man die Stängel biegen und knicken, damit sie Platz finden. Als Fermentationsstarter kommt ein Teelöffel Gartenerde dazu.

Nach drei, vier Wochen (abhängig von der Außentemperatur) sind die Brennnesselstängel angefault. (Vorsicht in der Lösung bildet sich Nitrit, mit Handschuhen arbeiten!)

Diese werden mit reichlich Wasser abgewaschen und zum Trocknen ins Freie gelegt. An den getrockneten Stängeln hängen nun die weißen Fasern, die abgesammelt und durch Schütteln von Splintern befreit werden. Ein dünnes Faserbündel wird nun an einer Seite festgehalten und dann mit der flachen Hand auf dem Oberschenkel vom Körper weg-gerollt, solange bis es sich von selbst verdreht. Der verzwirnte Teil wird an seinem Ende angefasst und mit der anderen Hand die zwei Enden (immer vom Körper weg) gedreht, die man dann zum Körper hin umeinanderschlingt.

### Ausgangsstoffe:

Verschiedene Pflanzen wie Brennnesseln

### Produkte:

Nitrit

H272: Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel. H301: Giftig bei Verschlucken. H319: Verursacht schwere Augenreizung. H400: Sehr giftig für Wasserorganismen.



GHS03

GHS06

GHS09

### Gefahren:

Einatmen / Hautkontakt:



Brandgefahr:



Explosionsgefahr:



Sonstige Gefahren:



### Maßnahmen:

Schutzbrille, Handschuhe, Lüftungsmaßnahme

Datum:

Unterschrift:

## F Beobachteranweisung

Hinweise für Beobachter:

1. So stelle ich mich vor:
  - Mein Name ist.... Ich studiere Chemie und .... auf Lehramt (oder anderes), da ich gerne....
  - Ich werde die nächsten x Stunden am Unterricht teilnehmen und neben einer Gruppe sitzen. Was genau mache ich dabei? Und warum? Es erfolgt keine Bewertung durch die Beobachter.
  - Fragen der Schüler\*innen?
  - Freue mich, dass ich hier bin und....

Ziel der Vorstellungsphase: Beziehung aufbauen, Akzeptanz durch Schüler\*innen, Hemmschwellen seitens der Schüler\*innen reduzieren, so dass Schüler\*innen sich möglichst natürlich verhalten

2. Aufgaben:
  - Protokollieren gemäß der Vorlage und siehe Punkt 4
  - Am Ende der Stunde Foto vom Lerntagebuch machen
  - Lerntagebuch mit Protokoll abgleichen
3. Wie verhalte ich mich als Beobachter?
  - Neben der Gruppe y sitzen (nicht stehen; Ziel: gleiche Position wie Schüler\*innen)
  - Zu Beginn: Namen erfragen
  - Keinen Einfluss auf die Gruppe nehmen (also nicht mit ihnen reden, nicht durch Gesten bestätigen, nicht zur Ruhe auffordern)
  - Unbedingt pünktlich (5 Minuten vor dem Unterricht) da sein
4. Was soll notiert werden?
  - Chronologisches Notieren mit Zeitangaben
  - Entsprechend den Zielen soll nur das notiert werden, was zum Unterrichtsprozess gehört

Dazu gehören Gespräche (möglichst wörtlich), Tätigkeiten, Gesten

- Plenumsphasen (Anfang und Ende der Stunde) werden nicht notiert
  - Privatgespräche werden nicht notiert
  - Reine Beschreibung, keine Interpretation
  - Interventionen, Unterstützungen durch L werden nur mit einem kurzen Stichwort notiert
  - Abkürzungen gemäß Vorgabe verwenden
5. Ziel der Beobachtung:
    - Es soll herausgefunden werden, ob sich das Lerntagebuch eignet, um das Unterrichtskonzept abzubilden.
    - Es soll herausgefunden werden, ob alle Phasen des Design Thinkings zu erkennen sind.
    - Unterstützung der Lehrkraft, da diese bereits 5 Gruppen beobachtet und gegebenenfalls unterstützt

Klasse: \_\_\_\_\_ Gruppe: \_\_\_\_\_

Datum/ Stunde: \_\_\_\_\_

Beobachtungsbogen: \_\_\_\_\_

min	Beobachtungen <sup>1</sup>	Bemerkungen, Ergänzungen

**Abkürzungen:** <sup>1</sup> EA = Einzelarbeit, PA = Partnerarbeit, GA = Gruppenarbeit, L = Lehrer, S1 = \_\_\_\_\_ (Name SuS angeben), S2 = \_\_\_\_\_ usw.

exp. = experimentieren, PI = erstellen Plakat, Or = erledigen Organisatorisches (Material holen usw.), U = Unterstützung durch L, I = andere Intervention (z.B. Stören, fehlende Mitarbeit, allgemeine Fragen an L zu Material, Organisatorischem o. ä.) durch L

Anweisung und Tabelle mithilfe von de Boer, S. 93-114 erstellt

## G Codiervorschrift und Codierleitfäden

Die allgemeinen Codiervorschriften der Texte in den Lerntagebüchern lauten:

- Codiert werden Sinneinheiten. Dies können in wenigen Fällen einzelne Wörter sein, meist sind es jedoch Satzteile, ganze Sätze oder sogar mehrere zusammenhängende Sätze.
- Der Kontext sollte so weit wie möglich ersichtlich sein.
- Ein Code darf in einem Dokument (ein Lerntagebuch ist ein Dokument) öfter vergeben werden.
- Eine Sinneinheit kann mehreren Codes zugeordnet werden. Dies ist schon notwendig, da oft mehrere Aspekte in einer Sinneinheit aufgegriffen werden.

Codierung der Plakate:

Die Worthäufigkeiten wurden in eine Wortwolke übertragen (Abb. G1), wobei häufig verwendete Wörter sich in der Größe der Darstellung widerspiegeln. Wurden die Wörter gleichzeitig im Singular und Plural oder in unterschiedlichen grammatikalischen Fällen ausgemacht, so wurden diese dem meist erwähntesten Wort zugeordnet. Worte wie ohne, und, der u.ä. wurden dabei nicht berücksichtigt.



Abbildung G1: Wortwolke zu den Worthäufigkeiten auf den Plakaten

Tabelle G1: Codieranleitung zu Teamphasen

Codename	Beschreibung/ Codierregel	Ankerbeispiel	Anmerkungen
<b>Storming</b>	Team stärker mit Statuskämpfen als mit ihrer Aufgabe beschäftigt, Teamarbeit als zeitraubend empfunden, Probleme werden sichtbar	- unkonzentriertes Arbeiten - nicht richtig zuhören -> Kommunikationsfehler  Modul1,1.Codierer\Lerntagebuch_2Durchlauf_Jill Position: 29 - 29	
<b>Norming</b>	Mitglieder entwickeln Regeln, Aufgaben werden verteilt, es erfolgt keine Bewertung der Aufgabenverteilung, z.B. keine Angaben zur Zeitersparnis, Wörter wie gemeinsam, Gruppe u. ä. M. sind Hinweise auf Codierung	- J. hat das Protokoll geschrieben, C. hat das Deckblatt des Forschertagebuches gestaltet, M. hat das Plakat entworfen, A. hat Informationen aus den Arbeitsblättern gesammelt und S. hat im Internet recherchiert.  Modul1,1.Codierer\Lerntagebuecher_1DurchlaufPatrikbeobacht Position: 48 – 48 Wir haben als Gruppe überlegt..  Code: Team\Norming Modul1,1.Codierer\Lerntagebuch_1Durchlauf_Marvin Position: 33 - 33	Codiert, wenn Zusammenarbeit erkennbar, aber keine Bewertung der Aufgabenverteilung
<b>Performing</b>	konstruktiver Arbeitsstil, gegenseitiger Respekt, Regeln aufgestellt	Wir haben unsere Meinungen gegenseitig ausgetauscht und daraufhin Ideen gesammelt.  Code: Team\Performing Modul1,1.Codierer\Lerntagebuch_1Durchlauf_Janet Position: 23 - 23 Durch Diskussionen und Nachdenken haben wir die Idee gehabt  Code: Team\Performing Modul1,1.Codierer\Lerntagebuch_1Durchlauf_Marvin Position: 42 - 42	Codierung, wenn: Aufgabenverteilung gut läuft, jeder arbeitet (keine Zeitverschwendung), konstruktiv  Abgrenzung zu Metareflexive Fähigkeiten: wenn Konsequenzen gezogen werden

Tabelle G2: Codieranleitung zu Design Thinking-Prinzipien

Codename	Beschreibung/ Codierregel	Ankerbeispiel	Anmerkungen
<b>Visualisierung</b>	Codiert, wenn Visualisierung in Form: Deckblatt		Produkt in Flasche abgefüllt, Etikett mit Produktname

	Mindmap Plakat Tabelle Fotos zu den Versuchen, Produkten oder wenn beschrieben wird, dass z.B. das Produkt visualisiert wird		
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Tabelle G3: Codieranleitung zu Design Thinking-Kompetenzen

Codename	Beschreibung/ Codierregel	Ankerbeispiel	Anmerkungen
Recherche	Literaturangaben, recherchieren		
Zeitmanagement	Angaben zur Zeitplanung, Einschätzung von Zeit, Bewertungen der Zeiteinschätzung	Bis her relativ gut, aber die Planung ist noch ein Problem, das uns Zeit kostet und somit den guten Ablauf stört. Code: Zeitmanagement Modul2,1.Codierer\Modul2_Lea Position: 155 - 155	Abgrenzung zu Metareflexive Fähigkeiten: positive Bewertung
Terminologie	Design Thinking-Begriffe wie iterativ, Phasen, Persona usw. werden genannt		Auch bei Begriffen wie Brainstorming, Mindmap, Problem (feld) codiert

Tabelle G4: Codieranleitung zur Kreativität

Codename	Beschreibung/ Codierregel	Ankerbeispiel	Anmerkungen
Originalität (vgl. Kap. 2.1.1)	Definition: individuelle Idee oder Lösung, selten, einzigartig Code vergeben, wenn selten (bei max. 2 Gruppen vorhanden)	Name des Produkts: Efeu – Fleck und weg! Code: Kreativität\Originalität Modul1,1.Codierer\Lerntagebuecher_1Durchlauf4Patrik-beobacht Position: 98 - 98	z.B.: Produktname wurde entwickelt; Errechnen, wann Indonesien keinen Regenwald mehr hat
Flexibilität	Anwendung verschiedener kognitiver Begriffssysteme, kombinieren, assoziieren, andere	Wir experimentieren weiter und wollen das Efeu erhitzen mit Wasser. Code: Kreativität\Flexibilität Modul1,1.Codierer\Lerntagebuch_1Durchlauf_Kate Position: 56 - 56	Änderungen (Frage 10) Abgrenzung zu Metareflexion, wenn neuer Aspekt hinzu kommt

	Perspektive, einlassen auf andere Anforderungen, Vorgehensweise, nicht nur 1 Lösung		nicht codiert, wenn Hinweise über iterativ, Einbezug der Persona in anderen Phasen als Phase 2
<b>Produktivität (Fluency)</b>	Anzahl Ideen, Lösungen Code: Ideen (divergierend) Entscheidung (konvergierend)	Wir haben uns für Kastanien entschieden, weil sie in Deutschland sehr oft zu finden sind und man sie lagern kann. Wir hätten auch Efeu benutzen können, aber da Kastanien gut zur Verfügung stehen, haben wir sie benutzt. Kicherbsen sind ebenfalls gut dafür geeignet und wir überlegen, ob wir sie benutzen.  Code: Kreativität\Produktivität Modul1,1.Codierer\Lerntagebuch_2Durchlauf_Salim Position: 93 - 93	Metareflexive Fähigkeiten: Codierung, wenn: Neues gelernt, Problem, das lief gut

Tabelle G5: Codieranleitung zur Bedeutung von Design Thinking

Codename	Beschreibung/ Codierregel	Ankerbeispiel	Anmerkungen
<b>Metareflexive Fähigkeiten</b>	Codierung, wenn Antwort auf: Was wurde Neues gelernt? (Frage 12) Welche Schwierigkeiten? Warum nicht weitergekommen? (Frage 9) Bewertung des Verlaufs: Wo gab es Probleme? Was lief gut? (Frage 11), Unterschied zu Frage 9 liegt darin, dass hier eine Bewertung vorliegt. Wo wurden Änderungen vorgenommen. Warum? (Frage 10)	Die Zeiteinteilung ist immer etwas schwierig. Code: Metareflexive Fähigkeiten Modul1,1.Codierer\Lerntagebuch_1Durchlauf_Janet Position: 58 - 58 Bis her relativ gut, aber die Planung ist noch ein Problem, das uns Zeit kostet und somit den guten Ablauf stört Code: Metareflexive Fähigkeiten Modul1,1.Codierer\Lerntagebuch_1Durchlauf_Janet Position: 26 - 26 Wir haben gelernt, wie wir noch besser den Dreck lösen können. Code: Metareflexive Fähigkeiten Modul1,1.Codierer\Lerntagebuch_2Durchlauf_Lucie Position: 102 - 102	Aus den Schwierigkeiten können sich mögliche Änderungen des Unterrichtskonzeptes ergeben, Abgrenzung zu Zeitmanagement, wenn Zeit nicht gut eingeteilt o. ä.

<b>Selbstwirksamkeitserwartung</b>	<p>- Abgrenzung zu Metareflexive Fähigkeiten, wenn zukunftsbezogen auf Schwierigkeiten Lösungen eingegangen wird und so formuliert, dass sie z.B. Schwierigkeiten gelassen entgegensehen, klarkommen werden, Lösung finden werden</p>	<p>Wir wissen, was wir verbessern sollten, so dass wir weiter arbeiten können.</p> <p>Code: Selbstwirksamkeit Modul1,1.Codierer\Lerntagebuch_1Durchlauf_Kate Position: 67 - 67</p> <p>Besser geht's nicht. Wir kommen klar mit der Zeit, aber auch mit den Aufgaben.</p> <p>Code: Selbstwirksamkeit Modul1,1.Codierer\Lerntagebuch_2Durchlauf_Salim Position: 122 - 122</p>	
------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

## H Fragebögen



Department Chemie und  
Biologie  
Didaktik der Chemie

## 1. Fragebogen

Liebe Schülerinnen und Schüler,

bitte füllt diesen Fragebogen aus. Vielen Dank.

Kreuzt immer die Antworten oder Aussagen an, die eurer Meinung am nächsten kommen. Entscheidet euch spontan. Es gibt kein Richtig oder Falsch.

Bearbeitet alle Aussagen bzw. Fragen, da sonst keine Auswertung erfolgen kann.

Nach der Unterrichtsreihe werdet ihr noch einmal befragt.

Erstellt bitte folgenden Code, damit der Fragebogen anonym bleibt. Auch kann er so dem 2. Fragebogen zugeordnet werden.

	Dein Code	Beispiel:	
Die ersten beiden Buchstaben des <b>Vornamens deiner Mutter</b>	<input type="text"/>	Vorname der Mutter: <b>Roswitha</b>	<b>R</b> <b>O</b>
Die ersten beiden Ziffern deines <b>eigenen Geburtstages</b>	<input type="text"/>	Eigener Geburtstag: <b>05.07.1988</b>	<b>0</b> <b>5</b>

Alter:

Geschlecht:

männlich

weiblich

divers

Letzte Zeugnisnote in Chemie:

## Was empfindest du, wenn du an Chemieunterricht denkst?

Antworte schnell und bearbeite alle Aussagen.

wichtig	<input type="checkbox"/>	unwichtig					
produktiv	<input type="checkbox"/>	unproduktiv					
kreativ	<input type="checkbox"/>	unkreativ					
dynamisch	<input type="checkbox"/>	statisch					
offen	<input type="checkbox"/>	abgeschlossen					
fortschrittlich	<input type="checkbox"/>	rückschrittlich					
innovativ	<input type="checkbox"/>	konservativ					
aktiv	<input type="checkbox"/>	unbeweglich					
offen für Neues	<input type="checkbox"/>	an Bestehen- dem festhaltend					

## Ich traue mir zu, im Chemieunterricht.....

Kreuze an, ob die Aussagen für dich zutreffen, eher, eher nicht oder nicht zutreffen.

Ich traue mir zu, im Chemieunterricht.....	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
... kreative Impulse zu geben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... komplexe Problemstellungen zu bearbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Ideen zu entwickeln, die die Arbeit voranbringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... eigene Gedanken und Vorschläge zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... in der Teamarbeit Verantwortung zu übernehmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... im Team einen eigenen Beitrag zu leisten, um gemeinsam etwas zu schaffen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Problemlösungsansätze zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Entscheidungen zu treffen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... neue Produkte zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... im experimentellen Bereich zu forschen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Neues im naturwissenschaftlichen Bereich zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... mit anderen zu kooperieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... praktische Probleme zu lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kreuze an, welche Aussage für dich am ehesten stimmt.

	stimmt nicht	stimmt kaum	stimmt eher	stimmt genau
Wenn sich Widerstände auftun, finde ich Mittel und Wege, mich durchzusetzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Lösung schwieriger Probleme gelingt mir immer, wenn ich mich darum bemühe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es bereitet mir keine Schwierigkeiten, meine Absichten und Ziele zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In unerwarteten Situationen weiß ich immer, wie ich mich verhalten soll.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auch bei überraschenden Ereignissen glaube ich, dass ich gut mit ihnen zurechtkommen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schwierigkeiten sehe ich gelassen entgegen, weil ich meinen Fähigkeiten immer trauen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Was auch immer passiert, ich werde schon klarkommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Für jedes Problem kann ich eine Lösung finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn eine neue Sache auf mich zukommt, weiß ich, wie ich damit umgehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn ein Problem auftaucht, kann ich es aus eigener Kraft meistern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Du hast es geschafft. Vielen Dank für deine Mitwirkung.



(P. Wolthaus)

Ergänzung des Fragebogens zu Modul 3, post:

Was fiel dir beim Design Thinking besonders schwer?

Was gefiel dir beim Design Thinking besonders gut?

Warum sollte deiner Meinung nach Unterricht nach dem Design Thinking-Konzept durchgeführt werden?

Was sollte man deiner Meinung nach ändern?

Was hast du dazu gelernt?

Hier ist noch Platz für weitere Anmerkungen.

# I Tabellen der Auswertungen

## Selbstwirksamkeitserwartung

### t-Test

	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>SD</i>
SWE_1_pre	28.00	17	4.44
SWE_1_post	29.53	17	5.35
SWE_2_pre	26.52	23	3.91
SWE_2_post	27.70	23	4.73
SWE_3_pre	28.00	17	3.48
SWE_3_post	29.41	17	3.95

### Korrelationen bei gepaarten Stichproben

	<i>N</i>	Korrelation	Signifikanz
SWE_1_pre & SWE_1_post	17	.736	.001
SWE_2_pre & SWE_2_post	23	.562	.005
SWE_3_pre & SWE_3_post	17	.763	.000

### Test bei gepaarten Stichproben

	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% Konfidenzinter-		<i>T</i>	<i>df</i>	Sig. (1-
			Untere	Obere			
SWE_1_pre - SWE_1_post	-1.53	3.66	-3.41	.35	-1.723	16	.050
SWE_2_pre - SWE_2_post	-1.17	4.11	-2.95	.60	-1.370	22	.092
SWE_3_pre - SWE_3_post	-1.41	2.60	-2.75	-.08	-2.239	16	.020

### Kovariaten - Geschlecht

	weiblich			männlich		
	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>Std.-Abw.</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>Std.-Abw.</i>
Modul 1_pre	28.22	9	5.07	27.75	8	3.96
Modul 1_post	28.89	9	6.35	30.25	8	4.27
Modul 2_pre	25.80	10	3.88	27.08	13	3.99
Modul 2_post	26.90	10	3.87	28.31	13	5.38
Modul 3_pre	27.57	7	2.15	28.33	9	4.53
Modul 3_post	28.71	7	4.19	30.33	9	3.91

**Korrelationen bei gepaarten Stichproben<sup>a</sup>**

	N	Korrelation	Signifikanz
SWE_1_pre & SWE_1_post	9	.797	.010
SWE_2_pre & SWE_2_post	10	.183	.612
SWE_3_pre & SWE_3_post	7	.576	.176

a. Geschlecht = weiblich

	N	Korrelation	Signifikanz
SWE_1_pre & SWE_1_post	8	.656	.077
SWE_2_pre & SWE_2_post	13	.753	.003
SWE_3_pre & SWE_3_post	9	.933	<.001

a. Geschlecht = männlich

	M	SD	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (1-seitig)
			Untere	Obere			
SWE_1_pre - SWE_1_post	-.67	3.84	-3.61	2.29	-.521	8	.308
SWE_2_pre - SWE_2_post	-1.10	4.95	-4.64	2.44	-.702	9	.250
SWE_3_pre - SWE_3_post	-1.14	3.44	-4.32	2.04	-.880	6	.207

a. Geschlecht = weiblich

	M	SD	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (1-seitig)
			Untere	Obere			
SWE_1_pre - SWE_1_post	-.25	3.42	-5.36	.36	-2.066	7	.039
SWE_2_pre - SWE_2_post	-1.23	3.54	-3.37	.91	-1.254	12	.117
SWE_3_pre - SWE_3_post	-2.00	1.69	-3.27	-.73	-3.618	8	.004

a. Geschlecht = männlich

Tabelle: Korrelation zwischen Alter und der Selbstwirksamkeitserwartung  
(Spearman Rho)

	SWE_1_diffa	SWE_2_diffa	SWE_3_diffa
Korrelationskoeffizient	.379	.370	.190
Sig. (1-seitig)	.067	.038	.226
N	17	24	18

Für Modul 2 findet sich eine mittlere, positive, statistisch signifikante Beziehung zwischen dem Alter und der Selbstwirksamkeitserwartung:  $\rho(24) = .370$ ,  $p = .038$  (vgl. Hanna & Dempster, 2017, S. 166).

Tabelle: Korrelation der Noten mit der Selbstwirksamkeitserwartung  
(Spearman Rho)

	SWE_1_diffa	SWE_2_diffa	SWE_3_diffa
Korrelationskoeffizient	.407	.108	.399
Sig. (1-seitig)	.053	.031	.051
N	17	24	18

In Modul 2 zeigt sich eine kleine, positive, statistisch signifikante Beziehung zwischen den Noten und der Selbstwirksamkeitserwartung:  $\rho(24) = .108$ ,  $p = .031$ .

## Image

### Abweichung vom Skalenmittelwert

#### Test bei einer Stichprobe

Testwert = 3.5

95% Konfidenzintervall der Dif-

	T	df	Sig. (1-seitig)	Mittlere Diffe- renz	Untere	Obere
Image_1_pre1	-2.049	15	.029	-.44	-.89	.02
Image_1_pre2	-4.097	15	.000	-.81	-1.24	-.39
Image_1_pre3	-2.915	15	.006	-.56	-.97	-.15
Image_1_pre4	-3.162	15	.003	-.50	-.84	-.16
Image_1_pre5	-5.398	15	.000	-.81	-1.13	-.4917
Image_1_pre6	-5.222	15	.000	-1.06	-1.50	-.63
Image_1_pre7	-3.722	15	.001	-.81	-1.28	-.347
Image_1_pre8	-4.097	15	.000	-.81	-1.24	-.39
Image_1_pre9	-4.204	15	.000	-.94	-1.41	-.46
Image_1_post1	-2.825	15	.007	-.63	-1.10	-.15
Image_1_post2	-4.140	15	.000	-1.00	-1.52	-.49
Image_1_post3	-4.607	15	.000	-.94	-1.37	-.50
Image_1_post4	-1.884	15	.040	-.44	-.93	.06
Image_1_post5	-2.070	15	.028	-.50	-1.02	.02
Image_1_post6	-4.607	15	.000	-.94	-1.37	-.50
Image_1_post7	-3.873	15	.001	-.75	-1.16	-.34
Image_1_post8	-4.472	15	.000	-1.00	-1.48	-.52
Image_1_post9	-5.842	15	.000	-1.06	-1.45	-.68
Image_2_pre1	-4.023	21	.000	-.68	-1.03	-.33
Image_2_pre2	-4.059	21	.000	-.82	-1.24	-.40
Image_2_pre3	-1.360	21	.094	-.4091	-1.04	.22
Image_2_pre4	-1.559	21	.067	-.4091	-.96	.14

Image_2_pre5	-1.387	21	.090	-.2727	-.68	.14
Image_2_pre6	-3.014	21	.004	-.6364	-1.08	-.20
Image_2_pre7	-2.558	21	.009	-.6364	-1.15	-.12
Image_2_pre8	-2.184	21	.020	-.5909	-1.15	-.03
Image_2_pre9	-2.107	21	.024	-.5455	-1.08	-.01
Image_2_post1	-3.343	21	.002	-.7273	-1.18	-.28
Image_2_post2	-6.640	21	.000	-1.0455	-1.37	-.72
Image_2_post3	-1.430	21	.084	-.4091	-1.00	.19
Image_2_post4	-3.038	21	.003	-.6818	-1.15	-.22
Image_2_post5	-3.859	21	.000	-.8182	-1.26	-.38
Image_2_post6	-3.925	21	.000	-.7273	-1.11	-.34
Image_2_post7	-4.249	21	.000	-.8636	-1.29	-.44
Image_2_post8	-3.863	21	.000	-.8636	-1.33	-.40
Image_2_post9	-2.601	20	.009	-.7381	-1.33	-.15
Image_3_pre1	-1.882	16	.039	-.4412	-.94	.06
Image_3_pre2	-4.854	16	.000	-1.0294	-1.48	-.58
Image_3_pre3	-3.260	16	.003	-.6176	-1.02	-.22
Image_3_pre4	-1.352	16	.093	-.3824	-.98	.22
Image_3_pre5	-2.384	16	.015	-.5588	-1.06	-.06
Image_3_pre6	-5.050	16	.000	-1.2647	-1.80	-.73
Image_3_pre7	-5.307	16	.000	-1.0294	-1.41	-.62
Image_3_pre8	-2.354	16	.016	-.6765	-1.29	-.07
Image_3_pre9	-2.255	16	.019	-.6765	-1.31	-.04
Image_3_post1	-3.323	16	.002	-.7941	-1.30	-.29
Image_3_post2	-7.800	16	.000	-1.1471	-1.46	-.84
Image_3_post3	-5.307	16	.000	-1.03	-1.44	-.62
Image_3_post4	-4.747	16	.000	-1.15	-1.66	-.64
Image_3_post5	-4.576	16	.000	-.97	-1.42	-.52
Image_3_post6	-9.495	16	.000	-1.38	-1.69	-1.07
Image_3_post7	-6.443	16	.000	-1.21	-1.60	-.81
Image_3_post8	-5.379	16	.000	-1.32	-1.85	-.80
Image_3_post9	-3.050	15	.004	-.88	-1.49	-.26

J Abbildungen

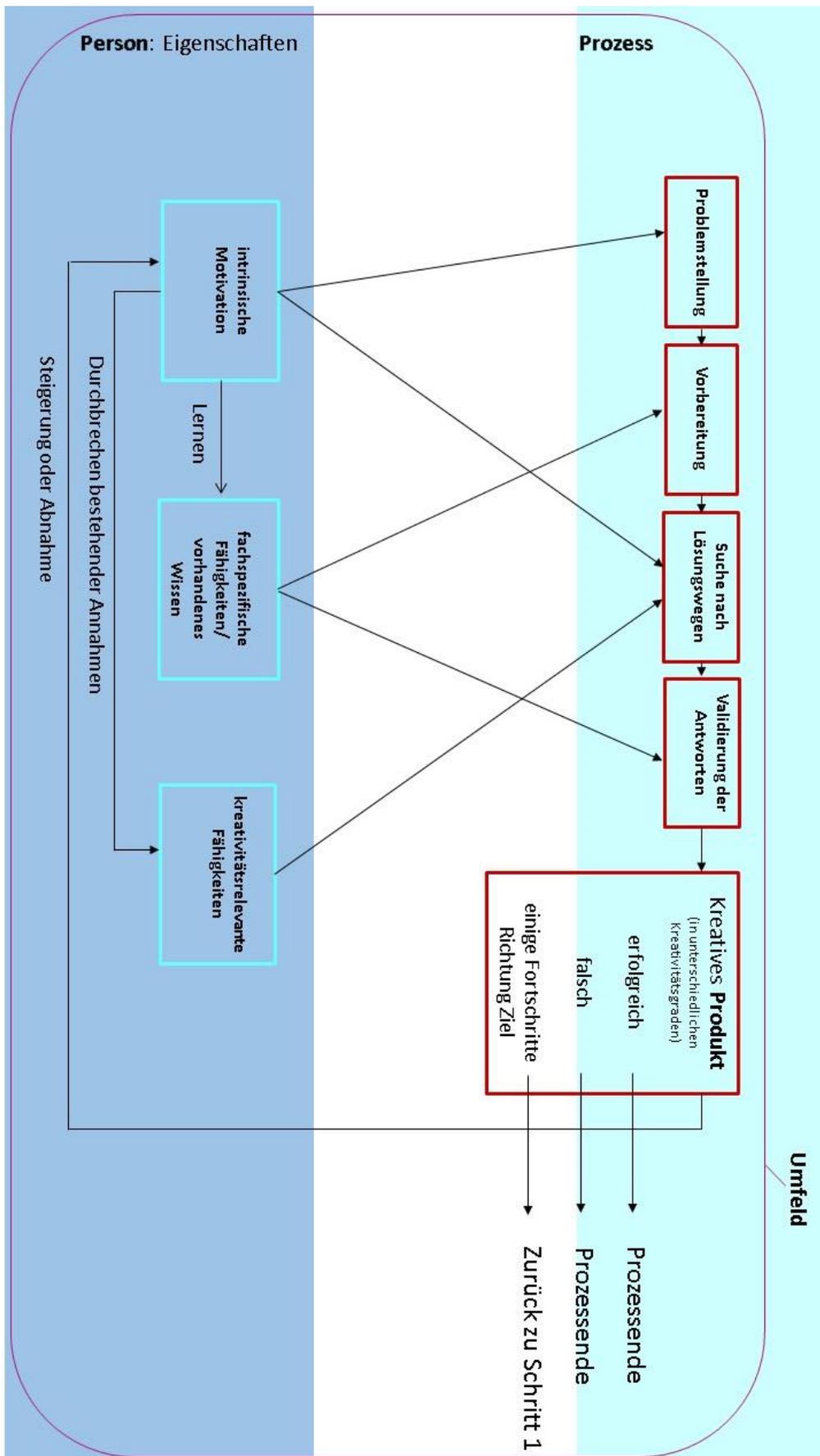


Abbildung J1: Komponentenmodell der Kreativität  
(nach einer Idee von Amabile (1983, S. 367))

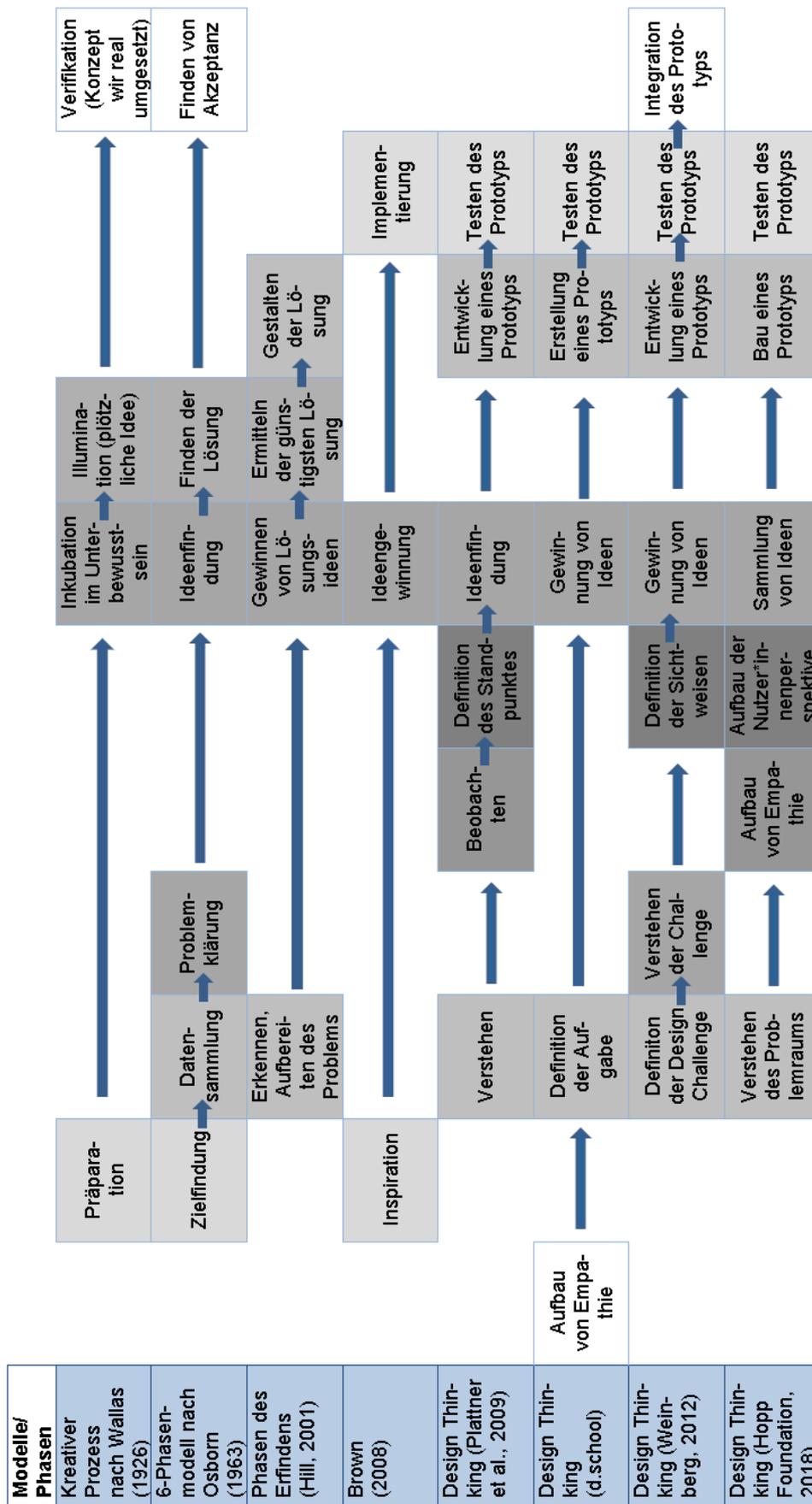


Abbildung J2: Vergleich ähnlicher Prozesse mit Design Thinking-Prozessen

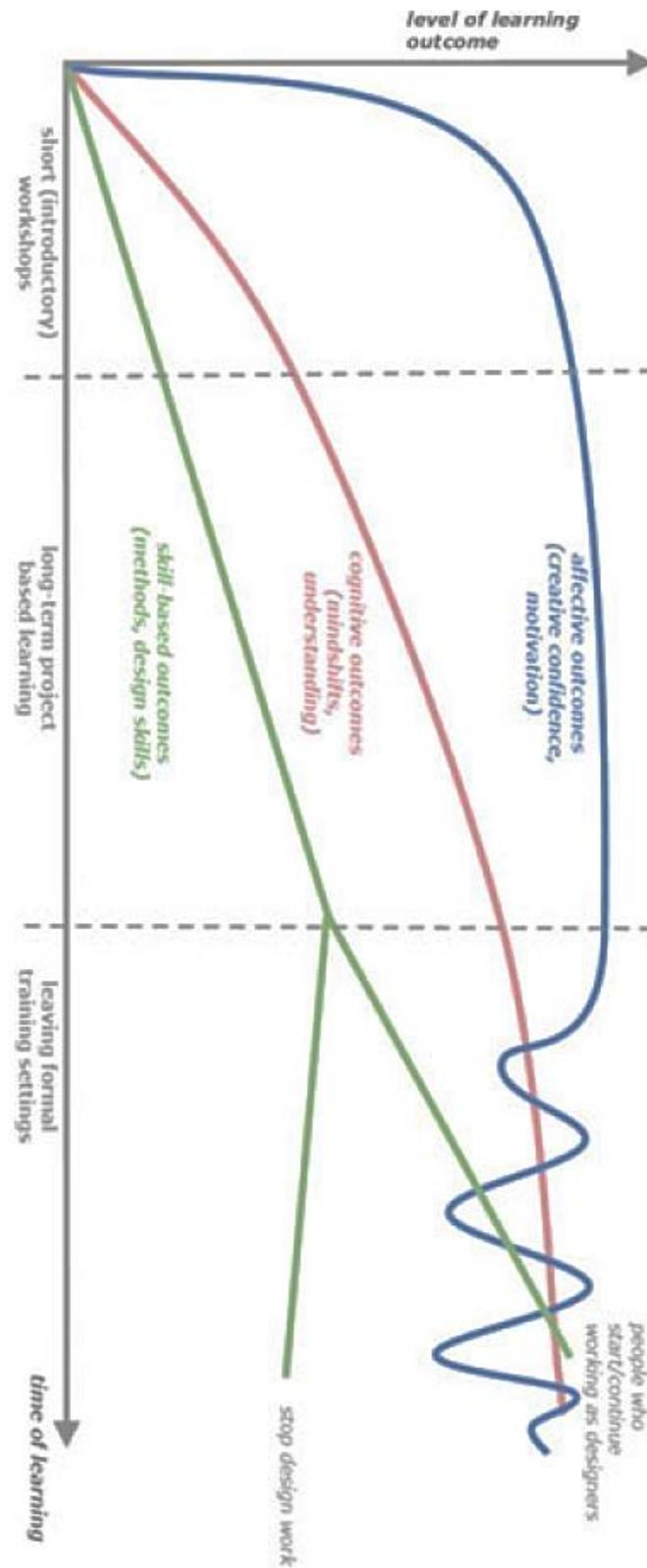


Abbildung J3: Erwartete Ergebnisse bei der Ausbildung zu Design Thinking  
(aus Edelmann et al., 2020, S. 18, nach Plattner et al. 2016; Taheri et al. ,2016)

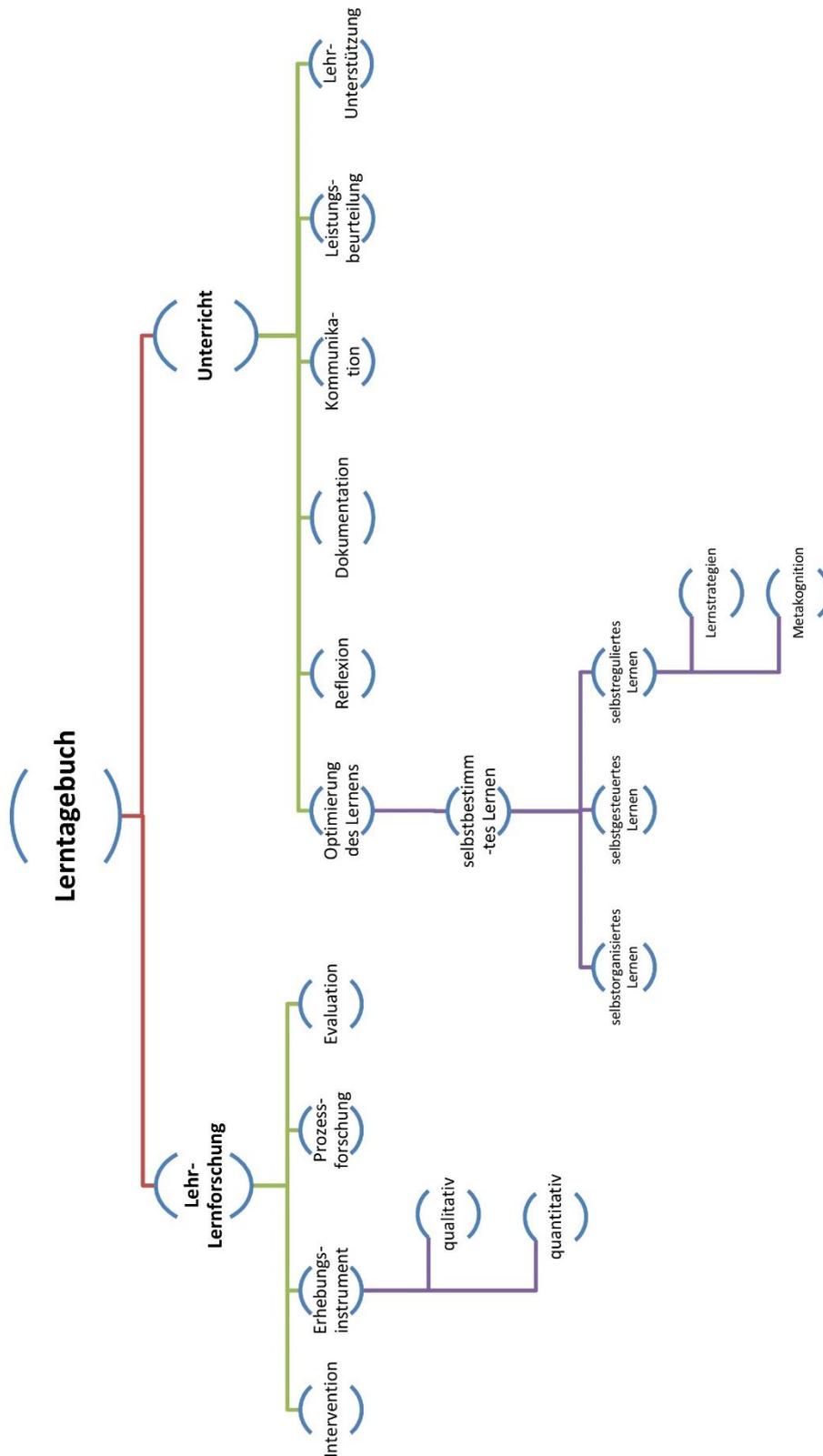


Abbildung J4: Anwendungsgebiete und Funktionen von Lerntagebüchern

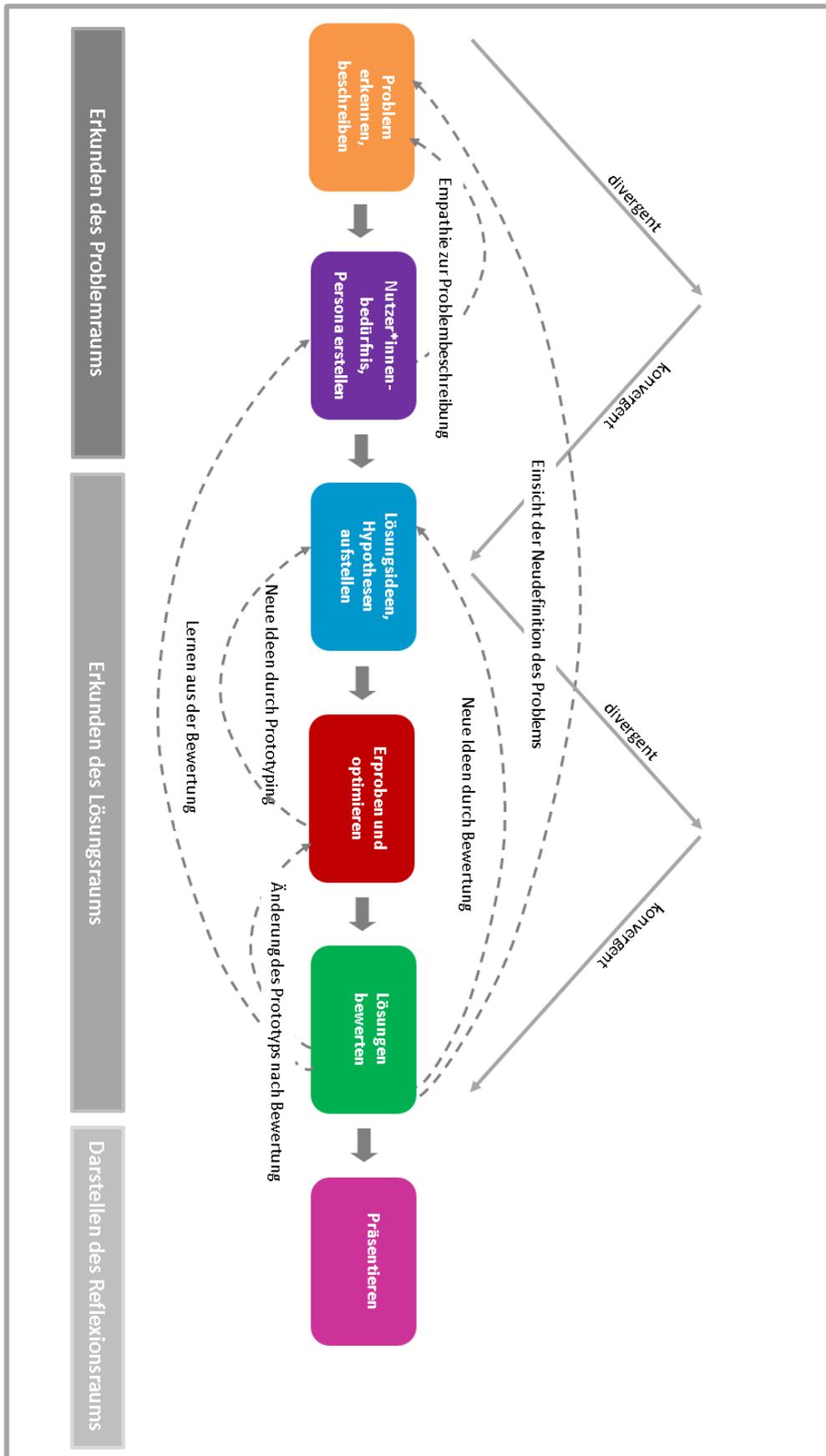


Abbildung J5: Design Thinking-Prozess dieser Arbeit  
(Ideen integriert von Hill, 2001; Plattner, 2009; Feldhaus et al., 2018)