

Analyse des Implementationsprozesses praktischer DNA- Untersuchungen in den Biologieunterricht: Gelingensbedingungen und Barrieren

Sara Großbruchhaus

Vollständiger Abdruck der von der TUM School of Social Sciences and Technology
der Technischen Universität München zur Erlangung einer
Doktorin der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)
genehmigten Dissertation.

Vorsitz: Prof. Dr. Jürgen Pfeffer

Prüfende der Dissertation:

1. Prof. Dr. Claudia Nerdel
2. Prof. Dr. Philipp Schmiemann
3. Prof. Dr. Dr. h.c. Ilka Parchmann

Die Dissertation wurde am 08.11.2024 bei der Technischen Universität München ein-
gereicht und durch die TUM School of Social Sciences and Technology am 17.02.2025
angenommen.

„Wege entsteht dadurch, dass man sie geht.“

Franz Kafka

„Das Eine tun und das Andere nicht lassen.“

Deutsches Sprichwort

Zusammenfassung

Die Biotechnologie entwickelt sich rasant weiter und ist gesellschaftlich hoch relevant – was sich zuletzt in der COVID-19-Pandemie zeigte. Lehrkräfte stehen vor der Herausforderung sich laufend über fachliche sowie technische Innovationen zu informieren. Biotechnologische Methoden sind in deutschen Lehrplänen verankert; allerdings scheitert deren praktische Umsetzung oft an diversen Hürden. Lehrkräftefortbildungen können diese, durch das nötige Fachwissen sowie Ressourcenbereitstellung überbrücken. Aus der Literatur sind individuelle und systemische Faktoren bekannt, die auf die Wirksamkeit von Fortbildungen wirken. Dabei ist weitestgehend unbekannt, in wie weit diese in Bezug auf die tatsächliche Einbindung konkreter Fortbildungsinhalte in den Unterricht zusammenwirken oder sich gegenseitig beeinflussen. Im Fokus dieser Studie steht die Implementation von biotechnologischen Untersuchungen in die Schulpraxis. Ziel der Studie ist die Ermittlung von *Begründungsmustern*, und *Handlungsschritten*, die Lehrkräfte im Rahmen solcher Implementationen aufführen. Die Studie basiert auf einer evaluierten Fortbildung, die das benötigte Equipment für die praktische Durchführung kostenfrei zur Verfügung stellt. Es wurden $N = 39$ Lehrkräfte interviewt, von diesen haben $n = 20$ die Inhalte der Fortbildung implementiert. Die Analyse folgte in mehreren Schritten: individuelle Fallzusammenfassung (1), deduktive Kodierung anhand literaturbasierten Kategoriensystem (2), induktive Erweiterung (3), Dokumentenanalyse (4), typisierende Strukturierung nach Mayring (5). Die Inter-Koder Genauigkeit entspricht $\kappa = 0.89$ (anhand 30 % des Materials). Für diese Stichprobe zeigte sich drei wesentliche Erkenntnisse: **Erstens**, die Wahrnehmung und Priorisierung der Einflussfaktoren durch die Lehrkräfte ist entscheidend für eine Implementation. Hierbei scheinen sich einige Einflussfaktoren gegenseitig aufzuheben, bspw. priorisieren Implementiererinnen ihren persönlichen Stress weniger, als den Mehrwert der Praxiseinheit für die Schülerinnen. Außerdem zeigen sie eine höhere Toleranz für eigene Fehler und gestatten sich selbst Übung mit Schülerinnen. **Zweitens** gibt es bei der Planung der Implementation zwei Bottlenecks, die sich gegenseitig bedingen: Schülerinnen-Kohorte und Kooperationsstrukturen. Entscheidend ist die Beurteilung, ob die Praxiseinheit für *alle* Schülerinnen relevant ist. Außerdem spielt die Wahrnehmung von Kooperation als Unterstützungssystem eine Rolle. Beides wird im Anschluss an eine Implementation durch die Lehrkräfte erneut evaluiert, wodurch es zu Anpassungen in der Implementationsstrategie kommen kann: Diese erfolgt entweder im Regelunterricht, als Blockunterricht oder als Tagesevent. **Drittens** integrierte eine Fachschaft die praktischen DNA-Analysen in das Schulcurriculum. Dies erfolgte durch eine jährliche Implementation mit anschließender Evaluation und Strategieveränderungen. Dabei werden Ansätze des *design based research* deutlich. Im Sinne der Forschungstradition werden Einflussfaktoren stark abstrahiert, um ihre Übertragbarkeit auf andere Kontexte prüfbar zu machen. Allerdings zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass Begründungsmuster basierend auf abstrahierten Einflussfaktoren aufgrund der persönlichen Wahrnehmung zu gegensätzlichen Schlussfolgerungen führen können. Die persönliche Wahrnehmung von Lehrkräften spielt nicht nur in Bezug auf die Fortbildung, sondern darüber hinaus auf andere Systemmerkmale, bspw. Lehrplan, eine fundamentale Rolle bei der Implementation. Des Weiteren zeigen diese Daten, dass die postulierten Wirkungsebenen von Fortbildungen nicht hierarchisch sind, sondern sich wechselseitig beeinflussen. Die Integration der praktischen DNA-Analysen in ein Schulcurriculum ist dabei besonders bedeutungsvoll, da einmaligen Fortbildungsveranstaltungen eine geringere Wirksamkeit zugesprochen wird. Entsprechend könnten zukünftige Studien einen größeren Fokus auf die Wahrnehmung und Priorisierung von Einflussfaktoren durch Lehrkräfte legen.

Abstract

Biotechnology is developing rapidly and has a high social relevance – as recently demonstrated by the COVID-19 pandemic. Teachers face the challenge of keeping up to date with professional and technical innovations. Biotechnological methods are anchored in German curricula; however, their practical implementation often fails due to various hurdles. Teacher training courses can bridge these gaps by providing the necessary expertise and resources. Individual and systemic factors that influence the effectiveness of professional development are known from the literature. However, it is largely unknown to what extent these interact or influence each other in terms of integrating specific professional development content into teaching. This study focuses on the implementation of biotechnological investigations in school practice. The aim of the study is to identify *reasoning patterns* and *action steps* that teachers take when implementing. The study is based on an evaluated training program that provides the necessary equipment for the practical implementation free of charge. $N = 39$ teachers were interviewed, of whom $n = 20$ have implemented the contents of the training program. The analysis was carried out in several steps: individual case summary (1), deductive coding based on a literature-based category system (2), inductive extension (3), document analysis (4), and typifying structuring according to Mayring (5). The inter-coder accuracy corresponds to $\kappa = 0.89$ (based on 30 % of the material). For this sample, three main findings emerged: **Firstly**, the perception and prioritization of the influencing factors by the teachers is crucial for implementation. In this context, some influencing factors seem to cancel each other out. For example, implementers prioritize their personal stress less than the added value of the practical unit for the students. They also show a higher tolerance for their own mistakes and allow themselves to practice with students. **Secondly**, there are two bottlenecks in the planning of implementation that are mutually dependent: pupil cohort and cooperation structures. The decisive factor is to assess whether the practical unit is relevant for *all* students. In addition, the perception of cooperation as a support system plays a role. Both are re-evaluated by the teachers following an implementation, which may result in adjustments to the implementation strategy: this is either in regular classes, as block teaching, or as a day event. **Thirdly**, one department integrated the practical DNA analysis into the school curriculum. This was done by means of an annual implementation with subsequent evaluation and strategy adjustments. Approaches of *design-based research* became apparent. In the tradition of this research area, influencing factors are highly abstracted to make them testable for transferability to other contexts. However, the present results show that patterns of reasoning based on abstract influencing factors can lead to contradictory conclusions due to personal perception. Teachers' personal perception plays a fundamental role in implementation not only with regard to professional development but also with regard to other system characteristics, such as the curriculum. Furthermore, these data show that the postulated levels of impact of professional development are not hierarchical but influence each other. The integration of practical DNA analysis into a school curriculum is particularly important in this context, as one-off professional development events are considered to be less effective. Accordingly, future studies could focus more on teachers' perceptions and prioritization of influencing factors.

Veröffentlichungen im Rahmen dieser Dissertation

Paper

- Großbruchhaus, S., Schöppner, P., & Nerdel, C. (eingereicht). Teachers' decision making from attending to implementing a teacher training about biotechnology experimentvgl. In: *International Journal of Science and Mathematics Education*, Springer
- Großbruchhaus, S., Schöppner, P., & Nerdel, C. (2025). Implementation einer biotechnologischen Lehrkräftefortbildung in den Unterricht – Welche Einflussfaktoren unterstützen Lehrkräfte bei der Entscheidung? In: *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik: Band 10*
- Großbruchhaus, S., Schöppner, P., & Nerdel, C. (2024). Implementation processes: Sustainable Integration of Biotechnology Experiments into Schoolvgl. In: *Current Research in Biology Education: Selected Papers from the ERIDOB 2022 Conference* (S. 341-353). Springer International Publishing.

Lehrbuch

- Schöppner, P., Großbruchhaus, S., & Nerdel, C. (2023). Biotechnologie Praxisorientiert Unterrichten: Aktuelle Kontexte für Schule und Lehrerfortbildung. Springer.

Hierbei insbesondere folgende Kapitel:

- Schöppner, P., Großbruchhaus, S., & Nerdel, C. (2023). Fachdidaktischer Hintergrund: Gestaltung eines innovativen Biologieunterrichtvgl. In P. Schöppner, S. Großbruchhaus, & C. Nerdel (Hrsg.), *Biotechnologie praxisorientiert unterrichten: Aktuelle Kontexte für Schule und Lehrerfortbildung* (S. 21–35). Springer Berlin Heidelberg.
- Schöppner, P., Großbruchhaus, S., & Nerdel, C. (2023). Praktische Umsetzung an der Schule. In P. Schöppner, S. Großbruchhaus, & C. Nerdel (Eds.), *Biotechnologie praxisorientiert unterrichten: Aktuelle Kontexte für Schule und Lehrerfortbildung* (S. 37–60). Springer Berlin Heidelberg.
- Schöppner, P., Großbruchhaus, S., & Nerdel, C. (2023). Eat, Sleep, Repeat – wie Evolution unsere innere Uhr beeinflusst. In P. Schöppner, S. Großbruchhaus, & C. Nerdel (Eds.), *Biotechnologie praxisorientiert unterrichten: Aktuelle Kontexte für Schule und Lehrerfortbildung* (S. 87–122). Springer Berlin Heidelberg.
- Schöppner, P., Großbruchhaus, S., & Nerdel, C. (2023). Food Wars Episode I: Laktoseintoleranz schlägt zurück. In P. Schöppner, S. Großbruchhaus, & C. Nerdel (Eds.), *Biotechnologie praxisorientiert unterrichten: Aktuelle Kontexte für Schule und Lehrerfortbildung* (S. 159–206). Springer Berlin Heidelberg.
- Schöppner, P., Großbruchhaus, S., & Nerdel, C. (2023). Food Wars Episode II – eine neue Hoffnung: Herstellung laktosefreier Milchprodukte. In P. Schöppner, S. Großbruchhaus, & C. Nerdel (Eds.), *Biotechnologie praxisorientiert unterrichten: Aktuelle Kontexte für Schule und Lehrerfortbildung* (S. 207–248). Springer Berlin Heidelberg.

Vorträge

- Großbruchhaus, S., Schöppner, P. & Nerdel, C. (2024, 01. - 05. Juli). *Implementation strategies and barriers of biotechnology topics into schools – an interplay of teachers prioritizing actions and their perception* [Konferenzvortrag]. 14th Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB). Lyon.
- Großbruchhaus, S., Schöppner, P. & Nerdel, C. (2023, 18. - 21. September). *Implementationsstrategien bei kontextorientierten molekularbiologischen Modulen in die Unterrichtspraxis* [Konferenzvortrag]. Jahrestagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB), Ludwigsburg.
- Großbruchhaus, S., Schöppner, P. & Nerdel, C. (2023, 22. - 25. August). *Implementation barriers – a question of teachers' perception?* [Konferenzvortrag]. European Conference on Educational Research (ECER). Glasgow.
- Großbruchhaus, S., Schöppner, P. & Nerdel, C. (2022, 21. - 23. März). *Nachhaltige Integration von Fortbildungsinhalten an Schulen - eine Frage der Handlungspriorisierung?* [Konferenzvortrag]. 23. Internationale Frühjahrsschule der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBiO, Bielefeld.
- Großbruchhaus, S., Schöppner, P. & Nerdel, C. (2022, 29. August - 02. September). *Implementation of biotechnology topics into School Curriculum: findings of a case study on teacher training courses* [Konferenzposter]. 13th Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB) 2022. Nicosia.
- Großbruchhaus, S., Schöppner, P. & Nerdel, C. (2021, 13. – 16. September). *Implementationsstrategien bei kontextorientierten molekularbiologischen Modulen in die Unterrichtspraxis* [Konferenzposter]. Jahrestagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB), Bonn.
- Großbruchhaus, S., Schöppner, P. & Nerdel, C. (2021, 15. - 16. März). *Schulinterne und -übergreifende Kooperationsformen zur Förderung der Implementation von biotechnologischen Innovationen in den Biologieunterricht* [Konferenzvortrag]. 3. Tagung "Wie viel Wissenschaft braucht Lehrerfortbildung wirklich?", Regensburg.
- Großbruchhaus, S., Schöppner, P. & Nerdel, C. (2020, 24. - 27. Februar). *Konzept zur Messung der Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen im Bereich der Biotechnologie* [Konferenzposter]. 22. Internationale Frühjahrsschule der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBiO, Halle.

Die Lehrkräftefortbildung wurde durch die AMGEN Stiftung gefördert.

AMGEN® Biotech Experience

Scientific Discovery for the Classroom
Germany

Anmerkung zur Sprache

Um die Verständlichkeit des Textes zu erhöhen, ist diese Arbeit im generischen Femininum geschrieben. Selbstverständlich sind darin auch alle anderen Geschlechter eingeschlossen.

1 Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Das Ausscheiden der MINT-Fächer: Trends und Erklärungsansätze.....	1
1.2	Biotechnologie: Innovation seit 30 Jahren?	2
1.3	Biotechnologie als Bildungsgegenstand.....	2
2	Theoretischer Hintergrund: Lehrkräftefortbildungen	4
2.1	Lehrkräftefortbildung als Brücke zwischen Wissenschaft & Schule.....	4
2.2	Modelle zur Wirksamkeit von Lehrkräftefortbildungen	4
2.3	Gelingensbedingungen für die Implementation.....	8
2.3.1	Schulleitung und Kooperation im Kollegium	8
2.3.2	Persönliche Voraussetzungen der Lehrkräfte	10
2.3.3	Persönliche Voraussetzungen der Trainerin.....	11
2.3.4	Merkmale der Fortbildung	11
2.3.5	Zusammenfassende Empfehlungen für die Fortbildungskonzeption:.....	13
2.4	Lehrkräftefortbildungen als Starter für Veränderung in Unterricht und Schule	13
2.4.1	Exkurs: Reasoned Action Approach & kollektive Selbstwirksamkeitserwartung ...	14
2.4.2	Fachliche Fortbildung mit Mehrwert	15
3	Biowissenschaftlicher Hintergrund.....	16
3.1	DNA-Extraktion.....	16
3.2	Polymerase Kettenreaktion	16
3.3	Gelelektrophorese.....	19
3.4	Exkurs: Arten von DNA-Mutationen (Polymorphismen)	20
3.5	Restriktionsverdau	21
3.6	Von den Methoden zur Anwendung.....	22
3.7	Konkrete biotechnologische Kontexte mit methodischem Bezug	23
3.7.1	Kontexte für vorgefertigte DNA-Proben.....	23
3.7.2	Kontexte für eigene DNA-Proben.....	25
4	Biotechnologie praxisorientiert unterrichten.....	29
4.1	Exkurs: <i>Scientific literacy</i>	29
4.2	Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und <i>inquiry based learning</i>	30
5	Forschungsdieserant	32
5.1	Ziel der Studie	33
5.2	Forschungsfragen	33
6	Untersuchungsdesign und Forschungsmethodik	34

6.1	Lehrkräftefortbildung: DNA-Analysen für die Schulpraxis	34
6.2	Stichprobe	36
6.2.1	Ausgangssituation	36
6.2.2	Rekrutierte Stichprobe für die Interviews	38
6.3	Interviews	40
6.4	Qualitative Inhaltsanalyse	41
6.4.1	Individuelle Fallzusammenfassungen	41
6.4.2	Deduktive Kodierung der Interviews	41
6.4.3	Analyse der Gruppenunterschiede	47
6.4.4	Induktive Kodierung der Interviews	48
6.4.5	Typisierung nach Mayring	48
7	Ergebnisse	50
7.1	Kurzzusammenfassungen der Interviews	50
7.1.1	Lehrerinnen, die biotechnologische Versuche implementiert haben	53
7.1.2	Lehrerinnen, die biotechnologische Versuche nicht implementiert haben	70
7.1.3	Zusammenhänge zwischen den Einzelfällen	80
7.2	Qualitative Inhaltsanalyse	83
7.2.1	Deduktive Kodierung der Interviews	83
7.2.2	Induktive Kodierung der Interviews	85
7.3	Unterschiede in der Argumentation von Nicht- und Implementiererinnen	163
7.3.1	Individuelle Dokumentenprofile	163
7.3.2	Die Lehrkräftefortbildung als Argumentationsschwerpunkt	167
7.3.3	Der Innovationsgegenstand als Argumentationsschwerpunkt	168
7.3.4	Die Systemmerkmale als Argumentationsschwerpunkt	169
7.3.5	Die Personenmerkmale Argumentationsschwerpunkt	170
7.3.6	Die Kooperation als Gruppenunterschied	170
7.3.7	Argumentationsunterschiede: Unterschiedliche Schwellenwerte?	172
7.4	Handlungsmuster der Lehrkräfte	173
7.4.1	Teilnahme an der Lehrkräftefortbildung	174
7.4.2	(Schul)interne Organisation	178
7.4.3	Implementation der praktischen DNA-Analysen	180
7.4.4	Angestoßene Nachhaltigkeit: Unterrichtsentwicklung durch Wiederholung	185
8	Diskussion	192
8.1	Methodische Diskussion	192

8.1.1	Zur Generalisierbarkeit.....	192
8.1.2	Zur Verzerrung (Bias).....	192
8.1.3	Zur Objektivität.....	193
8.1.4	Fazit.....	193
8.2	Inhaltliche Diskussion.....	194
8.2.1	Erste Forschungsfrage: Begründungsmuster der Lehrkräfte.....	194
8.2.2	Zweite Forschungsfrage: Handlungsmuster der Lehrkräfte.....	207
8.3	Schlussfolgerungen & Implikationen.....	215
8.4	Ausblick.....	221
9	References.....	223
10	Anhang.....	247
10.1	Verzeichnisse.....	247
10.1.1	Abkürzungsverzeichnis.....	247
10.1.2	Tabellenverzeichnis.....	247
10.1.3	Abbildungsverzeichnis.....	247
10.2	Kurzfragebogen.....	249
10.3	Interviewleitfaden.....	250
10.3.1	Einleitung.....	251
10.3.2	Lehrkräftefortbildung.....	251
10.3.3	Implementation, falls ja.....	251
10.3.4	Implementation, falls nein.....	252
10.3.5	Kooperation.....	252
10.3.6	Ausblick.....	252
10.4	Transkripte.....	252

1 Einleitung

Die MINT-Fächer stehen im bildungspolitischen Fokus in der Hoffnung, Schülerinnen auf eine sich rasant verändernde Welt vorzubereiten (Vooren et al., 2022). Das verdeutlichen weltweite Bildungsreformen, die das Ziel verfolgen, mehr Schülerinnen für MINT-Fächer und folglich auch MINT-Studiengänge und -Berufe zu begeistern, z. B. European Union's Horizon 2020¹ oder US-Initiative *STEM Excellence for all students*². In Deutschland werden auch auf nationaler Ebene Versuche in diese Richtung unternommen, wie die zweite Förderphase des MINT-Aktionsplans des BMBF³ verdeutlicht. Die Notwendigkeit dieser Initiativen ergibt sich aus der Kombination, dass MINT-Fächer Kompetenzen des Problemlösens und kritischen Denkens fördern, Schülerinnen allerdings seltener weiterführende MINT-Kurse wählen (Li et al., 2020; Prieto-Rodriguez et al., 2020).

1.1 Das Ausscheiden der MINT-Fächer: Trends und Erklärungsansätze

Sobald Schülerinnen auf weiterführende Schulen kommen, sinkt ihr Interesse an den MINT-Fächern rasant (Gibson & Koch, 2022; Löwe, 1987). Das ist seit den 70er Jahren ein gut untersuchtes Phänomen, das regelmäßig durch Studien belegt wird, u. a. PISA oder OECD, und in der Wissenschaftsgemeinschaft zu dem Begriff *leaky pipeline* führte, weil dies konsequent zu einer vergleichsweise geringen Wahl an MINT-Studiengängen oder -Berufen führt (Lazarides & Ittel, 2017). Zu den schulischen Aufgaben gehört Schülerinnen zu befähigen, fundierte Entscheidungen zu treffen und an öffentlichen Debatten teilzunehmen. Damit geht die Verantwortung des MINT-Unterrichts über die reine Vermittlung von Grundwissen hinaus hin zur Förderung von Neugier und wissenschaftlichem Denken, Stichwort *scientific literacy* (OECD, 2008). Dabei ist besonders bedenklich, dass weiterhin unter Schülerinnen ein abnehmender Trend für die Wahl von MINT-Fächern zu beobachten ist (Kidman, 2010; Vooren et al., 2022). Für Schülerinnen in Australien konnten Jeffries et al. anhand einer großen Stichprobe ($N = 7442$) drei Haupteinflüsse für die Wahl von MINT-Kursen in der Oberstufe identifizieren:

1. *Geschlecht*: Mädchen wählen seltener MINT-Fächer als Jungen, dieser Effekt wird durch die Einstellung zu MINT-Fächern mediiert.
2. *Demografischer Hintergrund*: Immigranten der ersten oder zweiten Generation wählten häufiger MINT-Fächer, wobei der sozio-ökonomische Status keinen Einfluss hatte.
3. *Einstellung*: Positive Einstellung und Kompetenzerleben in den MINT-Fächern erhöht die Wahrscheinlichkeit weiterhin MINT-Fächer zu wählen. Dieser Effekt wird durch den wahrgenommenen Erfolg mediiert.

Jede dieser Einflussgrößen bildet weltweit ein eigenes Forschungsfeld und kann auch für Deutschland mit geringen Abweichungen bestätigt werden: *Geschlecht* für Deutschland, Irland und Schottland (M. Jacob et al., 2020), *Demografischer Hintergrund* in Deutschland wobei der sozio-ökonomische Status (Gutfleisch & Kogan, 2022) und die Einstellung der Eltern einen Einfluss haben (Šimunović & Babarović, 2020), *Einstellung* in Deutschland (Keyserlingk et al., 2020). Im Angesicht dieser

¹ European Commission „European Skill Agenda“: <https://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=1223&langId=en>, (aufgerufen: 12.08.2024, 11:00).

² U.S. Department of Education „Raise the Bar“: <https://www.ed.gov/stem> (aufgerufen: 12.08.2024, 11:03).

³ Bundesministerium für Bildung und Forschung „MINT-Aktionsplan“: https://www.bildung-forschung.digital/digitalzukunft/de/bildung/mint-cluster/mint-cluster_node.html (aufgerufen: 12.08.2024, 11:30).

gravierenden Einflussfaktoren drängt sich die Frage auf, wie schulischer Unterricht dem entgegenwirken kann.

Für den naturwissenschaftlichen Unterricht ergibt sich eine Diskrepanz in den Inhalten, die Lehrkräfte interessant finden (Hagay & Baram-Tsabari, 2011). Dies ist vor allem dadurch zu erklären, dass Schülerinnen sich für aktuelle Themen und Problemstellungen interessieren, während Lehrkräfte bevorzugt Themen unterrichten, in denen sie sich kompetent fühlen (Hagay & Baram-Tsabari, 2011). Letzteres ist vor dem Hintergrund sich schnell weiterentwickelnder Fachgebiete, vor allem in fächerübergreifenden Domänen, wie der Biotechnologie, problematisch. Entsprechend stehen Lehrkräfte vor der Herausforderung mit dem schnell wachsenden Wissen, sowie technischer Innovationen innerhalb der Fachgebiete auf dem Laufenden zu bleiben (Borko, 2004).

1.2 Biotechnologie: Innovation seit 30 Jahren?

Knapp zehn Jahre nach Mullis (1986) Entwicklung der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) als *in vitro* Methode zur Vervielfältigung spezifischer DNA-Abschnitte, erscheint ein Buch, das die Geschichte der Biotechnologie der damals letzten 70 Jahre zusammenfasste (Bud, 1995). Demnach liegen die Ursprünge der Biotechnologie über hundert Jahre zurück, beispielsweise die Herstellung von Chemikalien durch Mikroorganismen (Bud, 1995, S. 35). Trotzdem ist ihr Innovationsgehalt bis heute ungebrochen: Neue Methoden ermöglichen neue Erkenntnisse, die wiederum die Weiterentwicklung der Methoden anstoßen. Ein Beispiel dafür ist die DNA-Analyse. Aus den Anfängen der PCR (Mullis et al., 1986) und der Sanger Sequenzierung (Sanger, 1975) ergab sich unter anderem das Human-Genome-Project (Bentley, 2000) und damit die Grundlage des noch heute genutzten *DNA-Profilings* in der Forensik (McDonald et al., 2024). Die Vorstellung schnell und effizient große Mengen DNA zu sequenzieren ist für viele Fachgebiete interessant, sodass bis heute die Weiterentwicklungen beider Methoden, sowie deren Kombination, vorangetrieben wird. Die jüngste Erfolgsgeschichte erzählt der „Corona-Test“, bei dem die *real-time reverse transcription PCR* zur Diagnose auf SARS-CoV-2 genutzt wird (H. Zhu et al., 2020).

Entsprechend entwickelt sich der Bereich der Biotechnologie schnell weiter und hat enorme Auswirkungen auf alle Lebensbereiche, sei es die menschliche Gesundheit, Forensik, Landwirtschaft oder Umwelt (Huang et al., 2018; Martin et al., 2021). Viele biotechnologische Anwendungen sind bahnbrechend, sodass es kaum verwunderlich ist, dass Schülerinnen Schwierigkeiten haben, zwischen aktuell möglichen und potenziellen Anwendungen zu unterscheiden (Dawson, 2007). Vor dem Hintergrund erscheint die Forderung der OECD und allgemeinbildenden Schulen in Deutschland, Schülerinnen zur aktiven Teilnahme an öffentlichen Diskursen zu befähigen, wie eine große Herausforderung (Hammann, 2018).

1.3 Biotechnologie als Bildungsgegenstand

Neben seiner fachlichen Bedeutsamkeit ist die Biotechnologie auch ein gesellschaftspolitisches Thema, da sie häufig von verschiedenen Wertehaltungen und politischen, sozialen, rechtlichen, wirtschaftlichen und ethischen Ansprüchen geprägt ist (Hammann, 2018). So wird beispielsweise der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen weltweit unterschiedlich wahrgenommen: Während er in den USA erlaubt ist, wird er in der EU stark reglementiert (Brandt, 2003). Dabei hat gezielte gentechnische Veränderung viele Vorteile gegenüber herkömmlichen Methoden der Pflanzenzüchtung, z. B. der Mutagenese durch radioaktive Strahlung (Kumar et al., 2020). Das lenkte den Fokus der Forschung der letzten Jahre vor allem auf die Wahrnehmung bzw. Akzeptanz von und

Einstellung zu Biotechnologie, sowohl von Lehrkräften als auch von Schülerinnen (Borgerding et al., 2013; Dawson, 2007; Hammann, 2018; La Hoz et al., 2022; McGill et al., 2019). Allerdings bedarf die aktive Auseinandersetzung mit biotechnologischen Debatten häufig sehr spezifisches Fachwissen. Studien, die sich mit diesem bei Schülerinnen befassen konnten zwar einen positiven Trend in den letzten 20 Jahren dokumentieren, allerdings bleiben Aussagen der Schülerinnen häufig auf einem sehr allgemeinen Niveau und sind geprägt von Alltagsvorstellungen, z. B. kranke Gene (Dawson, 2007; Lewis, 2014; Schwanewedel et al., 2008). Entsprechend ist wenig verwunderlich, dass verschiedene Ansätze zum Unterrichten von Biotechnologie entwickelt wurden (Hammann, 2018). Diese reichen von der didaktischen Aufbereitung konkreter Fachinhalte über außerschulische Angebote, v. a. Labore, bis hin zu Diskussionsmaterialien zum Lernen anhand von Dilemmata (Mühlemeier, 2017; Wray et al., 2001; Zohar & Nemet, 2002). Ein konkretes Beispiel bietet das europaweit geförderte Projekt EIBE⁴, das Unterrichtsmaterialien zu biotechnologischen Themen in mehreren Sprachen entwickelte bei denen teilweise Praxiseinheiten eingeschlossen sind. Das größte Problem sowohl der von Mühlenmeier (2017) als auch von EIBE postulierten Praxiseinheiten sind die hohen Kosten des Material. Für die meisten Einheiten werden Mikroliter-Pipetten, Enzyme und spezifische Geräte benötigt. Konkrete Beispiele sind eine Gelelektrophorese-Kammer für den ELISA aus Unterrichtseinheit 2 *DNA-Profilierung* und eine Zentrifuge bei der Protoplasten-Fusion (Mühlemeier, 2017, S. 50). Dies gilt grundsätzlich für praktische Ansätze die methodischen Grundlagen, wie PCR oder die Gelelektrophorese, praktisch im Unterricht durchführen wollen. Obwohl es bereits Geräte gibt, die auf den schulischen Gebrauch ausgelegt sind, übersteigen die Kosten⁵ für einen Klassensatz den verfügbaren Etat der meisten deutschen Schulen um ein Vielfaches (Block, 2022).

Da die Vermittlung dieser Grundlagen in den deutschen Lehrplänen festgehalten ist (z. B. ISB, 2015), verbleibt diese aufgrund fehlender Reagenzien und Geräte auf rein theoretischer Ebene (Borgerding et al., 2013; Hanegan & Bigler, 2009; Nerdel & Schöppner, 2021). Mit Rückblick auf die Bedeutsamkeit der MINT-Fächer ist dies besonders bedenklich, da sich Lehrkräfte einig sind, dass gerade im fortgeschrittenen naturwissenschaftlichem Unterricht praktische Einheiten zu kurz kommen (Hagay & Baram-Tsabari, 2011; Kidman, 2010). Neben fehlenden Ressourcen sind inhaltliche Schwierigkeiten der am häufigsten genannten Grund für Lehrkräfte, Biotechnologie nicht zu unterrichten, dicht gefolgt von geringem Selbstvertrauen und Zeitmangel (Borgerding et al., 2013; Hanegan & Bigler, 2009; Nerdel & Schöppner, 2021; Steele & Aubusson, 2004).

All das verdeutlicht die wachsende Kluft zwischen der Wissenschaft und dem in der Schule vermittelten Wissen (Merchie et al., 2018). Insbesondere in interdisziplinären Bereichen wie der Biotechnologie können Lehrkräftefortbildungen diese Lücke schließen, indem sie die Unterrichtspraxis mit Innovationen verbinden (King, 2014; Merchie et al., 2018). Die Biotechnologie im Speziellen bietet immenses Potenzial, um wissenschaftliche Entdeckungen und reale Anwendungen in die Schulen zu integrieren und damit die positiven Effekte einer forschungs- und alltagsnahen Kontextuierung zu nutzen (Bell et al., 2013; Nordqvist & Aronsson, 2019).

Insgesamt präsentiert sich die Einbeziehung praktischer Unterrichtseinheiten im Rahmen der Biotechnologie trotz ihres großen Potentials als duales Problem, das sich aus fehlenden Fähigkeiten

⁴ Online Auftritt EIBE: <https://archiv.leibniz-ipn.de/eibe/DEUTSCH/DU0.HTM>, (aufgerufen:14.08.2024, 13:55).

⁵ miniPCR®: <https://www.minipcr.com/products/minipcr-thermal-cyclers/>, (aufgerufen: 14.08.2024, 14:15).

und Fertigkeiten, sowie fehlender Ressourcen, ergibt. In diesem Zusammenhang sollte eine Fortbildung die Lehrkräfte nicht nur in die Lage versetzen, sich über die wachsende Wissensbasis, aktuelle empirische Befunde und Forschungsergebnisse in der Biotechnologie zu informieren, sondern sie auch mit den Fähigkeiten und Ressourcen ausstatten, um biotechnologische Methoden, wie die PCR und Gelelektrophorese, praktisch in ihren Biologieunterricht einzubauen.

2 Theoretischer Hintergrund: Lehrkräftefortbildungen

2.1 Lehrkräftefortbildung als Brücke zwischen Wissenschaft & Schule

In Deutschland wird Lehrkräftebildung in drei Phasen unterteilt: Studium, Referendariat und Fortbildungen während des Schuldienstes, wobei letzteres nicht formal strukturiert ist (Kuschel et al., 2020). Fortbildungen stehen im Sinne des *life long learning* und sind aus fachlicher Perspektive besonders wichtig, da sie zum Beispiel einen schnellen Transfer von technischen Innovationen in den Unterricht ermöglichen, indem sie Lehrkräfte in der Ausbildung schulen (Brühwiler et al., 2017). Entsprechend erfreut sich der Bereich *Lehrkräftefortbildungen* mit Blick auf die Einbindung von fachlichen, fachdidaktischen und pädagogischen Innovationen in den Unterricht eines großen Forschungsinteresses, bei dem der gesamte Prozess vom Lernen der Lehrkräfte bis zur Umsetzung in den Unterricht möglichst genau untersucht werden soll, um Bedingungen für die Wirksamkeit idealerweise akkurat zu beschreiben.

2.2 Modelle zur Wirksamkeit von Lehrkräftefortbildungen

Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass Lehrkräftefortbildungen (LFB) die Unterrichtsqualität und damit die Ergebnisse der Schülerinnen verbessern können, wenn sie nur effektiv genug sind. Allerdings finden Fortbildungen und Unterricht in einer multidimensionalen Struktur statt und werden von Faktoren auf verschiedenen Systemebenen beeinflusst, die über den Unterricht oder die Fortbildungsveranstaltung selbst hinausgehen (Sancar et al., 2021).

Zur Darstellung dieses komplexen Zusammenspiels sind im deutschsprachigen Raum Modelle entwickelt worden, die auf dem Prozess-Produkt-Paradigma basieren (Brühwiler et al., 2017; Lipowsky, 2010). Im Wesentlichen übertragen sie Helmkes Ansätze aus dem Angebots-Nutzungs-Modell der Lernwirksamkeit aus dem Forschungsbereich der Unterrichtsqualität auf Fortbildungen (Helmke, 2009, S. 70). Lipowsky (2020) erweiterte das resultierende Modell um fünf Ebenen, auf denen Fortbildungen seinem Verständnis nach wirksam sein können. Dieses ist vereinfacht in **Abbildung 1** dargestellt.

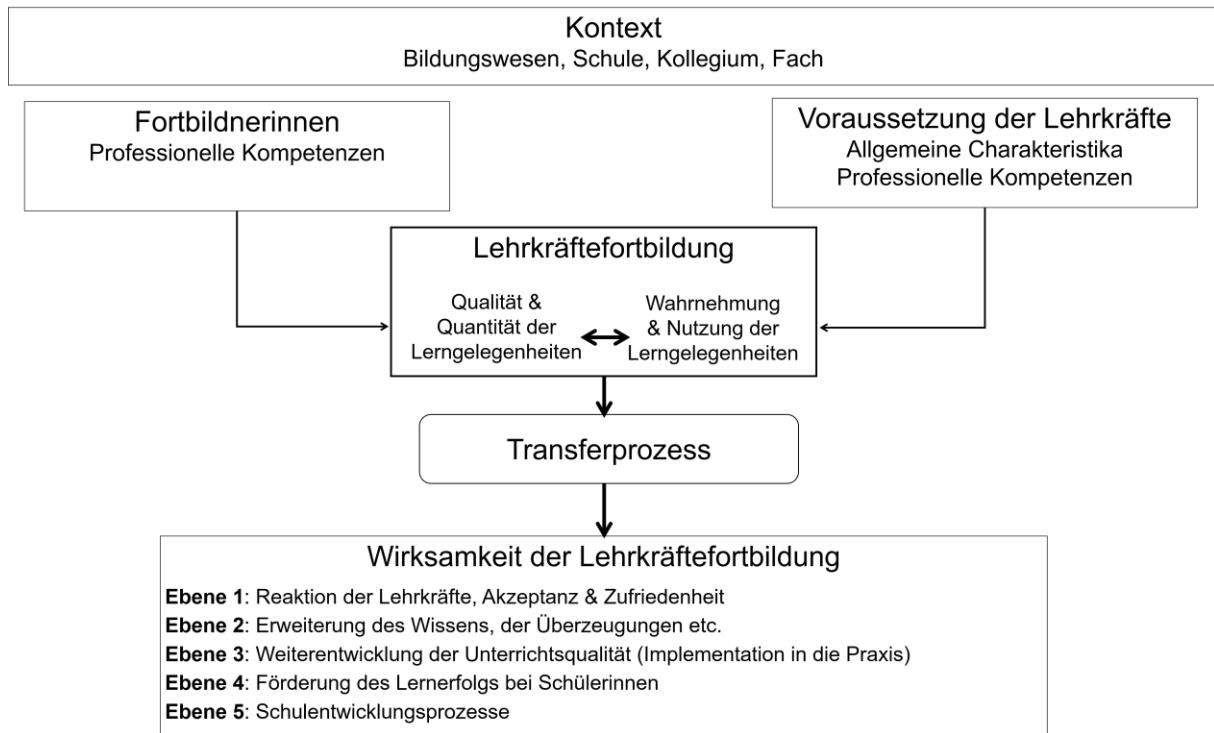


Abbildung 1: Wirksamkeitsmodell

Darstellung von Einflussfaktoren im Sinne eines Angebots-Nutzen-Modells, modifiziert durch die Ebenen des Fortbildungserfolgs, vereinfacht nach Lipowsky (2021) und verändert nach Großbruchhaus et al. (im Druck).

Grundsätzlich gleicht Lipowskys Ebenenmodell Helmkes Angebots-Nutzungs-Modell (2009) bei der Darstellung der Lehr-Lern-Situationen mit vertauschten Rollen: Die Lehrkräfte schlüpfen in die Rolle der Lernenden und kommen mit ihren Voreinstellungen und individuellen Hintergründen zu der Fortbildung. Die Dozierenden der Fortbildung übernehmen die Rolle der Lehrkräfte und bringen ebenfalls ihre individuellen Hintergründe in die Fortbildung mit. All das findet im bestehenden Kontext statt, der sowohl von der Bildungseinrichtung als auch von Fachkonventionen geprägt ist. Die Fortbildung selbst kann über die Qualität und Quantität an Lernsituationen beschrieben werden, ähnlich zum Unterricht. All das nimmt Einfluss auf die Wirksamkeit der Fortbildung, die Lipowsky in fünf verschiedene Ebenen unterteilt:

1. Reaktion der Lehrkräfte, Akzeptanz & Zufriedenheit

An erster Stelle steht die initiale Reaktion der Lehrkräfte auf das Fortbildungsangebot. Sie müssen die Inhalte akzeptieren und mit der Fortbildung zufrieden sein, damit sie sich weiter mit dem Inhalt beschäftigen. Obwohl eine positive Reaktion auf die Fortbildung notwendig ist, ist sie nicht hinreichend, um von ihr auf die anderen Ebenen zu schließen. (Lipowsky, 2010)

2. Erweiterung der Kognition, Wissen & Überzeugungen

Auf nächst höherer Ebene steht das Lernen der Lehrkräfte. Die Fortbildung sollte durch ihre Konzeption Lernen ermöglichen und darüber hinaus nicht nur konkretes Wissen, sondern auch Überzeugungen adressieren. Die meisten Evaluations-Designs umschließen die ersten beiden Ebenen basierend auf Selbstauskünften der Lehrkräfte, da diese methodisch leicht zugänglich sind. Dies ist hilfreich, um einen ersten Eindruck der Qualität des Fortbildungsangebots zu bekommen, aber unzureichend, um auf die Wirksamkeit auf anderen Ebenen zu schließen. (Lipowsky & Rzejak, 2020)

3. Weiterentwicklung der Unterrichtsqualität

Die dritte Ebene stellt die Implementation der Fortbildungsinhalte in die Praxis dar. Die Unterrichtsqualität sollte sich durch die Umsetzung der Fortbildungsinhalte verbessern (Lipowsky & Rzejak, 2021). Insgesamt wird wirksamen Fortbildungen großes Potenzial zur Verbesserung der Unterrichtsqualität zugesprochen (Brühwiler et al., 2017). Ebene drei steht im Zentrum des Interesses, wenn es darum geht, biotechnologische Versuche in die Unterrichtspraxis zu integrieren. Allerdings wird für die Implementation *Wirksamkeit* nicht einheitlich definiert, sondern es haben sich zwei Ansätze herauskristallisiert: Die Definition über die Anzahl der umsetzenden Lehrkräfte oder die Qualität der Umsetzung (Gale et al., 2020; Gräsel, 2010).

4. Förderung des Lernerfolgs bei Schülerinnen

Die Ebene der Schülerinnen zu erreichen wird häufig als zentrales Ziel formuliert und in logische Reihe zur Verbesserung der Unterrichtsqualität gestellt (Lipowsky & Rzejak, 2021).

5. Schulentwicklungsprozesse

Die fünfte Ebene kam erst in späteren Arbeiten dazu. Sie betrifft die Schulentwicklung, bei der die Fortbildung als Katalysator für positive Veränderungen und Verbesserungen in Bildungseinrichtungen dienen kann (Lipowsky & Rzejak, 2020).

Im englischsprachigen Raum wird eine Definition von *professional development* stark diskutiert. Der Term umfasst sowohl konkrete Weiterbildungsmaßnahmen, wie Fortbildungen, als auch den vollständigen professionellen Werdegang einer Lehrkraft im Beruf. Aktuell wird zwischen traditionellen Ansätzen, basierend auf einem von Desimone (2000; 2009) vorgeschlagenem Modell, und neuen Ansätzen (z. B. Neil & Morgan, 2003), die einen größeren Fokus auf die Lehrkraft als Individuum legen, unterschieden (Sancar et al., 2021). Sancar und Kollegen (2021) schlagen auf Basis dieser verschiedene Ansätze und ihrem Literatur-Review zu Bestandteilen von *professional development* ein Desimone 3.0 Modell vor. Dieses ist in **Abbildung 2** skizziert.

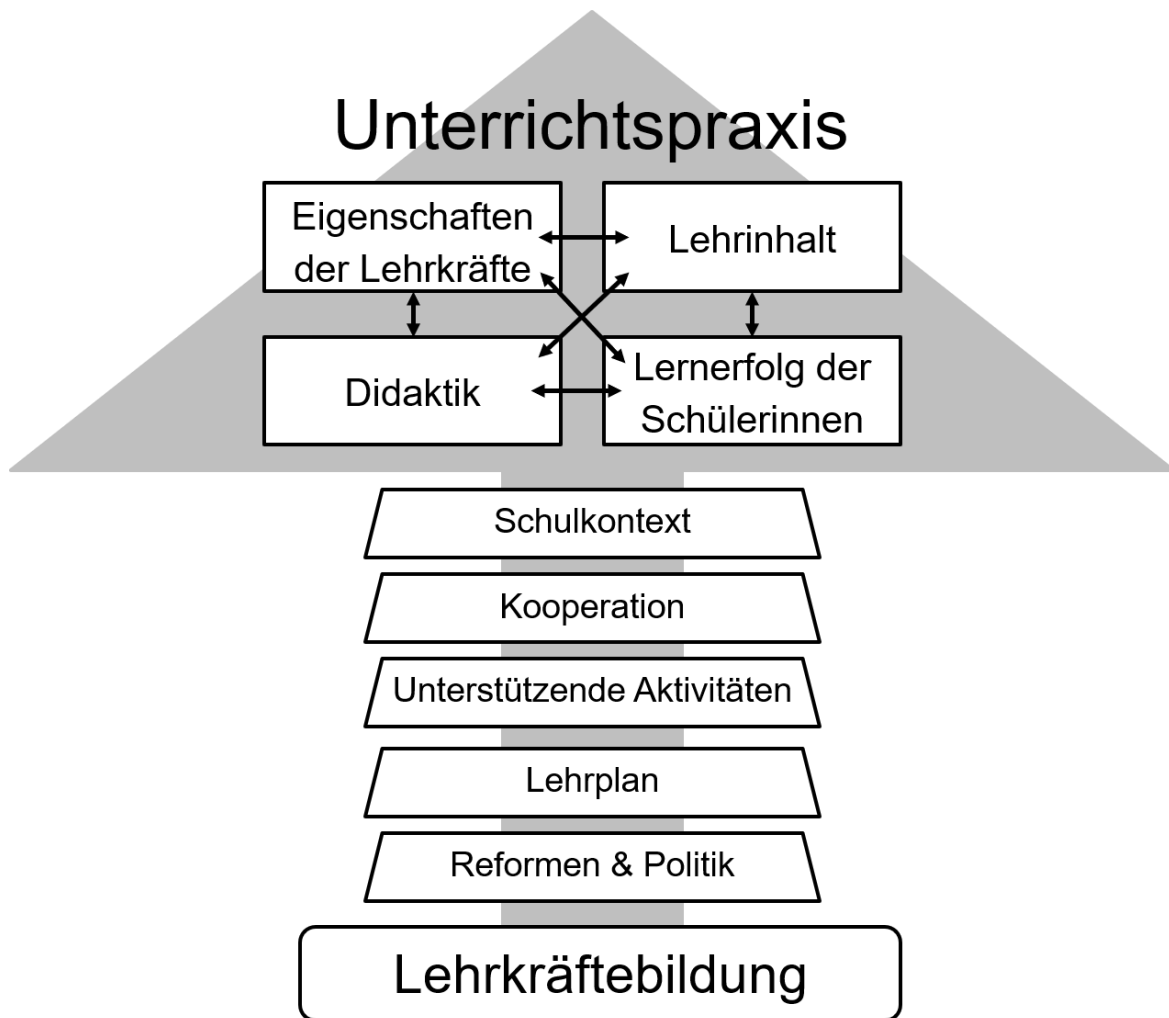


Abbildung 2: Modell zu *professional development*
 Verändert und übersetzt nach Sancar et al. (2021).

Beim direkten Vergleich der beiden Modelle findet man alle Elemente wieder (**Abbildung 1, Abbildung 2**). Unabhängig vom Sprachraum und traditionellem oder neuem Ansatz, bleibt die Annahme, dass die Professionalisierung von Lehrkräften ihre Unterrichtsqualität und damit, unter Berücksichtigung schulischer und bildungssystemischer Rahmenbedingungen, das Schülerinnen-Lernen verbessert. Grundsätzlich basieren diese Ebenen auf Vorarbeiten von Guskey (2002) zu *professional learning evaluation* (Dunn et al., 2018). Allerdings unterscheiden sich die Ebenen leicht: (1) Reaktion der Teilnehmerinnen, (2) Lernen der Teilnehmerinnen, (3) Organisation, Unterstützung und Veränderung, (4) Umsetzung des neuen Wissens und Fähigkeiten durch die Teilnehmerinnen, (5) Lernen der Schülerinnen (Dunn et al., 2018). Im Allgemeinen werden die fünf Ebenen als eine Kausalkette betrachtet, obwohl ihre Kausalität noch nicht empirisch nachgewiesen wurde (Davis et al., 2017; Sancar et al., 2021). Während Lipowsky (2010) und Desimone (2009) diese Kausalität trotzdem in ihren Modellen darstellen, geht aus dem Vorschlag von Sancar et al. (2021) hervor, dass die einzelnen Einflussgrößen gleichberechtigt nebeneinander stehen. Hier sollte hervorgehoben werden, dass Guskey (2002) selbst die Reihenfolge seiner Ebenen anders darstellte und die Veränderung von Vorstellungen und Werten (*beliefs and attitudes*) der Lehrkräfte ans Ende der Kausalkette stellte. Ein anderer Ansatz mit heuristischem Anspruch unterteilt die Qualität von Fortbildungsmaßnahmen in drei Phasen: Input, Prozess und Output (Cramer et al., 2023).

Methodisch wird die Evaluation der verschiedenen Ebenen aufwendiger, je höher diese liegen (Lipowsky, 2010). Entsprechend enden viele Evaluationsstudien von Fortbildungen auf Ebene eins (Reaktion) und selten Ebene zwei (Wissen, Überzeugung). Trotz einiger unterrichtlicher Videostudien (z.B. Grünkorn et al., 2019), sind Wechselwirkungen und distinktive Zusammenhänge zwischen den Ebenen weiterhin unbekannt. Darüber hinaus erfüllen viele Studiendesigns nicht die wissenschaftlichen Standards (Fryer, 2017; Guskey & Yoon, 2009; S. A. Yoon et al., 2020). Insgesamt ist wenig über den tatsächlichen Transfer von Fortbildungsinhalten in Unterricht und Schule bekannt. Mehrere Studien untersuchten verschiedene Merkmale, die die Effektivität der Fortbildung erhöhen und bei der Planung einer neuen Fortbildung berücksichtigt werden sollten (Sims & Fletcher-Wood, 2021). Diese können in Lipowskys Modell oder die drei Qualitätsbereiche Input, Prozess, Output eingeordnet werden.

2.3 Gelingensbedingungen für die Implementation

Für Fortbildungskonzepte, die auf eine Umsetzung der Inhalte im Unterricht zielen (Ebene 3, **Abbildung 1**), wurden mehrere Einflussfaktoren postuliert, die die Wirksamkeit erhöhen. Von diesen liegen einige in Systembereichen, die über Fortbildungen und Unterricht hinausgehen und entsprechend nicht direkt durch ein Fortbildungsangebot adressiert werden können. Im Folgenden gebe ich einen Überblick der verschiedenen Einflussfaktoren.

2.3.1 Schulleitung und Kooperation im Kollegium

Damit Fortbildungen überhaupt wirksam sein können, müssen Lehrkräfte an diesen teilnehmen. Als Teil der dritten Phase der Lehrkräftebildung sind Fortbildungsangebote nicht formal strukturiert und unterliegen deshalb hauptsächlich individuellem oder schulischen Engagement (Kuschel et al., 2020). Für Lehrkräfte gilt bundesweit in Deutschland eine Fort- und Weiterbildungspflicht, allerdings wird diese in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich festgehalten, z. B. machen nur drei Bundesländer konkrete Angaben zu Umfang und Nachweispflicht (Kuschel et al., 2020). Zu diesen zählt Bayern, wo zwölf Fortbildungstage, die mit fünf vollen Stunden gleichgesetzt werden, innerhalb von vier Schuljahren erfolgen müssen (Bayrisches Lehrerbildungsgesetz (1995, § 20). Hierbei nimmt gerade die Schulleitung großen Einfluss: Zum einen auf die erfolgreiche Umsetzung von Innovationen an der Schule, weshalb es gerade bei Schulentwicklungsprogrammen wichtig ist, die Schulleitungen von Anfang an mitzunehmen (Gräsel, 2010; Gräsel et al., 2020). Zum anderen durch die Verfügbarkeit zeitlicher Ressourcen (Maag Merki, 2009, S. 78ff). Dazu zählt sowohl die Ermöglichung an Fortbildungsmaßnahmen teilzunehmen, da Lehrkräfte beispielsweise vom Unterricht freigestellt werden müssen (Gräsel & Parchmann, 2004b), als auch Zeit für kollegialen Austausch zu ermöglichen (Cloppenburg & Bensen, 2012).

Des Weiteren spielen etablierte Kooperationsstrukturen eine Rolle. Auch hier nimmt die Unterstützung der Schulleitung erheblichen Einfluss (Ahlgrimm, 2010; Boer, 2012; Gallo-Fox & Scantlebury, 2016). In der aktuellen Forschungslandschaft existiert keine einheitliche Einteilung verschiedener Kooperationsformen nach Qualität oder Quantität, obwohl die Kooperation von Lehrkräften als Qualitätskriterium von Schulen und Unterricht erachtet wird (Massenkeil & Rothland, 2016). Während Gräsel (2006) beispielsweise drei Formen unterscheidet, definiert Steinert (2006) fünf Niveaustufen. Gemeinsamkeiten in den Unterscheidungen sind das Festlegen einer gemeinsamen Zielsetzung und Arbeitsteilung zur Erreichung dieses Ziels, sowie die damit einhergehende steigende Reziprozität (U. Hartmann et al., 2021).

Bisher konnten die von Gräsel postulierten Kooperationsformen, namentlich Austausch, arbeitsteilige Kooperation und Kokonstruktion nicht abschließend empirisch bestätigt werden. Es kann vor allem zwischen *low cost* (Austausch) und *high cost* (Kokonstruktion) unterschieden werden, wobei sich sowohl kontextuelle als auch inhaltliche Unterschiede zeigen (U. Hartmann et al., 2021; Sancar et al., 2021). Grundsätzlich können ein paar Dinge zum Kooperationsverhalten von Lehrkräften festgehalten werden:

- Lehrkräfte müssen Kooperation als nützlich und motivierend betrachten (Baum, 2014, S. 250; Gräsel & Parchmann, 2004b)
- Frauen kooperieren häufiger als Männer; berufserfahrene Lehrkräfte kooperieren intensiver (Lang, 2009).
- Die Kooperationsformen nach Gräsel kommen in aufsteigender Intensität seltener vor: Austausch > Kooperation > Kokonstruktion (Kunz-Heim et al., 2013; Soltau & Mienert, 2009).
- Die Kooperationsformen können nebeneinander existieren, sodass gleiche Lehrkräfte mit unterschiedlichen Kolleginnen oder unterschiedlichen Projekten andere Kooperationsformen zeigen (U. Hartmann et al., 2021).
- Kokonstruktion kann von anderen Kooperationsformen differenziert werden (Keller-Schneider & Albisser, 2013) und wirkt sich uneindeutig auf die wahrgenommene Belastung der Lehrkräfte aus: negativ (Dizinger et al., 2011) positiv (Fussangel et al., 2010).
- Das Autonomiebedürfnis von Lehrkräfte ist weniger ausgeprägt als Teamorientierung (Soltau et al., 2012; Soltau & Mienert, 2009) und durch strukturelle Rahmenbedingungen und nicht aufgrund persönlicher Einstellungen zu erklären (Köker, 2013). Dabei kann Autonomiebedürfnis in Gestaltungs- und Einblicksfreiheit unterteilt werden (Köker, 2013).
- Kooperation ist Kontext abhängig, d. h. unterschiedlich ausgeprägt in Bezug auf Unterricht oder Schulentwicklung (U. Hartmann et al., 2021; Holtappels et al., 2011).
- Kooperierende Lehrkräfte haben eine höhere Risikobereitschaft, um neue Unterrichtspraktiken auszuprobieren (Spiteri & Chang Rundgren, 2020).

Hierbei wird deutlich, dass Kooperation ein multidimensionales Phänomen ist und schwierig direkt durch Fortbildungsangebote adressiert werden kann. Aufgrund der potentiell positiven Wirkung auf die Unterrichtsqualität (u. a. Holtappels et al., 2011), Schulentwicklung (Gräsel et al., 2020), Zufriedenheit (Chetty et al., 2014; Gallo-Fox & Scantlebury, 2016), Belastung von Lehrkräfte (uneindeutige Datenlage, u. a. Fussangel et al., 2010) und auf die höhere Bereitschaft Neuerungen auszuprobieren (Spiteri & Chang Rundgren, 2017) liegt auf dem Thema ein großes Forschungsinteresse. Dies zeigt sich aktuell insbesondere an Bemühung Lehrkräfte zur Teilnahme an, oder Etablierung von professionellen Lerngemeinschaften anzuregen (Vgl. Christensen, 2022; Moosa et al., 2024; Prenger et al., 2017; Stegmann et al., 2022). Mit Rückbezug zur Wirksamkeit von Fortbildungen, können neben etablierten Kooperationsstrukturen auch Einzelpersonen zur Umsetzung von Veränderung beitragen. Diese werden in der Diffusionsforschung von Innovationen in sozialen Systemen *change agent* genannt (Rogers E. M., 2003). Dabei sind *change agents* Personen, die über die Fähigkeit verfügen, Wandel anzuregen, zu erleichtern und die Veränderungsbemühungen zu koordinieren (Lunenburg, 2010). Laut Rogers (2003) stehen *change agents* bei Veränderungen an erster Stelle und stecken mit ihrem Engagement sogenannte *early adopters* an. Dies gilt auch für Schule und Unterricht, sodass Bemühungen unternommen wurden, diese *change agent* Lehrkräfte zu

charakterisieren, dabei war die Bereitschaft zur Kooperation ausschlaggebend (van der Heijden et al., 2015).

Empfehlungen für die Fortbildungskonzeption: Ausgehend von dieser Literatur, sollten Lehrkräfte durch eine Fortbildung zur Kooperation angeregt werden. Dies kann beispielsweise durch die Teilnahme im Team oder mindestens zu zweit erfolgen, um die Motivation zu erhöhen (Gräsel & Parchmann, 2004b; Lipowsky & Rzejak, 2021). Außerdem könnte eine Umsetzung vor Ort an den Schulen hilfreich sein, weitere Implementationsbarrieren zu reduzieren, z. B. Widerstand von der Schulleitung alle Lehrkräfte der Fachschaft für die Fortbildung freizustellen (Gräsel & Parchmann, 2004b; Popova et al., 2022).

2.3.2 Persönliche Voraussetzungen der Lehrkräfte

Sowohl im Angebots-Nutzungs-Modell nach Lipowsky als auch in den neuen Ansätzen zu *professional development* werden die individuellen Voraussetzungen, die Lehrkräfte in eine Fortbildung mitbringen, berücksichtigt (Lipowsky & Rzejak, 2021; Sancar et al., 2021). Demnach sollte das Lernen der Lehrkräfte und damit die Verbesserung ihrer Unterrichtspraxis innerhalb ihrer individuellen, sozialen und beruflichen Dimensionen stattfinden und sich Fortbildungen in den *life long learning* Prozess eingliedern (H. Borko et al., 2010; Derri et al., 2015). Im Folgenden gebe ich einen kurzen Überblick über bekannte Einflüsse der individuellen Lehrkräfte-Voraussetzungen:

- Der Implementationsgrad der Fortbildungsinhalte in die Unterrichtspraxis hängt direkt mit der Werterhaltung der Lehrkräfte zusammen (Roehrig et al., 2007). Deshalb ist es problematisch, dass diese bei fachlich orientierten Fortbildungen selten im Vordergrund stehen (Roehrig et al., 2007).
- Lehrkräfte müssen die Fortbildungsinhalte als nützlich und relevant beurteilen, um sie für ihre eigene Unterrichtspraxis in Betracht zu ziehen (Gräsel & Parchmann, 2004b).
- Lehrkräfte verbessern sich innerhalb ihrer ersten fünf Berufsjahren am stärksten, weshalb in diesem Abschnitt von einer hohen Plastizität der Fähigkeiten ausgegangen werden kann (A. Jacob & McGovern, 2015). Zusätzlich können Fortbildungsangebote effektiver sein, wenn sie die Berufserfahrung von Lehrkräfte bei der Planung berücksichtigen, so konnten Alborno und Kollegen (2020) zeigen, dass Coaching-Angebote nur bei weniger erfahrenen Lehrkräfte effektiv sind, vgl. *expertise-reversal effect* (Kalyuga, 2009).

Das Teilnahmeverhalten der Lehrkräfte an Fortbildungen zeigt allerdings ein sehr heterogenes Bild und ist vor allem durch intrinsische Motivation geprägt, weshalb eventuell gerade die Lehrkräfte mit Weiterbildungsbedarf nicht an diesen teilnehmen, trotz gesetzlicher Fortbildungspflicht (Kuschel et al., 2020). Allerdings investieren Lehrkräfte im Schnitt 10,5 Tage pro Jahr in Fortbildungsangebote (Sellen, 2016).

Empfehlungen für die Fortbildungskonzeption: Kompetenzen, Einstellungen, Überzeugungen und subjektive Theorien der Lehrkräfte sollten während der Fortbildung mit einbezogen werden (Gräsel & Parchmann, 2004b). Dies könnte mit der Möglichkeit zum kollegialen Austausch während der Fortbildung verbunden werden (vgl. Systemebene: Schule) und geht mit der Empfehlung einher langfristige Unterstützung, bzw. flankierende Maßnahmen, nicht an Individuen sondern Schulen zu richten (Gräsel & Parchmann, 2004a).

2.3.3 Persönliche Voraussetzungen der Trainerin

Da Fortbildung thematisch zur Erwachsenenbildung gehört, gelten hier ähnliche Bedingungen. Entsprechend hat die Qualität der Trainerin, sowohl fachlich als auch pädagogisch, einen erheblichen Einfluss auf den Fortbildungserfolg (Knowles, 2015). In gängigen Kaskadenmodellen, bei denen eine Trainerin weitere Trainerinnen ausbildet, könnten sowohl die Informationen als auch die pädagogischen Fähigkeiten abgeschwächt werden (Popova et al., 2022). Insgesamt stehen die Ausbringerinnen von Fortbildungsangeboten selten im Forschungsfokus (Cramer et al., 2023; Rzejak & Lipowsky, 2019).

2.3.4 Merkmale der Fortbildung

In den letzten Jahren hat sich in der Literatur der Konsens gebildet, dass die Wahrscheinlichkeit zur Verbesserung der Schülerinnen-Leistungen größer ist, wenn die Fortbildung nachhaltig und kooperativ ist, von den Lehrkräften mitgetragen wird, fachspezifisch ist, auf externes Fachwissen zurückgreift und praxisorientiert ist (Darling-Hammond et al., 2009; Desimone, 2009; Timperley, 2007). Allerdings stehen diese Meta-Analysen in der Kritik ungünstig geplante Studien mit einzu-beziehen, deren Ausschluss zu anderen Ergebnissen führt (Kennedy, 2016). Insgesamt gelten sechs Kriterien für effektive Fortbildungen als notwendig (Sims & Fletcher-Wood, 2021), wobei drei in anderen Systembereichen liegen: kooperative Teilnahme als Gruppe (vgl. Systemebene: Schule), Lehrkräfte identifizieren sich mit und befürworten den Inhalt (vgl. Persönliche Voraussetzungen der Lehrkräfte), Expertise kommt von außerhalb der Schule (vgl. Persönliche Voraussetzungen der Trainerin). Entsprechend gehe ich hier nur auf die verbleibenden drei „Kern-Kriterien“ der Fortbildung ein.

1. *Dauer*: Empfohlen wird ein nachhaltiger Kontakt über einen bedeutungsvollen Zeitabschnitt, da Lehrkräfte Zeit brauchen neues Wissen anzunehmen (Desimone, 2009; Popova et al., 2022). Entsprechend wird die Wirksamkeit einmaliger Angebote angezweifelt, obwohl es keinen direkten Zusammenhang gibt, dass längere Angebote automatisch bessere Ergebnisse erzielen (Timperley, 2007).
2. *Übungsmöglichkeiten*: Idealerweise ermöglichen Fortbildungskonzepte den Lehrkräften die Inhalte zu üben, beispielsweise mit einem Rollenspiel, oder im Kursraum anzuwenden (Dunst et al., 2015; Popova et al., 2022).
3. *Fachwissenorientierung*: Als am effektivsten gelten Fortbildungen mit spezifischem fachlichen Fokus und damit klarer Anwendung, sowie realistischen und konkreten Zielen (Popova et al., 2022; Seidel & Shavelson, 2007; K. S. Yoon et al., 2007).

Diese als Konsens geltenden Qualitäts-Kriterien haben bereits Einfluss auf die Politik genommen: Beispielsweise müssen diese nachgewiesen werden, um staatliche Förderung in den USA im Rahmen von *Every Student Succeeds Act*⁶⁷ zu bekommen. Des Weiteren wurden Checklisten und Fragebögen-Instrumente entwickelt, damit Lehrkräfte-Ausbildnerinnen ihre eigenen Angebote anhand dieser Kriterien überprüfen können (Sims & Fletcher-Wood, 2021). Zu guter Letzt beeinflussen diese Kriterien die Entwicklung neuer Fortbildungsangebote, da sich diese richtiger Weise an bestehenden Evidenzen orientieren wollen (Sims & Fletcher-Wood, 2021). Das gleiche Interesse

⁶ Online-Auftritt: <https://www.frontlineinstitute.com/reports/essa-report/> (aufgerufen: 23.08.2024, 10:45)

⁷ Report: https://www.frontlineeducation.com/uploads/2018/01/ESSA_Bridging_the_Gap.pdf (aufgerufen: 23.08.2024, 10:45)

verfolge auch ich mit diesem Abschnitt, nämlich anhand Literatur basierter Evidenzen die Konzeption einer Fortbildung zu biotechnologischen Standardmethoden (PCR, Gelelektrophorese) zu rechtfertigen. Allerdings konnten bereits evaluierte Fortbildungsprogramme, die sich an diesen Kriterien orientieren keine oder sogar negative Effekte auf das Schülerinnen-Lernen feststellen (Garet et al., 2016; R. Jacob et al., 2017). Entsprechend ist es wertvoll, dass Forscher, wie Sims und Fletcher-Wood (2021) oder Kennedy (2016), diese Kriterien kritisch prüfen. Ihr erster gemeinsamer Kritikpunkt ist, dass eingeschlossene Studien nicht den *What Works Clearinghouse* Standards entsprechen und wenn sie nur solche Studien einschließen, keine einheitlichen Muster erkennbar sind (Kennedy, 2016; Sims & Fletcher-Wood, 2021). Sims und Fletcher-Wood (2021) zweifeln sogar das gesamte Vorgehen zur Extraktion effektiver Kriterien an. Sie argumentieren, dass Kriterien in effektiven Fortbildungsangeboten redundant vorkommen können, ohne zu ihrer Effektivität beizutragen. Beispielsweise sind Gruppenfortbildungen kostengünstiger als Einzelfortbildungen und Lehrkräfte könnten in effektiven Fortbildungsangeboten enthusiastisch sein, ohne, dass die Gruppenarbeit oder dieser Enthusiasmus die Effektivität bedingt. Leider geben die Autoren keinen konkreten Lösungsvorschlag, sondern verweisen lediglich darauf mechanistische Evidenz mit der Evaluation spezifischer Fortbildungsangebote in Einklang zu bringen. (Sims & Fletcher-Wood, 2021)

Entsprechend lohnt sich ein tieferer Blick auf die oben genannten Qualitäts-Kriterien:

Die Dauer allein ist nicht ausschlaggebend für die Effektivität einer Fortbildung, sondern vielmehr, wie die zur Verfügung stehende Zeit genutzt wird (Timperley, 2007). Entsprechend stehen die *Dauer* und *Übungsmöglichkeiten* in direktem Zusammenhang. Wenn Lehrkräfte während der Fortbildung mit ähnlichen Herausforderungen konfrontiert waren wie ihre Schülerinnen, zeigte dies Auswirkungen sowohl auf das Wissen der Lehrkräfte als auch auf ihr Verhalten im Kursraum (Lipowsky & Rzejak, 2021; Nerdel & Schöppner, 2021). Dabei ist besonders die kognitive Aktivierung wichtig: Durch sie gelingt Lehrkräfte der Rollentausch und sie können sich während der Sitzungen aktiv mit den wissenschaftlichen Inhalten auseinandersetzen und selbst den Lernprozess durchlaufen (Lipowsky & Rzejak, 2021). Hier scheint die Integration mindestens eines persönlichen Treffens zu Beginn des Fortbildungsprogramms bedeutsam zu sein (Popova et al., 2022). Insbesondere bei fachspezifischer Fortbildung scheinen Lehrkräfte von diesem pädagogischen Doppeldecker zu profitieren (Wahl, 2013, S. 64 ff.). Dies steht im Einklang mit der Tatsache, dass die Zufriedenheit der Lehrkräfte nicht so sehr von den Inhalten abhängt, sondern vielmehr von deren Präsentation im Rahmen der Fortbildung und der möglichen Anpassung an ihren Unterricht (Gräsel & Parchmann, 2004b). Für letzteres ist es hilfreich, wenn die Inhalte der Fortbildung in den geltenden Lehrplan eingebettet sind (Darling-Hammond et al., 2009).

Ein Aspekt, der in der Literatur als gewinnbringend diskutiert wird, tauchte in den Konsensus-Kriterien nicht auf: Verfügbarkeit von didaktischem Begleitmaterial. Dabei kann die Nutzung empirisch fundierten Unterrichtsmaterials die Unterrichtsqualität verbessern (Arias et al., 2017; Charalambous & Hill, 2012). Hier spielen neben inhaltlichen Merkmalen auch die Gestaltung der Materialien eine zentrale Rolle (Bergqvist & Bergqvist, 2017). Insgesamt haben Begleitmaterialien das Potential, sowohl das professionelle Wissen der Lehrkräfte als auch ihre Selbstwirksamkeit zu steigern (Möller, 2010). Nutzungsanalysen zeigten, dass Lehrkräfte bei der Unterrichtsvorbereitung vornehmlich auf Lehrpläne und Schulbücher, anstelle von Zeitschriften und Begleitmaterial zurückgreifen (Breuer et al., 2018). Sie bevorzugen konkrete Ideen vor allgemeinen pädagogischen

Hinweisen (Schneider & Krajcik, 2002). Bei Lehramtsstudierenden konnte eine eher unreflektierte Übernahme der Materialien beobachtet werden (Gassmann, 2012). Außerdem ist eine positive Haltung der Lehrkräfte gegenüber dem Material nicht ausschlaggebend, da sie die intendierten Ziele selten implementierten (Boesen et al., 2014). Trotzdem bewerten interviewte Lehrkräfte ergänzende Materialien sowie *follow-up* Meetings bei Fortbildungsangeboten als besonders hilfreich (Popova et al., 2022).

2.3.5 Zusammenfassende Empfehlungen für die Fortbildungskonzeption:

Aus der obigen Darstellung geht hervor, dass die Wirksamkeit einiger der diskutierten Qualitätsmerkmale von Fortbildungen nicht abschließend empirisch bestätigt ist und weitere Forschungsarbeiten nötig sind, um diese stärker empirisch abzusichern und damit Klarheit für die Fortbildungspraxis zu schaffen. Die genannten Quellen liefern dennoch hinreichende Hinweise über potenzielle Gelingensbedingungen, die hier berücksichtigt und somit einer weiteren empirischen Validierung zugeführt werden sollen. Für ein Fortbildungskonzept mit dem Ziel Lehrkräfte über fachliche Innovationen am Beispiel ausgewählter biotechnologischer Kontexte und Methoden zu informieren und sie gleichzeitig mit den Fähigkeiten und Ressourcen auszustatten, um biotechnologische Methoden, wie die PCR und Gelelektrophorese, praktisch in ihren Biologieunterricht einzubauen, werden konkret folgende Gelingensbedingungen einbezogen:

- Spezifischer fachlicher Fokus (Lipowsky & Rzejak, 2021) angegliedert an den Lehrplan (Darling-Hammond et al., 2009)
- Pädagogischer Doppeldecker: Lehrkräfte während der Fortbildung üben und im Anschluss im Kursraum begleitet umsetzen lassen (Wahl, 2013)
- Ansprechendes Begleitmaterial mit der Möglichkeit zur Adaption (Arias et al., 2017; Bergqvist & Bergqvist, 2017)
- Ausbringung durch externe Expertin an einer externen Bildungseinrichtung oder an der Schule (Gräsel & Parchmann, 2004b; Popova et al., 2022)
- Teilnahme in Gruppen und Möglichkeit sich mit Kolleginnen auszutauschen (Holtappels et al., 2011; Spiteri & Chang Rundgren, 2017)
- Optional: Attraktivität einer wiederholten Teilnahme durch unterschiedliche Module mit anderen inhaltlichen und teilweise praktischen Schwerpunkten; Stichwort Dauer (Timperley, 2007)

Obwohl einige dieser Aspekte in Bezug auf die Wirksamkeit redundant sein könnten, ist das der aktuelle Wissensstand der Forschung zur Konzeption von Fortbildungsangeboten.

2.4 Lehrkräftefortbildungen als Starter für Veränderung in Unterricht und Schule

Unter Implementation versteht man die Umsetzung bzw. Verbreitung erziehungswissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis (Euler & Sloane, 1998). Grundsätzlich ist eine top-down Strategie, bei der die Implementation von Innovationen durch eine höhere Instanz vorgeschrieben wird, problematisch (Gräsel, 2010; Snyder et al., 1992). Dies liegt vor allem an der Trennung von Entwicklung und Anwendung (Blumenfeld et al., 2000). Vielversprechendere Ansätze zur Implementation von Innovation verbinden beides miteinander (Blumenfeld et al., 2000). Dabei ist das Ziel die Innovationsfunktion von Wissenschaft für die Praxis, sodass die Akzeptanz und Adaption der Nutzungsgewohnheiten in der jeweiligen Kontextumgebung von Beginn an mitberücksichtigt werden (Burkhardt & Schoenfeld, 2016).

Idealerweise wird die praktische Umsetzung wissenschaftlich begleitet, beispielsweise in Form des *design based research* Ansatzes (Plomp, 2013; Seufert, 2015). *Design based research* ist eines von sechs Modellen, die Burkhardt und Schoenfeld (2016) zur Verbindung von Forschung und Praxis postulieren. Dieses Modell berücksichtigt, dass Veränderung Zeit und Übung braucht und geht damit auf die von Guskey vorgeschlagene geänderte Reihenfolge der Wirksamkeitsebenen ein (Guskey, 2002) (vgl. Modelle zur Wirksamkeit von Lehrkräftefortbildungen). Das vierte Modell von Burkhardt und Schoenfeld (2016) bezieht sich auf *general professional development* und sieht das Innovieren als Aufgabe der Lehrkräfte, weshalb es formal organisiert eine geringere Wirkung hat. Trotzdem sollten bei der Entwicklung immer wissenschaftliche Erkenntnisse berücksichtigt werden (Burkhardt & Schoenfeld, 2016). Beide Modelle zur Theorie-Praxis-Verknüpfung von Burkhardt und Schoenfeld (2016) basieren weitestgehend auf dem Reasoned Action Approach, da sie auf Verhaltensänderungen abzielen.

2.4.1 Exkurs: Reasoned Action Approach & kollektive Selbstwirksamkeitserwartung

Der Reasoned Action Approach (RAA) hat sich in den letzten Jahren als Rahmentheorie zur Vorhersage, Erklärung und Änderung menschlichen Verhaltens durchgesetzt (Ajzen, 2012). Er vereint die beiden Ansätze der Theory of Planned Behaviour und Theory of Reasoned Action (Albarracín & Johnson, 2019, S. 173-221). Insgesamt basiert die Theorie auf der Selbstwirksamkeit nach Bandura, also auf dem generellen Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten ein bestimmtes Verhalten zu zeigen (A. Bandura, 1977). **Abbildung 3** umfasst alle Komponenten des RAA, welche auf die Intention wirken (Ajzen, 2012). Die Intention gilt als der stärkste Prädiktor ein bestimmtes Verhalten zu zeigen und wird von den vorangestellten Komponenten beeinflusst bzw. geformt (Ajzen, 2012). Das Modell ist nur gültig, falls das Verhalten unter freiem Willen steht (Graf, 2007).

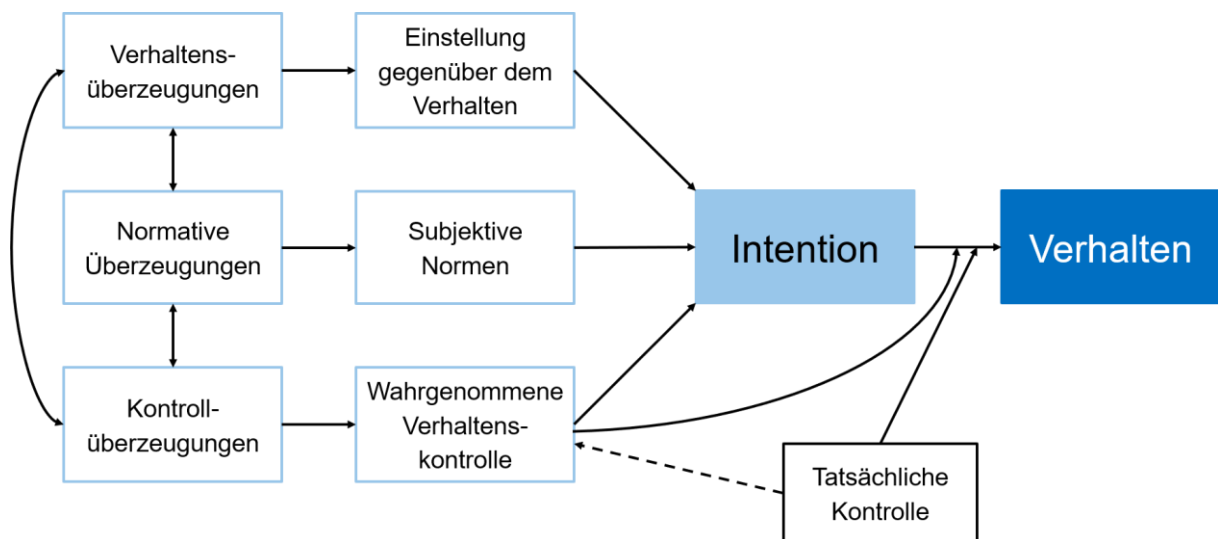


Abbildung 3: RAA-Modell
Übersetzt und angepasst nach Ajzen (2012).

RAA wurde im Kontext der Einführung und Nutzung neuer Technologien bereits in vielen Disziplinen untersucht und bestätigt, v. a. im Marketing, Informationssystemmanagement, Gesundheitswesen und in der Psychologie (Ursavaş, 2022). Auch im Bildungsbereich erhält RAA immer mehr Einzug und bildete die Grundlage einiger Studien zur Technologienutzung von Lehrkräften

(Teo et al., 2016), ihrem Engagement in Lerngemeinschaften (Vries & Roorda, 2016), ihrem instruktionalen Verhalten im Unterricht (Semanko & Ladbury, 2020) und ihrer Teilnahme an *professional development* (Dunn et al., 2018).

Dunn und Kollegen konnten die Einflüsse von Einstellungen gegenüber dem Verhalten (bspw. gut für Schülerinnen), subjektive Normen (bspw. Menschen, die mir wichtig sind) und wahrgenommene Verhaltenskontrolle (bspw. Ressourcen und Zeit) für die Implementation des Math Common Core State Standards, einer curricularen Änderungen in den USA, bestätigen (Dunn et al., 2018). Breuer und Kollegen passten das Modell (**Abbildung 3**) konkret für die Implementation von Unterrichtsmaterialien im Physikunterricht an (Breuer et al., 2022). Sie argumentieren, dass die systematische Auseinandersetzung mit einer Innovation nur durch einen Bedarf dieser und den daran anschließenden Bedenken, Motivation und Fähigkeiten möglich ist (Breuer et al., 2022). Ein mangelnder Bedarf oder große Bedenken führen nur zu einer oberflächlichen Auseinandersetzung und damit höchstens zu einer oberflächlichen Umsetzung der Innovation (Breuer et al., 2022). Das deckt sich mit den Ergebnissen von Gassmann (2012), dass es v. a. bei Referendarinnen zu einer unreflektierten Übernahme der Unterrichtsmaterialien kommt. Insgesamt bezieht sich das RAA-Modell auf die individuelle Selbstwirksamkeit und Intention mit Blick auf das Verhalten. Das Konstrukt der Selbstwirksamkeit setzt sich aus den beiden Komponenten Konsequenzerwartungen und Kompetenzüberzeugungen zusammen (Schwarzer & Jerusalem, 2002). Innovative Ideen aufzunehmen und mit Ausdauer durchzusetzen benötigt eine optimistische Selbstwirksamkeitserwartung als Grundlage (Schwarzer & Jerusalem, 2002). Gerade im schulischen Kontext werden allerdings auch kollektive Intentionen und Selbstwirksamkeitserwartungen relevant. Dabei geht es um überindividuelle Überzeugungen von der Handlungskompetenz einer bestimmten Bezugsgruppe, die allerdings mehr ist als die Summe der individuellen Selbstwirksamkeitserwartungen (Albert Bandura, 2000; Schmitz & Schwarzer, 2002). Mehrere Studien konnten einen positiven Zusammenhang der kollektiven Selbstwirksamkeitserwartung mit Gesundheit feststellen, bspw. Stressreduktion und schnellere Genesung (Butel & Braun, 2019). Kollektive Selbstwirksamkeitserwartung beeinflusst außerdem wie gut die Individuen einer Gruppe zusammenarbeiten und ist damit direkt mit dem Kooperationsverhalten verknüpft (Albert Bandura, 2000). Entsprechend schließt sich hier der Kreis zu Kooperation als Unterstützungssystem für die Implementation von Fortbildungsinhalten an Schulen (vgl. 2.3.1). Damit wirkt sich kollektive Selbstwirksamkeitserwartung im schulischen Kontext positiv auf den Lernerfolg von Schülerinnen aus; dieser Einfluss ist stärker als der des sozioökonomischen Status (Donohoo et al., 2018).

2.4.2 Fachliche Fortbildung mit Mehrwert

Unter Rückbezug auf die Schwierigkeiten von Lehrkräfte Biotechnologie zu unterrichten (vgl. 1.3) und den postulierten Wirksamkeitsebenen (vgl. 2.2), verschärft sich damit die Notwendigkeit einer Fortbildungskonzeption, welche die wahrgenommene Verhaltenskontrolle erhöht, indem sie Lehrkräfte sowohl das Wissen, als auch die Fähigkeiten und notwendigen Ressourcen zur Verfügung stellt, um Biotechnologie praxisorientiert zu unterrichten.

Allerdings sind intensiv begleitete Programme mit wiederholten iterativen Prozessen, wie das *design based research* vorsieht, sehr Ressourcen intensiv (Seufert, 2015). Entsprechend bleibt die Frage, ob es bei konkreten fachlich orientierten Fortbildungen einer derart intensiven Begleitung bedarf. Lehrkräfte haben die Hoheit über die Gestaltung des eigenen Unterrichts, entsprechend könnte

eine hohe Adaptivität der Fortbildungsinhalte ihr Innovieren anhand der vorliegenden Materialien anregen (Burkhardt & Schoenfeld, 2016; Gräsel et al., 2020). Entsprechend widme ich mich als nächstes der Betrachtung des konkreten fachlichen Inhalts, der für Fortbildungsangebote als wirksam gilt.

3 Biowissenschaftlicher Hintergrund

Für die Fortbildungsinhalte empfiehlt die Literatur einen konkreten Fachinhalt über allgemeingültige Pädagogik (Lipowsky & Rzejak, 2021), der an den Lehrplan angegliedert ist (Darling-Hammond et al., 2009), an bestehende Praktiken anschließt während er gleichzeitig genug Neuerung bietet (Gräsel & Parchmann, 2004b) und adaptiv ist (Gräsel, 2010). Ausgangspunkt meiner inhaltlichen Betrachtung bilden die beiden molekularbiologischen Methoden PCR und Gelelektrophorese. Diese ermöglichen die geforderte Praxiseinheit in höheren naturwissenschaftlichen Kursen, sind in den deutschen Lehrplänen verankert und haben eine immense wissenschaftliche Bedeutung in unterschiedlichen Disziplinen wie Forensik oder Umweltwissenschaften, vgl. 1.2 (u. a. ISB, 2015; Kidman, 2010). Die fachwissenschaftlichen Grundlagen sind ausführlich im Buch „Biotechnologie praxisorientiert unterrichten“ beschrieben, an dem ich im Rahmen dieser Dissertation mitgearbeitet habe (vgl. Veröffentlichungen im Rahmen dieser Dissertation) (Schöppner et al., 2023, Kap. 3, S. 11-16).

3.1 DNA-Extraktion

Die DNA-Extraktion ging seit ihrer ersten Durchführung 1869 durch eine Evolution der Weiterentwicklungen, um einfacher, schneller, zuverlässiger, günstiger und ertragreicher zu werden (Shetty, 2020). Sie steht am Anfang sämtlicher DNA-Analyse-Schritte, da sie das Ausgangsmaterial, die DNA, zur Verfügung stellt. Im Allgemeine erfolgt sie in drei Schritten (Shetty, 2020):

1. Aufbrechen der Zytoplasma- und Kernmembranen
2. Abtrennung und Aufreinigung der DNA von anderen Bestandteilen des Zellysats wie Lipiden, Proteinen und anderen Nucleinsäuren
3. Konzentration und Aufreinigung der DNA

Das Aufbrechen der Zellen (Lyse) kann elektrisch, chemisch oder thermisch erfolgen, wobei die Art der Lyse mit der Anwendungsabsicht zusammenhängt (Lee et al., 2010; K. Zhu et al., 2005). Für schnelle Ergebnisse kann auf den dritten Schritt verzichtet werden.

3.2 Polymerase Kettenreaktion

Die Polymerase Kettenreaktion (PCR) ist eine *in vitro* Methode zur Vervielfältigung spezifischer DNA-Abschnitte, die 1986 von Mullis entdeckt wurde (Mullis et al., 1986). Obwohl die Methode seitdem weiterentwickelt wurde, folgt sie weiterhin der gleichen drei Schritte (Butler, 2015; McDonald et al., 2024). Diese sind in **Abbildung 4** grafisch dargestellt:

1. *Denaturierung/Melting*: Hierbei wird die DNA-Doppelhelix thermisch (94 °C) in ihre komplementären Einzelstränge getrennt.
2. *Primer-Anlagerung/Annealing*: Primer sind kurzkettige Oligo-Nucleotide mit spezifischer Schmelztemperatur, die von ihrer Länge und GC-Gehalt abhängt (i. d. R. 50 – 60 °C). Sie sind komplementär zur Start- bzw. End-Sequenz des DNA-Zielabschnitts und dienen der Polymerase als Ausgangspunkt.

3. *Vervielfältigung/Elongation*: Bei der PCR kommen i. d. R. thermostabile *Taq*-Polymerasen zum Einsatz (72 °C). Sie lagern sich an den Primern an und duplizieren die Einzelstränge von 3' in 5' Richtung. Für das Enzym werden im Reaktionsansatz ideale Bedingungen geschaffen, in dem neben ausreichend dNTPs (desoxy-Nukleosid-Tri-Phosphate) auch Magnesium-Ionen (Mg^{2+}) als Co-Faktor und ein pH-stabiles Puffersystem vorliegen.

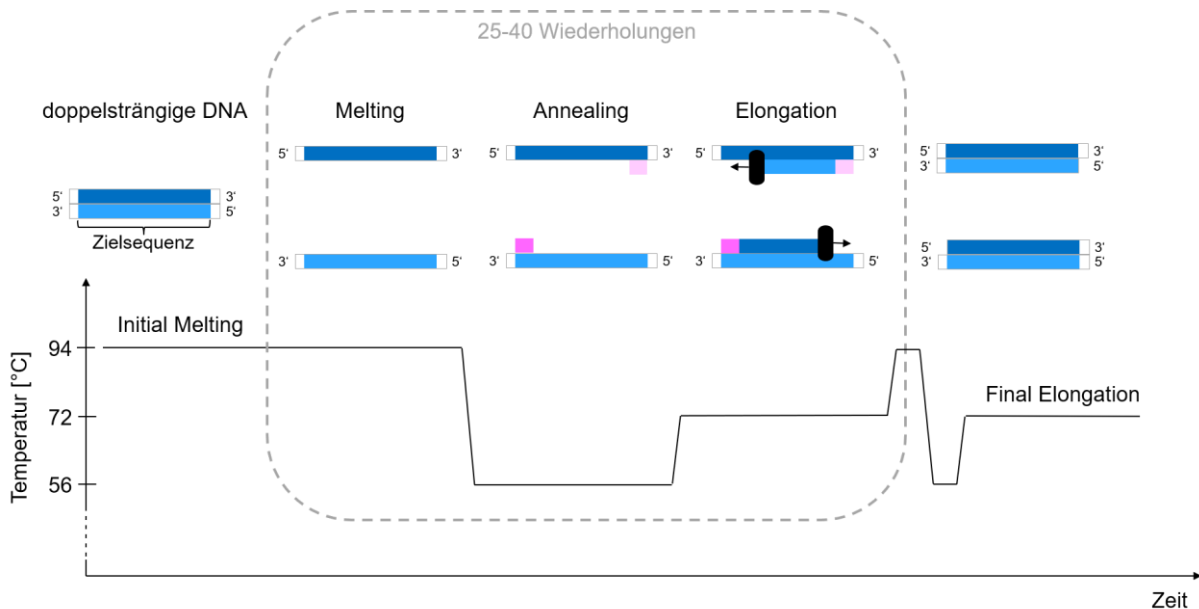


Abbildung 4: PCR

Grafische Darstellung des PCR-Zyklus im Dreischritt mit dazugehörigem Temperaturprofil. Eigene Darstellung.

Ein Zyklus dieses Dreischritts verdoppelt entsprechend alle vorliegenden DNA-Stränge. Dies ermöglicht in der Theorie eine exponentielle Verdoppelung nach 2^n (n = Zyklen). In der Praxis ist diese allerdings durch die Reagenzien limitiert, da sich bspw. die dNTPs verbrauchen (Renneberg et al., 2018, S. 388). Außerdem kommen in der Praxis zwei weitere Temperaturschritte dazu: Initial Melting und final Elongation (H. Zhu et al., 2020). Dabei wird zu Beginn der PCR sichergestellt, dass die vollständige DNA-Probe denaturiert und zum Schluss die *Taq*-Polymerasen ausreichend Zeit haben, um möglichst alle Stränge zu verdoppeln. Je nach Zielsetzung variiert die genutzte Zykluszahl und liegt meistens zwischen 25 und 40 Wiederholungen (H. Zhu et al., 2020).

Vom Kernprinzip ähnelt die PCR der *in vivo* DNA-Replikation, ist allerdings durch die Möglichkeit der Temperaturschwankungen deutlich vereinfacht (Clark & Pazdernik, 2009). In lebenden Zellen hätten diese drastischen Temperaturschwankungen tödliche Effekte, da neben der DNA auch die Proteine und Zellmembran denaturiert werden würde. In **Tabelle 1** fasse ich die Unterschiede der *in vivo* und *in vitro* Replikation zusammen.

Tabelle 1: DNA-Replikation

Gegenüberstellung der Unterschiede zwischen *in vivo* und *in vitro* DNA-Replikation. Eigene Darstellung.

	<i>in vivo</i>	<i>in vitro</i>
Zielsetzung	Vervielfältigung des gesamten Genoms.	Vervielfältigung eines spezifischen DNA-Abschnitts, ganze Genome sind allerdings auch möglich.
Trennung des DNA-Doppelstrangs	Entwindung der Doppelhelix durch das Enzym Topoisomerase, Spaltung der Doppelstränge in Einzelstränge durch das Enzym Helicase. Stabilisierung der getrennten Stränge durch einzelstrangbindende Proteine. Die Replikationsgabel entsteht.	Trennen der Doppelhelix durch thermische Denaturierung der Wasserstoffbrückenbindungen bei 94 °C.
Ausgangspunkt der Polymerase	Das Enzym Primase setzt an den vorliegenden Einzelsträngen kurze RNA-Abschnitte an, die der Polymerase als Primer dienen.	Spezifisch designte Primer setzen sich an die vorliegenden Einzelstränge: vorwärts Primer für den Folgestrang und rückwärts Primer für den Leitstrang. Die Schmelztemperatur der Primer setzt sich aus deren Länge und GC-Gehalt zusammen.
Verdoppelung der DNA-Stränge	Die Polymerase nutzt die RNA-Abschnitte als Ausgangspunkt für die Vervielfältigung der Einzelstränge und nutzt die Basen-Abfolge als Matrize, um die entsprechend komplementären Basen (dNTPs) aneinanderzureihen. Dabei folgt sie am Folgestrang der Bewegung der Replikationsgabel, während sie am Leitstrang durch das Ende der Replikationsgabel immer wieder unterbrochen wird und neu ansetzen muss. Dadurch entstehen sogenannte Okasaki-Fragmente. Nachdem die Ribonuklease H die RNA-Primer durch DNA-Abschnitt ersetzt hat, werden die Okasaki-Fragmente von einer Ligase miteinander verbunden.	Die Polymerase nutzt die Primer als Ausgangspunkt für die Vervielfältigung der Einzelstränge und nutzt die Basen-Abfolge als Matrize, um die entsprechend komplementären Basen (dNTPs) aneinanderzureihen. Da der rückwärts Primer am Ende der Zielsequenz bindet (vgl. Abbildung 4) entstehen keine Okasaki-Fragmente.

Die drei Hauptunterschiede sind entsprechend, dass die PCR bei verschiedenen Temperaturen abläuft, nur eins statt sieben Enzyme involviert sind und die Polymerisation an beiden Strängen kontinuierlich ablaufen kann.

3.3 Gelelektrophorese

Arne Tiselius erhielt 1948 den Nobel Preis in Chemie für seine Forschungsarbeiten zur Gelelektrophorese (Tiselius, 1948). Sie ist eine Analysemethode zur Fraktionierung und physikalisch-chemischen Charakterisierung von Molekülen, v. a. Proteinen und Nukleinsäuren, auf der Grundlage von Größe, Konformation und Nettoladung (Aaij & Borst, 1972; Chrambach & Rodbard, 1971). Ähnlich zur PCR wird auch die Gelelektrophorese stetig weiterentwickelt, um schnellere und hochauflösende Ergebnisse zu generieren (Minden et al., 2009). Für die Analyse von DNA-Fragmenten hat sich die Agarose-Gelelektrophorese durchgesetzt, während für Proteine meistens Polyacrylamid-Gele genutzt werden (Minden et al., 2009; Voytas, 2001). Trotz der stetigen Weiterentwicklung, blieb der Ablauf der Gelelektrophorese gleich (Mishra et al., 2024; Sowersby & Lewis, 2024; Voytas, 2001):

1. *Polymerisation*: Das Gel wird mit einer Agarosekonzentration hergestellt, die für die Größe der zu trennenden DNA-Fragmente geeignet ist, z. B. 0,7% bei 0,5-10 Kilobasen (kb) und 2% bei 0,1-1 kb. Die Polymerisationsreaktion kann streng kontrolliert werden, um einheitliche Gele mit reproduzierbarer, messbarer Porengröße in einem weiten Bereich zu erhalten.
2. *Probentrennung*: Die DNA-Proben werden in die Probenvertiefungen geladen und das Gel wird bei angelegter Spannung über einen gewissen Zeitraum laufen gelassen, sodass eine optimale Trennung ermöglicht wird. Hierbei wandern kurze DNA-Fragmente schneller durch die poröse Gelmatrix als längere.
3. *Visualisierung*: Zur Visualisierung der DNA-Fragmente im Gel, Banden genannt, werden Interkalationsfarbstoffe genutzt, die an die DNA-Moleküle binden. Diese sind entweder direkt in den Probenpuffer eingearbeitet oder das Gel wird im Anschluss eingefärbt. Die Visualisierung erfolgt dann mittels UV- oder Blaulichts.

Die hohe Auflösung ermöglicht es Fragmente zu unterscheiden, die aus über hundert Nukleotiden bestehen und sich nur in einem unterscheiden (Berg et al., 2018, S. 166). In **Abbildung 5** ist der Ablauf einer Agarose-Gelelektrophorese schematisch gezeigt.

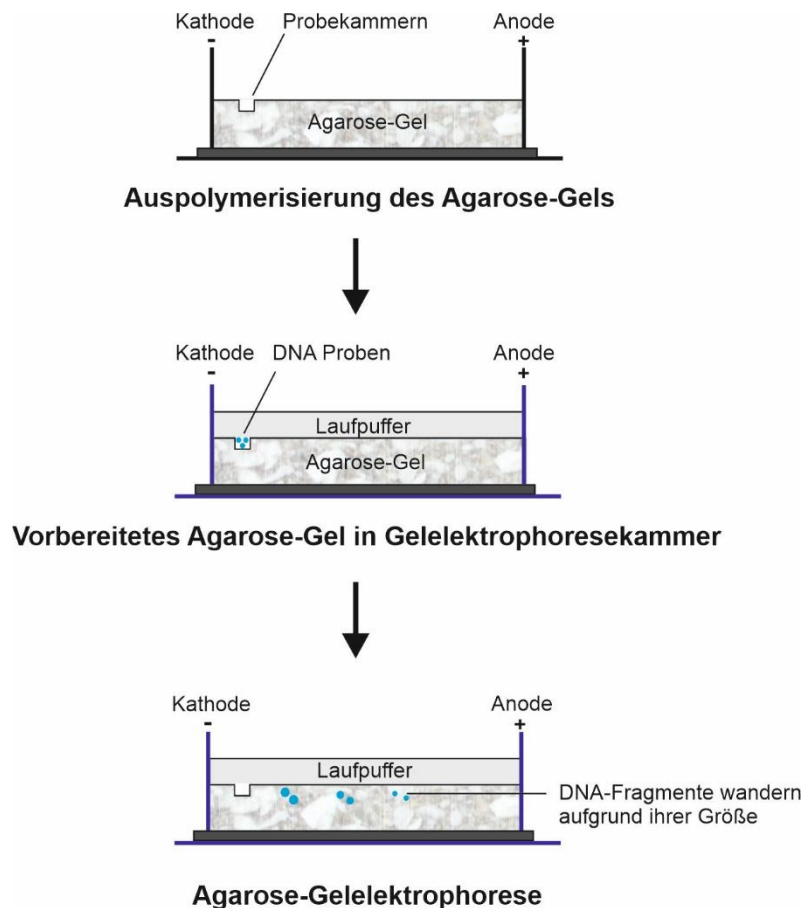


Abbildung 5: Agarose-Gelelektrophorese

Schematische Darstellung der Auftrennung von DNA-Fragmenten mittels Agarose-Gelelektrophorese in den drei Schritten Polymerisation, Probenauftrag, Auftrennung der Fragmente aus (Schöppner et al., 2023, S. 16, CC-BY-NC).

3.4 Exkurs: Arten von DNA-Mutationen (Polymorphismen)

Veränderungen in der DNA-Sequenz sind ein natürliches Phänomen, da sie beispielsweise durch Fehler während der Replikation hervorgerufen und von Reparatur-Mechanismen übersehen werden (Chakarov et al., 2014). Mutationsraten sind die treibende Kraft der Evolution, da sie die Grundlage sämtlicher genetischer Variation bilden (Lynch et al., 2016). Grundsätzlich kann man Mutationen nach ihrem Ort (kodierend, nicht-kodierend) und ihrer Art unterscheiden (Chakarov et al., 2014).

Einzelnucleotidpolymorphismus (SNP)

Als SNPs bezeichnet man Mutationen, die nur ein Basenpaar betreffen. Sie treten etwa einmal pro 1.000 Basenpaaren auf mit unterschiedlichen Folgen (Komar, 2009): Entweder das ausgetauschte Basenpaar verändert das resultierende Basentriplett, sodass sich die Aminosäuresequenz ändert, was ggf. Folgen für die Funktionalität hat, oder nicht. In letztem Fall spricht man von stummer Mutation. Doch auch bei stummen Mutationen kann die Veränderung die mRNA-Stabilität oder die subzelluläre Lokalisierung der mRNA oder des Proteins beeinflussen.

SNPs können Erkennungssequenzen von Restriktionsenzymen verändern, sodass sie als Marker für Krankheiten genutzt werden können (Berg et al., 2018, S. 173; Renneberg et al., 2018, S. 377 f.). In dem Fall spricht man von Restriktionsfragmentlängenpolymorphismen (RFLP) (Clark

& Pazdernik, 2009, S. 227 f.). Folglich gibt es eine kleine Schnittmenge von SNP und Längenpolymorphismen.

Längenpolymorphismen

Mutationen, die die Länge der DNA verändern, nennt man Längenpolymorphismen (Chakarov et al., 2014). Grundsätzlich unterscheidet man Deletion, Auslassen eines Basenpaares und Insertion, Einfügen eines Basenpaares (Chakarov et al., 2014). Ist nur ein Basenpaar betroffen, handelt es sich gleichzeitig um einen SNP. SNP-Deletionen oder -Insertionen führen in kodierenden Bereichen zu einem sogenannten *frameshift*, bei dem sich das Leseraster der DNA verschiebt (Berg et al., 2018, S. 1076; Chakarov et al., 2014). Es können allerdings auch mehrere Basenpaare betroffen sein. Insertionen und Deletionen ganzer Bereiche können zur Veränderung der Proteinfunktion bis hin zu einem vollständigen Funktionsverlust führen (Chakarov et al., 2014).

Ähnlich zu SNPs werden auch Längenpolymorphismen als genetische Marker verwendet (Gresshoff, 2010). Die häufigste Form von Insertions- und Deletionsmutationen sind VNTRs (*variable number of tandem repeats*) bei denen Wiederholungen des gleichen DNA-Sequenzmotifs auftreten (Say, 2017). VNTRs werden sowohl mit verschiedenen Krankheiten assoziiert als auch als Basis für den genetischen Fingerabdruck verwendet (Brookes, 2013; Jiao et al., 2021; Kim et al., 2023).

PCR und Agarose-Gelelektrophorese reichen als Analyse-Methoden aus, wenn die Ergebnisvariation entweder auf spezifischen Primern oder Längenpolymorphismen beruht. Für den Nachweis von SNPs ist ein weiterer präparativer Schritt notwendig: der Restriktionsverdau.

3.5 Restriktionsverdau

Bei einem Restriktionsverdau kommen spezifische Restriktionsendonukleasen zum Einsatz, die Nukleinsäuren, u. a. DNA, anhand einer Erkennungssequenz schneiden (Brown, 2011, S. 48 f.). Die Entdeckung und Verwendung von Restriktionsendonukleasen haben eine ähnlich lange Historie, wie die PCR und Agarose-Gelelektrophorese (Winnacker, 1987).

Es gibt vier Typen von Restriktionsenzymen, wobei Typ II am häufigsten bei DNA-Klonierung, DNA-fingerprinting und in der Gentechnik Anwendung findet (Hazarika et al., 2024). Ihre Erkennungssequenzen sind palindromisch und haben eine zweifache Symmetrieachse (Berg et al., 2018, S. 165). Typ II Restriktionsenzyme spalten die Phosphodiesterbindung und können nach ihren Schnittmustern eingeteilt werden (Brown, 2011, S. 49). Diese Unterscheidung ist in **Abbildung 6** gezeigt.

Für gewöhnlich wird ein Restriktionsverdau bei 4 °C über Nacht inkubiert, um möglichst genaue Ergebnisse zu erzielen (Oakes et al., 2009). Die Temperatur und Inkubationszeit können für schnellere Ergebnisse angepasst werden (Oakes et al., 2009).

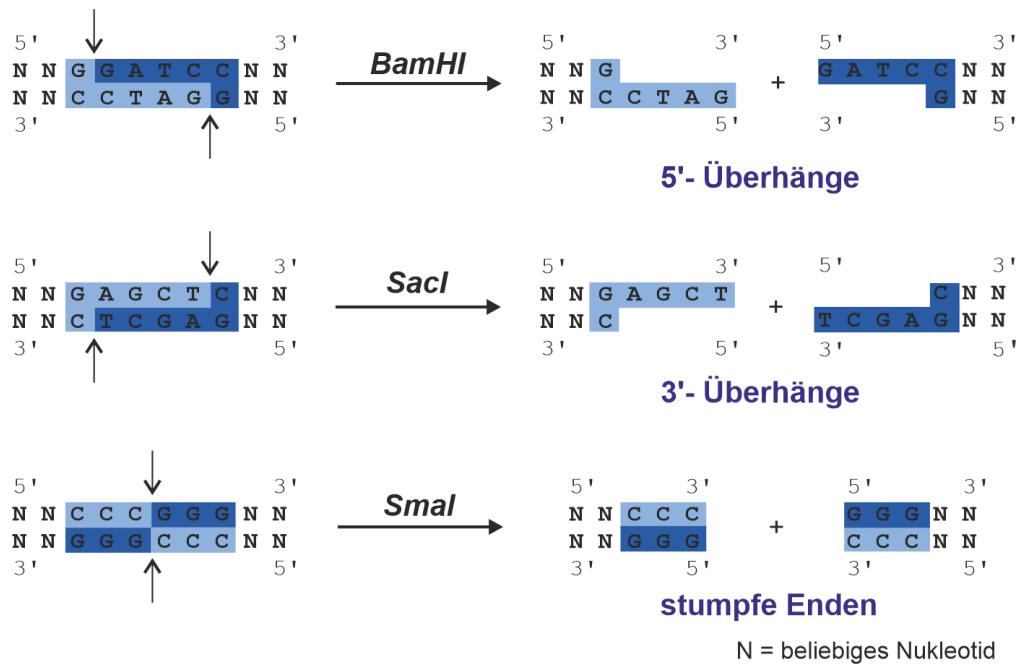


Abbildung 6: Restriktionsendonukleasen

Beispiele von Restriktionsendonukleasen für jeden Schnittstellentypus: 5'Überhang, 3'Überhang und stumpfe Enden. Verändert nach (Schöppner et al., 2023, S. 17, CC-BY-NC).

3.6 Von den Methoden zur Anwendung

Die Methoden, DNA-Extraktion, PCR, Restriktionsverdau, und Agarose-Gelelektrophorese dienen in der Forschung immer der Erschließung eines konkreten Fachinhalts. In der Schule gelten diese Methoden allerdings als eigenständiges Unterrichtsthema und können das primäre Unterrichtsziel sein (Mayer, 2002). Obwohl sie damit alleinstehend einen ausreichend konkreten Fachinhalt darstellen, können sie in eine Reihe diverser Fachinhalte eingegliedert werden (vgl. Biotechnologie: Innovation seit 30 Jahren?). Große Kontextprogramme, z. B. Chemie im Kontext oder Biologie im Kontext, demonstrierten eindrucksvoll, dass die Einbettung wissenschaftlicher Arbeitsweisen in einen konkreten Kontext, ihre Implementation positiv beeinflusst (Fey et al., 2004; Parchmann et al., 2006; Parchmann & Kuhn, 2018).

Anwendungsgebiete der PCR sind vor allem DNA-Analysen zu bestimmten Prädispositionen, DNA-Profilung in der Forensik oder bei Krankheitserregern und Vorbereitung spezifischer Genabschnitte, z. B. für Transformation von Mikroorganismen (McDonald et al., 2024; H. Zhu et al., 2020). Für den Einsatz in der Schule sind die meisten dieser Anwendungsgebiete ungeeignet:

- Die Arbeit mit Krankheitserregern bedarf eines S2-Laborstandards oder höher (Binz, 2018, S. 10 ff.).
- Transformierte Mikroorganismen gehören zu gentechnisch veränderten Organismen und die Arbeit mit ihnen bedarf eines S1-Laborstandards (Binz, 2018, S. 14 f.; RiSU, 2024).
- DNA-Profilung anhand nicht-kodierender DNA-Abschnitte, die zur Identifizierung von Individuen oder deren Verwandtschaftsverhältnisse genutzt werden können, ist aufgrund des Datenschutzes mit Schülerinnen nicht gestattet (DSGVO, Art. 9, Abs. 1).

Dies lässt nur zwei Schlüsse zu, um Praxiseinheiten in der Schule ohne S-Laborsicherheitsstandards umsetzen zu können. Erstens kann mit vorgefertigten und stabilisierten DNA-Proben gearbeitet werden, die in einem fiktiven Szenario eingesetzt werden. Zweitens können kodierende DNA-Abschnitte auf Prädispositionen untersucht werden. Hierbei könnte auch DNA anderer Organismen genutzt werden, allerdings ist die Präparation deutlich aufwendiger als human DNA, bspw. müssen Mikroorganismen vorher in ausreichender Menge angezchtet werden (Knudsen et al., 2016). Basierend auf diesen Vorüberlegungen, gehe ich im Weiteren auf mögliche Kontexte ein.

3.7 Konkrete biotechnologische Kontexte mit methodischem Bezug

Die Begründung von Bildungsinhalten für den Unterricht basiert auf der Relevanzanalyse, wobei diese aus drei Perspektiven analysiert wird: Fach-, Gesellschafts- und Schülerinnenrelevanz (Kattmann et al., 1997; Nerdel, 2017a; Reinfried et al., 2009). Die Grundlagen für die fachliche und gesellschaftliche Relevanz der Biotechnologie und speziell der beiden Analysemethoden PCR und Gelelektrophorese wurden in den vorangegangenen Kapiteln angebahnt. Auch für die Auswahl konkrete Fachinhalte zur Anwendung dieser Analysemethoden können diese drei Relevanzebenen herangezogen werden. Schülerinnen interessieren sich in der Biotechnologie vor allem für neue Problemstellung und unterscheiden sich damit vom Interesse der Lehrkräfte (Kidman, 2010). Für die Schülerinnen-Perspektive wird häufig eine gewissen Nähe zu Alltagserfahrungen hergestellt, um Verknüpfungen des neuen Wissens mit bestehendem zu ermöglichen (Nerdel, 2017a). Allerdings gestaltet sich das im Bereich der Genetik schwierig, da gerade Alltagsvorstellungen weit von genetischen Konzepten entfernt liegen und damit Fehlvorstellungen bei Schülerinnen fördern (Gebhard, 1999).

3.7.1 Kontexte für vorgefertigte DNA-Proben

Idealerweise untersucht man mit vorgefertigten DNA-Proben Längenpolymorphismen, da diese präparativ nur mit PCR und Agarose-Gelelektrophorese detektiert werden können (vgl. 3.5). Für gestellte Kontexte öffnet sich das gesamte Feld der (humanen) DNA-Analytik:

Kriminalistik

Gerade in Deutschland erfreut sich die Kriminalistik eines großen öffentlichen Interesses. Jedes vierte verkaufte Buch ist ein Kriminalroman und 13,77 Mio. Deutsche ab 14 Jahren geben an gerne Krimis anzusehen (Lohmeier, 2023; Urbach & Lesch, 2018). Mittlerweile gehen forensische DNA-Analysen sehr schnell (McDonald et al., 2024). Entsprechend könnten Schülerinnen selbst in die Rolle von Abby Sciutos (Navy CIS) schlüpfen und DNA-Proben von Opfern oder Tätern untersuchen. In diesem Kontext würde sich auch eine Exkursion zur Rechtsprechung anbieten: DNA-Analysen gelten gerichtlich nur als Indizienbeweise und Rückschlüsse auf personenbezogene Eigenschaften sind unzulässig (Hohoff & Brinkmann, 1999, DSGVO, Art. 9, Abs. 1). Entsprechend könnten hier exemplarisch genetische Grundlagen zu kodierenden und nicht-kodierenden Bereichen der DNA vermittelt werden (Alberts et al., 2015, S. 183 f.; ISB, 2015). Aktuell gelten 3 % der humanen DNA als proteinkodierende Bereiche, was in etwa 20.000 - 25.000 Genen entspricht (Bentley, 2000; Berg et al., 2018, S. 25). Da immer neue Eigenschaften und Charakteristiken von Genen entdeckt werden, wird eine einheitliche Definition von *Gen* immer schwieriger. Für eukaryotische DNA hat sich in der Wissenschaft aktuell folgende Definition durchgesetzt:

A gene is a discrete genomic region whose transcription is regulated by one or more promoters and distal regulatory elements and which contains the information for the synthesis of functional proteins or non-coding RNAs, related by the sharing of a portion of genetic information at the level of the ultimate products (proteins or RNAs). (Pesole, 2008, S. 1)

Verwandtschaftsuntersuchungen

Ähnlich zu der forensischen Personenbestimmung, werden auch bei der Analyse von Verwandtschaftsverhältnissen STR (*short tandem repeats*) herangezogen. Beispielsweise nutzt die Federal Bureau of Investigation (FBI) 13 STR-loci für ihre Untersuchungen (McNamara-Schroeder et al., 2006), während für Verwandtschaftsanalysen bis zu 14 STR-loci postuliert werden, die alle X-chromosomal liegen (Tariq & Tahir, 2023). In dem Kontext würden sich verschiedene fiktive Szenarien anbieten, in denen die Überprüfung von Verwandtschaftsuntersuchungen relevant ist: Untreuevorwürfe, Vertauschte Kinder im Krankenhaus, Erbschaftsregelungen. Mit Bezug zu Sorgerechtsfällen bietet sich dieser Kontext auch im Sinne des Lernens anhand Dilemmata an (Hammann, 2018; Zohar & Nemet, 2002), z. B. Adoption und potentiellen Konflikten des Umgangsrechts leiblicher Eltern mit dem Kindeswohl (Artikel 6 Grundgesetz, §8a Sozialgesetzbuch VIII, §1666 Bundesgesetzbuch).

Auch bei Verwandtschaftsuntersuchungen werden die Methoden immer weiterentwickelt und ermöglichen mittlerweile nicht-invasive pränatale Test (Tam et al., 2020). Dies führt uns direkt zum nächstmöglichen Kontext.

Pränatal-Diagnostik

Die Pränatal-Diagnostik eignet sich ebenfalls, um anhand von Dilemmata zu lernen (Zohar & Nemet, 2002). Grundsätzlich wird mit der Pränatal-Diagnostik das Ziel verfolgt auf genetische Krankheiten zu testen (Carlson & Vora, 2017). Je nach verwendetem Analysetool, z. B. Zellentnahme oder Fruchtwasseruntersuchungen, bestehen unterschiedlich hohe Risiken für Mutter und Kind, weshalb ein Bedarf an nicht-invasive Verfahren besteht (Tam et al., 2020). Diesem Gesundheitsrisiko durch die Untersuchung stehen die Gesundheitsrisiken genetischer Erkrankungen gegenüber: Angeborene Fehlbildungen sind weiterhin die Hauptursache für Säuglingssterben. In knapp 5 % der Schwangerschaften treten aufgrund genetischer Defekte Komplikationen auf. Chromosomanomalien kommen in 1 von 150 Lebendgeburten vor (Carlson & Vora, 2017). werdende Eltern stehen entsprechend vor der Herausforderung sich für oder gegen eine pränatale Untersuchung ihres ungeborenen Kindes zu entscheiden und im Falle einer Untersuchung für oder gegen das Austragen eines potentiell kranken Kindes zu entscheiden. Letzteres öffnet das ebenfalls viel umstrittene Thema der Abtreibung (Francome, 2024). Auch für Abtreibungen aufgrund genetischer Krankheiten, bietet die Forschung eine potentielle Lösung: *genome editing*, bspw. durch CRIPR (Mittal, 2024). Allerdings eröffnet diese das nächste ethische Dilemma: Designer Babys. Dieses Thema wird mit jeder Weiterentwicklung genetischer Verfahren erneut in der (Wissenschafts-) Gesellschaft diskutiert (Pang & Ho, 2016; Siermann et al., 2024).

Die beiden Kontexte Kriminalfall und Pränataldiagnostik sind sowohl fachlich als auch fachdidaktisch umfassend im Buch „Biotechnologie praxisorientiert unterrichten“ beschrieben, an dem ich

im Rahmen dieser Dissertation mitgearbeitet habe (vgl. Veröffentlichungen im Rahmen dieser Dissertation) (Schöppner et al., 2023, S. 61 - 83).

Krankheitserreger

Sowohl Bakterien- als auch Viren-DNA kann durch PCR nachgewiesen werden, indem spezifische Primer verwendet werden. Dies revolutionierte einst die Diagnostik, da sie Abstrichpräparate und das teilweise lange Anzuchten von Kolonien ersetzte. Ein prominentes Beispiel ist das *Mycobacterium tuberculosis* (Tuberkulose), dessen Zellen in Gewebeproben nur sehr schwer nachgewiesen werden können (Zaporojan et al., 2024). Durch PCR können 10 Tuberkelbazillen unter einer Million menschlicher Zellen aufgespürt werden (Berg et al., 2018, S. 172). Durch multiresistente Stämme steigen aktuell weltweit die Zahl an Tuberkulosepatienten (Zaporojan et al., 2024). Obwohl das Auftreten multiresistenter Krankheitserreger bereits 1998 als Epidemie in Krankenhäusern bezeichnet wurde, hat das Thema bis heute nichts an seiner Aktualität eingebüßt (Dennesen et al., 1998). Neuere Forschungsansätze beschäftigen sich mit der Fragestellung, wie Resistenzen rückgängig gemacht werden können (Giordano & Barnini, 2024; Marques et al., 2024). Auch im Kontext multiresistenter Mikroorganismen existieren Dilemma, anhand derer man komplexe Zusammenhänge diskutieren kann, bspw. die Antibiotikaverwendung in der Viehzucht und Auswirkungen auf die Humangesundheit. Außerdem werden multiresistente Mikroorganismen, wie Tuberkulose, explizit als Themenschwerpunkte im bayrischen Lehrplan genannt, weshalb sie sich besonders für die Verknüpfung von Theorie und Praxis eignet (ISB, 2015).

Fazit: Vorgefertigte DNA-Proben bestehen durch zwei Kriterien: Erstens muss die DNA stabilisiert vorliegen, weshalb der Umgang mit ihr aus praktischer Sicht einfacher ist als mit frisch isolierter DNA. Zweitens können die gleichen Proben in all diesen vorgestellten Kontexten eingesetzt werden. Da die Adaptivität von Lehr-Lernkonzepten zur besseren Anknüpfung an bestehende Unterrichtspraktiken die Implementation erleichtert (Gräsel & Parchmann, 2004b), können Lehrkräfte mit vorgefertigten DNA-Proben den Kontext wählen, der am besten in ihre Unterrichtskonzeption passt.

3.7.2 Kontexte für eigene DNA-Proben

Aus didaktischer Sicht ist das Hauptproblem an vorgefertigten DNA-Proben, dass sie die Gefahr eines rezeptartigen Abarbeiten des Versuchsprotokolls beinhalten, das Schülerinnen weder kognitiv aktiviert, noch zur kritischen Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt anregt (Abell & Lederman, 2007, S. 49 ff.; Hofstein & Lunetta, 2004; Seidel et al., 2006). Dieser Effekt wird durch das bekannte Ergebnis verschärft. Dem kann die Analyse eigener DNA-Abschnitte entgegenwirken. Insgesamt ermöglicht die Analyse der eigenen DNA begründete Vermutungen zum Ergebnis aufzustellen und damit den vollständigen Forschungskreislauf von der Forschungsfrage und Hypothesenbildung bis zur Ergebnisinterpretation zu durchlaufen (M. D. Hartmann, 2024; Pedaste et al., 2015). Grundsätzlich würde die Analyse der eigenen DNA sogar vollständig freies Forschen ermöglichen (M. D. Hartmann, 2024). Dies würde allerdings auf Seiten der Lehrkräfte fortgeschrittenes biotechnologisches Wissen und gewisse finanzielle Ressourcen erforderlich machen: Speziell der Umgang mit Gendatenbanken, um spezifische Primer zu designen und diese im Anschluss zu bestellen und in Nuclease-freiem Wasser zu lösen. Die Problematik zu schulischen Ressourcen, sowohl finanzieller als auch technischer Natur, habe ich vorab erläutert (vgl. 1.3). Entsprechend könnten in einem sinnvollen Kompromiss, Kontexte der DNA-Analyse ausgewählt werden, die

eine hohen alltäglichen Bezug für Schülerinnen haben, von der *nature-nurture*-Dynamik betroffen sind, eine gewisse Aktualität in der Forschung besitzen und idealerweise in Lehrplänen verankert sind. Außerdem sollten die untersuchten genetischen Prädispositionen in ihren Ausprägungen verhältnismäßig häufig genug auftreten, um die Wahrscheinlichkeit gemischter Ergebnisse im Kurs zu erhöhen.

Exkurs: Die *nature-nurture*-Dynamik beschreibt, dass genetische Prädispositionen selten einen eindeutigen Effekt im Phänotyp zeigen, sondern von Umwelteinflüssen abhängen. Dieser Zusammenhang wird vor allem bei multifaktoriellen Krankheitsbildern oder humanen Verhaltensanalysen herangezogen, z. B. Adipositas (Peruchet-Noray et al., 2024) oder Fähigkeitsentwicklung von Kindern (Houmark et al., 2024).

Somit können Schülerinnen basierend auf ihrem Verhalten oder Vorlieben Hypothesen über ihre genetische Prädisposition aufstellen und diese im Anschluss über die DNA-Analyse untersuchen. Allerdings würde ich in diesen Fällen kontroverse Prädispositionen als Kontexte ausschließen, um mögliche Stigmatisierungen vorzubeugen.

Präparativ bedarf die Arbeit mit eigener DNA einen zusätzlichen Arbeitsschritt, die DNA-Extraktion (vgl. 3.1). Dafür müsste im Unterricht zusätzliche Zeit eingeplant werden. Die Vorteile durch die zusätzliche Theorie-Praxis-Verknüpfung mit der DNA-Extraktion, z. B. DNA liegt im Zellkern vor und die Zellmembran besteht aus einer Lipiddoppelschicht die chemisch und thermisch aufgebrochen werden kann (ISB, 2015), sowie die Möglichkeit des forschenden Lernens, könnte allerdings den zusätzlichen präparativen Schritt aufwiegen. In jedem Fall ergibt das einen weiteren Freiheitsgrad im Sinne der Adaptivität, sodass Lehrkräfte individuelle Schwerpunkte setzen können (Gräsel, 2010).

Nachdem ich die Vor- und Nachteile der Arbeit mit eigenen DNA-Proben gegenübergestellt habe, mache ich basierend auf diesen Vorüberlegungen einige thematische Vorschläge:

Lebensmittelunverträglichkeit

Lebensmittelunverträglichkeiten grenzen sich von Allergien durch die fehlende Immunantwort ab, sind dennoch von meist gastrointestinalen Symptomen begleitet (Lomer, 2015). In den letzten Jahren nahm die Zahl von Personen mit Lebensmittelunverträglichkeiten zu auf 15-20 % der Bevölkerung und gerade Industriestaaten scheinen davon betroffen zu sein (Warren et al., 2024). Zu den häufigsten Intoleranzen zählen: Laktose, Fruktose, Gluten und Histamin (Tuck et al., 2019). Wobei bei einer ausgeprägten Gluten-Intoleranz (Zöliakie) auch eine Immunantwort ausgelöst wird. Bei allen diesen Intoleranzen (oder Allergien) spielen genetisch Prädispositionen eine Rolle, können allerdings auch pathologische oder pharmakologische Ursprünge haben und haben entsprechend eine *nature-nurture*-Dynamik:

- Laktose: SNP in Intron 13 des *MCM6*-Gens (Swallow, 2003).
- Fruktose: Variationen des *ALDOB*-Gens, 9 beschrieben (Singh & Sarma, 2022).
- Gluten: 6 *MHC* und 36 *non-MHC*-loci (Dieli-Crimi et al., 2015).
- Histamin: 30 SNP in Genen für Histamin-Rezeptor oder Enzymen, die am Histamin-Abbau beteiligt sind (Kucher, 2019).

Bei der direkten Gegenüberstellung sticht Laktose-Unverträglichkeit aufgrund der einzelnen Mutation vor den anderen heraus. Der Grund dafür ist allerdings ähnlich unerfreulich, wie bei Fruktoseunverträglichkeiten, nämlich dass tatsächliche Mutationen im Gen häufig letale Folgen haben (Bouteldja & Timson, 2010; Heine et al., 2017). Im Gegensatz zu den anderen Unverträglichkeiten hat sich für Laktose-Intoleranz die genetische Untersuchung bereits in Kliniken durchgesetzt (Haas, 2005). Zusätzlich qualifizieren die genetischen Grundlagen Laktoseunverträglichkeit als geeigneten Kontext, um gängige Schülerinnenvorstellungen zu adressieren (Baalmann et al., 2004; Gebhard, 1999; Schwanewedel et al., 2008). Zwei konkrete Beispiele sind:

- Die Mutation liegt in einer regulatorischen Einheit innerhalb eines Introns eines anderen Gens und nicht in der kodierenden Sequenz (Fang et al., 2012).
 - o Regulation der Genaktivität: Methylierung an einem menschlichen Beispiel (ISB, 2015).
- Laktose-Unverträglichkeit ist der Wildtyp, die Mutation spiegelt humanen Evolutionsdruck zur Verträglichkeit von Milch wieder und ist regional unterschiedlich häufig ausgeprägt (Heine et al., 2017).
 - o Evolutionsforschung: Unterschiedlicher Selektionsdruck beim Menschen, Laktose-Verträglichkeit als junge Mutation in der Menschheitsgeschichte (ISB, 2015).

Die Thematik Laktoseunverträglichkeit ist sowohl fachlich als auch fachdidaktisch umfassend im Buch „Biotechnologie praxisorientiert unterrichten“ beschrieben, an dem ich im Rahmen dieser Dissertation mitgearbeitet habe (vgl. Veröffentlichungen im Rahmen dieser Dissertation) (Schöppner et al., 2023, S. 159 - 199).

Geschmacks-Wahrnehmung

Süß und bitter sind unsere ausgeprägtesten Geschmacksrichtungen, in denen wir eine Vielzahl von Stoffen wahrnehmen können (Chaudhari & Roper, 2010). Durch unsere Fähigkeit Bitterstoffe zu schmecken, können wir schädliche von nützlicher Nahrung unterscheiden (Chaudhari & Roper, 2010). Allerdings schmecken auch viele wertvolle Nährstoffe bitter, deren Meiden nachteilhaft ist (Beckett et al., 2014). Sowohl die Pharma- (Nachgeschmack bei Medikamenten) als auch die Lebensmittelindustrie (grünes Gemüse) hat ein großes Interesse daran Bitterstoffe in ihren Produkten zu reduzieren, um sie für die Konsumenten angenehmer zu machen (Burger, 2020).

Die bitteren Geschmacksrezeptoren sind G-protein gekoppelt, eine im menschlichen Körper häufig vorkommenden Kaskade, um extrazelluläre Signale zellulär weiterzugeben (Neves et al., 2002). Die meisten Rezeptoren sind hoch spezifisch mit nur einem Substrat (Gilbertson et al., 2000). Die Rezeptoren für Bitterstoffe gehören zur *TAS2R*-Familie, von denen aktuell 25 als bestätigt gelten (Andres-Barquin & Conte, 2004; Shi et al., 2003). Die meisten *loci* sind Bestandteil aktueller Forschungsarbeiten und wurden auch in anderen Gewebsarten, z. B. Herz gefunden (Bloxham et al., 2024; Zhou et al., 2024). Bisher konnten sechs der Rezeptoren umfangreich beschrieben werden:

- TAS2R10: pflanzliche Alkaloide (Born et al., 2013).
- TAS2R14: die meisten Substrate unter TAS2R-Rezeptoren (Di Pizio et al., 2020).
- TAS2R16: β -Glukoside (Bufe et al., 2002).
- TAS2R31: Süßstoff Acesulfame (Behrens & Meyerhof, 2013).
- TAS2R38: Phenylthiocarbamide, am besten charakterisiert (Hwang et al., 2016).

- TAS2R46: Alkaloide (Meyerhof et al., 2010).

Insgesamt werden genetische Variationen der *TAS2R*-Familie mit Konsumverhalten, z. B. Alkohol oder Kaffee, sowie Krankheitsbildern, z. B. Diabetes oder Mukoviszidose, in Verbindung gebracht (Castaldo et al., 2020; Ogbunugafor, 2024; Shaji & Saraswathy, 2023).

Die beiden Rezeptoren TAS2R31 und -38 sind für eine Betrachtung in der Schule besonders interessant, da sie jeweils einen weiteren inhaltlichen Rahmen setzen. TAS2R31 bindet je nach ausgeprägten Variationen künstliche Süßungsmittel, wie Saccharin und Acesulfame K (Allen et al., 2013; Behrens & Meyerhof, 2013). Die Verwendung von künstlichen, kalorienfreien Süßungsmitteln ist umstritten und Langzeiteffekte bei Konsum werden aktuell erforscht (More et al., 2021). TAS2R38 bindet Phenylthiocarbamide, die u. a. in grünem Gemüse vorkommen, und eröffnet damit die Kontroverse der gesunden Bitterstoffe und dem Bestreben diese aus Gemüse heraus zu züchten (Burger, 2020; Hwang et al., 2016).

Der Kontext zu TAS2R38 als Stellvertreter für die bittere Geschmackswahrnehmung ist sowohl fachlich als auch fachdidaktisch umfassend im Buch „Biotechnologie praxisorientiert unterrichten“ beschrieben, an dem ich im Rahmen dieser Dissertation mitgearbeitet habe (vgl. Veröffentlichungen im Rahmen dieser Dissertation) (Schöppner et al., 2023, S. 123 - 152).

Circadianer Rhythmus

Schlafen ist ein Thema das jeden betrifft. Viele Schülerinnen beschwerten sich im Laufe ihrer Schullaufbahn über den frühen Start der Schule und die Wissenschaft gibt ihnen Recht, da der Schulstart mit akademischer Leistung zusammenhängt (Heissel & Norris, 2018). Durch die steigende Smartphone-Nutzung der letzten Jahre sind die negativen Effekte von kurzweiligem Licht auf das Schlafverhalten allgemein bekannt geworden und Hersteller regierten mit Blaulicht-Filtern (Höhn et al., 2021; Rabiei et al., 2024). Die Regulation, genetische Grundlagen, Einflüsse und Folgen unseres Schlaf-Wach-Rhythmus stehen immer noch im Fokus der Forschung (Pandi-Perumal et al., 2024).

Die genetischen Grundlagen des circadianen Rhythmus sind in fast allen Lebewesen konserviert und kommen sowohl in Cyanobakterien als auch Säugetieren vor (Bhadra et al., 2017). In größeren Zellorganismen, z. B. Menschen, entwickelte sich ein molekularer Mechanismus, der die circadiane Homöostase ermöglicht, da nicht alle Zellen direkten Zugang zu Licht haben (Patke et al., 2020). Polymorphismen innerhalb dieses molekularen Mechanismus sind mit unterschiedlichen Schlaf-Wach-Rhythmen, Lichtempfindlichkeit und Krankheiten assoziiert (Lane et al., 2023). Da es viele Variationen der einzelnen genetischen Komponenten der inneren Uhr gibt, die unterschiedlich gut untersucht sind, gebe ich hier nur ein konkretes Beispiel: Das Gen *PERIOD3* (*PER3*).

Ein Längenpolymorphismus in *PER3* ist mit Morgen-Aktivität assoziiert, da die Insertion eine potentielle Ubiquitinierungsstelle betrifft und dadurch den Rhythmus verkürzt (Turco et al., 2017). Die Allel-Varianten ohne Insertion sind in der Bevölkerung am häufigsten, weshalb länger schlafen als Wildtyp-Variante zählt (Turco et al., 2017).

Trotz der genetischen Komponente haben in diesem Gebiet äußere Einflüsse, z. B. Arbeitszeit, einen erheblichen Einfluss, weshalb sich auch hier die *nature-nurture*-Dynamik zeigt. Entsprechend kann man die genetische Analyse mit einem etablierten Fragebogen-Instrument zum Schlaf-Wach-

Verhalten kombinieren, um die beiden Einflussgrößen miteinander in Beziehung zu setzen (Horne & Ostberg, 1976; Weidenauer et al., 2021).

Der Kontext circadianer Rhythmus mit seinen genetischen Grundlagen der molekularen Uhr ist sowohl fachlich als auch fachdidaktisch umfassend im Buch „Biotechnologie praxisorientiert unterrichten“ beschrieben, an dem ich im Rahmen dieser Dissertation mitgearbeitet habe (vgl. Veröffentlichungen im Rahmen dieser Dissertation) (Schöppner et al., 2023, S. 87 - 116).

4 Biotechnologie praxisorientiert unterrichten

Zum Abschluss spanne ich den Bogen zurück zu den Forderungen der allgemeinbildenden Schulen und des OECD Schülerinnen zum kompetenten Agieren in einer sich technologisch weiterentwickelnden Welt zu befähigen und wie dabei praktische, biotechnologische Einheiten helfen können (ISB, 2015; OECD, 2008).

4.1 Exkurs: *Scientific literacy*

Der Term *scientific literacy* kam erstmals in den 1950er Jahren auf und beschreibt, was die allgemeine Öffentlichkeit über (Natur-)Wissenschaften wissen sollte (Hurd, 1958; Laugksch, 2000). Seitdem *scientific literacy* zum Bildungsziel erklärt wurde, gab es mehrere Ansätze das Konzept zu schärfen (Gräber et al., 2002). Bybee (2002) unterteilt *scientific literacy* in vier Niveau-Stufen:

- *Nominal*: Erkennen naturwissenschaftlicher Begriffe und Fragestellungen, aber mit eingeschränktem Verständnis und unzureichenden Erklärungen (Nerdel, 2017b, S. 3).
- *Funktional*: Korrekte Nutzung und Definition naturwissenschaftlicher Begriffe und Vokabeln (Nerdel, 2017b, S. 3).
- *Konzeptionell/Prozedural*: Verstehen von naturwissenschaftlichen Konzepten, Vorgängen und deren Zusammenhängen innerhalb der Disziplin (Nerdel, 2017b, S. 4).
- *Multidimensional*: Tiefes Verständnis der Naturwissenschaften, ihrer Geschichte, ihres Wesens und ihres gesellschaftlichen Kontextes (Nerdel, 2017b, S. 4).

Die OECD definierte *scientific literacy* als Fähigkeit, sich mit naturwissenschaftlichen Themen und den Ideen der Wissenschaft auseinanderzusetzen (OECD, 2019). Diese Fähigkeit umschließt drei Kompetenzen, welche mit den zugehörigen drei Wissenskategorien (inhaltlich, prozedural, epistemologisch) folgendermaßen definiert wurden (OECD, 2019):

1. *Wissenschaftliches Erklären von Phänomenen*: Erkennen, Anwenden und Evaluieren von Erklärungen für eine Reihe von natürlichen und technologischen Phänomenen.
2. *Bewertung und Gestaltung von wissenschaftlichen Untersuchungen*: Beschreiben und Beurteilen wissenschaftlicher Untersuchungen, Vorschlagen von Möglichkeiten, um Fragestellungen wissenschaftlich zu beantworten.
3. *Daten und Beweise wissenschaftlich interpretieren*: Analyse und Evaluation von Daten, Behauptungen und Argumenten in einer Vielzahl von Darstellungen, sowie das Ziehen angemessener wissenschaftlicher Schlussfolgerungen.

Für PISA 2025 entfernt sich die OECD von der engen Definition von *scientific literacy*. Die beiden Kompetenzen 2 und 3 werden zu der neuen Kompetenz zusammengeschlossen und stattdessen eine weitere Kompetenz definiert (OECD, 2023):

2. Entwerfen und Bewerten wissenschaftlicher Untersuchungen, sowie kritisches Interpretieren wissenschaftlicher Daten und Beweise.
3. Recherche, Evaluation und Nutzung von wissenschaftlichen Informationen für Entscheidungsfindung und Handlungen.

Neben den Einflüssen der drei Wissenskategorien, werden des Weiteren affektive Einflussfaktoren berücksichtigt, die unter *Science Identity* zusammengefasst werden (OECD, 2023). Denn der Zusammenhang zwischen Einstellungen zu (Natur-)Wissenschaft und entsprechendem Bildungserfolg wurde bereits mehrfach bestätigt (Lederman et al., 2023, S. 155 - 190; Liou, 2021; Ma, 2022). Insgesamt umfasst *scientific literacy* ein hohes Maß an Fach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz (Nerdel, 2017b).

Die praktische Durchführung der DNA-Analysen adressiert je nach Umsetzung alle von der OECD definierten Kompetenzen von *scientific literacy*. Sowohl mit vorgefertigten DNA-Proben, als auch bei der Arbeit mit eigener DNA werden Daten generiert (Amplifikation spezifischer DNA-Abschnitte), die interpretiert werden müssen (Bandenmuster). Für die Vorbereitung der DNA-Analysen und die Interpretation des Bandenmusters ist spezifisches Fachwissen notwendig. Während der Durchführung wird das prozedurale Wissen benötigt und je nach gewähltem Kontext kann epistemologisches Wissen zur Entscheidungsfindung bei den vorgestellten Dilemmata eingebracht werden. Entsprechend gewinnen die Schülerinnen fundamentale Einblicke in das Phänomen der DNA-Analysen und der damit verbundenen Datengeneration und Interpretation, also in alle drei Kompetenzebenen. Da die Grundlagen der PCR und Agarose-Gelelektrophorese (vgl. 1.2) in vielen Disziplinen vorkommen, unterstützen diese Praxiseinheiten die Entwicklung von *scientific literacy* bei Schülerinnen in einem großen wissenschaftlichen Feld.

4.2 Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und *inquiry based learning*

Praktisches Arbeiten gehört zum Selbstverständnis der naturwissenschaftlichen Disziplinen und Unterrichtsfächer, weshalb die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen einen großen Stellenwert haben (Gropengießer et al., 2023). Diese Bedeutsamkeit wird im bildungspolitischen Diskurs anerkannt und konkret in Kompetenzrahmen oder Lehrplänen integriert (ISB, 2015; OECD, 2023). Wie wichtig die Umsetzung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen im Unterricht ist, wird auch im Rahmen der Unterrichtsqualität stark diskutiert.

Exkurs: Unterrichtsqualität

Kriterien guten Unterrichts zu beschreiben und empirisch zu prüfen hat sowohl in der psychologisch orientierten Lehr-Lernforschung als auch bei den Fachdidaktiken eine lange Forschungstradition (Neuhaus, 2021). Basierend darauf entwickelten sich unterschiedliche Kriterienkataloge, z. B. die zehn Merkmale guten Unterrichts (Meyer, 2004) oder die drei Basisdimensionen (Klieme et al., 2001). Insgesamt basiert die Definition zu Qualität bei diesen Katalogen auf dem Output, also dem Lernzuwachs bei Schülerinnen (Praetorius et al., 2020). Diese Qualitätsdefinition ist vergleichbar mit der von Fortbildungen, die ebenfalls Output orientiert mit Bezug auf das Schülerinnen-Lernen orientiert ist (Lipowsky & Rzejak, 2021). Jüngere Arbeiten bemühen sich die unterschiedlichen Ansätze zur Unterrichtsqualität aus der allgemeinen Lehr-Lernforschung und den Fachdidaktiken ineinander zu integrieren, z. B. das Syntheseframework (Praetorius et al., 2020). In dem Zusammenhang wird diskutiert, dass die einzelnen Qualitätsmerkmale in zwei

Dimensionen eingeteilt werden können: Erstens an der Verteilung des fachlichen und allgemeinen Anteils, also ob das Qualitätskriterium allgemeingültig, d. h. fächerübergreifend, ist oder eine hohe fachspezifische Bedeutung hat, z. B. die Sicherheit von Schülerinnen im Chemie- und Sportunterricht. Zweitens anhand der Wirkung auf das Lernen der Schülerinnen, welche direkt erfolgen kann, z. B. durch Unterstützung beim Üben, oder indirekt, z. B. durch Klassenführung (Neuhaus, 2021; Praetorius et al., 2020). Hierbei wird deutlich, dass praktisches Arbeiten bzw. Üben im Unterricht fächerübergreifende Relevanz hat (Chemie, Biologie, Physik, Sport, Musik, Kunst) und den Dimensionen der Unterrichtsqualität zugeordnet werden kann (Praetorius & Gräsel, 2021).

Mehrere Studien befassen sich mit dem Vergleich praktischen Arbeitens und der theoretischen Auseinandersetzung mit Inhalten während des Unterrichts (Ateş & Eryilmaz, 2011). Im Folgenden gebe ich eine Übersicht der Ergebnisse, die teilweise direkten oder indirekten Einfluss auf das Schülerinnen-Lernen haben:

1. Förderung eines tieferen Verständnisses für wissenschaftliche Konzepte
 - Verständnisförderung besonders bei abstrakten Themen, z. B. Genetik oder Zellbiologie (Abrahams & Millar, 2008; le Plat et al., 2018).
 - Entwicklung eines authentischen Verständnisses wissenschaftlicher Methoden, im Sinne wie wissenschaftliches Wissen erzeugt und validiert wird (Jong et al., 2013; Otsetov, 2020; Windschitl, 2003).
 - Ersetzen von Fehlvorstellungen durch (natur)wissenschaftliche Konzepte (Coştu et al., 2007; Ünal, 2008).
2. Förderung des kritischen Denkens und Problemlösefähigkeiten
 - Praktisches Arbeiten trainiert die grundlegenden wissenschaftlichen Methoden und wissenschaftliche Denkweisen, z. B. Hypothesenbildung (Hofstein & Lunetta, 2004; Minner et al., 2010).
3. Steigerung der Motivation und des Interesses an den Naturwissenschaften
 - Die aktive Beteiligung bei Versuchen bzw. Experimenten fördert die intrinsische Motivation und kann langfristig das Interesse an MINT-Fächern steigern (Lord & Orkwiszewski, 2006; Meier & Mayer, 2014).
 - Praktische Unterrichtseinheiten können die Einstellung zur Naturwissenschaft positiv beeinflussen (Bilgin, 2006).
4. Förderung der Zusammenarbeit und Kommunikation
 - Die direkte verbal Kommunikation zwischen Lehrkräften ermöglicht tiefere Diskussion, schnellere Hilfen und besseres Verständnis (Högström et al., 2010; Mottarella et al., 2005; A. Y. Wang & Newlin, 2000).
 - Weniger Ablenkung, als in digitalen Lernumgebungen, fördert die Konzentration und verbessert damit das Lernen (Kostić & Randelović, 2022; Pérez-Juárez et al., 2023).
 - Das Gemeinschaftserleben im Kursraum kann die Motivation steigern und soziales Lernen ermöglichen (Attié et al., 2022; Baepler et al., 2014).

5. Steigerung des Lernzuwachs durch die Verbindung von Theorie und Praxis
 - Die Anwendung und Überprüfung theoretischen Wissens ermöglicht vernetztes und damit nachhaltiges Lernen (Gropengießer et al., 2023, S. 88 - 94; Singer, 2012).
 - Haptisches Erleben fördert das Gedächtnis und Verständnis (Tanhua-Piironen et al., 2010).
 - Schülerinnen, die praktische Aktivitäten durchführen, zeigten einen höheren Lernzuwachs als Schülerinnen, die textbasierten Lernangeboten folgen (Turpin, 2000).

Insgesamt konnte in vielen empirischen Studien nachgewiesen werden, dass Schülerinnen besser Lernen, wenn sie anfassen, messen, manipulieren, Daten erheben und damit Antworten für sich selbst herausfinden, anstatt sie vorgefertigt zu erhalten (Dewey, 1938; LeBuffe, 1994). Daraus entwickelte sich der Ansatz des *inquiry based learning*, welcher in seiner Definition dem von OECD gesteckten Kompetenzrahmen zu *scientific literacy* ähnelt (OECD, 2019). Nach Crawford (2014) beinhaltet *inquiry based learning*, dass Schülerinnen die Fähigkeit zum kritischen Denken anwenden, d. h. Fragen stellen, Untersuchungen konzipieren und durchführen, Daten interpretieren, Argumente entwickeln, Modelle erstellen und Ergebnisse kommunizieren, um das Verständnis für die natürliche Welt durch den Einsatz von Logik und Beweisen zu vertiefen. Damit umfasst *inquiry based learning* zentrale wissenschaftliche Arbeitsweisen und bezieht sich auf einen Lernprozess, in dem die Schülerinnen aktiv daran beteiligt sind, wissenschaftliche Konzepte und Prozesse sowie das Wesen der Wissenschaft (*nature of science*) zu verstehen (Strat et al., 2024). Trotz der aktiven Beteiligung der Schülerinnen im Lernprozess müssen sie entsprechend angeleitet werden, v. a. wenn ihnen nötiges Vorwissen fehlt (Kirschner et al., 2006). Nachhaltiges Lernen erfolgt durch kognitive Aktivität, deshalb sollten *hands-on*-Prozesse mit *minds-on*-Prozessen verknüpft werden (Spaan et al., 2024).

Die Biotechnologie bietet mit ihren etablierten Standardmethoden, z. B. PCR (vgl. 3), umfassende Möglichkeiten *inquiry based learning* Ansätze im Unterricht zu integrieren. Damit können die abstrakten Themen der Genetik direkt für Schülerinnen praktisch zugänglich gemacht werden und so zur Bildung vernetzten Wissens beitragen. Allerdings bedarf die Umsetzung und schülergerechte Anleitung ausgeprägtes Professionswissen, welches häufig fehlt (vgl. 1.3). Professionswissen der Lehrkräfte beeinflusst direkt ihre Unterrichtsgestaltung und damit die Unterrichtsqualität (Neuhaus, 2021). Entsprechend bedarf es eines integrativen Fortbildungskonzepts, das Lehrkräfte sowohl *minds-on* als auch *hands-on* mit Wissen und Ressourcen ausstattet, um Biotechnologie praxisorientiert zu unterrichten.

5 Forschungsdesiderat

Die MINT-Fächer tragen wesentlich zur Förderung von Problemlösungsstrategien und kritischem Denken von Schülerinnen bei. Leider verlieren diese in weiterführenden Schulen zunehmend das Interesse an den MINT-Fächern (vgl. 1.1). Gerade die Biotechnologie repräsentiert einen Fachbereich, der eine hohe gesellschaftliche Relevanz hat und sich rasant weiterentwickelt. Damit kann sie Ansatzpunkt sein, um Schülerinnen auf eine sich schnell wandelnde Welt vorzubereiten, wie unter anderem die Corona-Pandemie gezeigt hat (vgl. 1.2). Allerdings scheitert die praktische Umsetzung biotechnologischer Methoden an Schulen oft an fehlenden Ressourcen und spezifischem Fachwissen der Lehrkräfte (vgl. 1.3). Lehrkräftefortbildungen können diese Lücke schließen, indem sie Lehrpersonen sowohl das nötige Wissen als auch die Ressourcen bereitstellen,

um biotechnologische Methoden effektiv in den Unterricht zu integrieren (vgl. 2.1). Die Wirksamkeit von Lehrkräftefortbildungen wird in mehreren Modellen beschrieben und verschiedene individuelle und systemische Faktoren, wie die Unterstützung durch Schulleitungen und Kooperationsstrukturen im Kollegium, wurden als Einflussgrößen identifiziert (vgl. 2.2 und 2.3). Allgemein wird empfohlen diese Einflussfaktoren bei der Konzeption von Lehrkräftefortbildungen zu berücksichtigen (vgl. 2.3.5). Trotz dieser detaillierten Darstellung von Lehrkräftefortbildungen innerhalb eines Wirkungsgefüges und darauf basierenden Konzeptionsempfehlungen ist die tatsächliche Einbindung konkreter Inhalte aus Lehrkräftefortbildungen in den Unterricht im Anschluss an die Fortbildung weitestgehend unbekannt. Entsprechend kann die Notwendigkeit eines integrativen Lehrkräftefortbildungskonzepts für die Implementation praxisorientierter Biotechnologie im Unterricht beschrieben werden. *Ob, wie, warum* und *welche* Lehrkräfte diese im Anschluss allerdings tatsächlich in ihren Unterricht integrieren, ist insbesondere für die MINT-Fächer nicht ausreichend untersucht. An dieser Stelle setzt die vorliegende Arbeit an.

5.1 Ziel der Studie

Im Fokus dieser Studie steht die Implementation von Fortbildungsinhalten in die Schulpraxis. Aus bisheriger Forschung ist bekannt, dass Innovationen häufig nicht unmittelbar im Unterricht umgesetzt werden (vgl. 2.4). Diesem Phänomen werden eine Reihe verschiedener Einflussfaktoren zugeordnet, u. a. Komplexität der Inhalte, Kosten und diverse schulische Kontextbedingungen (vgl. 2.3). Dies kann auch für die Implementation von biotechnologischen Methoden angenommen werden. Entsprechend ist offen, inwieweit praktische Lerneinheiten in Form von naturwissenschaftlichen Untersuchungen nach Interventionen durch Lehrkräftefortbildungen in der Schule umgesetzt werden. Durch die Analyse des Umsetzungsprozesses zwischen Fortbildung und Schulpraxis können Erkenntnisse über zusätzlichen Unterstützungsbedarf der Lehrkräfte gewonnen werden. Dieser können wiederum zur Verbesserung von Fortbildungskonzeptionen herangezogen werden. Dementsprechend stehen die beiden Fragen im Mittelpunkt: *Warum* und *wie* implementieren Lehrkräfte die biotechnologischen Untersuchungen in ihre Unterrichtspraxis? Damit sollen wertvolle Einblicke in effektive Implementationstechniken am Beispiel eines komplexen Unterrichtsgegenstands, generiert werden, indem Herausforderungen und Hindernisse aufgedeckt werden, mit denen Lehrkräfte bei der Integration von biotechnologischen Untersuchungen in ihre Unterrichtspraxis konfrontiert sind.

5.2 Forschungsfragen

1. Analyse der Begründungsmuster:
 - a. Welche Gelingensbedingungen oder Hinderungsgründe führen Lehrkräfte in Bezug auf die Implementation der biotechnologischen DNA-Analysen im Unterricht an?
 - b. Inwiefern unterscheiden sich die genannten Begründungen, Erklärungen und Schlussfolgerungen für und wider eine Implementation?
2. Handlungsmuster:
 - a. Welche Planungs- und Handlungsschritte unternehmen die Lehrkräfte von der Teilnahme an der Fortbildung bis zur Umsetzung der biotechnologischen DNA-Analysen in den Unterricht an ihrer Schule?

6 Untersuchungsdesign und Forschungsmethodik

6.1 Lehrkräftefortbildung: DNA-Analysen für die Schulpraxis

Diese Studie baut auf einem evaluierten Fortbildungsprogramm auf (Schöppner et al., 2023). Diese befasst sich mit Untersuchungen zur DNA-Analyse und richtete sich an Biologielehrkräfte und angehende Lehrkräfte der Sekundarstufe. Das Problem der begrenzten Ressourcen adressiert das Fortbildungsprogramm mit einem in Deutschland einzigartigen Ansatz: Lehrkräfte bekommen die Möglichkeit, das erforderliche Equipment nach der Teilnahme an der Fortbildung kostenlos auszuleihen. Damit schließt sie die beiden beschriebenen Lücken: fehlendes Fachwissen und Ressourcen.

Um die Forschungsfragen zu beantworten adressieren wir Biologie-Lehrkräfte, die an der biotechnologischen Fortbildung teilgenommen haben (Schöppner et al., 2023). Da das Fortbildungskonzept bereits an anderer Stelle ausführlich beschrieben wurde, gebe ich hier nur einen kurzen Überblick (Großbruchhaus et al., 2024; Nerdel & Schöppner, 2021; Schöppner et al., 2023).

Die Fortbildung setzt den Schwerpunkt auf die DNA-Analyse mittels Polymerase-Kettenreaktion (PCR). Damit sprechen wir besonders das Schülerinnen Interesse an, da dieses bei biotechnologischen Themen vor allem in der Erstellung von DNA-Profilen, der Extraktion und der Identifizierung von Sequenzen liegt und sich von der Perspektive der Erwachsenen unterscheidet (vgl. 3.7) (Hagay & Baram-Tsabari, 2011; Kidman, 2010). Darüber hinaus ist die Fortbildung in Modulen aufgebaut, welche die DNA-Analyse in verschiedene lebensweltliche Kontexte einbettet. Bei der Auswahl der Kontexte haben wir uns an der Relevanz für Schülerinnen orientiert. Dabei war uns die Nähe zu Alltagserfahrungen und eine gewisse Aktualität in der Forschung wichtig, wie beispielsweise beim Circadianen Rhythmus (Schöppner et al., 2023). Die gewählten Themen unterscheiden sich in ihrer Komplexität in Bezug auf das notwendige genetische Wissen und sind im bayerischen Biologielehrplan verankert (ISB, 2015). Die Fortbildung wurde speziell für den Lehrplan der Sekundarstufe II konzipiert. Der gesamte Prozess von der DNA-Extraktion über die PCR bis hin zur Agarose-Gelelektrophorese kann in einem normalen Unterrichts- oder naturwissenschaftlichen Kursraum ohne besondere Sicherheitsvorschriften durchgeführt werden. Da die PCR als Thema im bayerischen Lehrplan verankert ist, lädt die Fortbildung Lehrkräfte dazu ein, bestehende Unterrichtsrountinen im Genetikunterricht zu reflektieren und anzupassen, anstatt ein zusätzliches Thema hinzuzufügen, was zu Zeitproblemen führen könnte (ISB, 2015; Steele & Aubusson, 2004). Zusätzlich zu den thematischen Kontexten, unterscheiden sich die Module in ihrer methodischen Schwierigkeit (vgl. **Tabelle 2**). Diese Kombination gewährleistet die Anpassungsfähigkeit der Fortbildung an viele Unterrichtsszenarien. Die Lehrkräfte entscheiden selbst, wie intensiv sie die praktische Biotechnologie unterrichten wollen und können den Umfang je nach Schülerinnengruppe anpassen. Für die Umsetzung in der Schulpraxis können Lehrkräfte ein Modul auswählen, das ihren Bedürfnissen optimal entspricht. **Tabelle 2** zeigt eine Übersicht über die Module, beginnend mit dem thematisch und methodisch einfachsten: Tatort DNA.

Tabelle 2: Module der Fortbildung

Im Rahmen der Fortbildung lernen die Lehrkräfte den theoretischen Hintergrund kennen und führen die DNA-Analysen mindestens eines Moduls durch. Die Module werden aufsteigend schwieriger, sowohl in Bezug auf den methodischen Umfang als auch deren theoretischer Komplexität. Dabei ist Modul 1 (Tatort DNA) das einfachste, da die verwendeten Reagenzien vorgefertigte DNA-Proben sind und Modul 4 (Laktoseintoleranz) das herausforderndste, da es sowohl eines umfangreichen genetischen Wissens als auch eines klaren praktischen Vorgehen bedarf, um sichtbare Ergebnisse zu erhalten. Eigene Darstellung.

Module	Methoden			
	<i>DNA-Extraktion</i>	<i>Polymerase-Ketten-reaktion</i>	<i>Restriktionsverdau</i>	<i>Agarosegel-Elektrophorese</i>
Tatort DNA		✓		✓
Circadianer Rhythmus	✓	✓		✓
Bitterere Geschmacks Wahrnehmung	✓	✓	✓	✓
Laktoseintoleranz	✓	✓	✓	✓

Bei der Entwicklung der Fortbildung wurden Vorschläge aus der Forschung zur Wirksamkeit von Fortbildungen und zur Verringerung von Implementierungsbarrieren berücksichtigt.

1. Passende Inhalte für die Schule innerhalb des regulären Biologieunterrichts und Nähe zum Lehrplan (u. a. Gräsel & Parchmann, 2004b).
2. Adaptivität von Inhalt und Methode in Bezug auf den Schwierigkeitsgrad (u. a. Beerenwinkel & Gräsel, 2005).
3. Wir empfehlen den Lehrkräften, mindestens zu zweit teilzunehmen (u. a. Vollstädt et al., 2013).
4. Die Lehrkräfte können die Lernmöglichkeit selbst erfahren, indem sie die Untersuchungen zur DNA-Analyse während der Fortbildung durchführen (Lipowsky & Rzejak, 2021).
5. Maßnahmen zur Reduzierung des zeitlichen Aufwandes: Direkte Durchführung der Fortbildung an der Schule, um die Praktikabilität der Umsetzung in Kursraum mit unterschiedlichen Voraussetzungen zu demonstrieren. Dadurch wird gleichzeitig der Aufwand der Lehrkräfte für die Teilnahme reduziert, da z. B. Fahrzeiten wegfallen bzw. für Schulen aus derselben Region stark reduziert sind. Für individuell interessierte Lehrkräfte wurden zusätzlich Fortbildungsangebote am Standort der Universität durchgeführt. (u. a. Gräsel, 2010).
6. Zusätzliche Unterstützung durch Bereitstellung von didaktischem Material, z. B. Flussdiagrammen, Grafiken, Videos und einem Fragenkatalog (u. a. Blumenfeld et al., 2000). Dazu haben wir ein komplettes Set frei zugänglicher Materialien für die Umsetzung mit Schülerinnen veröffentlicht. Darüber hinaus haben Lehrkräfte Zugang zu einem umfassenden wissenschaftlichen Überblick sowohl zu den Themenschwerpunkten der einzelnen

Modulen als auch zu didaktischen Überlegungen, die auf der Klassenstufe und dem Vorwissen der Schülerinnen basieren (Schöppner et al., 2023).

7. Optionales kostenloses Ausleihen von benötigtem Equipment, um begrenzten Ressourcen entgegenzuwirken (Huang et al., 2018).
8. Attraktivität der wiederholten Teilnahme an der Fortbildung durch unterschiedliche thematische Schwerpunkte (Lipowsky & Rzejak, 2021).

Im Anschluss an die Fortbildung können Lehrkräfte das notwendige Equipment für die Durchführung von DNA-Analysen im Biologieunterricht kostenfrei ausleihen. Jedes Modul ist für die Umsetzung in einer oder zwei 90-minütige Unterrichtsstunden geplant. Wenn zwei Unterrichtseinheiten benötigt werden, kann die praktische Arbeit nach der PCR pausiert werden, ohne die Ergebnisse zu beeinflussen. Die Geräte und Reagenzien sind für den Einsatz in der Schule unter Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten und einfacher Handhabung optimiert (Nerdel & Schöppner, 2021; Schöppner et al., 2023). Die Lehrkräfte sind in der Durchführung völlig frei, was die Klassenstufe, den Zeitaufwand oder die Schülerzahl betreffen. Bei der Ausleihe bereiten wir alles nach dem Bedarf der Lehrkräfte vor, was auch die Aliquotierung der Reagenzien für Paar- oder Gruppenarbeit umfasst. Auch bei parallelen Klassenkursen können wir Lehrkräfte mit ausreichend Equipment ausstatten.

Die Konzeption der Fortbildung wurde in einer vorangegangenen Studie untersucht (Nerdel & Schöppner, 2021). Im Rahmen dieser Evaluation wurde auf der Basis von Selbsteinschätzungen der teilnehmenden Lehrkräfte eine hohe Zufriedenheit und ein mittlerer Wissenszuwachs festgestellt. Diese Ergebnisse beziehen sich damit auf die ersten beiden Ebenen des Lipowsky-Modells, der Zufriedenheit der Lehrkräfte und der in diesem Fall selbsteingeschätzten Kognition (Lipowsky, 2010).

6.2 Stichprobe

Im Fokus der Studie stehen Begründungsmuster und Handlungsschritte von Lehrkräften bezüglich der praktischen Umsetzung von DNA-Analysen im eigenen Unterricht. Entsprechend bildet sich die Stichprobe aus Lehrkräften, die an der beschriebenen Fortbildung teilgenommen haben. Diese haben die Möglichkeit im Anschluss das Equipment für die Umsetzung der Fortbildungsinhalte auszuleihen.

6.2.1 Ausgangssituation

Zum Zeitpunkt dieser Studie hatten insgesamt 289 Lehrkräfte von 98 weiterführenden Schulen an der Fortbildung teilgenommen (2017 - 2020). Sowohl die Teilnahme als auch anschließende Ausleihen wurden statistisch verfolgt. Dabei blieb unbekannt, ob die Lehrkräfte mit der gesamten Fachschaft bei der Fortbildung vertreten waren, wenn sie zu mehreren teilgenommen hatten, da Biologie-Fachschaften je nach Schule unterschiedlich groß sind. Die Verteilung der Schulformen unter den teilnehmenden Lehrkräften wird in **Tabelle 3** gezeigt.

Tabelle 3: Ausgangssituation Schulformen

Bei der Teilnahme an der Fortbildung zu DNA-Analysen ist das Gymnasium die häufigste vertretende Schulform, gefolgt von den Fach- und Berufs(ober)schulen. Eigene Darstellung.

Schulart	Anzahl Teilnahme	Anzahl implementiert
Gymnasium	74	29
BOS, FOS, BS	12	6
Realschule	1	1
Gesamtschule	9	2
GESAMT	96	38

Tabelle 3 zeigt, dass Lehrkräfte aus 38 Schulen sich das Equipment ausleihen und die praktischen Inhalte an der Schule mindestens einmal durchführten. Insgesamt 20 dieser Schulen führten die Praxis häufiger durch. **Tabelle 4** zeigt wie viele Schulen mehrfach implementiert haben.

Tabelle 4: Wiederholte Implementation:

Lehrkräfte von 38 Schulen haben die DNA-Analysen praktisch umgesetzt. 20 Schulen liehen das Equipment häufiger aus. Eigene Darstellung.

Kriterium	Anzahl Schulen
Schulen, die 1x implementiert haben	18
Schulen, die 2x implementiert haben	14
Schulen, die 3x implementiert haben	4
Schulen, die 4x implementiert haben	2
GESAMT (Schulen, die implementiert haben)	38

Die exakte Anzahl von Lehrkräften, die bei den jeweiligen Implementationen beteiligt waren, war weitestgehend unbekannt, da die Kommunikation zur Ausleihe in der Regel über eine Lehrkraft verlief. Hinweise für die Beteiligung weiterer Lehrkräfte lieferten Angaben der Ausleihe zur Schülerinnenzahl und (Parallel)Kursen.

Wie oben erwähnt, richtete sich die Fortbildung hauptsächlich an Gymnasiallehrkräfte, da die Module (vgl. **Tabelle 2**) speziell für deren Lehrplan entwickelt wurden (Nerdel & Schöppner, 2021). Durch das Interesse anderer Schulformen an der Fortbildung, wurden auch deren Sichtweisen für diese explorative Studie berücksichtigt.

Die Kombination aus Teilnahme an der Fortbildung und der Ausleihe ergibt mehrere Variablen, die auf Einzelpersonen zutreffen können. Um diese möglichst breit unter den Teilnehmern an der Studie abzudecken, folgte ich einem theoretischen Sampling (Flick, 2006, S. 73 ff.). Dafür definierte ich vier Variablen mit ihren jeweiligen Ausprägungen:

1. *Sekundarschultyp*: Gymnasium, Berufs-/Fachoberschule (BOS/FOS), Realschule
2. *Teilnahme an der Fortbildung*: alleine, mit Kolleginnen
3. *Ort der Fortbildung*: Schule, Universität (TU München, Universität Potsdam)
4. *Implementation der DNA-Analysen an der Schule*: alleine, mit Kolleginnen

Auf jede Lehrkraft der möglichen Stichprobe trifft eine Ausprägung dieser vier Variablen zu. Insgesamt ergeben sich 81 Kombinationsmöglichkeiten. Ich bemühte mich vor allem Lehrkräfte

für jede Variable zu rekrutieren und möglichst viele dieser Kombinationsmöglichkeiten abzudecken, um eine aussagekräftige qualitative Breite zu generieren. Die Kontaktaufnahme mit den Lehrkräften für die Interviews erfolgte per E-Mail. Die E-Mailadressen hatten die Lehrkräfte freiwillig nach der Teilnahme an der Fortbildung angegeben. Die Teilnahme an der Studie war ebenfalls freiwillig.

6.2.2 Rekrutierte Stichprobe für die Interviews

Insgesamt konnte ich $N = 39$ Lehrkräfte für die Studie gewinnen, von diesen haben $n = 21$ implementiert und $n = 19$ nicht. Wobei zu berücksichtigen ist, dass eine Lehrkraft ihren Schülerinnen die Umsetzung der DNA-Analysen durch eine Exkursion in das TUM Labor ermöglichte. Aufgrund meiner festgelegten Definition von Implementation in diesem Fall, zählt diese Lehrkraft trotzdem zu den Nicht-Implementiererinnen, da sie die DNA-Analysen weder selbst noch an der eigenen Schule umsetzte (vgl. Variablen 6.2.1).

Die Stichprobe bildet ein breites Spektrum der o. g. Variablen ab und wird in **Abbildung 7** grafisch dargestellt. Ich beendete die Umfrage nach 39 Interviews aufgrund der theoretischen Sättigung (Flick, 2006). Dabei sind zwei Erweiterungen unseres Konzepts in der Schulpraxis besonders hervorzuheben, da wir diese nicht initiiert haben:

1. Lehrkräfte, die an der Fortbildung teilgenommen hatten, hielten schulinterne Fortbildungen für ihre Kolleginnen. Nur für diesen Zweck wurde teilweise Equipment ausgeliehen.
2. Lehrkräfte haben implementiert, obwohl sie vorher nicht an der Fortbildung teilgenommen haben.

Teilweise habe ich mehrere Lehrkräfte der gleichen Schule rekrutiert. Zum einen ist es besonders interessant, wenn Lehrkräfte der gleichen Schule in Bezug auf die Implementation zu unterschiedlichen Entscheidungen kommen, obwohl sie dieselbe Fortbildung besuchten und in der Schule voraussichtlich ähnliche Bedingungen erleben. Zum anderen stellten einzelne Interviewpartner komplexe Umsetzungsprozess in den Interviews dar. Um in diesen Fällen einen umfassenderen Einblick zu erhalten, bemühte ich mich eine zweite Sichtweise zu erlangen.

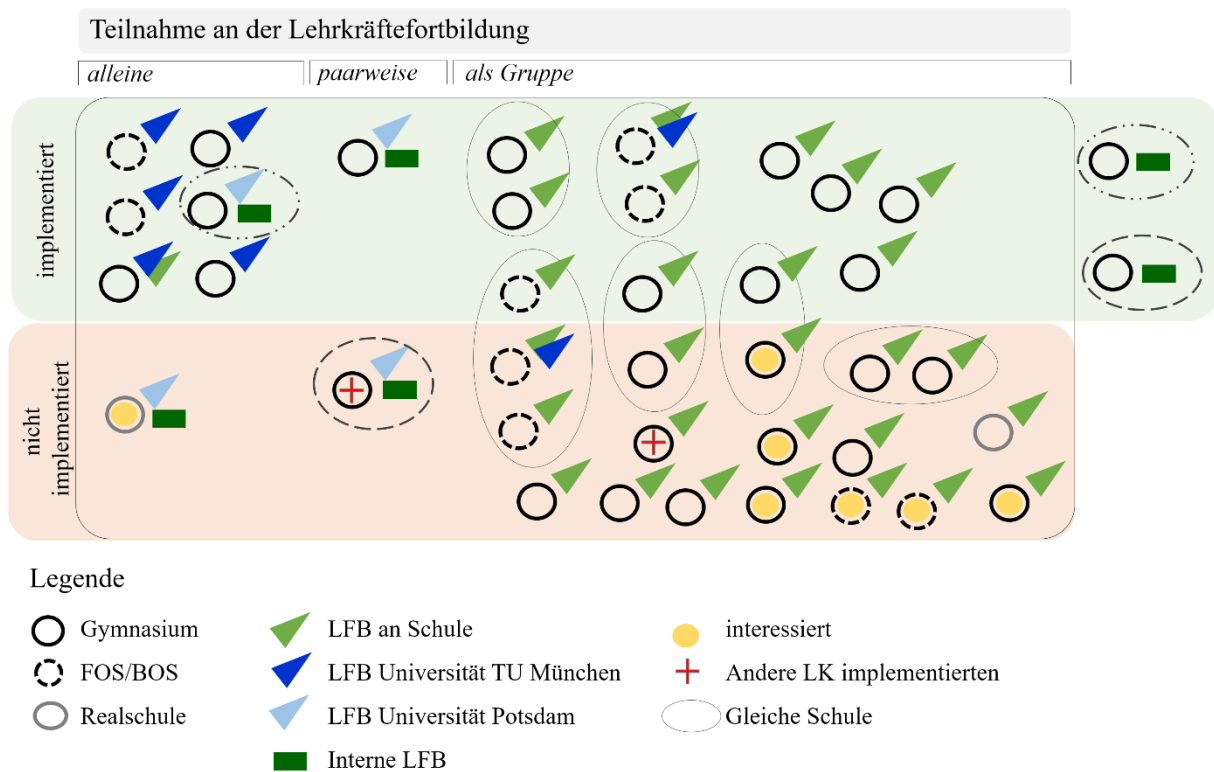


Abbildung 7: Rekrutierte Stichprobe

Jeder Kreis steht für eine Lehrkräfte. Die Position des Kreises gibt einerseits an, wie die Teilnahme der Lehrkraft an der LFB erfolgte (alleine, paarweise, als Gruppe), andererseits ob die Lehrkraft die biotechnologischen DNA-Untersuchungen im Unterricht implementiert hat oder nicht. Die Fähnchen an den Kreisen symbolisieren den Ort, an dem die LFB stattfand. Mehrere Fähnchen zeigen, dass die entsprechende Lehrkraft mehrmals an der LFB teilgenommen hat. Eingekreiste Lehrkräfte unterrichten an der gleichen Schule, bei den beiden Lehrkräften, die nicht an der LFB teilnahmen, wird durch die Strichart die Schulzugehörigkeit mit Kolleginnen gezeigt. Angepasst nach (Großbruchhaus et al. 2023).

Durch die oben definierten Variablen und den beiden unerwarteten Entwicklungen im Laufe der Interviews, ergaben sich für uns sieben Kategorien, denen wir die Lehrkräfte zuordnen konnten:

1. Mehrere Lehrkräfte derselben Schule haben an der Fortbildung teilgenommen und
 - a. alle haben die biotechnologischen Untersuchungen praktisch an der Schule umgesetzt.
 - b. nur einzelne Lehrkräfte haben die biotechnologischen Untersuchungen praktisch an der Schule umgesetzt.
 - c. einzelne Lehrkräfte haben die biotechnologischen Untersuchungen an der Schule **nicht** umgesetzt.
2. Die Lehrkraft hat allein an der Fortbildung teilgenommen und
 - a. die biotechnologischen Untersuchungen allein an der Schule umgesetzt.
 - b. die biotechnologischen Untersuchungen **nicht** an der Schule umgesetzt.
 - c. mehrere Lehrkräfte der Schule haben die biotechnologischen Untersuchungen umgesetzt.
3. Die Lehrkräfte hat **nicht** an der Fortbildung teilgenommen und hat die biotechnologischen Untersuchungen praktisch an der Schule umgesetzt.

Tabelle 5 zeigt eine Zuordnung der Lehrkräfte zu den Variablen *Sekundarschultyp*, *Teilnahme an der Fortbildung*, *Ort der Fortbildung* und *Implementation der DNA-Analysen*. Obwohl Lehrkräfte von Gymnasien als Teilnehmerinnen an der Fortbildung überrepräsentiert waren, gelang es uns Lehrkräfte aller sekundärer Schularten für die Interviewstudie zu gewinnen.

Tabelle 5: Rekrutierte Stichprobe

Zuordnung der Lehrkräfte zu den Variablen *Sekundarschultyp*, *Teilnahme an der Fortbildung*, *Ort der Fortbildung* und *Implementation der DNA-Analysen*.

Sekundarschultyp:

- Gymnasium: 28
- Berufliche Oberschule: 9
- Allgemeinbildende höhere Schule: 2

Teilnahme an der Fortbildung:

- Alleine: 7
- Mit Kollegen: 20
- Nicht: 2

Ort der Fortbildung:

- Universität: 11
- Schule: 29
- Intern: 6

Implementation der DNA-Analysen:

- Nicht: 17
- Alleine: 9
- Mit Kollegen: 13

Sowohl bei *Teilnahme an der Fortbildung* als auch bei *Implementation der DNA-Analysen* wird die Zahl von 39 überschritten, da einige Lehrkräfte häufiger an der Fortbildung teilnahmen und/oder mehrmals implementierten. Die wiederholte Teilnahme an der Fortbildung ist in **Abbildung 7** markiert. Das ist besonders interessant, da sich bei diesen Lehrkräften meist der Ort der Fortbildung ändert. Bei mehrfacher Implementation haben wir zwei Szenarien unterschieden: Haben Lehrkräfte mehrmals alleine **oder** mit Kollegen implementiert, wurde das einfach gezählt. Haben sie mehrmals alleine **und** mit Kollegen implementiert, wurde jede Implementation separat gezählt.

Im Rahmen der Rekrutierung ist es mir jedoch nicht gelungen, jede mögliche Kombination der Variablen abzudecken (vgl. 6.2.1). In Bezug auf die Implementation der DNA-Analysen erreichten ich trotzdem eine Informationssättigung, da ich zu jeder Variablen-Ausprägung von *Sekundarschultyp*, *Teilnahme an der Fortbildung* und *Ort der Fortbildung* stellvertretende Lehrkräfte fanden, die implementierten und welche, die es nicht taten. Auf den ersten Blick scheinen diese unterschiedlichen Ausprägungen keinen Einfluss auf die praktische Umsetzung der biotechnologischen Untersuchungen an der Schule zu haben. Im Weiteren bezeichne ich Lehrkräfte, die DNA-Analysen praktisch in der Schule umgesetzt haben als *Implementiererinnen* und Lehrkräfte, die es nicht umgesetzt haben, als *Nicht-Implementiererinnen*.

6.3 Interviews

Ich führte halbstrukturierte Interview. Die Reihenfolge und die konkrete Formulierung der offenen Fragen variierte (Krüger et al., 2018, S. 125 f.). Der vollständigen Interviewleitfaden befindet sich im Anhang (vgl. 10.3). Ich befragte die teilnehmenden Lehrkräfte vor allem nach der Fortbildung, dem Implementationsprozess, der Kooperation und ihren Wünschen. Beispiele sind:

- Haben Sie sich durch die Fortbildung gut auf die Umsetzung im Kursraum vorbereitet gefühlt?
- Bitte beschreiben Sie, wie die Umsetzung in Ihrem Kursraum / an Ihrer Schule ablief.

Ich begann mit persönlichen Interviews im Februar 2020, wechselten aber aufgrund der COVID-19-Pandemie zu Telefoninterviews. Die letzten Interviews fanden im Mai 2020 statt. Die Dauer der Interviews betrug $M = 20$ Minuten ($SD = 10$ min). Die Interviews wurden mit der App Voice Recorder (iOS) aufgezeichnet und anschließend von einem Transkriptionsbüro mit dem Programm f4 nach einfachen Regeln auf der Grundlage von Dresing and Pehl (2020) transkribiert.

Vor Beginn der Interviews füllten alle Lehrkräfte einen Kurzfragebogen aus, der soziodemografische Fragen, sowie allgemeine Angaben zur Umsetzung der DNA-Analysen an der Schule umfasst. Der vollständige Fragenkatalog befindet sich im Anhang (vgl. 10.2). Hier gebe ich zwei Beispielimens:

- Bitte geben Sie an, wie lange Sie schon als naturwissenschaftliche Lehrkraft tätig sind (Referendariat eingeschlossen).
- Bitte geben Sie an, in welchen Klassenstufen die Inhalte der Fortbildung in Ihrer Schulform curriculumsrelevant sind. Mehrfachnennungen sind möglich.

Der Kurzfragebogen diente dazu die Stichprobe zu verifizieren und die oben genannten Variablen abzubilden.

6.4 Qualitative Inhaltsanalyse

Die Analyse der Transkripte erfolgte in fünf separaten Schritten, die teilweise aufeinander aufbauen: individuelle Fallzusammenfassungen (vgl. 6.4.1), deduktive Kodierung (vgl. 6.4.2), Analyse der Gruppenunterschiede (vgl. 6.4.3), induktive Kodierung (vgl. 6.4.4), Typisierung der Implementationsstrategien (vgl. 6.4.5).

6.4.1 Individuelle Fallzusammenfassungen

Um mich mit den einzelnen Interviews intensiv vertraut zu machen, fasste ich jeden Fall individuell zusammen (Kuckartz et al., 2008). Ich folgte Kuckartz et al. Empfehlung und gab jedem Fall einen aussagekräftigen Titel, der ein Hauptmerkmal widerspiegelte (2008).

Im Anschluss führte ich eine Validierung meiner Zusammenfassungen mittels künstlicher Intelligenz (KI) durch und nutzte dafür das Large Language Model Chat GPT 4.5 (OpenAI). Dies diente als Interrating, da nach aktuellen Forschungserkenntnissen *artificial intelligence* Systeme bei einfachen Sachverhalten zu gleich guten oder besseren Ergebnissen gelangen, als humane Rater (Bewersdorff et al., 2023). Ich beendete das KI-basierte Interrating nach zehn Interviews, da die Zusammenfassungen auf einer sehr oberflächlichen Ebene blieben. Dadurch konnten die Einzelfälle nicht eindeutig voneinander unterschieden werden. Trotzdem erachte ich diesen Schritt als hilfreich, da er einen Strukturierungsvorschlag für die Zusammenfassungen lieferte. Diese Strukturierung übertrug ich händisch auf alle meine Fallzusammenfassungen.

6.4.2 Deduktive Kodierung der Interviews

Für die initiale Analyse der Interviews entwickelte ich einen Kategorienkatalog, der auf bestehender Forschung, v. a. zu Gelingensfaktoren und Implementationshürden, basiert (u. a. Gräsel & Parchmann, 2004b; Seufert, 2015). Das entstehende System enthielt sieben Hauptkategorien mit mehreren Unterkategorien, die in Klammern angegeben sind: Lehrkräftefortbildung (4), Personenmerkmale (5), Organisation der Schule (6), Systemmerkmale, Innovation (4), Kooperation (5) und Dissemination (3). Im Folgenden werden die insgesamt 34 Kategorien mit ihren Definitionen und

Ankerbeispielen und entsprechender Forschungsbasis vorgestellt. Dabei folgte ich dem Muster: Bezeichnung – Erklärung, falls nicht selbsterklärend – *Ankerbeispiel*. Generell galt, dass Aussagen, die in die Hauptkategorie gehören, aber zu keiner der Unterkategorien passen, in den jeweiligen Hauptkategorien gesammelt werden.

1. Lehrkräftefortbildung

a. Teilnahmemotivation

Gründe, weshalb Lehrkräfte an der LFB teilnahmen, was ihr Interesse weckte.

„Weil bei uns ja die ganze Fachschaft teilgenommen hat.“

b. Wünsche

Bezüglich Verbesserungen, Themen, Methoden.

„Ja, es ist ja einerseits gut, dass das alles so aufgebaut war schon vorher, auch die Klassen, aber es wär halt eigentlich ganz gut, man weiß dann auch wirklich, das ist alles im Karton wo enthalten.“

c. Beruflicher Hintergrund

Alles zu Berufserfahrung und Ausbildung, z. B. Diplom, Fachbetreuerin, Seminar-Lehrkräfte.

„Also ich habe ja selber/ also ich bin ja eigentlich auch Diplom-Biologin“

d. Beurteilung der Lehrkräfte (Gräsel & Parchmann, 2004b)

Nur Aussagen berücksichtigen, die das praktische Arbeiten nicht betreffen. Beurteilungen der DNA-Analysen selbst gehören in „Innovationsgegenstand - Beurteilung der Lehrkräfte“.

„Also es war ein bisschen zu lang dieser Teil zu diesen, ja, zu den, quasi zu den fachlichen Vorkenntnissen.“

2. Personenmerkmale (Brühwiler et al., 2017; Lipowsky, 2010)

a. Interesse

Auch Spaß und Desinteresse am Thema. Kann sich beispielsweise durch sehr begeisterte Aussagen äußern.

„[Mein Interesse] hat sich in letzter Zeit extrem entwickelt, dadurch dass ich da sehr viel in dem Labor arbeite.“

b. Überzeugungen & Werte (Roehrig et al., 2007; Seidel & Prenzel, 2006; Staub & Stern, 2002)

Absolute Aussagen, die die eigene Meinung der Lehrkräfte widerspiegeln. Diese können in der Regel zu einer „Ich finde, ...“-Aussage umformuliert werden.

„Die Schülerschaft kann man nicht eingrenzen, ich würde es auch immer mit allen machen wollen.“

c. Selbstwirksamkeit (Schwarzer & Jerusalem, 2002)

Aussagen zu Kompetenzzumutung bei verschiedenen Sachen, bzw. Ausdruck des Vertrauens in die eigenen Fähigkeiten, z. B. Unterrichten, Organisation, praktisch anleiten.

„Das ist für mich einfach zu viel Stress bedeuten würde, das mit einer Klasse zu machen. Weil ich mich nicht sicher genug, nicht wohl genug fühle.“

d. Professionswissen (Kunter et al., 2011)

Alle Aussagen zu thematischen (Vor-)Wissen, Vorerfahrungen, fachdidaktisches Wissen, z. B. Lehrpläne. Eventuell Überschneidungen mit „Innovationsgegenstand: Bewusstsein für didaktisches Potential“.

„Also die Woche vor den Sommerferien finde ich jetzt auch nicht so sinnvoll, weil, das soll ja nicht eine Beschäftigungstherapie sein, sondern das soll ja wirklich eine Wissensgrundlage auch bilden.“

- e. Autonomiebedürfnis (Lortie, 2020, S. 166 ff., 209 ff.)

Aussagen, die in irgendeiner Form durchklingen lassen, dass die Person gerne unabhängig agiert. Ausprägungen kann sich z. B. über Nicht-Absprache und Selbstorganisation äußern.

„Jeder [hat] seinen eigenen Stil. Und ganz ehrlich ich hab‘ bisher seltenst Material, das mir von anderer Seite gegeben wurde eins zu eins verwendet.“

3. Organisation der Schule

- a. Soziale Bedingungen (Garet et al., 2001; Gräsel & Parchmann, 2004b)

„Ja, also wir sind da vom Fachbereich da schon sehr einig.“

- b. Change agent (Rogers E. M., 2003)

Personen im System, die eine Veränderung aktiv vorantreiben in dem sie den Entscheidungsprozess und die Umsetzung aktiv mitgestalten.

„Also dadurch, dass schon relativ viel in Schulen immer ist, muss man halt, in Anführungszeichen, dafür kämpfen, dass man den Tag bekommt, dass man dann auch zwei bis drei Lehrkräfte hat, weil alleine ist es dann doch schwer, das zu überschauen.“

- c. Ausstattung & Resources (Huang et al., 2018; Seufert, 2015)

„Genetik hatten wir jetzt noch nicht dabei. Obwohl es eben ein interessantes Thema ist. Aber ich denke, das lag auch eben an der praktischen Umsetzung. Aber vielleicht ist das jetzt auch ein Punkt, jetzt, wo es die Versuche gibt, diese Möglichkeit, dass man so etwas einmal anbieten könnte.“

- d. Andere Projekte

Arbeitsbelastung durch andere oder ähnliche Projekte zu unserem Angebot (Genetik, Biotechnologie, Laborbesuche...).

„Also es hängt davon ab, was man sonst so macht an der Schule, ob man dort sehr viel andere Dinge macht, andere Projekte, oder ob man sich darauf konzentriert.“

- e. Unterstützung durch die Schulleitung (Bonsen, 2016; Geijssels et al., 2003; Ostermeier et al., 2004)

„Und würde man, denke ich, sicherlich auch das Einverständnis [der Schulleitung] bekommen, dass man die andere Hälfte jetzt zum Beispiel mit einem Arbeitsauftrag ausschickt.“

- f. Kommunikation (Gräsel et al., 2006)

Sowohl wie die Kommunikation in der Schule allgemein verläuft und wie die Implementation kommuniziert wurde (Fachgruppe formell/informell).

„Und da stoßen wir zwar teilweise an unsere Grenzen, weil wir halt vom Zeitraum immer recht schwierig eine Woche finden, wo das dann läuft, und auch die vielen Bio-Klassen dann ja da täglich abgedeckt werden müssen und da uns die Stundenplaner halt aufs Dach steigen und sagen, wenn wir zweimal die Räume komplett für euch buchen, dann kriegen wir echt Engpässe. Aber das hat sich jetzt mittlerweile mit viel Reden und mit viel Argumentieren also schulintern gut gelöst.“

4. Systemmerkmale

Allgemein alle Argumente, die sich außerhalb der Schulorganisation, der Fortbildung und dem Innovationsgegenstand selbst (praktische DNA-Analysen) abspielen, z. B. Entfernung zur Universität, Ökonomie, wirtschaftlicher Anreiz (z. B. Nutzung des privaten PKWs), Lehrplan (zu voll, Stoffmenge).

„Es ist eh schwierig, immer die Zeit zu finden jenseits des Lehrplans.“

5. Innovation

Alles, was mit dem praktischen Arbeiten zu tun hat, also der Durchführung der DNA-Analysen im Unterricht oder Allgemein

a. Flankierende Maßnahmen (Blumenfeld et al., 2000; Boesen et al., 2014)

Alles an zusätzlichen Angeboten, die existieren, genutzt oder gewünscht werden.

„Aber ich könnte mir vorstellen, dass man für die Schüler vielleicht noch einmal ein vereinfachtes Schüler-Skript eventuell bräuchte.“

b. Beurteilung durch Lehrkräfte (Gräsel & Parchmann, 2004b; Zech et al., 2000)

z. B. nützlich, relevant, realisierbar, sinnvoll und die entsprechenden Gegensätze.

„Ich finde es eigentlich so wie es ist eine super Sache. Das ist ja eigentlich ein ziemliches Rundum-Sorglos-Paket.“

c. Kohärenz (Gräsel, 2010)

Die Kategorie ist weggefallen, weil es an keiner der untersuchten Schulen praktische Einheiten zur Genetik oder Biotechnologie gab. Die Ergänzung der praktischen Einheit zu dem theoretischen Unterrichtsgeschehen wurde, je nach Passung, zu „Beurteilung durch die Lehrkräfte“ oder „Bewusstsein für didaktisches Potential“ eingeordnet.

d. Bewusstsein für didaktisches Potential (Bastian et al., 2002)

Kann sich z. B. über Umsetzungsmotivation oder der Einschätzung des Mehrwerts für Schülerinnen ausdrücken.

„Die [praktische Umsetzung] hat 100prozentig einen Mehrwert, weil ich an einigen Stellen halt bei den Schülern da auch das Interesse wecke.“

6. Kooperation (Fussangel & Gräsel, 2009; Killus & Gottmann, 2012, S. 57)

a. kollegiales Feedback

„Da haben wir dann auch immer die Arbeitsblätter erst einmal verschickt und gesagt, so, wir haben das jetzt zusammengestellt, hier ist die PowerPoint, hier sind die Arbeitsblätter für das/ also die Vorab-Theorie. Seid ihr damit zufrieden? Habt ihr noch Gestaltungsideen, Feedback erwünscht?“

b. Co-Konstruktion

Zeitlich und räumlich gemeinsame Kooperation; Aufgaben- und Problemlösungen entwickeln, klare Zielinterdependenz.

„Und da waren wir jetzt/ haben wir also auch jedes Jahr dazugelernt und haben auch wirklich viel diskutiert vorab in der Fachsitzung, wie das am besten ist, was sinnvoll ist.“

c. Synchronisation

Koordination und Abstimmung von Inhalten und Aufgaben.

„Ein neuer Kollege war auch gleich voll dabei. Er hat gesagt, ja, der hat die Fortbildung nicht gemacht, aber er hat gesagt, du bist ja dann da.“

- d. Austausch
Inhalte, Gegebenheiten, Meinungen, Materialien; benötigt keine strukturellen Voraussetzungen und kann jederzeit stattfinden.
„Ich habe es in der Fachschaft auch weitergegeben. Und es ist auch sehr interessiert aufgenommen worden.“
 - e. Teilnahme an der LFB (Dass, 2001; Putnam & Borko, 2000)
„Also das war bei uns an der Schule mit den Kollegen.“
7. Dissemination (Jäger, 2004)
- a. Soziales System weitere Schulen, auch andere Schulformen, mit integrieren
„Ich habe es also tatsächlich einer Kollegin empfohlen, die in [einer anderen Stadt]⁸ als Referendarin sitzt.“
 - b. Person
Weitere Personen in den Prozess integrieren oder darüber informieren.
„Wir hatten auch ein paar Proben zum Testen und dann haben wir halt eine schulinterne Fortbildung für unseren Biologenkreis gemacht und haben einmal an einem Nachmittag das alles durchgeführt.“
 - c. Inhalt
Übertragung der Inhalte auf ein anderes Fach. Diese Kategorie blieb leer, da implementierende Lehrkräfte die Inhalte ausschließlich im Fachkontext umgesetzt haben.

Aufgrund der beginnenden COVID-19 Pandemie nach Start der Interviewstudie, wurde die achte Kategorie *Corona* ergänzt, da Lehrkräfte ein ausgeprägten Redebedarf in diesem Kontext verspürten.

- 8. Corona
 - a. Unterstützung
 - b. Probleme / Gefühle

Zur Kodierung der Lehrkräfte-Aussagen nutzten wir die Software MAXQDA Analytics Pro 2020 (VERBI GmbH). Wir folgten einfachen Kodierregeln angelehnt an Mayring (2020):

1. Es werden immer Sinnabschnitte kodiert. Das bedeutet mindestens ein Satz, der mit einem Punkt endet. In wörtlicher Rede kann es zu einer langen Verkettung von Kommatarennungen kommen; auch dann auch den ganzen Sinnabschnitt kodieren.
2. Kommen in einem Sinnabschnitt Aussagen zu mehr als einem Kode vor, dann wird derselbe Sinnabschnitt mehrfach kodiert.
3. In der gleichen Kategorie wird ein Absatz satzweise kodiert, wenn in jedem weiteren Satz ein neues Argument vorliegt. Alle Sätze werden zusammenhängend kodiert, wenn sie sich alle mit demselben Argument befassen.
4. Wenn die Antwort nur ein Wort ist und ohne die gestellte Frage keinen Sinn ergibt, wird die Frage mitkodiert.

⁸ Der Name der Stadt wurde aus Datenschutzgründen anonymisiert.

- Wenn Personen mehrere Anläufe benötigten, um einen Gedanken in Worte zu fassen, wird der vorangegangene Teil nicht kodiert, wenn er für die Sinneinheit irrelevant ist, aber kodiert, wenn sie ohne keinen Sinn ergibt.

Nach den ersten vier Interviews validierten wir die markierten Aussagen kommunikativ in Teamarbeit (zu dritt). Dadurch stellten wir die Trennschärpen der Kategorien sicher und wählten aussagekräftigere Ankerbeispiele für den Kodierleitfaden. Dabei verschob ich die Unterkategorie *Beruflicher Hintergrund* von *Lehrkräftefortbildung* zu *Personenmerkmale*. Bei der Erstellung des Kategoriensystems habe ich mich bei der Eingruppierung von der teilweise engen Verknüpfung des *Beruflicher Hintergrunds* mit der Wahrnehmung der Fortbildung leiten lassen, inhaltlich passt die Kategorie allerdings besser zu den Personenmerkmalen.

Ein Interrating erfolgte durch eine zweite Person an 12 von 39 Interviews. Die Berechnung des Cohen's Kappa Wertes erfolgte nach Brennan & Prediger (1981). Er wurde auf der Grundlage der Doppelkodierung von ca. 30 % der Transkripte mit einer 80%igen Überlappung der Codes ermittelt. Im Anschluss kodierte ich auch die weiteren Interviews.

Zwei Interviews konnten in der Ermittlung von Cohens Kappa nicht berücksichtigt werden, weil sich bei der Umstellung von MAXQDA 2020 auf MAXQDA 2022 die Markierung der Textpassagen verschob (vgl. **Abbildung 8**). Obwohl gleiche Inhalte markiert wurden, reduzieren die Verschiebung den Überlappungswert von 98 % auf 65 %. **Abbildung 8** zeigt im oberen Bereich (A), dass die markierte Textpassage bei der Berechnung von Überlappungen mit der tatsächlichen Kodierung (lila Klammer am linken Rand) übereinstimmt, während im unteren Abschnitt (B), die Markierung nicht mit der Kodierung übereinstimmt. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass MAXQDA22 die Zeitstempel aus der Vorgängerversion nicht korrekt übernommen hat. Der Support hatte dafür keine Lösung. Wir sahen von einer erneuten Doppelkodierung der beiden betroffenen Interviews ab und nutzten die verbleibenden zehn als Basis für die zufriedenstellende Validierung des Kategorien-Systems.

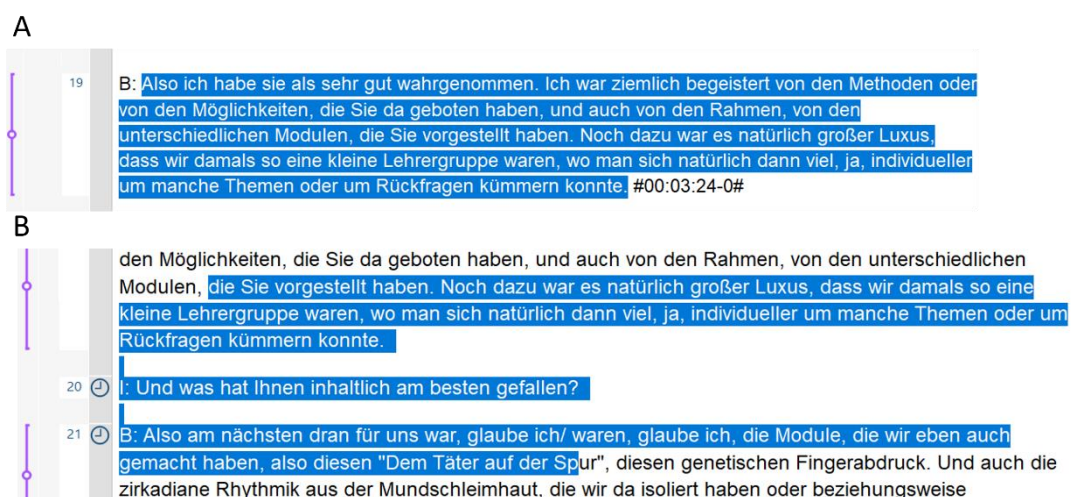


Abbildung 8: Versionsupdate MAXQDA

Visuelle Darstellung der Verschiebung markierter Textabschnitte aufgrund des Versionsupdates von MAXQDA 2019 auf 2020. A zeigt die originale Markierung der Textpassage in Zeile 19 mit Zeitmarke. B zeigt die Markierung einer Textpassage, die nicht mit der farblichen Rahmung am Rand übereinstimmt und bei der Detailanalyse für die Berechnung von Cohens Kappa in MAXQDA 2020 erscheint. Die beiden Interviews bei denen eine solche Verschiebung auftrat, konnten nicht für die Ermittlung von Cohens Kappa berücksichtigt werden. Eigene Darstellung.

Insgesamt kodierten wir 1818 Segmente in den 39 Interviews. Davon liegen 731 Segmente bei den Nicht-Implementiererinnen ($M = 38$, $SD = 10$, $\min = 28$, $\max = 58$). Bei den Implementiererinnen wurden deutlich mehr Segmente kodiert: 1087 ($M = 53$, $SD = 45$, $\min = 21$, $\max = 241$, 71). Hier gab es ein Ausnahme-Interview mit insgesamt 241 kodierten Segmenten, wodurch die hohe Standardabweichung resultiert. Letzteres Interview wird für weitere Analysen nicht berücksichtigt, wodurch sich folglich angepasste Werte ($M = 44$, $SD = 15$) ergeben. Allerdings sind auch diese Zahlen von dem Versionenwechsel betroffen. Durch das Zusammenführen der Interrater-Dateien wurden manche Kodierungen desselben Segments doppelt gezählt. Nach Bereinigung dieser Doppelungen ergeben sich 1788 kodierte Segmente, davon 648 durch Nicht-Implementiererinnen und 965 von Implementiererinnen. Das Verhältnis der Aussagen blieb unverändert: bei Implementiererinnen kodierten wir 1,48 Mal mehr Segmente als Nicht-Implementiererinnen.

Das finale Kategoriensystem mit den induktiven Erweiterungen, entsprechenden Beschreibungen der Kategorien bis zur 2. Ordnung und Ankerbeispielen, wird unter 7.2.2.8 präsentiert.

6.4.3 Analyse der Gruppenunterschiede

Basierend auf der Kodierung aller Interviewtranskripte erfolgte eine Analyse zur Extraktion von Gruppenunterschieden in drei Schritten: Analyse der Dokumenten-Profile (1), Häufigkeiten der Nennungen (2), Kode-Beziehungen (3). Dies dient der Beantwortung von Forschungsfrage 1 b (vgl. 5.1).

- 1. Analyse der Dokumenten-Profile:** Die Funktion der Dokumentenprofile in MAXQDA20 erstellt ein repräsentatives Bild pro Interview, in dem normiert auf 1200 Kästchen die Häufigkeit und Reihenfolge der Kategorien farblich dargestellt wird. Durch diese Visualisierung können erste Erkenntnisse typischer Argumentationsstrukturen basierend auf den Hauptkategorien gewonnen werden.
Ich nutzte diese Funktion, um die Fälle nach den Kategorien zu sortieren, in denen die meisten Segmente kodiert wurden. Das gab mir einen ersten Einblick in den Hauptschwerpunkt der Argumentation und deren Unterschiede zwischen Nicht- und Implementiererinnen. Hierbei ist zu beachten, dass dieses bildgebende Tool die tatsächliche Anzahl der kodierten Segmente nicht berücksichtigt. Durch diese Normierung kann es bei dem direkten Vergleich zwischen den Fällen zu einer Verschleierung der Gewichtung kommen. Wenn beispielsweise in einem sehr kurzen Interview hauptsächlich über die Fortbildung argumentiert wurde, ist das nicht gleichzusetzen mit einem langen Interview, in dem ebenso viel über die Fortbildung argumentiert wurde, da im Zweifelsfall im längeren Interview mehr Argumente hinter der gleichen Anzahl normierter Kästchen liegt.
- 2. Häufigkeiten der Nennungen:** Da die Dokumenten-Profile nur auf Ebene der Hauptkategorien agierten, analysiere ich zusätzlich die Häufigkeiten von Nennungen innerhalb aller Kategorien.
- 3. Kode-Beziehungen:** Zuletzt analysierten wir, ob es bestimmte Kode-Beziehungen innerhalb des Kategoriensystems gibt und inwieweit sich diese Beziehungen zwischen Nicht- und Implementiererinnen unterscheiden. Kode-Beziehungen bedeutet in dem Kontext, dass bestimmte Codes häufig gemeinsam auftreten.

Die Kategorien, die Unterschiede aufwiesen, bildeten die Grundlage für die induktive Analyse der Interviews.

6.4.4 Induktive Kodierung der Interviews

Die Induktive Analyse dient dazu das Kategoriensystem detaillierter zu gliedern. Die deduktiv entwickelten Kategorien stammen aus vorangegangener Forschung und liegen auf einem hohen Abstraktionsniveau. Das bedeutet, dass sowohl zustimmende als auch verneinende Aussagen zum gleichen Sachverhalt innerhalb der Kategorien gesammelt werden. Beispielsweise wird aus der Kategorie „Beurteilung der Lehrkräfte“ weder deutlich, ob Lehrkräfte positiv oder negativ beurteilt haben, noch welche konkreten Argumente sie für diese Beurteilung heranzogen.

Die vorangegangene Analyse der Interviews diente als Ausgangspunkt für die induktive Analyse. Allerdings wurden sämtliche Kategorien nachkodiert. Im Rahmen des induktiven Prozesses folgte ich den gleichen Kodierregeln wie zuvor. Dabei zeigte das Tool Smart Coding des Programms MAXQDA 20 alle Segmente in der entsprechenden Kategorie an. Ich betrachtete jedes Segment einzeln und definierte eine übergreifende Abstraktionsebene des Inhalts. Alle induktiven Kategorien wurden kommunikativ validiert, wobei wir auf einen separaten Inter-Koder-Durchgang verzichteten, da nur mit bereits verifizierten Textpassagen weitergearbeitet wurde. Das Smart-Coding Tool von MAXQDA20 erlaubt beim Lesen neue Codes zu generieren. Durch dieses Vorgehen entstehen Doppelkodierungen, da die gleiche Textpassage in der Unterkategorie und der neuen Kategorie vorkommt. Entsprechend ist die Anzahl der kodierten Segmente im Anschluss an die induktive Erweiterung nicht mit der deduktiven vergleichbar: Es sind keine Segmente hinzugekommen. Um Analysefunktionen in MAXQDA20 nutzen zu können sind diese Doppelkodierungen hinderlich, entsprechend entfernte ich aus den neu kodierten Segmenten alle sinnleeren Doppelkodierungen. Als „sinnleer“ erachte ich alle, die der Dynamik Kategorie – Unterkategorie folgten, bspw. *Lehrkräftefortbildung* und *Teilnahmemotivation*, aber nicht solche, die in verschiedenen Unterkategorien vorkommen, weil sie mehr als ein Argument beinhalten, bspw. *Teilnahmemotivation* und *Beruflicher Hintergrund* beides Unterkategorien von *Lehrkräftefortbildung*. Letztere Doppelkodierungen entsprechen den festgelegten Kodierregeln (vgl. 6.4.2).

Diese Detailansicht durch induktive Erweiterung der genutzten Argumente der Lehrkräfte dient zur Beantwortung der Forschungsfragen 1 (vgl. 5.1).

6.4.5 Typisierung nach Mayring

Zur Analyse der Handlungsmuster bedienen wir uns der *Typisierenden Strukturierung* nach Mayring (Mayring, 2015, S. 70 ff.; Mayring & Fenzl, 2019). Dies dient zur Beantwortung der Forschungsfrage 2 a: *Welche Handlungsschritte unternehmen die Lehrkräfte von der Teilnahme an der Fortbildung bis zur Umsetzung der biotechnologischen DNA-Analysen in ihrer Schule?*

Bei der typisierenden Strukturierung werden Aussagen in vier Schritten verallgemeinert, um Typen oder Kategorien zu ermitteln: (I) Paraphrasieren, (II) Generalisieren, (III) Selektion und (IV) Integration. Wir berücksichtigten nur Aussagen, die tatsächliche Handlungen betrafen. Aussagen, die sich auf geplante Handlungen bezogen, sortierten wir aus, da wir nicht sicher sein konnten, ob sie tatsächlich geplant waren oder uns gegenüber nur geäußert wurden, z. B. aus Gründen der sozialen Erwünschtheit (Bergen & Labonté, 2020).

Im Folgenden demonstrieren wir unser Vorgehen beispielhaft:

1. **Paraphrasieren:** Entfernen von Sprache, die keine Informationen trägt.

Kürzel	Zeile	Paraphrase
HEJÜ15	171	Umsetzung gesamt mit 150-160 Schüler jede Lehrkraft betreut seinen eigenen Kurs von 25-30 Schüler
SYER18	361	Lehrkraft führt Versuch mit 14 Schülern durch

2. **Generalisierung:** Abstrahieren von Aussagen auf eine einheitliche Ebene.

Die Abstraktion erfolgte bei den Handlungsmustern in einer Weise, dass eine für den Fallvergleich geeignete individuelle Identität ausgeschlossen ist.

Kürzel	Zeile	Generalisiert
HEJÜ15	171	Umsetzung mit gesamter Stufe jede Lehrkraft betreut eigenen Kurs
SYER18	361	Umsetzung alleine Lehrkraft betreut eigenen Kurs

3. **Selektion:** Auswahl aller abstrahierten Aussagen, die relevante Informationen tragen.

Durch die vorherige Festlegung, dass nur tatsächliche Handlungsschritte paraphrasiert werden sollten, fiel dieser Schritt häufig, wie in diesem Beispiel weg, da wir jeden einzelnen Handlungsschritt tatsächlich berücksichtigten.

4. **Integration:** Zusammenfassen aller Aussagen, die die gleichen Informationen tragen.

Kürzel	Schritt	Paraphrase
HEJÜ15	Auswahl Schülerinnenkohorte	Gesamte Stufe
HEJÜ15	Implementationsmodus	Klassenverband*
SYER18	Auswahl Schülerinnenkohorte	Eigene Klasse
SYER18	Implementationsmodus	Klassenverband*

* Die beiden Aussagen würden gleichermaßen gezählt, wenn andere Passagen keine weiteren Unterschiede in der tatsächlichen Umsetzung aufzeigen würden.

Bei jedem Schritt dieser Analyse arbeiteten wir zu zweit, um Entscheidungen zu überprüfen und die Wahrscheinlichkeit zu minimieren, dass wir interpretieren, statt zu analysieren. Dieses angeleitete Verfahren und die kontinuierliche kommunikative Validierung der Lehrkräfte-Handlungen führten zu einem interferenzarmen Handlungsnetzwerk, das aus einzelnen Schritten besteht, die von Lehrkräften tatsächlich durchgeführt wurden. Dieses Handlungsnetzwerk stellten wir grafisch da, wobei initial der Weg jeder einzelnen interviewten Lehrkraft integriert wurde. Da die Reihenfolge der Schritt zwischen Lehrkräften teilweise stark variierte, vor allem im Detail, wiederholten wir den 4. Schritt der Integration und fassten Einzelhandlungen weiter zusammen.

Beispielsweise fielen die Handlungen *Festlegung des Zeitraums*, *Kontaktaufnahme zur Ausleihe* und *nur Reagenzien ausleihen* in der übergeordneten Handlung *Koordination der Ausleihe* zusammen. Durch diese zusätzliche Abstraktion reduzierten wir die Komplexität des resultierenden Handlungsnetzwerks und konnten dies in drei separaten Flussdiagrammen darstellen. Dafür zählte ich, wie oft die Lehrkräfte innerhalb unserer Stichprobe eine bestimmte Abfolge von Handlungsschritten durchgeführt haben und stellten dies grafisch über die Linienstärke dar. Diese Analyse soll erste Einblicke in Lipowskys dritte Ebene der Umsetzung von Fortbildungsinhalten geben (Lipowsky & Rzejak, 2020).

7 Ergebnisse

Der Ergebnisteil ist entsprechend der Forschungsfragen (vgl. 5.1) und der chronologischen Reihenfolge der Methoden aufgebaut. Zu Beginn wird die Sichtung des gesamten Datenmaterials anhand der Fallzusammenfassungen vorgestellt (vgl. 7.1). Danach werden die Ergebnisse der deduktiven und induktiven Kodierung präsentiert, die zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage nach den Begründungsmustern dient (vgl. 5.1). Den Abschluss bilden die Handlungsmuster, welche zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage dienen (vgl. 5.1).

7.1 Kurzzusammenfassungen der Interviews

Kuckartz empfiehlt, allen Interviews einen eindeutigen Titel zu geben, der den individuellen Fall eindeutig kennzeichnet (Kuckartz et al., 2008). Diese Titel sind gemeinsam mit der Schulform in **Tabelle 6** und **Tabelle 7** aufgelistet und folgen dabei dem Ordnungskriterium nach Teilnahme an der LFB: mehrmals, gemeinsam mit Kolleginnen, alleine, keine Teilnahme (vgl. 6.2.1). Lehrkräfte von der gleichen Schule sind ebenfalls gekennzeichnet.

Tabelle 6: Implementiererinnen

Übersicht der Interviews mit Lehrkräften, die DNA-Analysen praktisch mit ihren Schülerinnen durchgeführt haben unter Angabe der Schulformen. Dabei orientiert sich die Reihenfolge an dem Teilnahmemodus an der LFB: mehrmals, gemeinsam, alleine. Hochgestellte Zahlen am Kürzel der Lehrkraft geben die gleiche Schule an, an denen die Lehrkraft unterrichten. Die Zahlen sind fortlaufend zu Tabelle 5 und zeigen Querverbindungen auf. Eigene Darstellung.

Schulnr.	Fall	Titel der Lehrerinnen, die implementierten	Schulform
<i>Mebrmalige Teilnahme an der LFB</i>			
11	CHRO26	Angebot durchgeführt für fremde Klassen	GYM
12	IREU10	Überzeugte Kämpferin an allen Fronen: Fachschaft, Anschaffung	GYM
<i>Gemeinsame Teilnahme an der LFB</i>			
1	MAHE12 ¹	Selbstverpflichtete Seminarlehrkraft mit kooperativer Fachschaft	FOS / BOS
1	SYER18 ¹	Begeisterte Dauerimplementiererin mit gesamter Fachschaft	FOS / BOS
2	GAGE26 ²	Geschlossene Fachschaft: Ziel eigene Anschaffung	GYM
2	HEJÜ15 ²	Aufgeschlossen aber Zeitkritisch	GYM
3	REGU14 ³	Selber machen > Exkursion	GYM
4	GAWÉ18 ⁴	Die ganze Familie zur Unterstützung verpflichtet	GYM
4	HEHE15 ⁴	Überzeugte: Mehr Praxis in die Oberstufe	GYM
7	ANKL21 ⁷	Überzeugt und selbstständig: Angebot auf freiwilliger Basis	GYM
8	GEUL17 ⁸	Von Referendarinnen abhängige Seminarlehrerin	GYM
9	IRDE16 ⁹	Lernende Junglehrkraft	GES
13	RERU25	Begeisterte Praktikerin	GYM
14	CHJO28	Die privat kooperierende Praxisüberzeugte	GYM
15	DIRA14	Die motivierte Einzelgängerin	GYM
<i>Alleine Teilnahme an der LFB</i>			
5	MAHU05 ⁵	Ausschöpfen des neuen Wahlfachs	BOS
16	DRHO18	Praxisteil der LFB ist lohnend im Unterricht	GYM
17	ELGÜ04	In die S1-Betreuung Reingewachsene	GYM
<i>Keine Teilnahme an der LFB</i>			
3	DAPE04 ³	Die schulintern weitergebildete Junglehrkraft	GYM
10	KADI05 ¹⁰	Intern Fortgebildete aber ambitionierte Teilnehmerin	GYM

Tabelle 7: Nicht-Implementiererinnen:

Übersicht der Interviews mit Lehrkräften, die DNA-Analysen **nicht** praktisch mit ihren Schülerinnen durchgeführt haben unter Angabe der Schulformen. Dabei orientiert sich die Reihenfolge an dem Teilnahmemodus an der LFB: mehrmals, gemeinsam, alleine. Hochgestellte Zahlen am Kürzel der Lehrkraft geben die gleiche Schule an, an denen die Lehrkraft unterrichten. Die Zahlen sind fortlaufend von Tabelle 4 und zeigen Querverbindungen auf. Eigene Darstellung.

Schulnr.	Fall	Titel der Lehrerinnen, die nicht implementierten	Schulform
<i>Mehrmalige Teilnahme an der LFB</i>			
5	MAMI14 ⁵	Praxisbegeisterte Teilnahme-Wiederholungstäterin	GYM
<i>Gemeinsame Teilnahme an der LFB</i>			
5	ROGÜ07 ⁵	Die „Alles-muss-abprüfbar-sein“ Brille	BOS
6	GUOT13 ⁶	Aufwand an „Notfallkurs“ Biologie verschwendet	GYM
6	MORE23 ⁶	Nicht interessierte Mitläuferin zur Teilnahme an LFB verpflichtet	GYM
7	LIDI04 ⁷	Aufwand > Mehrwert für SuS	GYM
8	MARI14 ⁸	Begeisterte Diplom-Biologin ohne 11. Klasse	GYM
9	CHHE05 ⁹	Fast-Pensionierte mit Leistungskurs-Wehmut	GES
10	MAIR06 ¹⁰	Die Abwägende Funktionalität > Vielfalt	BOS
18	ANAN10	Begeisterte aber überforderte Junglehrkraft	GYM
19	CHHE22	Begeistert aber nervöse Willig-Umsetzerin (Corona gehemmt)	GYM
20	IRAL01	Durch andere Projekte ausgelastet	GYM
21	RIWO15	Dem Fachschafts-Entschluss untergeordnet	GYM
22	ROKA23	Souveräne Zeitskeptikerin ohne Biologiefächer	GYM
23	WACH11	Überzeugt aber durch Klassenzuteilung verhindert	GYM
24	HHJJ99	Optimistische Diplom-Biologin an neuer Schule ohne Oberstufe	GES
25	GAST25	Corona-gebremste Jungfachschaft mit Anschaffungsziel	FOS
26	MAGU23	Corona-gebremste Fachschaft	FOS
<i>Alleine Teilnahme an der LFB</i>			
27	GUGE28	Vorsichtig Begeisterte durch Zeit und Klassenzuteilung gehemmt	GYM
28	URER23 *	Privat interessierte Externe	FOS / BOS

* Sonderfall: Lehrkraft implementierte nicht selbst, sondern kam zum außerschulischen Lernort (vgl. 6.2.2).

Anhand der Tabellen fällt auf, dass es für jedes Ordnungskriterium Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen gibt: Schulform und Teilnahme an der Fortbildung. Es gibt sogar eine Nicht-Implementiererin, die mehrmals an der Fortbildung teilnahm. Im Folgenden werden die einzelnen Fallzusammenfassungen präsentiert. Die Reihenfolge orientiert sich an der präsentierten Reihung innerhalb der **Tabelle 6** und **Tabelle 7**, beginnend mit Lehrkräften die mehrmals und in Gesellschaft von Kolleginnen teilnahmen, gefolgt von Lehrkräften, die einmalig mit Kolleginnen teilnahmen und zum Schluss Lehrkräfte, die alleine und einmalig teilnahmen.

Dabei verzichtete ich auf Inhalte, die sich mit der COVID-19 Pandemie befassen, es sei denn sie standen im direkten Zusammenhang mit der LFB oder der Umsetzung praktischer DNA-Analysen mit Schülerinnen und haben damit einen Bezug zu den Forschungsfragen. Die KI-basierte Validierung der Zusammenfassungen ergab die Strukturierung in die Abschnitte (vgl. 6.4.1):

- **Hintergrund:** Lehrkraft haben einen besonderen Bezug zum Thema Biotechnologie.
- **Fortbildung:** Einstellung & Wahrnehmung der Veranstaltung.
- **Implementation:** Umsetzung der praktischen DNA-Analysen.
- **Feedback und Beobachtungen:** Reflexion der Implementation.
- **Pläne & Wünsche:** Äußerungen, die sich auf die Zukunft beziehen.
- **Update (Ende 2023):** Informationen über Entwicklung des Implementationsverhalten der Lehrkraft oder Schule seit der Rekrutierung (2020), falls vorhanden.

Nicht in jedem Interview sind alle Abschnitte relevant.

7.1.1 Lehrerinnen, die biotechnologische Versuche implementiert haben

Die Vorstellung der Fallzusammenfassungen folgt den gleichen Ordnungskriterien der Übersichtstabelle (vgl. **Tabelle 6**).

Mehrmalige Teilnahme an der LFB:

7.1.1.1 CHRO26 Angebot durchgeführt für fremde Klassen

Fortbildung: Die Lehrkraft hat zunächst alleine an der LFB an der TUM teilgenommen und dann die gewonnenen Erkenntnisse an die Fachbetreuerin weitergegeben. Nach der ersten Implementation sind die Fachbetreuerin und die Lehrkraft ein zweites Mal zur LFB gekommen. Im Anschluss haben sie gemeinsam intern eine LFB für die Kolleginnen abgehalten. Die Lehrkraft schätzt die LFB wegen ihrer hohen Informationsdichte und dem Einblick in den aktuellen Stand der Forschung und Wissenschaft.

Implementation: Obwohl die Lehrkraft selbst keinen Biologiekurs in der 11. Jahrgangsstufe unterrichtete, übernahm sie die praktische Implementation der LFB-Inhalte in diesen. Sie teilten die Klassen auf und führten das Programm über zwei Wochen durch. Dabei mussten sie zusätzliche Zeit anderer Schulstunden in Anspruch nehmen, weil keine Doppelstunden zur Verfügung standen. Dies war kein Problem, da sowohl das Kollegium als auch die Schulleitung unterstützend waren. Die Lehrkraft fand am herausforderndsten, dass sie selbst nicht so tiefes Wissen über die Inhalte hat und dass die Materialien knapp bemessen waren. Sie schätzt die Erfahrung der ersten Implementation, da sie nun genau weiß, worauf es ankommt. Obwohl sie die Flussdiagramme schätzt, findet sie, dass das Wichtigste für die Schülerinnen nicht deutlich genug ist. Die Schülerinnen waren sehr begeistert und motiviert.

In Bezug auf Kooperation haben sie mit einer Nachbarschule gemeinsam ausgeliehen, um sicherzustellen, dass jede Schule nur einmal fahren muss. Der Partner der Lehrkraft arbeitet in München, sonst wäre die Ausleihe problematisch, da die Lehrkraft solche Fahrten in ihrer Freizeit machen müssen (ca. 105 Minuten Autofahrt).

Gemeinsam mit der Fachbetreuerin hätte sie noch einmal durchgeführt, wenn Corona das nicht verhindert hätte. Bei der Wiederholung planten sie mit 3 statt 2 Schulstunden pro halbe Klasse und stellten den Lehrplan um, so dass die Gentechnik als zweites Unterkapitel nach der Genetik kommt. Die Implementation im letzten Jahr war ein derartiges Highlight, dass sie glaubt, dass die aktuellen Schülerinnen der 11. Jahrgangsstufe traurig sein werden, dass es bei ihnen aufgrund von Corona ausfällt.

Pläne und Wünsche: Sie wünscht sich die Inhalte als fertige Arbeitsblätter für die Schülerinnen, hat aber kein Interesse an einer LFB dazu, da es für sie zum Arbeitsalltag gehört. Die Lehrkraft wünscht sich weitere Fortbildungen mit Methoden, die zum Lehrplan passen, wobei sie anmerkt, dass pro Klasse nur ein Praktikum durchgeführt werden kann, da sonst die Zeit zu knapp ist.

Update (Ende 2023): Mit Ausnahme der Corona-Pause 2021 lieh die Schule im Jahrestakt aus (2019 - 2023).

7.1.1.2 IREU10 Überzeugte Kämpferin an allen Fronten: Fachschaft, Anschaffung.

Hintergrund: Nach ihrer Teilnahme an einer LFB zum gleichen Thema an einem anderen Standort, hat sich das persönliche Interesse weiterentwickelt.

Fortbildung: Die Lehrkraft nahm an der TUM teil. Sie empfand die LFB als sehr gut, vor allem aufgrund des Praxisteils, der tatsächlich Neuheiten vorstellte, sowie des intensiven fachlichen Inputs. Um sicherzustellen, dass alle Kolleginnen über die Inhalte informiert sind, organisierte die Lehrkraft die gleiche LFB an ihrer eigenen Schule und nahm damit auch an dieser teil.

Implementation: Die Implementation wurde von Lehrkraft aufgrund ihrer eigenen Begeisterung für das Thema durchgeführt, die sie auf die Schülerinnen übertragen wollte. Die Motivation dazu war eine Kombination aus Begeisterung und der Wichtigkeit/Aktualität der Thematik. Sie ist überzeugt, dass Schülerinnen besser lernen, wenn sie Wissen praktisch anwenden können.

Die Lehrkraft musste viel Überzeugungsarbeit leisten, insbesondere bei älteren Kolleginnen, die die Inhalte nicht aus dem Studium kennen und sich schwer motivieren ließen Neues zu probieren. In ihren Augen sind insbesondere Nicht-Chemiker nicht daran gewöhnt, viel praktisch zu arbeiten. Sie hofft, dass zukünftige junge Kolleginnen mehr Interesse zeigen.

Um Hemmungen abzubauen, setzte sie sich dafür ein, das Equipment für die Schule anzuschaffen. Das gelang ihr durch die Unterstützung einer Stiftung, mit der sie bereits Pipetten und Gelelektrophoresen beschafft hatte und nach der LFB für Thermozykler anfragte.

Ihre erste Umsetzung fand an einem Nachmittag statt, im Rahmen eines W-Seminars⁹.

⁹ Wissenschaftspropädeutisches Seminar: Vermittlung von Methoden des wissenschaftlichen Arbeitens anhand einer eigenen Seminararbeit incl. Präsentation eigener Ergebnisse, Online-Auftritt Gymnasiale Oberstufe: <https://www.gymnasiale-oberstufe.bayern.de/fachwahl-und-belegung/individuelle-schwerpunktsetzung/w-seminar> (aufgerufen: 02.10.2024, 13:45).

Dabei erhielt sie Unterstützung von ihrer Partnerin, die Lehrkraft an einer anderen Schule ist, und als Hilfskraft fungierte. Obwohl die Module gut vorbereitet werden, empfand sie die zeitliche Umsetzung als "knackig". Im Endeffekt lief es allerdings schnell ab, was sie überraschte, da sie entspannt an die praktische Umsetzung herangegangen war. Sie schätzt, dass sie mehrere Durchläufe benötigt, um zur Perfektion zu gelangen, ist aber überzeugt, dass die Schülerinnen nicht bemerken, dass es für die Lehrkraft schwierig war. Die Rückmeldungen waren sehr positiv, aber die Schülerinnen wünschten sich eine Umsetzung am Vormittag.

Es war eine Herausforderung, die Schulleitung zu überreden, das Praktikum beim nächsten Mal vormittags stattfinden zu lassen.

Pläne und Wünsche: Lehrkraft wünscht sich Informationen zu typischen Fehlerquellen der Schülerinnen und Back-Up-Material für den Fall, dass die Schülerinnen Fehler beim Pipettieren machen. Sie betrachtet die Aufbereitung der Materialien als Teil der Lehrkraft-Aufgaben und wünscht sich dort keine weitere Unterstützung, sondern lieber weitere Konzepte für Praktika.

Update (Ende 2023): Mit Ausnahme der Corona-Pause 2022 lief die Schule im Jahrestakt aus (2018 - 2024).

Gemeinsame Teilnahme an der LFB:

7.1.1.3 MAHE12 Selbstverpflichtete Seminarlehrkraft mit kooperativer Fachschaft

Fortbildung: Die Lehrkraft nahm mit einem Großteil der Fachschaft an der LFB an der TUM teil, die über zwei Nachmittage ging. Sie fand den Theorieteil anspruchsvoll und war von dem Praxisteil begeistert. Die Möglichkeit zur Ausleihe sei das „nonplusultra“ und das Begleitmaterial gut. Sie findet die Lehrplanpassung sehr gut: In der 12. Jahrgangsstufe passen die Inhalte generell. In der 13. Jgst. sind sie Inhalte anschlussfähig bei Sinnesphysiologie (Kontext: Bittere Geschmackswahrnehmung) und Immunologie (Laktoseintoleranz). Dadurch hat man verschiedene Möglichkeiten, die praktischen DNA-Analysen in den Lehrplan zu bringen.

Implementation: Die Motivation zu Implementation war vor allem wegen der Tätigkeit als Seminar-Lehrkraft geprägt, damit junge Lehrkraft die Erfahrung in ihre neuen Schulen tragen. Zusätzlich sollten die praktischen DNA-Analysen ein Alleinstellungsmerkmal dieser Schule werden. Das Begleitmaterial wurde vollständig übernommen (Flussdiagramm & Aufhänger) und nur kleinere Anpassungen für Schülerinnen-Handouts bei der Ansprache (siezen statt duzen) gemacht.

Im Folgejahr wurde die Implementation wiederholt. Allerdings wurde angepasst, dass es für die 12. Jahrgangsstufe nicht mehr verpflichtend war. Dadurch sollte die Besonderheit der Umsetzung hervorgehoben und vor allem interessierte Schülerinnen angesprochen werden. In der 13. Jahrgangsstufe blieb es verpflichtend, weil ein bestimmter Notenschnitt erforderlich ist. Außerdem sind die Schülerinnen in der 13. Jgst. generell motivierter. Schulorganisatorisch ist es wegen der Stunden problematisch, da die Schülerinnen nur zwei Stunden Biologie pro Woche haben.

Die gesamte Fachschaft (4 Lehrkräfte) arbeiten zusammen: Vor jedem Projekt gibt es eine extra Fachsitzung (Material sichten, Briefing, Arbeitsblätter vorbereiten, Arbeitsteilung). Im zweiten Jahr gab es das Problem, dass jede Lehrkraft alleine mit der ganzen Klasse war.

Im dritten Jahr haben sie die Klassen aufgeteilt.

Eine Schwierigkeit ist das Materialabholen und Zurückbringen. Einmal mussten sie die Fahrt privat bezahlen, einmal wurde es durch die Schule erstattet, aber wie es in Zukunft sein wird ist nicht abschließend geklärt.

Nach jeder Implementation führte die Fachschaft eine Mini-Evaluation mit den Schülerinnen über Klebepunkte durch.

Kooperationen mit anderen Schulen wird von der Schulleitung verhindert: Die Praxiseinheit soll ein Alleinstellungsmerkmal bleiben.

Wünsche: Die Lehrkraft wünscht sich bei gleichen Methoden eine große Themenvielfalt.

Update (Ende 2023): Die Schule lieth seitdem im Jahrestakt aus (2018 - 2024), insgesamt schon neun Mal, weil in den Jahren 2018 und 2020 jeweils zwei Ausleihen stattfanden.

7.1.1.4 SYER18 Begeisterte Dauerimplementiererin mit gesamter Fachschaft

Insgesamt sieht die Lehrkraft das Programm sehr positiv und ist von den praktischen Möglichkeiten begeistert. Sie betont den Mehrwert für die Schülerinnen und die Bedeutung der Implementation an ihrer Schule.

Hintergrund und Erfahrung: Da die Lehrkraft selbst Diplom-Biologin ist und sich gut in Biotechnologie auskennt, hat sie sich vorher nie um LFBs in diesem Bereich bemüht. Zum einen mangelt es an praktischen Umsetzungsmöglichkeiten. Zum anderen deckte der alte Lehrplan der FOS/BOS dies nicht ab. Lehrkraft ist zusätzlich im Schulwesen engagiert: hat drei Jahre Jugend forscht angeboten und organisiert das Junior Science Café mit einer Kollegin.

Fortbildung: Seit dem Programmstart im Jahr 2017 ist die Fachschaft der Lehrkraft aktiv dabei und hat bereits drei LFBs an der Universität besucht: Tatort DNA, Bittere Geschmackswahrnehmung und Laktoseintoleranz. Die Lehrkraft nimmt so oft wie möglich mit so vielen Kolleginnen wie möglich an diesen Fortbildungen teil. Lehrkraft ist besonders begeistert vom Konzept und den Materialien, insbesondere von der fachlichen Tiefe.

Implementation: Die Lehrkraft betont das Engagement der Fachbetreuerin in Bezug auf die Implementation des Konzepts an ihrer Schule. Die Entscheidungen in der Fachschaft werden demokratisch getroffen, und es gibt klare Arbeitsteilung: Fachbetreuerin macht Organisatorisches (Schulleitung, Stundenplaner überzeugen), zwei Kolleginnen erarbeiten aus dem LFB Material ein Skript, Präsentation und Arbeitsblätter, letzte Kollegin kontrolliert alles. Die Schule hat keine Ausstattung in die Richtung. Lehrkraft ist froh über Nähe zu München, sieht arbeitsteiliges Abholen der Materialien unkritisch.

Die Fachschaft setzte bereits drei Mal um. Jedes Mal wurde das Konzept durch Reflexionen in Anschlussgesprächen nachkorrigiert:

1. Tatort-DNA für 11. und 12. Jahrgangsstufe verpflichtend
2. Tatort-DNA freiwillig für 11. Jahrgangsstufe und Bitterstoffe verpflichtend für 12. Jahrgangsstufe
3. Kleinere Gruppen, Konzept blieb sonst gleich, nur dass die 12. Jahrgangsstufe bei der verpflichtenden Umsetzung das Modul wählen konnte (Bittere Geschmackswahrnehmung, Circadianer Rhythmus oder Laktoseintoleranz)

Fachschaft einigt sich auf gemeinsame Vorbereitung der Schülerinnen: Genetik muss vorgezogen werden und i.d.R. gibt es 90 Minuten Input vor der Genetik-Projektwoche, manchmal in Kombination mit Fachreferaten. Das Pipettieren wird vorher eingeübt.

Feedback und Beobachtungen: Das Konzept hat sich an der Schule einen Ruf aufgebaut und die Schülerinnen sind begeistert. Die Lehrkräfte evaluieren die Implementation: Sie sammeln sowohl von den Schülerinnen Feedback ein, als auch untereinander. Schülerinnen Kohorte ist sehr heterogen: Sozialzweig hat Biologie verpflichtend, dann gibt es Wahlfächer (Aspekte der Biologie, Aspekte der Gesundheit) und beim freiwilligen Kurs konnten auch Schülerinnen (und Lehrkräfte) mitmachen, die keine Vorkenntnisse haben. Diese bekamen vorab ein Skript zum Einarbeiten.

Pläne und Wünsche: Lehrkraft wünscht sich weitere Module mit der Wissenschaftlichkeit und Alltagsbezug, evtl. etwas zu Lebensmitteln und ist begeistert von den Brücken, die die biotechnologischen Module schlagen. Lehrkraft wäre gegenüber Kooperation mit anderen Schulen offen und nennt auch mögliche Partner, sieht das aber schulpolitisch kritisch, wegen der Konkurrenz um Schülerinnen.

Update (Ende 2023): Die Schule lieh seitdem im Jahrestakt aus (2018 - 2023), insgesamt schon neun Mal, weil in den Jahren 2018 und 2020 jeweils zwei Ausleihen stattfanden.

7.1.1.5 GAGE26 Geschlossene Fachschaft: Ziel eigene Anschaffung

Fortbildung: Die LFB fand an der Schule mit der gesamten Biologiefachschaft statt (16 Personen). Die Lehrkraft findet vor allem das aufeinander abgestimmte Konzept am besten (Bedienerfreundlichkeit, Schülerniveau, Kontexte mit Bezügen zu den Schülerinnen). Sie empfand die Theorie als herausfordernd, ist aber froh, dass mehr Input kam, als zwingend für die Durchführung notwendig war, weil es sie flexibler ausstattet.

Implementation: Die Lehrkraft sieht in der praktischen Umsetzung selbst den Mehrwert: Sie ist motivierend und ermöglicht moderne Methoden, die sonst nicht ohne weiteres erfahrbar sind. Außerdem ist sie authentisch.

Die Fachschaft einigte sich auf die Umsetzung mit der gesamten Q11 nach Notenschluss an einem verpflichtenden Genetiktag (vgl. Kollegin 7.1.1.6). Jede Lehrkraft, die einen Biologie-Kurs unterrichtete, nahm teil, und eine zusätzliche Lehrkraft hielt einen Kurs für die Q11-Schülerinnen ohne Biologie. Die Vor- und Nachbereitung wurde den Lehrkräften individuell überlassen. Die Umsetzung war nicht unmittelbar in das Thema im Unterricht eingegliedert. Es gab vor der Implementation eine interne "last minute" Besprechung.

Im Anschluss an die Umsetzung einigte sich die Fachschaft darauf, es nicht mehr in der gleichen Form zu machen, sondern höchstens jede Lehrkraft für sich, weil der organisatorische Aufwand (Räume, Vertretungen) zu hoch ist. Die Lehrkraft befürwortet diesen Beschluss.

Pläne und Wünsche: Wegen der großen Zeitspanne zwischen LFB und Implementation war die Lehrkraft unsicher und wünschte sich eine knappe Checkliste für die Vorbereitung.

Die Fachschaft hat im Rahmen des Digitalpakts einen Antrag gestellt, in den sie die Anschaffung der Geräte eingliederte. Sie wurden dabei von der Schulleitung unterstützt. Die Lehrkraft gibt an, dass die Schule so groß sei, dass sie keine Kooperation mit weiteren Schulen benötigt bzw. anstrebt.

Update (Ende 2023): Die Schule lieh nach zwei Jahren Pause erneut aus. Seitdem im Jahrestakt, für eine große Kohorte (ca. 200 Schülerinnen) und nur Reagenzien. Ob die interviewte Lehrkraft beteiligt ist, ist dabei unbekannt.

7.1.1.6 HEJÜ15 Aufgeschlossen aber Zeitkritisch

Fortbildung: Die Fortbildung fand an der eigenen Schule statt und wurde als "sehr informativ" empfunden, insbesondere weil das Praktische und Theoretische Hand in Hand gingen. Alle Lehrkräfte, die zu dem Zeitpunkt eine Q11-Klasse unterrichteten, entschieden bereits während der LFB, dass sie einen "Tag der Genetik" durchführen wollten, und legten direkt einen Termin fest.

Implementation: Der Hauptgrund für die Durchführung war die Passung zum Oberstufen-Lehrplan und die Tatsache, dass das Themengebiet sehr theoretisch ist. Der "schöne" praktische Bezug führe dazu, dass man schnell Ergebnisse sieht.

Der einzige Kritikpunkt ist die knappe Zeit, bedingt durch schulorganisatorische Herausforderungen und auch während der Umsetzung den zeitlichen Rahmen nicht zu sprengen. Von Seiten der Ausleihe war alles gut vorbereitet und einfach umzusetzen. Es traten unerwartete technische Schwierigkeiten auf, z. B. funktionierte der USB-Hub an den Schul-PCs nicht. Bei der Umsetzung des Themas "Schmecker" haben alle Lehrkräfte geholfen, die einen entsprechenden Kurs hatten. Zusätzlich haben sich Lehrkräfte beteiligt, die Zeit hatten, weil Schülerinnen ohne Biologie als Wahlfach teilnehmen konnten. Die Vor- und Nachbereitung wurde von jeder Lehrkraft individuell geregelt. Die Anleitungen aus dem Skript wurden genutzt.

Alle Beteiligten (Schülerinnen, Schulleitung und Kolleginnen), waren begeistert von der Veranstaltung. Bei dem Interesse der Schülerinnen war schwer festzustellen, ob dies fachlich bedingt war oder an dem Ausfallen des regulären Unterrichts lag.

Zusammen mit einer Kollegin (GAGE26, 7.1.1.5) hat die Lehrkraft unabhängig vom Fachschaftsentschluss auch für ihre 9. Klasse Material ausgeliehen.

Die Lehrkraft stellt die Rentabilität des zeitlichen Aufwands für das Ergebnis in Frage und würde beim nächsten Mal Das Modul *Tatort-DNA* auch für die 11. Klasse bevorzugen. Sie findet diesen besser, da die DNA-Extraktion als kritischer Erfolgsschritt wegfällt.

Pläne und Wünsche: Die Lehrkraft möchte auch an Laktoseintoleranz teilnehmen und wünscht sich, dass es mehr zum Lehrplan passt, jedoch eher in Form von biotechnologischen Methoden anstatt zusätzlicher Themen.

Update (Ende 2023): Die Schule lieh nach zwei Jahren Pause erneut aus. Seitdem im Jahrestakt, für eine große Kohorte (ca. 200 Schülerinnen) und nur Reagenzien. Ob die interviewte Lehrkraft beteiligt ist, ist dabei unbekannt.

7.1.1.7 REGU14 Selber machen > Exkursion

Insgesamt empfindet die Lehrkraft die praktische Anwendung von DNA-Analysen im Unterricht als wertvoll und motivierend für Schülerinnen und ist bereit ist, die Herausforderungen der praktischen Umsetzung zu meistern.

Fortbildung: Die Lehrkraft nahm an Fortbildung an der Uni Potsdam teil und fand diese sehr informativ und hilfreich. Besonders gefallen hat der Lehrkraft, dass sie selbst die Versuche praktisch durchführen konnte und nicht nur theoretisch angeleitet wurde wie in vergleichbaren LFBs.

Lehrkraft war mit einer Kollegin bei der Fortbildung. Bei der Ausleihe für die praktische Umsetzung von DNA-Analysen im Unterricht wurde zusätzliches Material für eine schulinterne Fortbildung ausgeliehen.

Implementation: Kolleginnen kooperieren bei der Umsetzung einschließlich Arbeitsteilung:

- Tatort-DNA mit allen Kursen der 12. Jahrgangsstufe durchgeführt.
- Bittere Geschmackswahrnehmung mit einem Seminarfach¹⁰ durchgeführt.

Lehrkraft bewertet das Programm besser, als vergleichbare Erfahrungen in externen Schülerinnen-Laboren. Zum einen ist der Arbeitsaufwand geringer und dadurch der interne Widerstand an der Schule kleiner. Zum anderen können die Schülerinnen alle Schritte selbst durchlaufen und trotz Schulumgebung einen authentischen Einblick erhalten.

An der Schule gibt es Blockunterricht (Doppelstundensystem) und die Schülerinnen wurden für einen weiteren Block (4 Schulstunden) eingeplant. Der Rahmenplan sieht Praxis v. a. in Leistungskursen vor. Lehrkraft sieht die Praxis als Vertiefung an. Das Begleitmaterial wurde auch für die Schülerinnen genutzt und eine zusätzliche Präsentation erstellt.

Feedback und Beobachtungen: Trotz organisatorischer Herausforderungen bei der Vorbereitung und Durchführung der DNA-Analysen, gelang es die Untersuchungen erfolgreich umzusetzen. Die größte Hürde war den Leerlauf der PCR zu füllen. Die Schülerinnen waren sehr motiviert und interessiert an den Experimenten. Die Lehrkraft betont den Wert praktischer Erfahrungen, die den Schülerinnen halfen theoretische Inhalte besser zu verstehen.

Pläne und Wünsche: Das Kollegium will die Implementation auf jeden Fall mit dem gleichen Konzept wiederholen. Die Lehrkraft sieht den Wert darin, die Schüler durch praktische Anwendungen zu motivieren und inspirieren. Die Lehrkraft wünscht sich mehr Transparenz bei der Terminwahl und –auslastung und freut sich auf die nächste Fortbildung, wegen der Variationsmöglichkeiten.

Lehrkraft engagiert sich nicht im Schulnetzwerk, gibt aber Zusammenarbeit mit Nachbarschulen an.

Update (Ende 2023): Die Schule lieh seitdem im Jahrestakt aus (2019 - 2023).

7.1.1.8 GAWE18 Die ganze Familie zur Unterstützung verpflichtet

Fortbildung: Die LFB fand an der eigenen Schule statt. Die Lehrkraft empfand sie als qualitativ hochwertig und anregend, insbesondere wegen der „intelligenten“ Verbindung von Praxis und

¹⁰ Zusatzangebot, in denen sich die Schülerinnen z. B. fachübergreifend auf eine Prüfung im Rahmen der ”Besonderen Lernleistung” vorbereiten, muss durch die für das Schulwesen zuständige Senatsverwaltung genehmigt werden, Online-Auftritt Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie: <https://www.berlin.de/sen/bildung/unterricht/fach-rahmenlehrplaene/rahmenlehrplaene/oberstufe/> (aufgerufen: 02.10.2024, 14:44).

theoretischen Inhalten. Dadurch konnten auch Kolleginnen mitgenommen werden, die der Thematik nicht so nah sind. Die Praxis ließ sich problemlos umsetzen und nachvollziehen.

Der Fachschaft ist die Praxis ein Anliegen, um die Schülerinnen in den Naturwissenschaften auf entsprechende Studiengänge vorzubereiten und ihr Interesse zu wecken. Die Erfahrung sei etwas Anderes als das bloße Hören von Informationen. Sie sehe das als ihre Verpflichtung. Der Mehrwert dahinter sei vielschichtig, inklusive sozialer Aspekte, Selbstkompetenz, Teamarbeit und der Möglichkeit, in einem anderen Kontext zu arbeiten. Zudem könne es Studienwünsche bestätigen und sei ein Highlight in der Schullaufbahn.

Implementation: Die Entscheidung, das Projekt umzusetzen, wurde als Fachschaft getroffen, da sie „alle an einem Strang ziehen“. Die gesamte Q11, einschließlich der wenigen Schülerin, die Biologie nicht gewählt hatten, sei einbezogen worden. Der Oberstufenkoordinator sei wenig begeistert gewesen, dass die Fachschaft die ganze Q11 für zwei Tage beschäftigen wollten. Der Elternbeirat und die Öffentlichkeit seien aber eher positiv gestimmt. Die Schulleitung stehe dem Projekt unglaublich positiv gegenüber, und auch andere Lehrkräfte seien vorbeigekommen, um zu sehen, was die Biofachschaft macht.

Da jede Lehrkraft einen Kurs alleine betreuen musste und die Schülerinnen teilweise Berührungsängste hatten, war das herausfordernd. Dennoch implementierten sie erneut, dabei organisierte die Lehrkraft zusätzliche Betreuung durch ihren Sohn (Chemiestudent) und ihre Tochter (Tiermedizinstudentin).

Die Lehrkraft findet die Organisation und Umsetzung am herausforderndsten, aber es sei gut, bereits Erfahrung zu haben durch die wiederholte Implementation.

Der Transport erfolgte mit dem Privat-PKW, jedoch wurde dies als Dienstfahrt abgerechnet.

Pläne und Wünsche: Die Lehrkraft wünscht sich einen Stützpunkt in der Nähe, um die Fahrt (zwei Stunden mit dem Auto) zu erleichtern, sowie mehr Methoden und Inhalte, obwohl sie auch so "wunschlos glücklich" sei.

Update (Ende 2023): Bisher leiht die Schule im Rhythmus von zwei Jahren aus (2018, 2020, 2022).

7.1.1.9 HEHE15 Überzeugte: Mehr Praxis in die Oberstufe

Fortbildung: Die Fortbildung fand an der eigenen Schule statt, und alle Fachkolleginnen waren beteiligt. Allen gefiel sowohl der Inhalt als auch die Praxis, da „auch mal moderne molekularbiologische Methoden aus dem Labor in der Schule landen“. Die Lehrkraft fühlte sich durch die Fortbildung gut auf die Umsetzung im Kursraum vorbereitet.

Implementation: Die Lehrkraft findet, dass vor allem in der Bio-Oberstufe die Praxis zu kurz kommt und dass die Labormethoden selbst wichtig sind. „Die Versuche an sich selber zu machen, ist halt das Wichtigste“.

Die Organisation der Umsetzung war herausfordernd, da sie sicherstellen wollten, dass möglichst wenige andere Kolleginnen betroffen waren (Stundenausfall, Prüfungen). Die schulinterne Koordination wurde von einer anderen Lehrkraft übernommen (GAWE18, vgl. 7.1.1.8). Während der Umsetzung empfand die Lehrkraft es als viel auf einmal, weil die gesamte Oberstufe einbezogen war: 120 Schülerinnen, d. h. knapp 40 Schülerinnen pro Lehrkraft. Bei einer Wiederholung würde

sie die Schülerschaft jedoch nicht eingrenzen wollen. Sie haben die Flussdiagramme genutzt, und die Lehrkraft benötigt keine Unterstützung bei der Materialentwicklung.

Obwohl die Versuche sehr einfach sind, funktionieren sie manchmal nicht, was die betroffenen Schülerinnen unzufrieden stimmte. Die Lehrkraft erklärt sich dies über die für die Schülerinnen neue Methoden.

Die Schülerinnen fanden es toll und waren sehr konzentriert und motiviert. Die Lehrkraft glaubt jedoch nicht an einen Lerneffekt von fachlicher Seite, sondern im Praktischen, und dort sei es von der Interessenslage abhängig.

Pläne und Wünsche: Für die Umsetzung wünscht sich die Lehrkraft personelle Unterstützung, z. B. einen Praktikanten, ist sich jedoch bewusst, dass dies schwierig umzusetzen ist. Zusätzlich würde sie sich noch weitere Methoden wünschen, wie Western Blot, bzw. Proteinanalyse generell, molekulare Dekompensationsmethoden und das Erstellen eines Hybridvektors sowie Genexpression.

Lehrkraft schätzt den Organisationsaufwand größer ein, als dass eine lokale Kooperation mit anderen Schulen eine Erleichterung ist.

Update (Ende 2023): Bisher leiht die Schule im Rhythmus von zwei Jahren aus (2018, 2020, 2022).

7.1.1.10 ANKL21 Überzeugt und selbstständig: Angebot auf freiwilliger Basis

Insgesamt sieht die Lehrkraft die Integration praktischer DNA-Analysen in den Schulunterricht positiv, auch wenn organisatorische Herausforderungen bestehen. Sie betont den Mehrwert praktischer Erfahrungen für die Schüler und wünscht sich eine bessere Integration solcher Projekte in den regulären Schulbetrieb.

Fortbildung: Lehrkraft hat an der eigenen Schule an der Fortbildung teilgenommen und es war die erste in der Art, obwohl sie durch ein bayrisches Schulprogramm und als Begleitung bei einem Schülerinnenpraktikum bereits Berührungspunkte mit den Themen hatte. Sie schätzt die LFB als sehr gut ein, weil die Inhalte zum Lehrplan passen und tatsächlich in den Schulalltag integriert werden können. Fühlte sich durch die Fortbildung gut auf die Durchführung an der Schule vorbereitet. Obwohl ihre Kollegen ebenfalls bei der Fortbildung waren und es weitere passende Kurse an der Schule gegeben hätte, war sie die einzige, die implementierte. Sie schätzt Zeitnot als allgemeines Problem der Oberstufe ein.

Implementation Sie nahm sich gerne die Zeit für die Implementation, weil sie die Praxis als wichtig und realitätsnah einschätzt und es schade findet, dass die Oberstufe „nur mit Theorie vollgeprügelt“ wird. Die Integration fand ein Jahr versetzt statt und die Lehrkraft stieß auf organisatorische Probleme. Diese fand sie nicht schlimm, weil die Herausforderungen, v.a. beim Anleiten einer Gruppe, von der Lehrkraft individuell gemeistert werden sollten.

Sie schätzt die Praxis als zu lang ein, um sie in regulären Unterrichtsstunden umzusetzen. Deshalb befragte sie die Schülerinnen vor der Umsetzung nach ihrer Begeisterung und Bereitschaft für die Umsetzung auch länger zu bleiben. Umsetzung fand mit der ganzen Klasse statt. Einige sind früher gegangen, was die Lehrkraft nicht störte, da sie nicht erwarte jede Schülerin damit zu begeistern. Die Lehrkraft probierte die DNA-Analyse zur Bitteren Geschmackswahrnehmung vorab alleine

noch einmal aus und kürzte das LFB Material für die Schülerinnen, weil es gut passe und Anpassungen immer individuell durch die Lehrkraft vorgenommen werden müssen. Die Nachbereitung und Auswertung fanden im Anschluss im Unterricht statt.

Feedback und Beobachtungen: Die Sachen abzuholen sei das stressigste, weil sie dafür nicht frei bekommt, sondern alles in Freistunden organisiert werden muss. Außerdem sei ein Stressfaktor, dass es in der Oberstufe keine Möglichkeit gibt Schülerinnen einen Vormittag oder Nachmittag freizustellen. Obwohl durch die entstehende Zeitnot im Praktikum einige Schülerinnen vom Verständnis her wegfallen, findet sie die Umsetzung sinnvoll, weil alleine das Arbeiten mit Pipetten ein anderer Zugang zum Thema ist.

Sie schätzt, dass es drei Sorten von Biologie-Schülerinnen gibt:

1. Ca. die Hälfte ihrer Schülerinnen wählen Biologie, damit sie kein Physik- oder Chemieunterricht haben. Haben sich vorher nicht mit der Theorie beschäftigt und verstehen nicht was sie gerade machen, haben aber trotzdem Spaß.
2. Schülerinnen, die sehr genau hinterfragen und alles wissen wollen.
3. Schülerinnen, die verstehen was sie machen und es genauso machen ohne ein weiteres Interesse am Fachinhalt zu zeigen.

Lehrkraft schätzt diese Heterogenität als normal ein und akzeptiert die unterschiedliche Beschäftigung. Ihr ist wichtig, das Thema kennenzulernen, und dadurch entweder eine Bestärkung zu finden in die Naturwissenschaften zu gehen oder eben auch nicht. Insgesamt glaubt sie, dass alle Schülerinnen Spaß hatten.

Kooperationen mit Kolleginnen sieht sie kritisch, weil Schülerinnen nicht verpflichtet werden können und sie es als Materialverschwendung einschätzt, wenn die Kurse kein Bock haben. Außerdem sei die frühzeitige Planung schwierig, weil die Klausurtagung separat festgelegt werden. Genetik liegt im zweiten Halbjahr gegen Ende des Schuljahres und insgesamt gibt es zu wenig Zeit in der Oberstufe.

Pläne und Wünsche: Die Lehrkraft würde die DNA-Analysen erneut praktisch mit Schülerinnen durchführen, wenn sie in der Oberstufe unterrichtet. Sie wünscht sich zusätzliche Module für die 9. Jahrgangsstufe um die Thematik altersgerecht, gewinnbringend umzusetzen.

Update (Ende 2023): Die Ausleihe blieb bisher die einzige an dieser Schule.

7.1.1.11 GEUL17 Von Referendarinnen abhängige Seminarlehrerin

Fortbildung: Die Lehrkraft hat die LFB an ihre eigene Schule geholt, da sie Seminarlehrerin in Biologie ist und sowohl Referendare als auch Kolleginnen aus der Fachschaft und einer Nachbarschule involviert waren. Die Lehrkraft empfand die LFB als äußerst gut vorbereitet und anschaulich, besonders der hohe praktische Anteil hat ihr gefallen. Sie empfand die bereitgestellten Informationen als ausreichend, darunter das Skript und Kontaktdaten.

Die gesamte Fachschaft ist begeistert, jedoch wird niemand den hohen Aufwand für eine Umsetzung betreiben. Der Lehrplan ist zu voll, um in der Oberstufe praktisch zu arbeiten, höchstens in Wahlunterricht, Arbeitsgemeinschaften oder Projekten.

Implementation: Der Hauptgrund für ihre Implementation war die Möglichkeit, das Equipment ausleihen zu können. Die Abholung hat eine Referendarin organisiert. Es gab keine Widerstände, sondern eher positive Reaktionen, was sie als logisch empfindet. Der Mehrwert liegt für die Lehrkraft im praktischen Aspekt selbst, da sie davon überzeugt ist, dass die Schülerinnen die Inhalte besser verstehen und tatsächlich begreifen, was sie beispielsweise von Medienberichten hören.

Die größte Herausforderung für die Lehrkraft war das Pipettieren. Sie hat auch die Wartezeiten während der PCR unterschätzt, was ihr während der LFB nicht so bewusst war.

Kooperationen mit anderen Schulen finden nur in kleinerem Umfang statt, zum Beispiel durch das Einladen von Experten für die Ausbildung der Referendare.

Pläne und Wünsche: Aufgrund der Entfernung (eine Stunde Autofahrt) würde die Lehrkraft immer versuchen, die Organisation des Transports anders zu gestalten, z. B. über Referendare. Die Lehrkraft würde ihre Referendare das Material Schülerinnen-freundlicher aufbereiten lassen und es zur Verfügung stellen. Außerdem würde sie beim nächsten Mal das Pipettieren intensiver üben und die Praxiseinheit weiter auseinanderziehen, um eine gründlichere Auseinandersetzung zu ermöglichen. Sie würde sich ein Schülerskript wünschen, da die vorhandenen Materialien für die Schülerinnen "nicht selbsterklärend" sind.

Update (Ende 2023): Bisher blieb das die einzige Ausleihe.

7.1.1.12 IRDE16 Noch verplante aber lernende Junglehrkraft

Fortbildung: Die Lehrkraft nahm an der ersten LFB verpflichtend an der Seminarschule teil und war begeistert von dem fachlichen Input. Dieser lag auf einer höheren Ebene als bei anderen LFBs, nämlich eher auf Universitätsniveau. Dadurch habe sie wirklich etwas Neues gelernt.

Implementation: Sie sieht den Mehrwert darin, dass die Schülerinnen generell an Genetik interessiert sind, jedoch das Thema oft als „trocken“ empfinden. Die Fortbildung bot einen authentischen Einblick in Universitäten und Labore, was die Motivation der Schülerinnen steigerte. Bei der Implementation kooperierte die Lehrkraft mit einer Kollegin, die ebenfalls an einer Fortbildung teilgenommen hatte, jedoch zu einem anderen Zeitpunkt. Sie lernten sich an der Schule kennen und planten die Umsetzung gemeinsam. Sie fragten auch bei einer kooperativen Gesamtschule an, aber dort gab es kein Interesse.

Sie planten die Umsetzung verpflichtend mit der 11. Klasse in der letzten Woche vor Weihnachten durchzuführen. Da jedoch kein freier Terminslot verfügbar war, boten sie die Inhalte auf freiwilliger Basis zu Beginn der 12. Klasse an. Die Schülerinnen konnten zwischen den Themen „Bitterere Geschmacks Wahrnehmung“ und „Circadianer Rhythmus“ wählen. Materialien aus der Fortbildung wurden genutzt. Die Schülerinnen waren motiviert und umsichtig im Umgang mit dem Material. Einige Schülerinnen aus der 11. Klasse schauten auch aus Neugier herein.

Pläne und Wünsche: Lehrkraft plant, die Implementation zu wiederholen, jedoch verpflichtend in der 11. Klasse im regulären Unterricht, da dies sowohl für sie weniger Mehraufwand bedeutet als auch thematisch besser passt und den Schülerinnen die Inhalte präsenter sind.

Lehrkraft wünscht sich, dass die Fragebögen der Module ohne Antworten online zum Ausdrucken zur Verfügung stehen, da auch kleine Arbeitsschritte den Aufwand verringern können. Außerdem

wünscht sie sich einen Stützpunkt für die Materialausleihe, um die lange Anfahrt von anderthalb Stunden einfacher zu bewältigen. Eine bessere Kommunikation über Termine wäre ebenfalls hilfreich, da sie glaubt, dass dies bei Kollegen oft ein Hindernis ist. Eine größere Themenvielfalt mit direktem Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen, wie das Thema Circadianer Rhythmus, wäre wünschenswert. Zudem wäre die Lehrkraft an einer Fortbildung zur didaktischen Materialentwicklung interessiert, da sie darin einen echten Mehrwert sieht.

Update (Ende 2023): Bisher blieb es bei dieser einen Ausleihe.

7.1.1.13 RERU25 Begeisterte Praktikerin

Hintergrund: Die Lehrkraft hat ein großes persönliches Interesse an der Thematik, weshalb sie diese „besonders gerne mit Schülerinnen umsetzt“.

Fortbildung: Die LFB fand an der eigenen Schule statt. Die Erinnerung daran ist schon ein wenig verblasst. Sie empfand den Theorieteil als zu umfangreich, da er über den Schulstoff hinausging und ihr das meiste bereits aus dem Studium bekannt war. Die praktische Umsetzung der DNA-Analysen hingegen fand sie beeindruckend, da sie ohne Gefahren für die Schülerinnen an der Schule durchgeführt werden konnte.

Implementation: Der ausschlaggebendste Grund für die Implementation der DNA-Analysen war die Möglichkeit, die Molekularbiologie im schulischen Kontext praktisch erlebbar zu machen. Dies ist der Lehrkraft besonders wichtig, da dieses Fachgebiet von Schülerinnen oft als komplex und abstrakt wahrgenommen wird. Durch die Praxis können die Schülerinnen bessere Vorstellungen entwickeln und authentische Einblicke erhalten.

Sie bot den Schülerinnen an, die Praxiserfahrung auf freiwilliger Basis umzusetzen, um somit eine vernünftige Betreuung sicherzustellen. Die Lehrkraft hat mit einer Kollegin zusammengearbeitet, da sie den Aufwand alleine für zu groß hielt. Sie glaubt jedoch, dass eine Kooperation mit einer anderen Schule die Dinge nur komplizierter gemacht hätte, insbesondere in Bezug auf den Zeitslot für die Ausleihe.

Die Vorbereitung erfolgte durch das normale Alltagsgeschäft, und das Praktikum selbst diente als Vertiefung und Wiederholung. Die Schülerinnen im Praktikum präsentierten ihre Erfahrungen den Schülern im Kurs als Teil der Nachbereitung.

Die schulinterne Organisation stellte die größte Herausforderung dar. Es musste ein geeigneter Tag gefunden werden und der Stundenplan der Q11 war sehr voll. Zudem musste sichergestellt werden, dass die Materialien zur Verfügung standen. Trotz dieser Herausforderungen würde die Lehrkraft die Implementation des Praktikums erneut in Betracht ziehen und das Konzept an die aktuellen Gegebenheiten anpassen.

Die Lehrkraft nutzte Begleitmaterialien für die Schülerinnen (Kopien) und wünscht sich, dass das Programm weiterhin angeboten wird. Sie hofft, dass die Ausleihmöglichkeiten flexibel bleiben, im Gegensatz zu anderen Schülerlaboren, die nur im Jahresrhythmus Kapazitäten freigeben.

Pläne und Wünsche: Die Teilnehmerin hätte sich jedoch mehr didaktischen Input gewünscht, wie das Praktikum effektiv in den Unterricht integriert werden kann. Dies könnte Varianten zur Einbindung in den Lehrplan, didaktische Vor- und Nachbereitung sowie spezifische Hinweise zur

Durchführung umfassen. Auch eine Diskussionsrunde mit anderen Lehrkräften wäre hilfreich gewesen.

Die Lehrkraft plant, das Praktikum in Zukunft wieder umzusetzen, hat es bisher jedoch nicht getan. Das lag sowohl an ihrer Elternzeit und daran, dass kein Oberstufen-Biologiekurs vorhanden war. Sie glaubt, dass jüngere Kollegen oft Kapazitätsprobleme haben, da sie zunächst die Q11 zum Abitur führen müssen, bevor sie sich anderen Projekten zuwenden können.

Update (Ende 2023): Nach der Ausleihe 2018 erfolgte eine lange Pause. Für 2024 ist eine Ausleihe dieser Schule geplant, ob die interviewte Lehrkraft dabei beteiligt ist bleibt unbekannt.

7.1.1.14 CHJ028 Die privat kooperierende Praxisüberzeugte

Fortbildung: Die Lehrkraft hat an der Fortbildung an ihrer eigenen Schule teilgenommen und fand sie lehrreich. Sie betont positiv den hohen fachlichem Input. Dieser ging teilweise über das Schulniveau hinaus. Besonders gut gefiel ihr der Praxisteil, bei dem sie die Experimente selbst durchführen konnte, und in diesem Zusammenhang haben ihr die Ergebnisse am besten gefallen.

Implementation: Die Lehrkraft hält die Praxis für wichtig und begründet dies damit, dass die Schülerinnen Wissen anwenden müssen. Gerade das Themenfeld Gentechnik sei „brutal theorie-lastig“. Da die aktuelle Schule ein naturwissenschaftlich-technischen Schwerpunkt hat, ist die Lehrkraft der Meinung, dass auch mehr in diese Richtung geleistet werden sollte. Die Schule verfügt über neu umgebaute Chemieräume, die mit Schülerinnen-Abzügen ausgestattet und direkt mit der Sammlung verbunden sind. Ein allgemeines Problem von Gymnasien besteht darin, dass eher „Denker“ herangezogen werden, aber durch Praxis kann ein Licht aufgehen und das Interesse für das Thema geweckt werden.

Die Lehrkraft hat zwei Mal implementiert:

1. Den Kriminalfall in der 9. Klasse mit intensiver Vor- und Nachbereitung. Allerdings setzte sie nur in einer der beiden Parallelklassen um, da die andere sich nicht gut vorbereitet hat. Die Lehrkraft ist der Meinung, dass ohne Wertschätzung der teuren Geräte und des Aufwands keine vernünftige Umsetzung möglich sei.
2. Die bittere Geschmackswahrnehmung in der 11. Klasse mit einer Kollegin, die nicht an der LFB teilgenommen hat, und das obwohl sie die Untersuchung nicht praktisch in der Fortbildung durchgeführt hatten. Die komplette Oberstufe, auch die Schülerinnen ohne Biologie, wurde einbezogen. Die Lehrkraft hat die Vorbereitung beider Klassen übernommen und die Schülerinnen diesmal früher darauf eingeschworen, sich vernünftig vorzubereiten. Die Koordination während der Durchführung empfand sie am herausforderndsten.

Die Kooperation zur Kollegin entstand aus einer privaten guten Beziehung, aber auch der Chemiefachbetreuer zeigt Interesse an der praktischen Umsetzung. Die Lehrkraft glaubt nicht, dass ein Schulnetzwerk die Sache erleichtern würde, da dort zu viele verschiedene Meinungen aufeinandertreffen, z. B. bezüglich der Reihenfolge des Lehrplans.

Pläne und Wünsche: Die Lehrkraft plant, die Ausleihe für die 9. und 11. Klasse zu koordinieren, um sich selbst die Arbeit zu erleichtern. Sie wünscht sich mehr inhaltliche Themen, da es ihrer Meinung nach für die Lehrkraft irgendwann langweilig wird, wenn jeder jedes Jahr dasselbe macht.

Zudem wünscht sie sich einen Schwierigkeitsgradienten, damit die Experimente sowohl in der 8. als auch in der 11. Klasse durchgeführt werden können.

Update (Ende 2023): An dieser Schule blieb das bisher die einzige Ausleihe.

7.1.1.15 DIRA14 Die motivierte Einzelgängerin

Hintergrund: Als Diplom-Biologin hat die Lehrkraft durch das Studium ein persönliches Interesse an dem Thema.

Fortbildung: Die Lehrkraft nahm mit der gesamten Fachschaft an der LFB teil, die an der eigenen Schule stattfand. Sie fand die Fortbildung sehr gut, weshalb sie die Inhalte an der Schule durchzuführen.

Obwohl die Fachschaft einstimmig beschlossen hatte, dass sich der Aufwand nicht lohnt, entschied die Lehrkraft alleine zu implementieren. Davon waren ihre Kolleginnen wenig begeistert, da es Zugzwang ausübt. Sie bot ihrer Kollegin der Parallelklasse Unterstützung bei der Implementation an, u. a. die Ausleihe zu koordinieren. Die Kooperation kam nicht zustande. Zum einen, weil die Kollegin es nicht in ihrer Klasse umsetzen wollte. Zum anderen, weil die Lehrkraft kein Team-Teaching in ihrer Klasse wollte, da sie unterschiedliche Lehrstile haben.

Implementation: Sie sieht den Mehrwert darin, dass die Arbeitsweisen leicht umsetzbar sind und damit komplizierte Inhalte erschlossen werden können. Sie möchte den Schülerinnen diesen Zusammenhang zeigen, da sie glaubt, dass Praxis in der Biologie wichtig ist. Die Schulleitung hatte keine Probleme damit.

Sie empfand die Umsetzung als unproblematisch, und die Unterstützung durch das Skript und die telefonische Erreichbarkeit der Trainerin wurde als ausreichend beschrieben. Sie implementierte die Versuche im Regelunterricht mit zusätzlichen Stunden, wobei sie vorher die Grundlagen vermittelte und die Implementation als Festigung diente, die im Anschluss reflektiert wurde. Letzteres erforderte in ihren Augen viel Zeit.

Pläne und Wünsche: Die Lehrkraft wünscht sich personelle Unterstützung bei der Umsetzung. Beim nächsten Mal würde sie die Umsetzung am Nachmittag auf freiwilliger Basis machen, um sich mehr auf interessierte Schülerinnen konzentrieren zu können.

Update (Ende 2023): Bisher war diese Ausleihe die einzige.

Alleinige Teilnahme an der LFB:

7.1.1.16 MAHU05 Ausschöpfen des neuen Wahlfachs

Hintergrund: Lehrkraft hat eine Ausbildung zur Chemielaborantin und kannte alle Methoden der LFB bereits aus dem Biologie Studium.

Fortbildung: Lehrkraft nahm an der LFB an der TUM teil, da sich der Lehrplan der FOS geändert hatte und ein neues Fach, Biotechnologie, hinzugekommen war. Sie fand die LFB sehr informativ. Besonders positiv empfand sie, dass mehr Hintergrundwissen vermittelt wurde, als unbedingt mit Schülerinnen benötigt wurde und dass die Praxis selbst einmal angeleitet durchgeführt werden konnte.

Implementation: Die Entscheidung zur Implementation fiel der Lehrkraft leicht, da sie das neue Wahlpflichtfach unterrichtet und den Schülerinnen spannende Versuche versprochen hatte. Die einzige organisatorische Hürde war, die Fachbetreuerin von der Sicherheit zu überzeugen. Sie konnte die Materialien über die Schule anschaffen: Zentrifugen, Pipetten, PCR-Geräte, Gelelektrophorese-Ausrüstung, Eismaschine und Waagen. Die Schulleitung erwog sogar, die Durchführung als Außenwerbung zu nutzen. Es gab keine Kooperation mit anderen Lehrkräften. Allerdings fanden Unterrichtsbesuche und Absprachen, sowie Rückmeldungen darüber statt, wie die Implementation funktioniert. In Bezug auf die Umsetzung war die größte Herausforderung, abzuschätzen, wie lange die Schülerinnen für die Untersuchungen benötigen würden. Sie nutzte das didaktische Begleitmaterial unverändert für die Schülerinnen.

Falls sie es noch einmal umsetzen würde, gäbe sie den Schülerinnen vorab mehr Recherche-Aufgaben, sodass sie sich selbstständig in das Thema einarbeiten könnten.

Insgesamt misst sie der Praxis einen großen Mehrwert bei, da sie Spaß macht, authentische Einblicke bietet, die Abstraktheit des Themas reduziert und einen Lerneffekt beim allgemeinen Arbeiten mit sich bringt.

Pläne und Wünsche: Lehrkraft wünscht sich weitere Themen zu den bestehenden Methoden. Idealerweise auch mit anderen Zellen außer menschlichen, z. B. Tier-, Pflanzen- oder Bakterienzellen.

Update (Ende 2023): Seither erfolgten die Ausleihen im Jahrestakt (2019 - 2023). Ab 2020 wurden nur noch Reagenzien ausgeliehen, weshalb von einer Anschaffung des Equipments ausgegangen werden kann. Seit 2022 koordiniert eine andere Lehrkraft die Ausleihen, die das Konzept von einer anderen Schule bereits kannte und an die Schule von MAHU05 in der genannten Zeitspanne wechselte.

7.1.1.17 DRHO18 Praxisteil der LFB ist lohnend im Unterricht

Hintergrund: Die Lehrkraft hat bereits mehrfach an LFBs zur Thematik teilgenommen, jedoch selten mit praktischen Aspekten.

Fortbildung: Die LFB fand an der Universität Potsdam statt. Die Lehrkraft schätzt sie als gut organisiert und die praktischen Anteile als gewinnbringend ein, weil „man wirklich etwas damit anfangen konnte“. Die LFB habe die Erwartungen erfüllt und die Lehrkraft gut auf die Implementation vorbereitet, da die Inhalte und Praxiseinheit gut nachvollziehbar waren. Sie nahm alleine teil.

Implementation: Der praktische Mehrwert liegt darin, dass die Schülerinnen Gentechnik erleben können. Die Implementation steht einer Tagesreise zum gläsernen Labor in Berlin gegenüber: Der Arbeitsaufwand beim Implementieren ist für die Lehrkraft größer, aber für die Schülerinnen sei ein Ausflug anstrengender, da ein ganzer Tag für „nur zwei Stunden in ein Labor reinschauen“ nicht vertretbar sei.

Sie entschied das für ihre beiden Kurse, ein Grund- und ein Leistungskurs, umzusetzen und bildete eine Kollegin intern weiter, weil sie den Parallelkurs unterrichtete. Sie betteten die Implementation ins Unterrichtsgeschehen ein. Die Schülerinnen waren begeistert und konzentriert bei der Sache. Sie hatten Spaß und führten teilweise intensive thematische Diskussionen. Sie sagten sogar, dass es ihnen Spaß gemacht habe, auch wenn keine Ergebnisse zu sehen waren.

Die Schulleitung war ebenfalls begeistert, dass wieder etwas praktisch gemacht wurde. Das Kollegium war skeptisch, zeigte sich jedoch nachdem sie es gesehen hatten, begeistert.

Die Organisation verlief gut, da sich die Brandenburger Lehrkraft gut untereinander vernetzen. Alles wurde informell und über das Beratungs- und Unterstützungssystem für Schulen und Schulaufsicht koordiniert. Es war am herausforderndsten, während der Implementation alles im Blick zu behalten.

Pläne und Wünsche: Sie würde sich wünschen, dass die Anleitungen zusätzlich als Power-Point-Präsentation bereitgestellt werden, damit sie den Schülerinnen frontal gezeigt werden können. Zudem wünscht sie sich weitere LFBs von der Universität in Potsdam. Ihre Kolleginnen möchten beim nächsten Mal auch teilnehmen.

Update (Ende 2023): Seitdem erfolgten die Ausleihen im Jahrestakt (2019 - 2023).

7.1.1.18 ELGÜ04 In die S1-Betreuung Reingewachsene

Hintergrund: Die Schule hat ein eigenes S1-Labor und Geräte über ein lokales Projekt für praxisorientierten Biunterricht erhalten. Das Interesse der Lehrkraft am Thema ist mit der Betreuung im S1-Labor gewachsen. Die ursprünglich zuständige Lehrkraft ist in Mutterschutz gegangen und arbeitet jetzt nur noch halbtags.

Fortbildung: Die Lehrkraft nahm zweimal alleine an der LFB an der TUM teil. Der Inhalt gefiel ihr so gut, dass sie ein zweites Mal wiederkam, vor allem wegen der Umsetzbarkeit im Unterricht: Es entspricht den Inhalten der Q11 und die Themen sind interessant und spannend. Es sei gut, dass die Schülerinnen praktisch arbeiten können, da es zu einer besseren Einprägsamkeit und Authentizität für den Alltag mancher Berufe beiträgt.

Implementation: Die Lehrkraft hat die Konzepte auf die vorhandenen Geräte an der Schule angepasst und erhält die Reagenzien per Post, weil die Entfernung zur Ausleihe zu groß ist (eine Stunde Autofahrt).

Die Implementation hat bereits zweimal stattgefunden: Erstens mit Q11-Schülerinnen an einem Projekttag. Das empfand die Lehrkraft als wenig gewinnbringend, weil die Schülerinnen teilweise zur Umsetzung zugelost wurden und dadurch ein gewisser Zwang entstand. Zweitens am Begabungsstützpunkt, wo die Auseinandersetzung mit der Thematik intensiver sein konnte und die Schülerinnen freiwillig und motivierter sind.

Die Lehrkraft macht im S1-Labor alles alleine. Sie hat den Eindruck, dass Kolleginnen bei der Thematik Hemmungen haben, weil das Studium schon länger zurückliegt und die Unsicherheit zu groß ist, selbst wenn sie alles vorbereiten würde. Eine weitere Hürde ist der große Organisationsaufwand, weil es von der Betreuung her nur mit halben Klassen machbar ist.

Pläne und Wünsche: Sie wünscht sich Inhalte für die 8., 9. und 10. Klasse, z. B. Antibiotika.

Keine Teilnahme an der LFB:

7.1.1.19 DAPE04 Die schulintern weitergebildete Frischliene Junglehrkraft

Fortbildung: Die Lehrkraft hat nicht an der Fortbildung teilgenommen, sondern wurde von zwei Kolleginnen, die bei der Fortbildung waren, fortgebildet. Sie fand es inhaltlich herausfordernd,

erklärt sich das allerdings dadurch, dass sie frisch im Beruf ist und die Oberstufe zum ersten Mal unterrichtet.

Implementation: Die Lehrkraft findet die praktische Umsetzung für die Schülerinnen wichtig. Die Theorie ist einfach und wird von den Schülerinnen schnell verstanden. Allerdings bedient die Praxis auch andere Kompetenzen und authentische Einblicke. Diese sind für alle wichtig, die später in den Bereich gehen wollen und dient damit der Vorbereitung auf das wissenschaftliche Arbeiten an der Universität oder im Labor.

Die Schule hat ein Doppelstunden-Kurssystem, und die Lehrkraft in der Doppelstunde danach wurden über die Abwesenheiten der entsprechenden Schülerinnen informiert. Die Lehrkraft hat mit einer Kollegin zwei Kurse zusammengelegt.

Die theoretischen Grundlagen wurden vorher besprochen und im Nachgang die Ergebnisse reflektiert. Generell konnte im Nachhinein häufig auf diese Praxiseinheit Bezug genommen werden. Die Lehrkraft hat das Skript auszugsweise an die Schülerinnen weitergegeben. Das Herausforderndste war für sie beim Aufbau an alles zu denken.

Pläne und Wünsche: Aus Sicherheitsgründen, würde sie die Kurse bei einer Wiederholung nicht zusammenlegen. Damit könnten sich einzelne Schülerinnen nicht zurückziehen, sondern alle müssen intensiv in kleineren Gruppen zusammenarbeiten. Sie wünscht keine weiteren Module, weil Routine mit einem Modul die Implementation für die Lehrkraft einfacher macht. Sie wünscht sich das Skript auf Schülerinnen-Niveau direkt in der Ausleihbox.

Update (Ende 2023): Die Schule lieh seitdem im Jahrestakt aus (2019 - 2023).

7.1.1.20 KADI05 Intern Fortgebildete aber ambitionierte Teilnehmerin

Fortbildung: Die Lehrkraft konnte nicht an der Fortbildung teilnehmen, da das zeitliche Angebot zu spät kam. Eine Kollegin führte daraufhin intern eine schnelle Fortbildung durch, in der die Schritte durchgegangen wurden, wobei nur das PCR-Programm gezeigt und das Gel gegossen wurde, nicht jedoch der gesamte Prozess.

Implementation: Die Implementation erfolgte spontan aus dem laufenden Betrieb heraus. Ursprünglich war eine direkte Anbindung an den Themenblock geplant, jedoch kam das Equipment von der vorangegangenen Schule fast drei Wochen zu spät. Die Lehrkräfte entschieden sich daher, es mit Leistungskursen umzusetzen, die es für das Abitur benötigten. Reagenzien waren bereits knapp. Zusatzmaterialien wurden von der Kollegin konzipiert, die an der Fortbildung teilgenommen hatte.

Die Lehrkraft sieht den Ausleih-Koffer als gute Alternative zum gläsernen Labor. Dadurch entfallen lange Exkursionen, die Terminverfügbarkeit ist besser und die Schülerinnen können eigenständiger arbeiten. Obwohl dies für die Lehrkraft stressiger ist, könnte das Labor dann für kompliziertere Experimente genutzt werden, weil diese Standardverfahren im Kursraum durchgeführt wurden. Sie sieht einen Mehrwert in der Praxis für das Verständnis und den Spaß der Schülerinnen.

Pläne und Wünsche: Die Lehrkraft würde gerne an einer weiteren Fortbildung teilnehmen, um professionell angeleitet zu werden und Routine zu gewinnen sowie „über Schülerniveau“ zu stehen.

Trotz Unzufriedenheit mit der Organisation würde sie es wieder tun. Sie fand es zwar schade, dass nicht alle Ergebnisse hatten, jedoch akzeptiert sie dies als Teil des praktischen Prozesses.

Update (Ende 2023): Diese Ausleihe blieb bisher die einzige.

7.1.2 Lehrerinnen, die biotechnologische Versuche nicht implementiert haben

Die Vorstellung der Fallzusammenfassungen folgt den gleichen Ordnungskriterien der Übersichtstabelle (vgl. **Tabelle 7**).

Mehrmalige Teilnahme an der LFB:

7.1.2.1 MAMI14 Praxisbegeisterte Teilnahme-Wiederholungstätlerin

Hintergrund: Die Lehrkraft war an der Lehrplan-Kommission beteiligt, insbesondere im Bereich Bioinformatik. Sie war beeindruckt davon, wie schnell ein Fortbildungsangebot in diesem Bereich von unserer Seite zustande kam.

Fortbildung: Die Lehrkraft hat an mehreren Fortbildungen teilgenommen, einige an der TUM und andere an ihrer eigenen Schule. Sie ist von der Organisation und dem Inhalt der Fortbildung begeistert und erkennt den damit verbundenen hohen Arbeitsaufwand an. Sie interessiert sich beruflich für die Thematik. Bei einigen Kontexten, v.a. bei Laktoseintoleranz, stellt sie die Komplexität in Frage und fragt sich, ob es noch für Schülerinnen geeignet ist. Die Lehrkraft sieht den Mehrwert der LFBs in der praktischen Erfahrung und dem Umgang mit den Materialien.

Implementation: Bei Wahlpflichtkursen findet die Lehrkraft die Kontexte und Praxiseinheiten passend, in „Prüffächern“ nicht. Seitdem sie nur „Prüffächer“ unterrichtet und sich auf die Abiturvorbereitung konzentriert, hat sie das Gefühl, den Vorgaben des Lehrplans nicht gerecht zu werden. Aufgrund der „fehlenden Passung“ bei Fächern, die sie unterrichtet, arbeitet sie nicht in Kooperation mit anderen Lehrkräften zusammen. Trotzdem sagt sie: „Wenn man die Zeit und das Zeug hätte, wäre es ein Wahnsinn, wenn man es nicht macht.“

Wünsche: Lehrkraft wünscht sich mehr aktuelle Themen für Kontexte und Aufgaben, die sich am LehrplanPLUS orientieren.

Update (Ende 2023): Seither erfolgten die Ausleihen im Jahrestakt (2019 - 2023). Ab 2020 wurden nur noch Reagenzien ausgeliehen, weshalb von einer Anschaffung des Equipments ausgegangen werden kann. Seit 2022 koordiniert eine andere Lehrkraft die Ausleihen, die das Konzept von einer anderen Schule bereits kannte. Ob die Lehrkraft in die Ausleihen integriert war bleibt unbekannt.

Gemeinsame Teilnahme an der LFB:

7.1.2.2 ROGÜ07 Die „Alles-muss-abprüfbar-sein“ Brille

Hintergrund: Die Lehrkraft hat selbst am neuen Lehrplan (FOS/BOS) mitgearbeitet und nimmt eine beratende Funktion auf regionaler Bildungsebene ein.

Fortbildung: Die Lehrkraft hat zusammen mit der gesamten Fachschaft und Kolleginnen einer benachbarten Schule an der LFB an ihrer eigenen Schule teilgenommen. Sie hat gemischte Gefühle bezüglich der LFB. Sie überprüft immer, welche Teile gut prüfbar sind und wie gut die Kontexte zum Lehrplan passen. Als Impuls betrachtet Lehrkraft die Fortbildung als positiv.

Implementation: Die Lehrkraft hat die DNA-Analysen noch nicht praktisch umgesetzt, da sie die entsprechenden Fächer nicht unterrichtet und generell die Zeit knapp ist. Lehrkraft unterrichtet Technologie, ein Fach, das aus 12 Modulen besteht.

Pläne und Wünsche: Die Lehrkraft wünscht sich weitere Kontexte zu Themen wie Enzymen, Tierzucht, genomischer Zuchtwert, Agrarwissenschaft, Lebensmittelkonservierung, Lebensmittelvergiftung, Schaderregern, biologischen Agentien (Pilze & Bakterien), Lebensmittelproduktion (Wein und Bier darf Lehrkraft an ihrer Schule nicht unterrichten, aufgrund des Alkoholgehalts), pharmazeutischen und medizinischen Verfahren (monoklonale Antikörper). Sie wünscht sich auch, dass das Material vor der LFB zur Verfügung gestellt wird, damit man die Theorie im Voraus lesen und gezielter nachfragen kann.

Update (Ende 2023): Seither erfolgten die Ausleihen im Jahrestakt (2019 - 2023). Ab 2020 wurden nur noch Reagenzien ausgeliehen, weshalb von einer Anschaffung des Equipments ausgegangen werden kann. Seit 2022 koordiniert eine andere Lehrkraft die Ausleihen, die das Konzept von einer anderen Schule bereits kannte. Ob die Lehrkraft in die Ausleihen integriert war bleibt unbekannt.

7.1.2.3 GUOT13 Aufwand an „Notfallkurs“ Biologie verschwendet

Fortbildung: Die LFB fand an der eigenen Schule statt, und Lehrkraft empfand sie als spannend und angenehm.

Implementation: Dennoch plant Lehrkraft nicht, die DNA-Analysen in ihrem Unterricht umzusetzen, da sie nicht in München wohnt und die Entfernung zur Abholung des Equipments zu weit ist. Außerdem hat die Lehrkraft einen Versetzungsantrag gestellt. Falls sie die DNA-Analysen dennoch integrieren würde, käme dies nur für kleine Kurse wie das W-Seminar⁹ in Frage, da die Schülerinnen hier stärker interessiert sind und mehr Lehrmethoden vermittelt werden können. Dann könnte dies sogar eine Exkursion ersetzen.

Obwohl Lehrkraft keine grundsätzlichen Probleme in der Umsetzung sieht, würde sie mehr Zeit benötigen als in der LFB, da Schülerinnen langsamer vorankommen. In vielen Fällen sei Biologie für die Schülerinnen ein Notfallkurs. Sie selbst unterrichtet einen 30 Schülerinnen starken Kurs in der 12. Jahrgangsstufe. Dabei musste sie sich auf die Noten konzentrieren. Der Aufwand für die Integration der DNA-Analysen in den Unterricht steht in keinem angemessenen Verhältnis zu den erwarteten Ergebnissen.

Wünsche: Die Lehrkraft würde die Materialien gerne nutzen, wenn diese versandt werden könnten. Allerdings kann die Schule die Versandkosten nicht übernehmen.

Update (Ende 2023): Nach dem Zeitpunkt der Interviews liehen andere Lehrkräfte der gleichen Schule das Equipment aus und implementierten die DNA-Analysen praktisch mit ihren Schülerinnen; mittlerweile zwei Mal. Ob die Lehrkraft in die Ausleihen integriert war bleibt unbekannt.

7.1.2.4 MORE23 Nicht interessierte Mitläuferin zur Teilnahme an LFB verpflichtet

Hintergrund: Lehrkraft interessiert sich persönlich nicht für Molekularbiologie auf praktischer Ebene. Lehrkraft findet praktischen Einheiten langweilig, schon während ihres Studiums, da sie repetitiv sind und wenig Einblick bieten (z. B. PCR als Black Box).

Fortbildung: Die Lehrkraft nahm nur an der Fortbildung teil, weil die gesamte Fachschaft daran teilnahm.

Implementation: Bei der Abwägung des persönlichen Stresses und Aufwands im Verhältnis zum Nutzen für die Schülerinnen, setzt sich die Lehrkraft lieber für Bereiche ein, die sie persönlich interessieren, wie Ökologie und Umweltschutz, wo sie sich um Genehmigungen und die benötigte Zeit kümmert.

Dennoch schätzt Lehrkraft die Durchführbarkeit der Fortbildung als realistisch ein und betont mehrfach ihre Anerkennung für die Aufbereitung. Sie erwähnt auch, dass jüngere Kolleginnen von der Fortbildung begeistert waren und beabsichtigen, sie umzusetzen.

Update (Ende 2023): Nach dem Zeitpunkt der Interviews liehen andere Lehrkraft der gleichen Schule das Equipment aus und implementierten die DNA-Analysen praktisch mit ihren Schülerinnen; mittlerweile zwei Mal. Ob die Lehrkraft in die Ausleihen integriert war bleibt unbekannt.

7.1.2.5 LIDI04 Aufwand > Mehrwert für Schülerinnen

Fortbildung: In der eigenen Schule fand die LFB mit der gesamten Biologie-Fachschaft statt, die Lehrkraft sehr bereichernd fand.

Implementation: Eine Kollegin hat die DNA-Analysen in ihrem Unterricht integriert, die Lehrkraft selbst nicht.

- Kollegin wohne in München und habe dadurch leichteren Zugang zu Materialien.
- Begrenzte Zeiträumen von 1,5 Stunden im Unterricht anstelle der benötigten 3 Stunden.
- Bei einer Umsetzung am Nachmittag stünde die Abstimmung mit den Schülerinnen im Weg.
- Der Themenbereich liegt spät im Schuljahr, wenn die Motivation und Energie nachlassen.

Obwohl Lehrkraft den Wert für die Schüler erkennt, steht dieser für sie nicht im Verhältnis zu den zusätzlichen Anstrengungen, die erforderlich wären, um die Fortbildung umzusetzen. Die implementierende Kollegin habe zwar keine größeren Probleme berichtet, trotzdem bleibe Genetik ein theorielastiges Fach, in dem Experimente schwer umzusetzen sind.

Update (Ende 2023): Die Ausleihe der Kollegin (ANKL21, vgl. 7.1.1.10) blieb bisher die einzige an dieser Schule.

7.1.2.6 MARI14 Begeisterte Diplom-Biologin ohne 11. Klasse

Hintergrund: Die Lehrkraft hatte als Diplom-Biologin vor allem Spaß dabei, eine PCR praktisch durchzuführen.

Fortbildung: Die Fortbildung fand an der eigenen Schule statt.

Implementation: Seit der LFB hat sie keine 11. Klasse mehr unterrichtet und daher die DNA-Analysen nicht praktisch umgesetzt. Gründe für die Implementation in der 11. Jahrgangstufe sind:

- Gute Passung im Lehrplan.
- die praktische Arbeit selbst: authentischen Eindrücke, da "Laborarbeit für Schüler etwas sehr Abstraktes" ist und der Spaßfaktor.

Die Lehrkraft sieht jedoch die Herausforderung in der Gruppengröße und würde in Betracht ziehen, die Klasse aufzuteilen und das Einverständnis dafür einzuholen. Sie schätzt, dass die Schülerinnen kompetent genug für die Umsetzung sind. Schulorganisatorisch ist das Problem, dass die Oberstufe an ihrer Schule keine Doppelstunden hat, daher müsste Zeit mit anderen Lehrkräften getauscht werden.

Für sie war das Skript ausreichend, möglicherweise würde sie es für die Schülerinnen anpassen oder vereinfachen.

Pläne und Wünsche: Die Lehrkraft würde alleine implementieren, sieht aber Potenzial in der Institutionalisierung der Implementation, möglicherweise im Jahreszyklus mit allen Klassen. Sie ist jedoch gegen eine "Beschäftigungstherapie", zum Beispiel in Form einer Projektwoche vor den Sommerferien, da das Modul eine Wissensgrundlage bilden soll. Sie würde dies in der Fachschaft diskutieren.

Lehrkraft wünscht sich für den neuen Lehrplan Genetik-Module für die 8. Klasse, die praktisch, aber einfacher im Niveau sind.

Update (Ende 2023): Die Ausleihe der Kollegin (GEUL17, vgl. 7.1.1.11) blieb bisher die einzige.

7.1.2.7 CHHE05 Fast-Pensionierte mit Leistungskurs-Wehmut

Hintergrund: Die Lehrkraft war Biologiefachbetreuerin. Die Schule hat eine Gelektrophoresekammer. Die Anschaffung fand vor ca. sieben Jahren statt, weil eine Referendarin an der TUM promovierte und die Betreuerin sie damit unterstützen konnte. Die Gelektrophoresekammer wird im Biologie- und Chemieunterricht genutzt. Die Lehrkraft steht kurz vor der Pensionierung und hat die Biologieoberstufe lange nicht mehr unterrichtet, weil sie für das Chemie-Abitur zuständig ist.

Fortbildung: Die Lehrkraft nahm an der Fortbildung am Partnergymnasium teil. Ihre Beurteilung fokussiert sich auf die angenehme Atmosphäre, die kleine Gruppengröße und die sehr gute Organisation. Sie fand die Inhalte fundiert und für den normalen Unterricht ausreichend mit Vertiefungen, die eher in das ehemalige Leistungskurs-Konzept passen. Sie schätzt das praktische Arbeiten von der Einprägsamkeit her höher ein, als den theoretischen Unterricht.

Implementation: Glaubt, dass die Kolleginnen, die auch an der Fortbildung teilgenommen haben gut mit der Materie zurechtkamen und dass an der Schule keine Widerstände zu erwarten sind. Sie haben ein neues Schulgebäude bekommen mit guter Ausstattung. Sie schätzt die Zeit als größtes Problem ein, weil sie eine kooperative Gesamtschule sind und eine hohe Sitzungsfrequenz haben und viel Vertretungsstunden leisten müssen. Wegen der Möglichkeit zur Unterbrechung hält sie die praktische Umsetzung trotzdem für unproblematisch.

Pläne und Wünsche: Sie will die Umsetzung noch einmal in der Fachsitzung ansprechen.

Update (Ende 2023): Die Ausleihe der Kollegin (IRDE16, vgl. 7.1.1.12) blieb bisher die einzige.

7.1.2.8 MAIRO6 Funktionalität > Vielfalt

Fortbildung: Die Lehrkraft hat an einer Fortbildung an der Universität Potsdam teilgenommen, gemeinsam mit einem Referendar. Sie empfand die Werbung für das Fortbildungsprojekt und den ausführlichen theoretischen Teil als überladen, schätzte jedoch die praktische Umsetzung vor Ort.

Obwohl die Struktur der Fortbildung hilfreich war, ermöglichte sie es nicht, den Aufwand genau nachzuvollziehen, da das Equipment bereits aufgebaut war. Die Schulleitung erlaubt es der gesamten Fachschaft nie, an einer Fortbildung teilzunehmen, da sie auf interne Kommunikation setzt. Diese interne Kommunikation fand statt, aber es gab keine eigene Fortbildung.

Implementation: Andere Lehrkräfte der Schule setzten die praktischen DNA-Analysen innerhalb von Biologie-Leistungskursen um. Selbst ältere Kolleginnen haben sich beteiligt. Lehrkraft selbst hatte keinen Leistungskurs und war entsprechend nicht involviert.

Die Lehrkraft sieht das Angebot als Alternative zum gläsernen Labor in Berlin (Exkursion in ein außerschulisches Labor), da der Aufwand für Lehrkraft geringer ist, allerdings ist das Erlebnis für die Schülerinnen nicht so authentisch. Praxiserfahrungen sind für die Lehrkraft wichtig, da sie dem Prinzip des Lernens mit allen Sinnen folgt und einen Einblick in das Berufsbild ermöglicht.

Wünsche: Sie wünscht sich ein Handout mit einer klaren Übersicht über alle Informationen, wie zum Beispiel den Inhalt der Box, die von der Schule zu stellenden Materialien, ob die Einwegpipetten gesammelt werden müssen sowie benötigte Bestellnummern.

Die Lehrkraft wünscht sich eine zusätzliche Betreuung durch einen Experten während der Durchführung. Die Schule wäre sogar bereit, dafür zu bezahlen, ähnlich wie bei einer Exkursion ins gläserne Labor, wo Kosten entstehen. Lehrkraft legt keinen Wert auf Vielfalt des Angebots, sondern ist eher daran interessiert, dass die Umsetzung „mit großer Wahrscheinlichkeit funktioniert“, da dies die Argumentation vor den Schülerinnen für die Durchführung der praktischen DNA-Analysen über drei Stunden unterstützt.

Update (Ende 2023): Die Ausleihe der Kollegin (KADI05, vgl. 7.1.1.20) blieb bisher die einzige.

7.1.2.9 ANAN10 Begeisterte aber überforderte Junglehrkraft

Fortbildung: Die Teilnahme an Fortbildung war durch die Seminarleiterin im Rahmen eines Studienseminars initiiert. Lehrkraft ist begeistert von der Konzeptionierung, weil sie kontextorientiert und praxisfokussiert ist. Sie erkennt die Gedankenleistung durch die Veranstalter an. Sie glaubt, dass durch die Praxis ein „AHA-Effekt“ bei Schülerinnen auftritt und auch mögliche Fehlvorstellungen adressiert werden können.

Implementation: Lehrkraft erinnerte sich erst durch das Anschreiben dieser Studie wieder an die LFB. Die ersten Berufsjahre hatte sie viel anderes zu tun, auch innerhalb anderer Projekte und deshalb keine Zeit „das Gelernte umzusetzen“. Sie hat außerdem noch keine Oberstufe unterrichtet und schätzt ihre Erfahrung im Unterrichten der 9. Jahrgangsstufe zu gering ein, um die praktischen DNA-Analysen mit ihnen umzusetzen.

Insgesamt schätzt sie die Umsetzbarkeit gut ein, nachdem sie sich wiederholend einarbeitet. Auch hält sie die Oberstufenschülerinnen für behände genug, um die Praxis umsetzen zu können. An ihrer Schule sind die Fachschaft und Schulleitung aufgeschlossen für innovative Ansätze.

Pläne und Wünsche: Die Lehrkraft glaubt, dass bei einer Umsetzung alle Kolleginnen mitmachen würden, um die gesamte Oberstufe „durchzuschleusen“. Aber das Kollegium kennt die Fortbildung nicht und sie selbst hat ein Problem, die Organisation zu initiieren.

Update (Ende 2023): An der Schule fanden weiterhin keine Ausleihen statt.

7.1.2.10 CHHE22 Begeistert aber nervöse Willig-Umsetzerin (Corona gehemmt)

Fortbildung: Lehrkraft nahm an der Fortbildung an ihrer eigenen Schule teil. Ursprünglich hatten die gesamte Fachschaft und ein Seminar zugesagt, aber einige sind abgesprungen. Die Lehrkraft fand die Fortbildung sehr gut und anregend. Sie war beeindruckt davon, dass der gesamte Prozess von der Isolierung der DNA über die PCR bis hin zur Sichtbarmachung der DNA-Banden durchgeführt werden konnte. Sie sieht den Mehrwert in der Praxis, da sie Schülerinnen beeindruckt und zum nachhaltigen Lernen führt.

Implementation: Nach der Fortbildung hatte sich die Fachschaft zusammengesetzt, um zu planen, wie sie das Gelernte in der Q11 umsetzen könnten. Aufgrund der Corona-Pandemie konnten sie die Pläne nicht realisieren. Sie hatten geplant, sich in Zweier-Teams zusammenzutun, da sie sich alleine nach einer einzigen LFB nicht kompetent genug fühlten. Sie glaubt jedoch nicht, dass die LFB diese Kompetenzsteigerung erreichen kann, da man es selbst einmal durchführen muss, ohne angeleitet zu werden. Mit ausführlichem Skript und entsprechender Vorbereitung sei dies jedoch machbar.

Ein Problem sieht Lehrkraft darin, dass sie solche praktischen Übungen höchstens einmal im Jahr, eher alle zwei Jahre, durchführt. Sie testet ihre Kompetenz oft an ihren Referendaren. Sie hat Bedenken, dass die Schülerinnen möglicherweise mit der Technik nicht zurechtkommen und enttäuscht sind, wenn sie keine Ergebnisse haben. Zusätzlich hat sie Respekt davor, die Wartezeiten zu überbrücken. Aber auch in dieser Hinsicht erwartet sie keine weitere Unterstützung von der LFB.

Pläne und Wünsche: Eine Kollegin hatte von Anfang an kein Interesse an der Fortbildung, weil sie einen Besuch im gläsernen Labor bevorzugte. Lehrkraft selbst sieht in Exkursionen einen geringeren Mehrwert, da Schülerinnen nicht verbindlich zu solchen Veranstaltungen kommen müssen. Zusammen mit zwei Kolleginnen plant sie die praktischen DNA-Analysen im Sommer umzusetzen. Zu dem Zeitpunkt ist das Thema dann schon besprochen und die Schülerinnen verstehen hoffentlich mehr was sie machen. Außerdem liegt der Zeitpunkt nach den Klausuren.

Update (Ende 2023): Im Nachgang zur Interviewstudie erfolgte eine Ausleihe für drei Kurse. Ob die interviewte Lehrkraft dabei beteiligt war bleibt unbekannt.

7.1.2.11 IRAL01 Durch andere Projekte ausgelastet

Fortbildung: Die Lehrkraft hat an einer Fortbildung teilgenommen, weil sie von der Seminar-schule verpflichtet wurde. Sie fand die Erfahrung interessant, aber während des Referendariats zu stressig. Nach ihrem Referendariat organisierte sie eine weitere Fortbildung an ihrer eigenen Schule. Sie schätzt insbesondere die „Kochrezept“-Art der DNA-Analysen in den verschiedenen Kontexten, sodass die Protokolle leicht mit Schülerinnen umsetzbar sind. Aufgrund der unbekanntenen Ergebnisse und den Querbezügen zum Phänotyp, ermöglichen sie trotzdem tatsächliches Experimentieren mit den Schülerinnen. Praktische Erfahrungen tragen dazu bei, ein besseres Verständnis für dieses schwierige Thema zu entwickeln, da Versuche in den Fächern Biologie und in der Oberstufe oft zu kurz kommen. Die Lehrkraft lobt die gut durchdachten und stimmigen Lehrmaterialien.

Implementation: Ein Problem an ihrer eigenen Schule ist, dass jemand die Umsetzung vorantreiben muss. Die Lehrkraft ist bereits mit einem anderen Projekt (Umwelttag) ausgelastet. Darüber

hinaus ist Koordination mit anderen Lehrkräften notwendig, um sicherzustellen, dass alle Schülerinnen teilnehmen können und es zu keinen Ungerechtigkeiten kommt. Letzteres war bei früheren Exkursionen in der Chemie der Fall. Die Lehrkraft schätzt die Organisation als größte Hürde ein: Die Schulleitung würde zustimmen, aber alle Kolleginnen müssen gefragt werden. Nur dann können die Schülerinnen für die entsprechenden Stunden freigestellt werden. An der Schule stößt das auf Ablehnung, da Biologie bereits als das Fach gilt, in dem „so viel“ gemacht wird. Die Raumorganisation und mögliche trittbrettfahrende Kolleginnen aus dem Fach Biologie sind weitere Herausforderungen. Die Lehrkraft glaubt nicht, dass eine Kooperation mit anderen Schulen in diesem Kontext zu einer Erleichterung führen würde.

Wünsche: Die Lehrkraft wünscht sich weitere Kontexte für die DNA-Analysen und die Skripte in analoger Form, damit Kolleginnen, die keine E-Mails überprüfen, darauf zugreifen können.

Update (Ende 2023): Bisher erfolgte an dieser Schule keine Ausleihe.

7.1.2.12 RIWO15 Dem Fachschaftsentschluss untergeordnet

Fortbildung: Die Lehrkraft hat an der Fortbildung mit der gesamten Fachschaft an ihrer eigenen Schule teilgenommen. Sie sieht die Fortbildung aus zwei Blickwinkeln: Die Praxis war sehr gut, da die Schritte gut nachvollziehbar waren und jede es selbst machen durfte. Allerdings empfand sie die Theorie überfordernd. Es war unklar, welches Wissen für die tatsächlichen Versuche benötigt wurde.

Die Lehrkraft hält das Skript für ausreichend, um sich auf die eigene Umsetzung vorzubereiten. Sie selbst schätzt die Praxis als wertvoll ein, da sie einen authentischen Einblick in das Thema ermöglicht. Dies ist besonders wichtig, da Genetik generell „trocken“ sei und praktische Arbeit in der Oberstufe generell zu kurz kommt.

Implementation: Die Implementation der Fortbildung an ihrer Schule wurde von der Fachschaft als gemeinschaftliche Entscheidung abgelehnt. Hauptgründe waren die nicht abschätzbaren organisatorischen Hürden und der Aufwand. Außerdem waren älteren Kolleginnen nicht mit dem Konzept vertraut und wollten es nicht umsetzen. Sie glaubt aber nicht, dass externe Hilfe den schulinternen Organisationsaufwand erleichtern kann.

Sie hat prinzipielles Interesse an der Umsetzung, würde es jedoch nicht alleine machen und ist von dem organisatorischen Aufwand abgeschreckt: Einen Tag für die Umsetzung an der Schule zu finden, gleiche einem Kampf.

Wünsche: Die Lehrkraft schlägt vor, in der Fortbildung auf diese Bedenken einzugehen, indem beispielsweise eine konkrete Unterrichtsstunde vorgestellt wird und auf typische Fragen der Schülerinnen eingegangen wird.

Update (Ende 2023): Bisher erfolgte an dieser Schule keine Ausleihe.

7.1.2.13 ROKA23 Souveräne Zeitskeptikerin ohne Biologiefächer

Fortbildung: Die Lehrkraft nahm an der Fortbildung an ihrer eigenen Schule teil. Sie betrachtet das Thema als sehr wichtig, insbesondere in Bezug auf den Berufseinstieg und das Abitur. Das Thema ist lehrplanrelevant und aktuell. Es ist jedoch weniger geeignet, um neues Wissen zu erlernen, sondern eher zur Vertiefung und Veranschaulichung. Lehrkraft bewertet die Fortbildung als

sehr gut, fundiert und souverän durchgeführt. Sie war von der Ausstattung beeindruckt, die trotz hoher Funktionalität kompakt war. Aufgrund des umfangreichen Begleitmaterials fühlt sich Lehrkraft kompetent genug, um das Gelernte erneut zu erarbeiten.

Implementation: Lehrkraft konnte die DNA-Analysen nicht in den Unterricht integrieren, da sie keinen entsprechenden Biologiekurs unterrichtete. Stattdessen haben ihre Kolleginnen die DNA-Analysen am Ende des Schuljahres als Projektstage umgesetzt.

Das größte Problem sieht Lehrkraft in der Zeit, da der Lehrplan der Q11 „ehrgeizig“ sei und die Umsetzung erfordern würde, alle Schülerinnen an jedem Schritt zu beteiligen. Darüber hinaus wird die Zeit durch andere mögliche Projekte eingeschränkt, die die Lehrkraft möglicherweise verfolgt.

Wünsche: Lehrkraft wünscht sich ein Konzept, um die Gelelektrophorese in einer Doppelstunde durchzuführen, z. B. mit einer Muster-DNA.

Update (Ende 2023): Im Anschluss an die Interview-Studie erfolgte eine Ausleihe.

7.1.2.14 WACH11 Überzeugt aber durch Klassenzuteilung verhindert

Fortbildung: Die Lehrkraft hat zusammen mit Kolleginnen vom benachbarten Gymnasium an der LFB teilgenommen und ist von dem Konzept überzeugt. Die Organisation übernahmen die Fachbetreuer der beiden Schulen. Diese haben privat ein gutes Verhältnis. Die Lehrkraft glaubt an den Mehrwert der praktischen Umsetzung, um Interesse zu wecken und authentische Situationen zu schaffen.

Implementation: Die Lehrkraft hat seit der Teilnahme keine 11. Klasse mehr unterrichtet, da sie eher Chemiekurse zugewiesen bekommt. Ihre Kolleginnen beschwerten sich über den vollen Lehrplan und haben die praktischen DNA-Analysen deshalb noch nicht implementiert.

Die Lehrkraft sieht die Herausforderung in der Größe der Oberstufenkurse, die eine gute Betreuung mit nur einer Lehrkraft schwierig macht. Lehrkraft empfindet das bereitgestellte Material als umfassend und jede Lehrkraft müsse das sowieso an den einen eigenen Stil und die Gegebenheiten anpassen.

Pläne und Wünsche: Die Schule hat eine Kooperation mit einem mobilen Labor gestartet, das Molekularbiologie anbietet, jedoch hat die Pandemie eine Umsetzung vorerst verhindert.

Update (Ende 2023): Bisher erfolgte an dieser Schule keine Ausleihe.

7.1.2.15 HHJ99 Optimistische Diplom-Biologin an neuer Schule ohne Oberstufe

Hintergrund: Die Lehrkraft ist selbst Diplom-Biologin. Sie mag es, praktisch zu arbeiten. Ihre eigene Schule ist neu und hatte bisher keine Oberstufe. Diese wird nun eingeführt, inklusive eines Bio-Leistungskurses, bei dem Genetik in der 12. Klasse unterrichtet wird.

Fortbildung: Sie nahm alleine an der Fortbildung in Potsdam teil.

Implementation: Lehrkraft bevorzugt praktisches Arbeiten und ist der Meinung, dass dies den Schülerinnen einen anderen Zugang zu komplexen Themen ermöglicht. Praxis bietet ihnen einen authentischen Einblick. Sie sieht in den DNA-Analysen auch in Bezug auf die Berufsbildung als wertvoll an, da sie an einer Gesamtschule unterrichtet.

Die zeitliche Komponente sieht sie als problematisch, ist jedoch dennoch optimistisch, denn sie ist der Überzeugung ist, dass man „neue Dinge erst einmal ausprobieren muss“. Sie würde es auf jeden Fall versuchen, geht jedoch davon aus, dass für ihre Schülerinnen viel Vorarbeit erforderlich sind.

Sie unterteilt Lehrkraft in zwei Fraktionen: Lehrkräfte, die bereits viel praktische Erfahrung haben und dies problemlos umsetzen können. Sowie Lehrkräfte, die weniger Erfahrung damit haben und es daher als schwieriger empfinden. In ihrer Fachschaft könnte es eine Zusammenarbeit geben, aber sie wäre auch bereit, es alleine umzusetzen.

Wünsche: Zudem hat Lehrkraft den Wunsch, erneut an einer Fortbildung teilzunehmen und wünscht sich regelmäßige Updates.

Update (Ende 2023): Bisher erfolgte an dieser Schule keine Ausleihe.

7.1.2.16 GAST25 Corona-gebremste Jungfachschaft mit Anschaffungsziel

Fortbildung: Die LFB fand in der Schule statt und die Lehrkraft war davon sehr beeindruckt. Besonders positiv empfand sie, dass die Geräte direkt getestet werden konnten, was wertvolle Informationen für den eigenen Unterricht lieferte, wie etwa über Dauer, Aufbau und Passung.

Implementation: Die gesamte Fachschaft ist sich einig, dass sie die DNA-Analysen früher oder später umsetzen möchten. Die Schulleitung steht dem aufgeschlossen gegenüber und plant sogar, die Anschaffung der Geräte zu unterstützen. Lehrkraft würde wahrscheinlich freiwillige Nachmittagskurse anbieten, um den regulären Unterricht nicht zu beeinträchtigen. Die Zusammenarbeit wäre wahrscheinlich auf die Ausleihe beschränkt, da die Umsetzung von jeder einzelnen Lehrkraft individuell erfolgen würde.

Ohne die Corona-Pandemie hätten sie bereits mit der Ausleihe begonnen, aber die Ausleihe ist immer noch geplant. Der Hauptgrund dafür war die Lehrplanänderung, die mehr Genetik und mehr Wahlfreiheit für die Schülerinnen vorsieht. Aus diesem Grund wählen viele das Fach Biologie, und seien an praktischen Anwendungen interessiert, weshalb eine reine theoretische Behandlung ihre Bedürfnisse nicht befriedigen würde. Darüber hinaus bieten die praktischen DNA-Analysen wichtige authentische Einblicke zur Berufsorientierung.

Pläne und Wünsche: Die Lehrkraft hat Interesse Themen wie Immunbiologie oder Antikörper-tests in den Unterricht einzubeziehen, möglicherweise im Zusammenhang mit der Evolution und Serums-Tests.

Update (Ende 2023): Bisher erfolgte an dieser Schule keine Ausleihe.

7.1.2.17 MAGU23 Corona-gebremste Fachschaft

Fortbildung: Die Lehrkraft (FOS/BOS) hat die LFB an einer benachbarten FOS zusammen mit Kolleginnen besucht. Die LFB hinterließ bei der Lehrkraft einen positiven Eindruck, insbesondere wegen der kleinen Lerngruppe. Sie bewertet das Lehrmaterial als umfassend und die begleitenden Videos als hilfreich.

Implementation: Ursprünglich plante die Lehrkraft, die praktischen DNA-Analysen sofort in ihren Unterricht zu integrieren, aber aufgrund der Corona-Pandemie war dies nicht möglich.

Die Lehrkraft ist der Meinung, dass sich die Wochen kurz vor dem Abitur, insbesondere bei Nicht-Prüffächern, gut für die praktische Umsetzung eignen. Damit würden den Schülerinnen Einblicke in verschiedene Arbeitsweisen geboten, ihr Interesse geweckt und Spaß vermittelt. Außerdem gebe ihnen das einen authentischen Einblick in das Berufsleben. Dies diene sowohl der Bestätigung eigener Überlegungen als auch zur Unterstützung bei der Entscheidungsfindung.

Das größte Hindernis sieht die Lehrkraft im Umgang mit den Schülerinnen und hofft deshalb die praktische Umsetzung im Rahmen von Team-Teaching realisieren zu können.

Pläne und Wünsche: Das Kollegium an ihrer Schule ist offen für die Idee und möchte die LFB zu einem anderen Kontext (Laktoseintoleranz) im eigenen Haus erneut durchführen. Die Kooperation mit anderen Schulen beschränkt sich auf die gegenseitige Einladung zu Fortbildungen.

Die Lehrkraft wünscht sich regelmäßige Updates in Form von Newslettern sowie neue Module und dazugehörige LFBs.

Update (Ende 2023): Bisher erfolgte an dieser Schule keine Ausleihe.

Alleinige Teilnahme an der LFB:

7.1.2.18 GUGE28 Vorsichtig Begeisterte durch Zeit und Klassenzuteilung gehemmt

Fortbildung: LFB fand an einer nahegelegenen Schule statt. Die Lehrkraft wurde von der Seminar-Lehrkraft darauf hingewiesen. Das Angebot auf FIBS¹¹ alleine hätte nicht ausgereicht, um sich anzumelden. Die Lehrkraft nahm alleine an der LFB teil. Sie fand die LFB großartig und war besonders von der technischen Umsetzung beeindruckt, die auf kleinen Maßstab abzielte und die verschiedenen Szenarien gut darstellte. Die LFB schien in dieser Hinsicht "eine runde Sache" zu sein.

Implementation: Allerdings beurteilt die Lehrkraft die Umsetzung mit Schülerinnen als zeitintensiv. Nur mit viel Zeit kann sie sicherzustellen, dass alle Schülerinnen den gesamten Ablauf verstehen. Sie implementierte im Endeffekt nicht:

- Unterrichtete keine 11. Klassen nach der LFB.
- In der 12. Klasse ist der Zeitrahmen zu begrenzt.

Lehrkraft machte in der Fachschaft Werbung dafür, und Kollegen und Kolleginnen zeigten Interesse, konnten es jedoch zeitlich nicht umsetzen, da sie oft Nachmittagsunterricht hatten.

Pläne und Wünsche: Die Lehrkraft plant, die DNA-Analysen zumindest einmal praktisch durchzuführen, würde jedoch die Heterogenität der Schülerinnen genau betrachten. Falls erforderlich, wird sie erneut in der Fachschaft dafür werben. Sie erkennt den Mehrwert in einem praktischen Zugang zu einem sehr abstrakten Thema und findet die Anleitungen gut verständlich. Eine zusätzliche Laborkraft als Unterstützung wäre zwar wünschenswert, aber Lehrkraft ist zuversichtlich, dass sie es auch ohne schaffen können, da sie über einige Laborerfahrung verfügen.

¹¹ Fortbildungen in Bayrischen Schulen: Portal für Lehrkräftefortbildungen (Online-Auftritt: <https://fibs.alp.dillingen.de/>, 02.10.2024, 16:02).

Die Lehrkraft wünscht sich lediglich einen passenden Termin, der dann auch eingehalten wird. Ansonsten wünscht sie sich vom Angebot die bestehenden Kontexte weiter auszubauen, zu ergänzen und zu erweitern.

Update (Ende 2023): Bisher erfolgte an dieser Schule keine Ausleihe.

7.1.2.19 URER23 Privat interessierte Externe

Hintergrund: Diese Lehrkraft ist ein Sonderfall, weil sie selbst weder Biologie studiert hat noch unterrichtet. Sie unterrichtet Naturwissenschaften und Mathe im Wirtschaftszweig.

Fortbildung: Die Lehrkraft kam zu einer LFB an einer Schule in München. Sie schätzt die LFB als sehr gut ein und findet, dass die Ausrichtung von Wissenschaftlerinnen anstelle von Lehrkraft ein Qualitätsmerkmal ist. Zusätzlich findet sie das eigene praktische Arbeiten während der LFB gut.

Implementation: Weil der Lehrkraft die Zulassung für Biologieunterricht fehlte, nahm sie mit einem Wahlpflichtkurs das außerschulische Lernangebot der TUM wahr (Vgl. Stich, 2024).

Die Lehrkraft schätzt den Mehrwert von Praxis hoch ein, denn sie bringt jemanden weiter als Theorie allein; dann „weiß man auch, worum es geht“, wodurch man einen authentischen Eindruck und realistische Vorstellungen bekommt. Bei einer hypothetischen Implementation sieht sie schulorganisatorisch keine Widerstände, kann das aber aufgrund fehlender Fakultas nicht umsetzen. Bei sich persönlich sieht sie auch das Problem der mangelnden Übung/Erfahrung beim Experimentieren.

Wünsche: Lehrkraft wünscht sich ein breit gefächertes Angebot, sowohl methodisch als auch thematisch und interessiert sich für Bioinformatik.

Update (Ende 2023): Die Lehrkraft besuchte mit ihren Schülerinnen weiterhin den außerschulischen Lernort (TUM Labor). 2024 holte sie ihren Abschluss in Biologie nach und darf in Zukunft das Equipment ausleihen.

7.1.3 Zusammenhänge zwischen den Einzelfällen

Innerhalb der rekrutierten Stichprobe gibt es Lehrkräfte von gleichen Schulen (vgl. 6.2.1). In **Abbildung 7** (vgl. 6.2.2) sind die Lehrkräfte, die an der gleichen Schule sind in Kreisen zusammengefasst. In **Tabelle 6** und **Tabelle 7** ist die Schulzugehörigkeit über einheitliche Nummern angegeben. Die Hintergründe der Zusammenhänge schildere ich in den folgenden Abschnitten.

7.1.3.1 Grund A: Lehrkraft von der gleichen Schule implementierten gemeinsam (nicht)

Fall 1: MAHE12 und SYER18, FOS/BOS

Die Biologiefachschaft, der die beiden Lehrkräfte angehören, war seit dem Programmstart 2017 mit dabei. Sie haben zum Zeitpunkt der Interviews bereits vier Mal implementiert. MAHE12 berichtete mir von der angepassten Planung über die Jahre hinweg. Da es sich bei den Interviews um Selbstberichte handelte und zwischen dem Zeitpunkt der Befragung und den Implementationen bereits einige Zeit verstrichen war, rekrutierte ich eine Kollegin von MAHE12, um doppelten Blick auf die Anpassungen zwischen den Wiederholungen zu bekommen. Die Einblicke waren sehr umfangreich und durchaus unterschiedlich: MAHE12 hatte eher die Rolle der Initiatorin und übernahm vor allem schulorganisatorische Aufgaben. SYER18 und die anderen Kolleginnen

erarbeiteten die konkrete Umsetzung mit den Schülerinnen. Insgesamt nahm die Fachschaft (vier Lehrkräfte) bereits mehrmals an der Fortbildung teil. Die Schule diente als Fallbeispiel, weil sie über die Jahre ein Konzept entwickelt haben, das in das Schulcurriculum integriert wurde. Entsprechend fand an diesem Standort Schulentwicklung ausgehend von der LFB statt. Das Fallbeispiel wurde bereits ausführlich beschrieben (Großbruchhaus et al., 2024).

Falls 2: GAWE18 und HEHE15, GYM

Die beiden Interviews bilden das Pendant zu Fall 1 an einem Gymnasium. Auch hier einigte sich die Fachschaft (sechs Lehrkräfte) auf eine gemeinsame Implementation. Eine Lehrkraft (GAWE18, vgl. 7.1.1.8) übernahm dafür die schulorganisatorischen Aufgaben. Der deutlichste Unterschied zu Fall 1 ist, dass die Koordination und Kooperation im 1:1 Austausch stattfand: Die koordinierende Lehrkraft besprach die Implementation individuell mit der jeweiligen Lehrkraft, die einen Kurs betreute. Im Gegensatz dazu erarbeitete die Fachschaft aus Fall 1 ein gemeinsames Konzept. Vor der Praxiseinheit wurden alle Schülerinnen von GAWE18 in die theoretischen Grundlagen der DNA-Analyse (bittere Geschmackswahrnehmung) eingeführt. Die zweite Ausleihe war zum Zeitpunkt der Interviews angedacht aber nicht weiter geplant.

Update (Ende 2023): Nach der Pause während der Corona-Pandemie nahm die Schule ihre Ausleihen wieder auf.

Fall 3: GAGE26 und HEJÜ15, GYM

Auch hier implementierte die gesamte Biologiefachschaft mit allen Schülerinnen der 11. Jahrgangsstufe. Die beiden Interviews hoben sich dadurch ab, dass die Lehrkraft zusätzlich in der Mittelstufe (9. Klasse) implementierten und damit bei der Implementation Vorreiter-Rollen einnahmen. An dieser Stelle lohnte sich die doppelte Sichtweise auf den Gegenstand, da nur eine von beiden berichtete, dass sich die Fachschaft gegen eine Wiederholung im großen Stil entschieden hatte.

Update (Ende 2023): Interessanterweise ließ die Schule nach zwei Jahren Pause im Jahrestakt für eine große Kohorte aus (je ca. 200 Schülerinnen), benötigte allerdings kein Equipment mehr, sondern lediglich Reagenzien. Implementationen in der Mittelstufe fanden nicht mehr statt.

Fall 4: REGU14 und DAPE04, GYM, Besonderheit: interne Fortbildung

Die zwei Lehrkraft haben hauptsächlich dazu beigetragen meine Sichtweise auf die Rekrutierung zu ändern und mir eröffnet, dass es einen großen blinden Fleck gibt: Lehrkräfte, die das Equipment ausleihen und die DNA-Analysen praktisch mit ihren Schülerinnen durchführen, ohne an einer von unseren LFB teilgenommen zu haben. Dies war in unserer Konzeption, v. a. aufgrund der Sicherheitseinweisung in das Equipment, nicht vorgesehen. Allerdings ist es eine gute Entwicklung das Potential von schulinternen LFBs zu nutzen. Durch das Ausleihkonzept sind wir davon ausgegangen, dass es diese Lehrkraft nicht geben kann, weil früher oder später jede den Kontakt zu unserem Standort suchen muss. Doch durch Arbeitsteilung ist das möglich. Die beiden sind nicht die einzigen, die durch dieses Konzept einer internen Fortbildung implementiert haben. An zwei anderen Schulen gelang sowohl die Rekrutierung einer Lehrkraft, die zwar teilgenommen aber nicht implementiert hat (MAIR06) als auch einer Lehrkraft, die nicht teilgenommen aber implementiert hat (KADI05). Die beiden Sichtweisen von der gleichen Schule sind dennoch wichtig, um die Aussagen im Rahmen der Selbstdarstellung gegeneinander in Beziehung zu setzen.

Fall 5: GUOT13 und MORE23, GYM, beide nicht implementiert

Hier interviewte ich zwei Lehrkraft von der gleichen Schule, obwohl beide zum Zeitpunkt der Interviews nicht implementiert hatten. Das lag vor allem daran, dass ich bei MORE23 sehr viel Überzeugungsleistung erbringen musste, um sie für ein Interview zu gewinnen. Parallel hatte ich alle ihre Kolleginnen angeschrieben, weil sie mich darum gebeten hatte. GUOT13 sagte dann gleichzeitig zu. Im Endeffekt sind trotzdem beide Inhalte gewinnbringend, weil sie verdeutlichen, dass auch eine Ablehnung der Implementation auf unterschiedlichen persönlichen Sichtweisen beruhen kann. MORE23 hat grundsätzlich kein Interesse an der Thematik Molekularbiologie, Gentechnik während GUOT13 den Aufwand zu hoch einschätzt, dafür, dass Schülerinnen Biologie nur als naturwissenschaftlichen „Notfallkurs“ wählen. In der Retrospektive sind die beiden Fälle besonders interessant, da mittlerweile andere Lehrkraft dieser Schule das Equipment ausgeliehen und mit ihren Schülerinnen die DNA-Analysen praktisch implementiert haben.

7.1.3.2 Grund B: Lehrkraft von der gleichen Schule entscheiden sich bei der Implementation unterschiedlich

Wenn Lehrkraft an der gleichen Schule unterrichten, können wir zumindest auf dieser Ebene von ähnlichen Systembedingungen ausgehen. Entsprechend ist es besonders interessant, wenn Lehrkraft in Bezug auf die Implementation von Innovationen in den Unterricht zu unterschiedlichen Entscheidungen kommen. In den folgenden Fällen entschieden sich die Biologiefachschaften nicht gemeinsam für oder gegen die Implementation, sondern einzelne Lehrkraft implementierten individuell und Kolleginnen nicht.

Fall 1: MAHU05 implementierte, MAMI14 und ROGÜ07 implementierten nicht, BOS

An dieser Schule implementierte eine Lehrkraft alleine in ihrem Kurs. Der Kurs hat den Schwerpunkt Biotechnologie und ist durch eine Änderung im Lehrplan entstanden. Die Lehrkraft besuchte die Fortbildung mit der Perspektive der Implementation im Hinterkopf. Ihre beiden Kolleginnen entschieden sich gegen eine Implementation: Ihrer Meinung nach kann diese Praxis-einheit in Fächern, wie Biologie, in denen auch Prüfungen geschrieben werden, nicht umgesetzt werden kann, weil die Zeit fehlt und die Praxis selbst schlecht prüfbar sei. Hier scheint der Systemfaktor „Unterrichten einer geeigneten Klasse“ im Fokus zu stehen. Entsprechend konnte die Kollegin nur implementieren, weil sie diese unterrichtet. Tatsächlich spricht die implementierende Lehrkraft diesen Kurs auch als ausschlaggebendes Interesse der Implementation an.

Fall 2: ANKL21 implementierte und LIDI04 implementierte nicht, GYM

Die Gegenüberstellung des Entscheidungsprozesses dieser beiden Lehrkräfte ist besonders im Gegensatz zu Fall 1 interessant. Beide Lehrkräfte sind sich einig, dass die Zeit im regulären Unterricht zu knapp sei. Allerdings entscheidet sich ANKL21 für den organisatorischen Aufwand ein freiwilliges Angebot für die Schülerinnen am Nachmittag anzubieten. LIDI04 ist der Aufwand zu hoch im Vergleich zu dem Mehrwert für die Schülerinnen. Zusätzlich führt LIDI04 an, dass sie im Vergleich zu ihrer Kollegin im Nachteil sei, da sie von München weiter weg wohne und die Ausleihe für sie entsprechend mit höherem Aufwand verbunden sei. Hier kann ich also eine Kombination beobachten, zum einen spielt der Systemfaktor „Entfernung zur Ausleihe“ eine Rolle, zum anderen ist die Wahrnehmung entscheidend, inwiefern die Praxiseinheit für die Schülerinnen den Aufwand rechtfertigt.

Fall 3: GEUL17 implementierte und MARI14 implementierte nicht, GYM

Die Kombination dieser beiden Interviews ist insofern interessant, da sich die Implementiererin deutlich negativer über die Inhalte der Fortbildungen und ihren Implikationen für die Praxis äußert, als die Nicht-Implementiererin. GEUL17 macht deutlich, dass sie den Aufwand der Ausleihe zu hoch findet, wenn sie nicht auf die Unterstützung von Referendarinnen zurückgreifen kann. Im Gegensatz dazu ist MARI14 von den Möglichkeiten sehr begeistert und nennt als Haupthürde, dass sie seit der Fortbildung selbst keine 11. Klasse mehr unterrichtete, in der eine Implementation möglich wäre. Natürlich kann diese Aussage von sozialer Erwünschtheit geprägt sein (Döring et al., 2016, S. 432). Bisher lieh diese Schule nur einmal aus, ob GEUL17 seither kein Bioseminar für Referendarinnen oder MARI14 weiterhin keine 11. Klasse unterrichtete bleibt Spekulation. Dieses Beispiel betont eindrücklich, dass es sich bei Interviews nur um eine Momentaufnahme handelt.

Fall 4: KADI05 implementierte und MAIR06 implementierte nicht, GYM

KADI05 gehört zu den beiden Interviews, die beim Erhebungsprozess mein Verständnis der Implementation erweitert haben, da sie nicht an der Fortbildung teilnahm und trotzdem implementierte. Dazu steht ihre Kollegin im Kontrast: Sie nahm an der Fortbildung teil beteiligte sich allerdings nicht an der Implementation, da sie keinen Leistungskurs unterrichtete. Vor allem im Rückbezug auf die Implementation ganzer Fachschaften ist es interessant, dass sich die Lehrkraft der Implementation entzieht, weil sie keine eigene Klasse hatte, anstatt personell zu unterstützen (vgl. 7.1.3.1, 7.1.2.8).

Fall 5: IRDE16 implementierte und CHHE05 implementierte nicht, GES

Durch IRDE16 bekam ich einen Einblick, wie die Fortbildung unter günstigen Bedingungen Kooperationen anregen kann: Nach dem Referendariat traf sie an dieser Schule eine Kollegin, die ebenfalls an der Fortbildung teilgenommen hatte und beide schlossen sich für die Implementation zusammen. CHHE05 steht im Kontrast dazu, da sie zwar die Möglichkeiten der Implementation hoch einschätzt, sich selbst allerdings aus der Zuständigkeit herauszieht, da sie kurz vor der Pensionierung stehe und bereits viele Jahre Fachbetreuerin gewesen sei. In diesem Fall funktionierte dieser Ansatz: Die ältere Lehrkraft möchte den jüngeren die Implementation technologischer Innovationen überlassen und die Jüngeren setzten tatsächlich um. Trotzdem wird hier deutlich, dass mehr Schülerinnen DNA-Analysen praktisch im Unterricht hätten erleben können, wenn sich alle Lehrkräfte dafür zusammengeschlossen hätten.

7.2 Qualitative Inhaltsanalyse

Nachdem die Zusammenfassungen einen ersten Einblick in den Umfang des Materials lieferten, folgt in diesem Abschnitt die Ergebnisdokumentation zu den Begründungen, die Lehrkräfte in den Interviews heranzogen, um ihre Entscheidung für oder gegen eine Implementation zu erklären.

7.2.1 Deduktive Kodierung der Interviews

In einem ersten Schritt betrachten wir das Material als Einheit, um bezogen auf die Forschungsfrage 1a (vgl. 5.1) einen Einblick in die herangezogenen Argumente gewinnen zu können.

Insgesamt kodierten wir 1788 Segmente. Davon handelten 175 Aussagen von Corona, die im Weiteren nicht berücksichtigt werden. Da diese Kodierung auf deduktiver Ebene durch Interrating

validiert wurde, untersuchte ich in einem ersten Schritt die Häufigkeiten innerhalb dieser Kategorien. In **Tabelle 8** sind die Kodehäufigkeiten nach den Hauptkategorien aufgelistet und die Anzahl an Interviews angegeben, in denen diese Kategorie genannt wurde. Dabei ist auffällig, dass die drei Hauptkategorien *Lehrkräftefortbildung*, *Innovationsgegenstand* und *Organisation der Schule* in allen 39 Interviews vorkamen, während *Dissemination* mit Nennungen in lediglich in 17 Interviews am seltensten vorkam (vgl. 6.4.2).

Tabelle 8: Hauptkategorien

Kodierte Segmente in den sieben Hauptkategorien des deduktiven Kategoriensystems aufgeteilt nach Nennungen der Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Personenmerkmale</i>	38	332	123	209
<i>Lehrkräftefortbildung</i>	39	317	148	169
<i>Innovationsgegenstand</i>	39	413	149	264
<i>Organisation der Schule</i>	39	223	89	134
<i>Systemmerkmale</i>	36	169	96	73
<i>Kooperation</i>	37	135	37	98
<i>Dissemination</i>	17	24	6	18
gesamt		1613	648	965

In **Abbildung 9** sind die kodierten Segmente innerhalb der sieben Hauptkategorien des deduktiven Kategoriensystems dargestellt. Dabei werden die Anzahl der Nennungen getrennt nach Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen angegeben. Zum einen hebt die grafische Darstellung hervor, dass die Hauptkategorien unterschiedlich häufig genannt werden. Die drei Kategorien *Innovationsgegenstand*, *LFB* und *Personenmerkmale* sind dabei am häufigsten vertreten, gefolgt von *Organisation der Schule*. Interessanterweise ist *Personenmerkmale* sehr prominent, obwohl die Kategorie in einem Interview gar nicht vorkommt. Hierbei wird eine Abweichung zur Reihenfolge des deduktiven Kategoriensystems deutlich, weil *Innovationsgegenstand* die meisten Nennungen enthält. Zum anderen hebt **Abbildung 9** den Gewichtungsunterschied der Argumentennutzung zwischen Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen hervor. Hier wird deutlich, dass bei Implementiererinnen insgesamt ca. 20 % mehr Aussagen kodiert werden konnten. Außerdem erreichten nur in zwei Kategorien, *Lehrkräftefortbildung* und *Systemmerkmale*, beide Gruppen annäherungsweise gleich viele Nennungen, während die Implementiererinnen in anderen Kategorien deutlich mehr Argumente anbringen.

Abbildung 9 gibt nur eine grobe Übersicht der Kodierung, da sie auf Ebene der Hauptkategorien erfolgten. Das deduktive Kategoriensystem (vgl. 6.4.2) liegt auf einem sehr hohen Abstraktionsniveau, weshalb es für die Detailanalyse der Argumente nicht ausreicht. Entsprechend folgt jetzt die induktive Analyse der einzelnen Kategorien. Dies dient der tiefgreifenderen Beantwortung der ersten Forschungsfrage (vgl. 5.1). Entsprechend orientiert sich die Ergebnispräsentation an der Reihenfolge der Kategorien, wie sie in **Abbildung 9** dargestellt sind, da die Häufigkeiten der Statements innerhalb der Kategorien den Argumentationsschwerpunkt der Lehrkräfte widerspiegeln (vgl. 7.3.1).

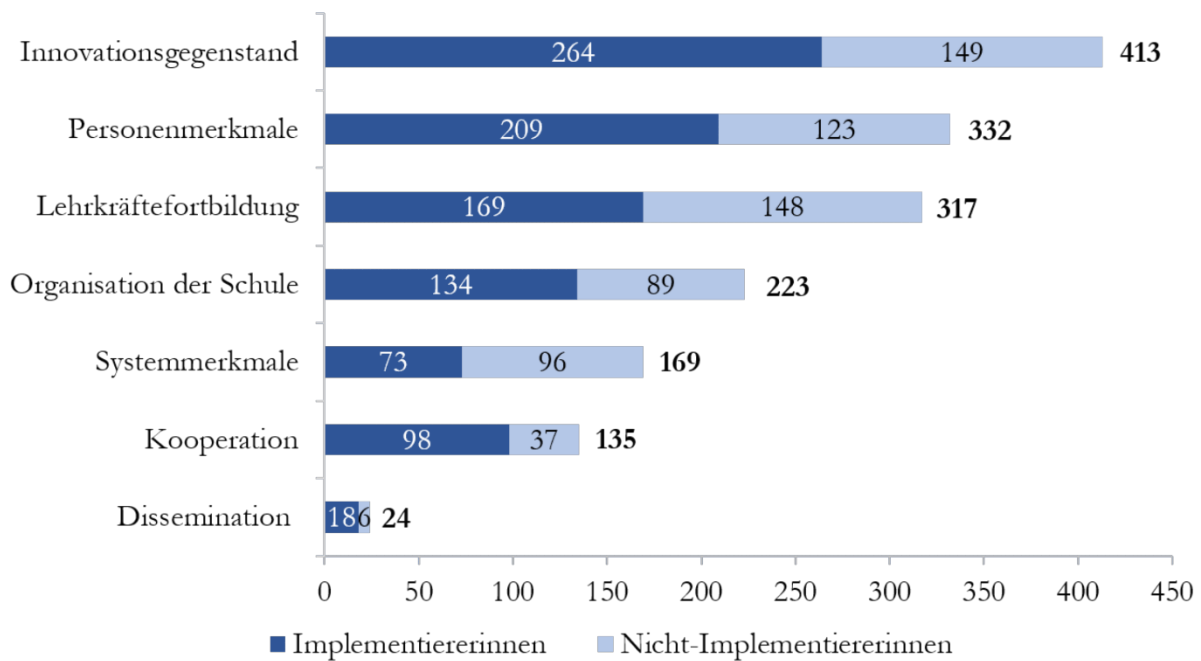


Abbildung 9: Deduktives Kategoriensystem

Darstellung der kodierten Segmente innerhalb der sieben Hauptkategorien des deduktiven Kategoriensystems. Die Anzahl der Nennungen ist getrennt nach Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen angegeben. Die Gesamtnennungen in den Hauptkategorien betragen *Personenmerkmale* N = 332, *Lehrkräftefortbildung* N = 317, *Innovation* N = 413, *Organisation der Schule* N = 223, *Systemmerkmale* N = 169, *Kooperation* N = 135 und *Dissemination* N = 24. Angepasst nach Großbruchhaus *et al.* (im Druck).

7.2.2 Induktive Kodierung der Interviews

Die aus der Literatur abgeleiteten sieben Hauptkategorien beinhalteten zum Großteil Unterkategorien. Die bisherige Analyse fokussierte sich auf die Hauptkategorien. Für die Strukturierung der induktiven Erweiterung, gehe ich von der deduktiven Kodierung der Unterkategorien aus. In jedem Abschnitt widme ich mich einer Hauptkategorie, stelle die Gruppenunterschiede basierend auf der deduktiven Kodierung dar und präsentiere die neuen Kategorien, die sich aus der induktiven Erweiterung ergeben haben. Dabei nutze ich die Terminologie Hauptkategorie / Unterkategorie (1. Ordnung) / Unterkategorie (2. Ordnung) und fortlaufend. Aus Gründen der Übersichtlichkeit gebe ich in Tabellen immer nur zwei Ordnungsebenen an, beispielsweise Hauptkategorie / Unterkategorie (1. Ordnung) oder Unterkategorie (1. Ordnung) / Unterkategorie (2. Ordnung). Wenn es Unterkategorien mehrerer Ordnungen gibt, stelle ich diese in mehreren Tabellen dar.

7.2.2.1 Hauptkategorie 3: Innovationsgegenstand

In dem Kontext meiner Studie bezieht sich die Bezeichnung Innovationsgegenstand auf die biotechnologischen Untersuchungen, die praktisch im Unterricht durchgeführt werden können und keiner zusätzlichen Sicherheitsregularien bedürfen.

Die Kategorie *Innovationsgegenstand* umfasste im deduktiven Kategoriensystem fünf Unterkategorien 1. Ordnung. Eine diente lediglich der Interessensabfrage zu einem Fortbildungsangebot, das sich mit Materialentwicklung zur Unterrichtsgestaltung bei der Implementation der biotechnologischen Untersuchungen mit Schülerinnen befasst. **Tabelle 9** zeigt einen Überblick der deduktiven Kodierung.

Tabelle 9: Hauptkategorie *Innovationsgegenstand*

Deduktiv kodierte Segmente der Hauptkategorie *Innovationsgegenstand* und ihren fünf deduktiven Unterkategorien 1. Ordnung. Die Zugehörigkeit zu Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen die Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Innovationsgegenstand</i>	7	18	0	18
Beurteilung durch Lehrkräfte	35	151	59	92
Bewusstsein für didaktisches Potential	34	116	48	68
flankierende Maßnahmen	36	107	36	71
LFB Materialentwicklung	16	21	6	15
Kohärenz	0	0	0	0
gesamt		413	149	264

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementiererinnen bzw. Implementiererinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Hauptkategorie *Innovationsgegenstand*.

Besonders auffällig ist, dass die Kategorie Kohärenz (**Tabelle 9**) keine kodierten Segmente enthält. Das ist darauf zurückzuführen, dass spezifische Aussagen zu Kohärenz im Sinne einer Passung des Innovationsgegenstandes an bestehende Unterrichtspraxis nicht vorkamen (Gräsel, 2010). Falls Aussagen in die Richtung gingen, verhielten sich diese nicht trennscharf zur Kategorie *Beurteilung durch Lehrkräfte*. Entsprechend blieb die Kategorie in Anschluss an die Validierung des Kategoriensystems durch Interrating leer.

Im Rahmen der induktiven Erweiterung ergaben sich 23 weitere Unterkategorien, davon 18 Unterkategorien zweiter oder höherer Ordnung. In **Tabelle 10** sind die Ergebnisse der induktiven Erweiterung auf Ebene der Unterkategorien 1. Ordnung gezeigt.

Bei der induktiven Erweiterung ergaben sich 59 Doppelkodierungen innerhalb der neuen Unterkategorien (**Tabelle 10**). Diese kam durch die Kodierregel ganze Sätze als Sinneinheit zu betrachten, wodurch distinktive Argumente innerhalb eines Satzes formuliert werden können (vgl. 6.4.2). Die größte Veränderung durch die induktive Erweiterung betrifft die beiden Kategorien *Beurteilung durch die Lehrkraft* und *Bewusstsein für didaktische Potential*. Obwohl das Interrating eine gute Trennschärfe dieser beiden Kategorien ergab, löst sich diese auf einer kleineren Detailebene wieder auf. Grund dafür ist semantischer Natur: Kodierte Segmente in der Kategorie *Beurteilung durch die Lehrkraft* bleiben auf Ebene der Nennung von Argumenten, während Segmente in *Bewusstsein für das didaktische Potential* die genannten Argumente mit einem erwarteten Effekt auf die Schülerinnen in Beziehung setzen. Um die genannten Argumente nicht doppelt abzubilden, habe ich mich dafür entschieden, sie als Unterkategorien in *Beurteilung durch die Lehrkräfte* einzuordnen.

Tabelle 10: Hauptkategorie *Innovationsgegenstand* induktiv

Kodierte Segmente der Hauptkategorie Innovationsgegenstand und ihren neun Unterkategorien 1. Ordnung nach induktiver Erweiterung kamen vier Unterkategorien 1. Ordnung hinzu. Die Zugehörigkeit zu Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen der Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Innovationsgegenstand</i>	9	20	2	18
Ausleihe	25	53	23	30
Beurteilung durch Lehrkräfte	38	219	88	131
Bewusstsein für didaktisches Potential	11	24	2	22
flankierende Maßnahmen	37	128	42	86
Kohärenz	0	0	0	0
Aufwand	11	14	9	5
Evaluation	2	4	0	4
Thematiken zu komplex	2	3	3	0
Methoden Theorie leicht	6	7	4	3
gesamt		472	173	299

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementiererinnen bzw. Implementiererinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Hauptkategorie Innovationsgegenstand.

Im Folgenden gehe ich die einzelnen Unterkategorien mit Beispielen durch.

7.2.2.1.1 Beurteilung durch Lehrkräfte

Insgesamt können zwei Ebenen unterschieden werden, die Lehrkräfte in Bezug auf den Innovationsgegenstand beurteilen: die inhaltliche und praktische Ebene der biotechnologischen Untersuchungen. In der Regel werden beide Ebenen im schulischen Kontext beurteilt; manchmal findet die Beurteilung allerdings unabhängig statt.

Tabelle 11 gibt einen Überblick zu den vier Unterkategorien, zwei davon (*Praxisbezug* und *Lehrplanpassung*) umfassen weitere Unterkategorien, die in eigenen Tabellen dargestellt werden.

Als erstes fällt auf, dass in dieser Kategorie sämtliche Aussagen einer der sechs Unterkategorien zugeordnet werden konnten. Insgesamt scheint die Beurteilung in zwei Schritten zu erfolgen. Zuerst wird entschieden, ob die Umsetzung der biotechnologischen Untersuchungen realistisch ist oder nicht. Dieses Spannungsfeld zeigen die beiden Kategorien *Realistisch, gut aufbereitet* und *Stress, Routine, Kürzer*. Im Anschluss wird diese initiale Annahme mit weiteren Argumenten untermauert, die den anderen vier Kategorien zugeordnet werden können. Insgesamt ist eine strikte Trennung von tatsächlicher Beurteilung und Argumenten, die zur Untermauerung herangezogen werden, schwierig. Beispielsweise dienen Aussagen zur Ausleihe häufig zur Bestätigung der Einschätzung als unrealistisch. Da die Ausleihe eine Eigenschaft des Innovationsgegenstandes ist, blieb sie eine eigene Unterkategorie.

Tabelle 11: Beurteilung durch Lehrkräfte, Innovationsgegenstand

Induktiv kodierte Segmente der Unterkategorie *Beurteilung durch Lehrkräfte* und ihren sechs Unterkategorien 2.Ordnung. Die Zugehörigkeit zu Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen der Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Beurteilung durch Lehrkräfte</i>	0	0	0	0
Realistisch, gut aufbereitet	21	40	18	22
Stress, Routine, Kürzer	15	23	8	15
Thematiken zu komplex	2	3	3	0
Methodentheorie leicht	6	7	4	3
Lehrplanpassung	12	26	8	18
Praxisbezug	32	71	33	38
gesamt		170	74	96

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementiererinnen bzw. Implementiererinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Unterkategorie höherer Ordnung. Hier *Beurteilung durch Lehrkräfte*.

Realistisch, gut aufbereitet

Die Hälfte aller Lehrkräfte meiner Stichprobe beurteilt die biotechnologischen Untersuchungen als gut aufbereitet und damit einhergehend realistisch für den Einsatz im Unterricht. Die Aussagen verteilen sich beinahe gleichmäßig auf Implementiererinnen (12) und Nicht-Implementiererinnen (9). Den Schwerpunkt dieser Kategorie bilden Aussagen zur guten Aufbereitung der Inhalte von unserer Seite her.

„Ich bin mit dem, was angeboten wird, eigentlich sehr zufrieden. Ich finde es [...] eine schöne, runde Sache. Das sind Versuche, die man eben in einem Rahmen von einer Woche auf jeden Fall gut [...] durcharbeiten kann. Und, ja, ich finde es toll.“

GUGE28, Nicht-Implementiererin

Trotz dieser Einschätzung scheint das alleine nicht für eine Implementation in den eigenen Unterricht auszureichen. Aussagen von Implementiererinnen unterscheiden sich insofern, dass sie die gute Aufbereitung nicht nur auf die inhaltlichen, sondern auch die praktischen Aspekte, z. B. Beschriftung der Reagenzien während der Ausleihe, beziehen.

„In kurzer Zeit möglichst viele Klassen mit extrem gutem Material und Methoden zu versorgen, die das dann praktisch durchführen und dieses Praxiserlebnis haben. Das ist so der mega Vorteil.“

SYER18, Implementiererin

Diese Einschätzung steht im direkten Kontrast zur nächsten Unterkategorie, die Hemmungen von Lehrkräften gerade bei diesen praktischen Implikationen umfasst.

Stress, Routine, Kürzer

Um die einzelnen Argumente nicht weiter kleinzuarbeiten, bildete ich hiermit eine Art Sammelkategorie, die sämtliche Aussagen umfasst, die einer Einschätzung als „realistisch im Unterricht“ entgegenstehen. Interessanterweise äußerten sich mehr Implementiererinnen (10) dazu als Nicht-Implementiererin (5).

Die Aussagen der fünf Nicht-Implementiererin beschreiben genau den Namen der Unterkategorie. Sie erwarten, dass die Ausleihe und praktische Durchführung mit einer Klasse Stress bedeuten würde und ihnen dahingehend die Routine fehlt. Außerdem schätzen sie die Konzeption der Fortbildungsinhalte für die Umsetzung an der Schule als zu knapp, also zu umfangreich, ein.

„Mehr Erfahrung und dann auch Routine, damit ich mich dann sicherer fühle oder eine viel, viel kürzere Einheit, wo ich sage, okay, das schaffe ich dann locker zeitlich und auch in der Vorbereitung.“

MORE23, Nicht-Implementiererin

Die Aussagen der Implementiererinnen gehen in dieselbe Richtung, haben allerdings einen entwickelnden Charakter:

„Aber das Gefühl am Anfang, weil du selber die Routine nicht hast, weil du ja mit dieser PCR und mit der Gelelektrophorese nicht regelmäßig umgehst, dass du einfach das Gefühl [hast], du musst immer fünf Bälle gleichzeitig in der Luft halten.“

IREU10, Implementiererin

Aus Aussagen dieser Art geht hervor, dass Implementiererinnen die gleichen Bedenken haben und sich trotzdem für eine Implementation entscheiden. Wie in dem Beispiel von IREU10 bestätigt die erste Implementation in vielen Fällen diese Bedenken sogar. Entscheidend scheint dabei der Glaubensansatz zu sein, dass Routine kommt, sobald man es öfter macht und der damit einhergehenden Normalisierung von Imperfektion bei ersten Malen.

Thematiken zu komplex vs. Methoden leicht

Neben der Einteilung nach Machbarkeit, kann auch die inhaltliche Ebene des Innovationsgegenstandes in zwei Teilbereiche unterteilt werden: Erstens die biotechnologischen Methoden, z. B. DNA-Extraktion, PCR. Zweitens die thematischen Kontexte, in denen diese stehen, z. B. molekulare Uhr des circadianen Rhythmus (vgl. **Tabelle 2**, 6.1). Aussagen, die sich ausschließlich auf beide Ebenen bezogen waren insgesamt selten (vgl. **Tabelle 11**).

Auffällig ist, dass ausschließlich Nicht-Implementiererin (3) die Themen, d.h. Kontexte in denen die biotechnologischen Methoden angewandt werden, für Schülerinnen zu komplex finden.

„Es liegt halt an den Thematiken, dass man denkt, ist das denn teilweise nicht doch zu komplex, um es einer Schülergruppe quasi einmalig durchzumachen.“

MAMI14, Nicht-Implementiererin

Dem gegenüber steht die Einschätzung in beiden Gruppen, dass die biotechnologischen Methoden zumindest in der Praxis sehr leicht sind und deshalb einen guten Rahmen bieten, um Schülerinnen die komplexen Inhalte zu vermitteln.

„Die Arbeitsweisen und Techniken in der Genetik in der Molekularbiologie sind ja relativ ähnlich und nicht sehr schwierig, würde ich jetzt mal sagen, und auch nicht sehr viele, aber die Theorie dahinter ist sehr, sehr viel komplizierter. Und ich wollte den Schülern zeigen, wie man mit den Arbeitsmethoden doch zu diesen komplexen Inhalten in der Gentechnik kommen kann.“

DIRA14, Implementiererin

„Dass man halt doch ein schwieriges Themengebiet, das den Schülern meistens nicht so einfachfällt, anhand interessanter Versuche dann doch so einfach beigebracht bekommt, dass es jeder verstehen sollte.“

IRAL01, Nicht-Implementiererin

Die Einschätzung der inhaltlichen Ebene, findet selten im luftleeren Raum statt, sondern wird von den Lehrkräften meist in den schulischen Kontext gesetzt. Dabei dient der Lehrplan als Referenz.

Lehrplanpassung

Insgesamt 15 Lehrkräfte äußern sich darüber, dass die biotechnologischen Untersuchungen gut in den bestehenden Lehrplan passen, sowohl in Bayern, als auch in Berlin-Brandenburg.

„Diese wundervolle Einbettung eben in der Laktose Intoleranz, was für die Oberstufe eben einfach der Hammer ist, aber andererseits eben auch in diesem Kriminalfall [passt in] die neuen Texte also in Bio, also da war ich echt, wahnsinnig begeistert.“

ANAN10, Nicht-Implementiererin

„Das ist schlicht die 11. Klasse komplett an Inhalten. Da ist Vererbung drin, da ist Gelelektrophorese drin, da ist eine [PCR] drin, da sind Punktmutationen drin, also das ist so der Stoff, den man über Wochen hinweg, einfach theoretisch macht und jetzt sieht man, dass da einfach mal eine praktische Anwendung da ist.“

ELGÜ04, Implementiererin

Insgesamt sind sich die Nicht- und Implementiererrinnen in diesem Zusammenhang einig, mit einer Ausnahme. Eine Nicht-Implementiererin äußerte, dass sie im FOS/BOS Lehrplan keine Möglichkeit sieht die biotechnologischen Untersuchungen anzuwenden.

„Also ich bin immer natürlich auch noch am Suchen, wo kann ich das jetzt anwenden.“

RÖGU07, Nicht-Implementiererin

Zusätzlich zu diesen allgemeinen Aussagen zum Lehrplan, ergaben sich zwei kleine Unterkategorien. Diese sind als Überblick in **Tabelle 12** angegeben.

Tabelle 12: Lehrplanpassung, 2. Ordnung

Kodierte Segmente der Unterkategorie Lehrplanpassung und ihren zwei Unterkategorien 3. Ordnung. Die Zugehörigkeit zu Implementierenderinnen und Nicht-Implementierenderinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen der Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurden. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Lehrplanpassung</i>	12	26	8	18
Adaptivität	4	8	0	8
Abprüfbarkeit	3	3	2	1
gesamt		37	10	27

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementierenderinnen bzw. Implementierenderinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Unterkategorie höherer Ordnung. Hier Lehrplanpassung.

Insgesamt vier Implementierenderinnen betonten den Vorteil der *Adaptivität* der biotechnologischen Untersuchungen an den Lehrplan und gehen damit über eine gegebene Passung hinaus. Diese Lehrkräfte erkennen an, dass die verschiedenen Module (vgl. **Tabelle 2**, 6.1) zum einen unterschiedliche Schwierigkeitsgrade haben und zum anderen Schülerinnen die Möglichkeit geben nach ihren Interessen zu handeln, in dem sie den thematischen Kontext (vgl. **Tabelle 2**, 6.1) wählen können. Darüber hinaus nutzen zwei Lehrkräfte diese Begebenheiten, um Schülerinnen zu ermöglichen die Praxiseinheit in ihrer Schullaufbahn mehrmals zu durchlaufen und damit einen stufenübergreifenden Lerneffekt zu schaffen (vgl. 7.4.4.1). In diesen beiden Fällen könnte man von *Kohärenz* sprechen. Die Kategorie blieb wie oben erwähnt leer, weil sie sich auf Kohärenz zu bestehender Unterrichtspraxis bezieht. Allerdings wird hier deutlich, dass sich Lehrkräfte durch die kontinuierliche Implementation von Innovationen eine eigene, neue Kohärenz aufbauen können (vgl. 7.4.4.1). Aussagen zur Adaptivität sind dabei sowohl mit Schülerinnen Interesse als auch mit dem Interesse der Lehrkräfte verbunden. Zwei äußerten, dass es auch für die Lehrkraft langweilig sei, jedes Jahr das gleiche zu machen. Das geht weiter über das Bedürfnis nach Routine hinaus.

„Also dann kann man das ja vielleicht öfter machen. Weil mit einem neuen Lehrplan kommt ja die Genetik in die 8. Klasse und wenn man dann sagt, in der 8. macht man was von dem Programm und dann, dass man halt den Schwierigkeitsgrad, also aufbaut, wobei das ja eh schon mit dem Kriminalfall und dem Schmecker-Nichtschmecker [...] immer schwieriger und komplexer wird.“

CHJO28, Implementiererin

Im Gegensatz zur Einigkeit unter *Adaptivität* bildet die Unterkategorie *Abprüfbarkeit* ein differenziertes Meinungsbild ab. Auf der einen Seite stehen zwei Lehrkräfte (Nicht- und Implementiererin), die in der praktischen Einheit der biotechnologischen Untersuchungen eine gute Abiturvorbereitung sehen und auf der anderen Seite eine Nicht-Implementiererin, die die Abprüfbarkeit anzweifelt und das als Problem sieht:

„Ich komme immer von der Lehrerbrille und sage ich muss natürlich auch hier das abprüfen können und wie mache ich das. Ich [brauche] ja auch so einen theoretischen Anteil, immer zum Abprüfen.“

ROGÜ07, Nicht-Implementiererin

„Es ist schon mal was wert. Die haben auch mit Sicherheit für gelernt. Ich habe auch keine Angst, sie jetzt in der Abiturprüfung irgendwas mit Gelelektrophorese oder PCR fragen zu lassen.“

DRHO18, Implementiererin

Neben der inhaltlichen Passung, sowohl der Modul-Kontexte als auch der biotechnologischen Untersuchungen, steht die praktische Durchführung. Der Großteil der Lehrkräfte ist der Meinung, dass Genetik und Molekularbiologie Themenbereiche sind, die Schülerinnen sehr interessant finden. Allerdings böten diese Bereiche wenig Möglichkeiten für Praxis im Unterricht, weshalb Lehrkräfte beschreibende Begriffe, wie „trocken“ verwenden. Entsprechend wird in diesem Kontext der *Praxisbezug* von vielen Lehrkräfte als eigenes ausschlaggebendes Argument angeführt.

Praxisbezug

Fast alle Lehrkräfte äußerten sich zur Bedeutsamkeit des praktischen Arbeitens (37/39), davon 19 Implementiererinnen und 18 Nicht-Implementiererin. Bis auf eine Lehrkraft sind sich alle einig, dass Praxiseinheiten einen Mehrwert für Schülerinnen haben. Die unterschiedlichen argumentativen Schwerpunkte in diesem Kontext werden in **Tabelle 13** in Form der Unterkategorien dargestellt.

Tabelle 13: Praxisbezug, 2. Ordnung

Kodierte Segmente der Unterkategorie Praxisbezug und ihren vier Unterkategorien 3. Ordnung. Die Zugehörigkeit zu Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen der Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Praxisbezug</i>	32	71	33	38
langweilig	1	1	1	0
Zweifel wegen Black-Box	3	9	8	1
Schülerinnen interessant / Interesse wecken	19	32	5	27
Einblick in Berufsfelder	13	17	7	10
gesamt		130	54	76

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementiererinnen bzw. Implementiererinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Unterkategorie höherer Ordnung. Hier *Praxisbezug*.

Obwohl sich alle Lehrkräfte einig sind, dass Praxiseinheiten an sich für Schülerinnen Mehrwert bieten, äußerten sich vier im Kontext der biotechnologischen Untersuchungen anderweitig.

Die [Praxis] hat 100prozentig einen Mehrwert, weil ich an einigen Stellen halt bei den Schülern da auch das Interesse wecke.“

WACH11, Nicht-Implementiererin

„Der Mehrwert ist vielschichtig, der ist einerseits im sozialen Bereich natürlich, auch Selbstkompetenz, aber auch Teamarbeit. [...] Es ist halt einfach ein ganz besonderes Highlight in der Schullaufbahn, wenn man so was mal machen kann.“

GAWE18, Implementiererin

Drei Lehrkräfte, darunter eine Implementiererin, empfinden die PCR als Black-Box, in der man nicht sieht was passiert. Entsprechend zweifeln sie einen Lerneffekt an.

„Zu dem Stresspunkt für mich bedeutet mit diesen ganzen attraktiven Sachen und man kann ja dann doch irgendwie, man sieht ja eigentlich nicht viel. Das sind alles Apparate, es passiert alles irgendwie im Verborgenen, im Kleinen.“

MORE23, Nicht-Implementiererin

Im Gegensatz dazu berichten andere Lehrkräfte von interessierten Nachfragen von Seiten der Schülerinnen, die durchaus eine tiefere Auseinandersetzung mit dieser „Black-Box“ vermuten lassen.

„Gerade in der heutigen Zeit, wo PCR ja jetzt mittlerweile die Medien flutet, ist es ja ganz toll, wenn die Schüler sagen: „Ah, ich weiß, was das ist. Wir haben das in der Schule auch. Wir haben das gemacht“. Das ist schon super.“

GEUL17, Implementiererin

Eine Lehrkraft findet biotechnologische Methoden generell langweilig und bevorzugt in dem Themenbereich eine theoretische Auseinandersetzung (MORE23). Dies steht im direkten Kontrast zu den Lehrkräften, die eine Praxiseinheit in dem Kontext beispielweise für die Abiturprüfung (Unterkategorie *Abprüfbarkeit*) oder den *Praxisbezug* an sich sinnvoll einschätzen. Die Argumente dabei drehen sich meistens um die Schaffung eines anderen Zugangs zum Thema bzw. einer anderen Lerngelegenheit.

„[Weil die Schülerinnen] händisch also begreifen, im wahrsten Sinne des Wortes.“

GAWE18, Implementiererin

Zwei weitere häufige Argumente der Lehrkräfte im Kontext des Mehrwerts praktischer Arbeitsphasen drehen sich um die eingeschätzte Authentizität (*Einblick in Berufsfelder*) und das Interesse von Schülerinnen (*Schülerinnen interessant / Interesse wecken*).

„Praktisch aktueller Fall mit Corona, dass [die Schülerinnen] halt wissen, wie lange so eine Untersuchung von so einer DNA dauern wird, wie lang so ein Abgleich dauern wird, dass man halt nicht sofort mit irgendwelchen Ergebnissen rechnen kann, insbesondere dann, wenn halt ein Labor relativ stark belastet ist.“

MAHU05, Implementiererin

„Na ja, dass sie den Einblick gewinnen eigentlich ja auch was mit dem Berufsbild so ein bisschen verbunden ist, wenn man in die Forschung geht. Dass es dann vielleicht auch bedeuten kann, wenn man sich für sein Studium entscheidet und letztlich ja dann auch irgendwie so sein Berufsbild irgendwie da ein bisschen modifizieren kann.“

MAIR06, Nicht-Implementiererin

Fünfzehn Lehrkräfte, davon fünf Nicht-Implementiererin, schätzen, dass die praktische Einheit der biotechnologischen Untersuchungen einen authentischen Einblick in die Arbeiten im Labor geben. Dabei gibt es einen kleinen Unterschied, ob Lehrkräfte es für alle Schülerinnen oder nur für ohnehin interessierte Schülerinnen sinnvoll einschätzen (vgl. 7.4.3). Generell erhoffen sie sich durch die Praxiseinheit Schülerinnen bei der Entscheidungsfindung zu unterstützen, ob sie nach der Schullaufbahn eine Karriere in diese naturwissenschaftliche Richtung einschlagen wollen. Dabei wird häufig die Arbeit mit Pipetten und kleinen Volumina besonders hervorgehoben, da Schülerinnen zu diesen im normalen (Schul-)Alltag keinen Bezug haben. Diese beiden Besonderheiten in der Handhabung während der biotechnologischen Untersuchungen, werden auch im Kontext des Interesses von Schülerinnen herangezogen.

Wie der Kategoriename (*Schülerinnen interessant / Interesse wecken*) andeutet, betrachten Lehrkräfte Schülerinneninteresse von zwei Seiten. Entweder sie gehen davon aus, dass die praktische Handhabung an sich im Kontext der biotechnologischen Untersuchungen für Schülerinnen interessant ist. Oder sie sind überzeugt, dass die Praxiseinheit das Interesse von Schülerinnen für das Thema weckt bzw. steigert.

„Sie haben sich als kleine Kriminalisten gefühlt.“

REGU14, Implementiererin

„Also für die Schüler wäre es bestimmt super toll. Weil, die Gentechnik ist ja sehr trocken. Und das ist ja eigentlich etwas, was die im Alltag ja am meisten irgendwie interessieren könnte.“

LIDI04, Nicht-Implementiererin

Zusammenfassend wird deutlich, dass die Lehrkräfte unterschiedliche Referenzrahmen heranziehen, um den Innovationsgegenstand zu beurteilen: Erstens die inhaltliche Ebene, die auf ihre Passung für **Schülerinnen** und den **Lehrplan** beurteilt wird. Zweitens die praktische Ebene, die ebenfalls auf die Passung für Schülerinnen aber auch für die Lehrkraft **persönlich** (Stichwort: Routine) beurteilt wird.

7.2.2.1.2 Bewusstsein für didaktisches Potential

Alle Aussagen, die nach der induktiven Erweiterung in dieser Kategorie verbleiben, bilden in irgendeiner Weise den Kontrast zur Kategorie *Zweifel wegen Black-Box* (vgl. **Tabelle 13**). Aus den Aussagen wird deutlich, dass die Lehrkräfte anerkennen, dass verborgene Prozesse in dem Ther- mozykler ablaufen, die einer intensiven Auseinandersetzung oder Reflexion bedürfen, um einen tatsächlichen Lernerfolg mit der Praxiseinheit zu generieren. Die induktive Erweiterung von *Bewusstsein für didaktisches Potential* ist in **Tabelle 14** gezeigt.

Tabelle 14: Bewusstsein für didaktisches Potential

Kodierte Segmente der Unterkategorie *Bewusstsein für didaktisches Potential* und ihren zwei Unterkategorien 2. Ordnung. Die Zugehörigkeit zu Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen der Unter- kategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Bewusstsein für didaktisches Potential</i>	2	3	0	3
Zeit nehmen	5	7	2	5
Verknüpfung mit Unter- richtsverlauf	8	14	0	14
gesamt		24	2	22

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementiererinnen bzw. Implementiererinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Unter- kategorie höherer Ordnung. Hier *Bewusstsein für didaktisches Potential*.

Eine intensive Auseinandersetzung mit der praktischen Einheit erfordert, dass man sich *Zeit nimmt*. Für die Implementiererinnen gehört das organisch zum gesamten Ablauf und gleicht einer Selbst- verständlichkeit.

„Ich finde, das gehört halt so zusammen, dieses ganze PCR, Gelelektrophorese, also das [...] die ganzen Inhalte so dargestellt sind, dass die Schüler halt wirklich die Schritte nachvollziehen können.“

IRDE16, Implementiererin

„Da habe ich schon sehr Wert drauf gelegt, dass man immer hinterfragt, warum ma- chen wir den Schritt, [...] warum brauchen wir das. Und das hat eigentlich sehr gut funktioniert.“

CHJO28, Implementiererin

Im Gegensatz dazu nutzen die beiden Nicht-Implementiererin diesen zeitlichen Mehraufwand als Gegenargument für die Praxiseinheit an sich, nach dem Motto: Wenn man es macht, muss man es vernünftig machen und dazu hat man keine Zeit.

„Man muss halt mit den Schülern davor ordentlich Zeit investieren, dass die eben diesen gesamten Ablauf dann hinbekommen.“

GUGE28, Nicht-Implementiererin

„Das soll ja nicht eine Beschäftigungstherapie sein, sondern das soll ja wirklich eine Wissensgrundlage auch bilden.“

MARI14, Nicht-Implementiererin

Damit ist MARI14 das Paradebeispiel einer Lehrkraft, die die Wichtigkeit des praktischen Arbeitens im Biologieunterricht betont, sich jedoch selbst dafür im eigenen Unterricht keine oder nur gelegentlich Zeit nimmt. Als weiteres Gegenargument für die praktische Durchführung von DNA-Analysen wird mögliches mangelndes Verständnis auf Schülerinnenseite angeführt.

Neben der reinen Zeit, die der Fachinhalt einnimmt, spielt auch die Anbindung der Praxiseinheit in den Unterrichtsverlauf für viele Lehrkräfte eine Rolle. Bei der zugehörigen Kategorie ist besonders auffällig, dass sich ausschließlich Implementierenden (8) dazu äußern (vgl. **Tabelle 14**). Die *Verknüpfung mit dem Unterrichtsverlauf* wird von den Lehrkräften unterschiedlich adressiert:

- Vertiefung/ Wiederholung, indem die Praxiseinheit im Anschluss an die theoretische Auseinandersetzung mit der Thematik anschließt.
- Peer-Teaching, indem Schülerinnen unterschiedliche Teilbereiche inhaltlich vorbereiten oder bei einer freiwilligen Teilnahme im Anschluss ihren Klassenkameradinnen Bericht erstatten.
- Flipped Classroom, indem Schülerinnen Fachreferate über einzelne Themenbereiche, z. B. die unterschiedlichen Methoden, halten oder die Fachinhalte, z. B. circadianer Rhythmus, vorab recherchieren.

Insgesamt wird bei den Aussagen deutlich, dass das *Bewusstsein für didaktisches Potential* bei wiederholter Implementation steigt oder anders reflektiert wird, z. B. indem die Verknüpfung mit dem Unterrichtsgeschehen durch Peer-Teaching oder Flipped Classroom Maßnahmen bei einer Wiederholung intensiviert wird. Gemeinsam mit der Kategorie *Praxisbezug*, ergeben sich drei Kontroversen, die ich in **Tabelle 15** aufführe.

Die Unterschiede in der wahrgenommenen Authentizität wurden bereits unter *Überzeugungen & Werte* deutlich (vgl. 7.2.2.2.1). Hier werden die Aussagen fachlich konkreter und beziehen sich auf das praktische Arbeiten:

"Das sind keine kleinen bunten Scheren oder so was, das ist einfach eine farblose, eigentlich langweilige Flüssigkeit. Dieser Aha-Effekt [...] ist Bombe."

ANAN10, Nicht-Implementiererin

Tabelle 15: Überblick der gegensätzlichen Argumente von Lehrkräften

Überblick der gegensätzlichen Argumente von Lehrkräften in Bezug auf die praktische Ebene der biotechnologischen Untersuchungen. Einteilung in Pro und Contra, sowie mögliche Schlussfolgerungen auf Metaebene der Implementationshürden. Eigene Darstellung.

Pro	Contra	Implementationshürde
Praxis ist lernförderlich	Praxis gleicht Beschäftigungstherapie	Bewusstsein für didaktisches Potential
Umgang mit PCR: ermöglicht AHA-Effekt ist anschaulich*	Praxis als Vertiefung oder Anschaulichkeit*	Wahrgenommener Nutzen für Schülerinnen Usability
Umgang mit PCR: löst kognitiven Konflikt aus	PCR ist eine Black-Box ist langweilig	Wahrgenommene Authentizität
Experimentieren erfordert sauberes arbeiten	Ergebnisse können nicht sicher gestellt werden	Wahrgenommene Authentizität
Praxis ermöglicht Einblicke in Berufsfelder	Praxis ist nicht für alle Schülerinnen relevant	Kombination aus Wahrgenommene Authentizität und Bewusstsein für didaktisches Potential

* Einmal steht die Anschaulichkeit als Argument gegen den Wissenserwerb bei Contra und einmal gegen Black-Box und Langeweile bei Pro. Das zeigt die enge Verknüpfung der Argumente untereinander.

Wenn man die Gegensätze aus **Tabelle 15** im Detail betrachtet, kann man für meine Stichprobe die Befunde auf drei Ebenen (Implementationshürden, vgl. 2.3) zusammenfassen:

1. *Implementationshürde 1: Authentizität von biotechnologischen Untersuchungen:*
In die Antwort auf diese Frage schließen sich viele Annahmen über authentische Laborarbeit ein. Einige Lehrkräfte sind von der reinen Möglichkeit, dass es Geräte für den Umgang mit Schülerinnen gibt, begeistert.
Mit dem authentischen Arbeiten gehen einige Implikation einher: Die Ergebnisse können nicht garantiert werden, weil sie maßgeblich von der Qualität der Reagenzien (z. B. ununterbrochene Kühlkette) und vom sauberen Arbeiten abhängen. Diese Einschränkung wird von Lehrkräften unterschiedlich wahrgenommen. Zum einen urteilen Lehrkräfte, dass genau das Teil eines authentischen Erlebnisses ist (*Einblick in Berufsfelder*) oder berichten, dass Schülerinnen Spaß haben, obwohl es nicht bei allen funktioniert. Zum anderen lehnen Lehrkräfte damit die Praxiseinheit ab, weil sie die Frustrationstoleranz ihrer Schülerinnen zu gering einschätzen und ihnen ohne sichtbare Ergebnisse die Argumentationsgrundlage für den Aufwand fehlen würde
2. *Implementationshürde 2: Didaktische Überzeugungen zur Bedeutung experimenteller (Forschungs-)Methoden:*
Unter diesem Punkt scheint es ähnlich zur Authentizitäts-Frage begeisterte Lehrkräfte zu geben, die Praxis im Unterricht großschreiben und die Chance ergreifen, sobald sie sich ihnen bietet. An dieser Stelle wiegt die Praxis schwerer, als Annahmen über einen möglichen Lerneffekt. Auf der anderen Seite steht die Ablehnung von Praxis, weil sie im Kontext von biotechnologischen Untersuchungen als langweilig empfunden wird. Dazwischen liegt ein Bereich der Abwägung: Die praktische Einheit muss den geforderten Aufwand

rechtfertigen, entweder durch Lernfortschritt, Schülerinneninteresse, Berufseinblick oder gegebene Zeit, die für solche besonderen Themen übrigbleibt. Hieran schließt auch direkt die dritte Frage.

3. *Implementationshürde 3: Relevanz und praktischer Nutzen für Schülerinnen:*

Einige Lehrkräfte argumentieren, die Methoden der biotechnologischen Untersuchungen seien solche Grundlagen, dass jede Schülerin diese kennengelernt haben sollte. Andere Lehrkräfte wägen an dieser Stelle mehr ab und urteilen, dass es nur für manche Schülerinnen von Interesse ist und sich deshalb im Extremfall eine Umsetzung mit allen nicht lohne. In diese Abwägung spielt auch die Vermutung oder der Erfahrungswert der Lehrkräfte hinein, dass nicht alle Schülerinnen gleichermaßen von der praktischen Umsetzung profitieren. Für einige Lehrkräfte ist das ein Gegenargument, während andere das normalisieren und die Praxis trotzdem als lohnend und sinnvoll bewerten, selbst wenn Teile der Schülerinnenschaft weniger interessiert oder engagiert in der Praxiseinheit sind.

Hier scheint es auch eine Rolle zu spielen, welche Kompetenzen die Lehrkräfte ihren Schülerinnen zusprechen. Während einige sich optimistisch äußern, sehen andere in der Unerfahrenheit der Schülerinnen einen weiteren Problemherd, der zusätzlich die Ängste nach ausbleibenden Ergebnissen (vgl. Punkt 1) schürt.

Gerade im Kontext des *Praxisbezugs* ist die genaue Trennung der beiden Unterkategorien *Beurteilung durch die Lehrkräfte* und *Bewusstsein für didaktisches Potential* besonders schwierig. An einigen Stellen bleiben Aussagen auf der „Bewertungsebene“, während andere Aussagen im Anschluss an diese Bewertung eine Schlussfolgerung ziehen. Diese können als „Bewusstsein für didaktisches Potential“ kategorisiert werden, beispielsweise die Annahme, dass Praxiseinheiten interessesteigernd fungieren.

Da diese konkreten Zusammenhänge auf Textebene stark interpretativer Natur sind (Steckt hinter der Aussage ein tatsächliches Bewusstsein?), wurden durch die induktive Erweiterung und damit wiederholte Validierung weniger Aussagen in *Bewusstsein für didaktisches Potential* kategorisiert als zuvor deduktiv.

7.2.2.1.3 Ausleihe

Für die Implementation der biotechnologischen Untersuchungen an der Schule kann das Equipment kostenlos an unserer Professur ausgeliehen werden, einschließlich sämtlicher Verbrauchsmaterialien, z. B. Handschuhe, Pipettenspitzen (vgl. 6.1). Obwohl diese Möglichkeit von uns als implementationsfördernd geplant war, um mangelnden Ressourcen entgegenzuwirken, ergeben sich dadurch gleichermaßen Hürden. Beide Sichtweisen auf die Ausleihe werden in dieser Unterkategorie gesammelt. Insgesamt 25 Lehrkräfte äußerten sich in dieser Kategorie, davon fünfzehn Implementiererinnen. **Tabelle 16** gibt einen Überblick zu häufigen Argumenten, die im Zusammenhang mit der Ausleihe des Equipments genannt werden.

Tabelle 16: Ausleihe induktiv

Induktiv kodierte Segmente der Unterkategorie *Ausleihe* und ihren vier Unterkategorien 2. Ordnung. Die Zugehörigkeit zu Implementierenderinnen und Nicht-Implementierender ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen die Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews		Kodierte Segmente	
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Ausleihe</i>	6	8	3	5
Mengen klein	1	3	0	3
Unwissenheit	7	10	7	3
Entfernung München	14	19	7	12
besser als Ausflug in Labor	7	13	6	7
gesamt		53	23	25

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementierenderinnen bzw. Implementierenderinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Unterkategorie höherer Ordnung. Hier *Ausleihe*.

Acht Aussagen konnten keiner der Unterkategorien 2. Ordnung zugeordnet werden und befassen sich entweder mit allgemeinen Statements zur Ausleihe:

„Mit dem Aufwand, es abzuholen, aufzubauen, durchzuführen auf eine oder zwei Wochen und dann wieder zurückzubringen, ist es halt der ideale Rahmen, um unseren Schülern innerhalb von einer/ also innerhalb von einer Art Projektwoche oder Projektzeit einfach das zu bieten.“

SYER18, Implementiererin

Oder beziehen sich auf Sonderfälle durch die Begebenheiten an der Schule: Eine Lehrkraft muss nur Reagenzien ausleihen, weil die Schule mit dem restlichen Equipment ausgestattet ist.

„Ich habe alles bekommen und kriege dann halt die einzelnen Proben geschickt.“

MAHU05, Implementiererin

Eine andere Lehrkraft berichtet, dass die Schule nach Implementation das Equipment angeschafft hat.

„Ich [habe] dann quasi versucht, diese Ausstattung, zumindest weitestgehend, zu bekommen, auch mit Hilfe von der [Dozentin]. Sonst hätte ich das gar nicht geschafft. Sodass wir die PCR jetzt auch selber haben und nicht mehr alle Gerätschaften ausleihen müssen, weil das bei uns auch ein Riesen-Hinderungsgrund gewesen wäre für die Kollegen, wenn sie immer nach München erst hereinfahren müssen.“

IREU10, Implementiererin

In Bezug auf die Reagenzien, äußerte eine Implementiererin, dass diese zu knapp waren und wünscht sich mehr Reserven, um auf Pipettierfehler von Schülerinnen reagieren zu können.

„Die kleinen Mengen waren schon ein bisschen ein Problem. Aber ich meine, ich weiß ja, wie viel Primer kosten und von daher ist klar, dass man da jetzt nicht uns fünf Microliter, sage ich einmal, pro Minigruppe gibt.“

SYER18, Implementiererin

Vor allem bei den Lehrkräften aus der Region Berlin-Brandenburg, aber auch bei zwei Lehrkräften aus Bayern, stand der Vergleich der Ausleihe zu einem Besuch im Labor an erster Stelle. Die Lehrkräfte äußern verschiedene Vorteile:

- Eine Umsetzung im Kursraum bedeutet für die Schülerinnen weniger Stress, bei gleichzeitig mehr Stress für die Lehrkräfte.

„Nee, der Arbeitsaufwand ist mit dem Projekt eindeutig größer. Aber der Aufwand für die Schüler und mit den Schülern irgendwo hinzukommen, um das zu machen, das, ja, eigentlich nicht vertretbar. Weil die sind tatsächlich einen kompletten Tag, [...] von früh bis abends unterwegs, um zwei Stunden in einem Labor reinzugeschauen.“

DRHO18, Implementiererin

- Ausleihe nimmt weniger Zeit in Anspruch, als eine Tagesexkursion.

„Wir sind ja sonst immer [ins gläserne Labor] gefahren, [...] und das ist halt natürlich von unserer Schule sehr weit weg, also das ist immer dann ein ganzer Tagesausflug und, ja, so war das natürlich ein bisschen, zumindest von dieser Seite her, einfacher das selbst in der Schule zu machen.“

MAIR06, Nicht-Implementiererin

- Im Kursraum können die Schülerinnen mehr selber machen, weil es im Schülerlabor oft vorgefertigte Flüssigkeiten gäbe, mit denen dann weitergearbeitet wird.

„Im gläsernen Labor ist das alles auch technisch und räumlich durchstrukturierter, bei uns [arbeiten] sie dann in den Gruppen doch eigenständiger. Das kann ein Vorteil sein, also das empfinde ich nicht als Nachteil.“

KADI05, Implementiererin

- Die Anwesenheit im Kursraum ist verpflichtend, was bei einer Exkursion nicht gefordert werden könne.

„Es liegt vielleicht auch an unserer Schüler-Klientel. Das hat sich zunehmend als schwierig herausgestellt, die Leute da verbindlich dann alle wirklich mitzunehmen. Und wir können da in der 11. Klasse oder 12. dann immer gar nichts machen, wenn die nicht auftauchen. Die sind halt dann krankgemeldet und dann war es das.“

CHHE22, Nicht-Implementiererin

Allerdings merken sie auch kritisch an, dass die Schülerinnen im Labor mehr Unterstützung durch Fachpersonal erhalten, die die Lehrkräfte im Kursraum alleine bewältigen muss.

„Wenn was nicht funktioniert, dann kann man, glaub ich, auch nicht so viel Hilfestellung geben, wie jemand im Labor der das halt viel öfter macht.“

MAIR06, Nicht-Implementiererin

Dies sei besonders bei der Überbrückung von Wartezeiten, z. B. während die PCR läuft, herausfordernd.

„Wenn man also vor Ort in dem Labor ist, dass ja dann nie alle etwas machen können. Also das ist, glaube ich, diese Wartezeiten oder diese Lücken, die dann sind, die muss man halt sinnvoll überbrücken. Aber, gut, das ist ja Aufgabe von uns Lehrern, dass wir das dann hinkriegen.“

CHHE22, Nicht-Implementiererin

Bei der Wahrnehmung der Ausleihe als eigene Implementationshürde stechen zwei Argumente hervor: erstens *Unwissenheit* und zweitens die *Entfernung* zum Standort in München.

Unwissenheit

Obwohl die Möglichkeit zur Ausleihe mehrmals in der Fortbildung thematisiert wird und auch einige Lehrkräfte bereits vor Ort im Anschluss an die Fortbildung eine Ausleihe mit uns absprechen (vgl. 7.4.1), äußern vier Nicht-Implementierenden, dass sie nicht über diese Möglichkeit informiert waren.

„Ich hatte nicht die Information, also ich habe das leider erst jetzt auch gelesen, dass man anscheinend sich die Sachen hätte ausleihen können, also ich glaube, ich hätte das alles gern mal ausprobiert, habe es aber nicht. Ich hoffe, ich gebe jetzt in der Frage nicht zu weit weg, weil ich es ehrlich gesagt auch gar nicht wusste, dass man das auch ausleihen konnte.“

ANAN10, Nicht-Implementiererin

Im Gegensatz dazu sind die drei Implementierenden in dieser Kategorie besorgt, ob das Material in einem von ihnen gewünschten Zeitraum zur Verfügung steht oder wie lange sie das Material insgesamt ausleihen können.

Entfernung München

Interessanterweise äußern sich mehr Implementierenden (10) zur Entfernung Zwecks Abholung des Equipments, als Nicht-Implementierenden (4). Drei Nicht-Implementierenden empfinden den Fahrtaufwand als zu herausfordernd, weil sie das extra organisieren müssen und „Außerhalb“ wohnen. Eine Nicht-Implementierende erkennt an, dass die Abholung aufgrund der räumlichen Nähe einfach wäre. Unter den Implementierenden teilen viele die Meinung, dass der Aufwand der Abholung sehr groß ist, weil die Fahrten meist privat organisiert werden müssen und / oder die Entfernung weit ist. Sie finden dazu allerdings verschiedene Lösungsansätze:

- Arbeitsteilung: Eine Kollegin holt ab, eine andere bringt zurück.

„MAHE12 hat abgeholt und ich habe zurückgebracht.“

SYER18, Implementiererin

- Schulübergreifende Kooperation: Eine Schule holt ab, die andere bringt zurück.

„[Ich] musste [die Geräte und Reagenzien] noch nicht mal direkt in der Nachbarschule abholen, sondern wir konnten uns auf halben Wege treffen und haben dann bloß die Kisten von einem Auto ins andere geladen.“

DRHO18, Implementiererin

- Wohnort-Passungen: Die Kollegin, die am nächsten dran wohnt fährt und wird an anderer Stelle entlastet.

„Die Kollegin wohnt in München und die konnte das mit dem Transport auch gut organisieren.“

LIDI04, Nicht-Implementiererin

- Privates Umfeld wird eingebunden: Ehepartner, die in München arbeiten fahren das Material.

„Wir müssen nur einmal fahren. Und mein Mann arbeitet bei Ihnen direkt um die Ecke und der hat das dann geholt.“

CHRO26, Implementiererin

Auch in dieser Kategorie scheint die Einschätzung der Entfernung einen großen Einfluss zu haben. Zum einen gibt es Lehrkräfte, die die Anfahrt zum Labor nach Garching oder in die Innenstadt (Nähe Hauptbahnhof) zu weit finden, aber an einer Schule im Münchner Umland unterrichten (30 Minuten Autofahrt). Zum anderen gibt es Lehrkräfte, die glücklich über die Erreichbarkeit sind (90 Minuten Autofahrt). Weitere Lehrkräfte stellen den Fahrtaufwand in den Kontext eines Schuljahres und relativieren ihn dadurch:

„Wobei sag ich jetzt, wenn ich das einmal im Jahr für die Schüler hole, ist jetzt auch nicht so tragisch, finde ich jetzt.“

CHJO28, Implementiererin

Zusammenfassend wird die Ausleihe des Equipments relativ einheitlich als zusätzlicher Aufwand wahrgenommen und diesem im Falle der Implementiererinnen andere Argumente als Rechtfertigung entgegengestellt. Allerdings scheint *Aufwand* auch allgemein einer Implementation im Weg zu stehen.

7.2.2.1.4 Aufwand

Diese Kategorie ist eine unpräzise Sammlung, in der *Aufwand* gegen die Implementation spricht. Stellenweise wird dieser *Aufwand* mit Stress untermauert, den die Lehrkräfte durch die

Implementation haben. Im Allgemeinen wird der *Aufwand* innerhalb der vierzehn Statements nicht detaillierter beschrieben, sondern ist lediglich gegeben:

„Von daher würd ich sagen, dass alle das machen würden, wenn eben dieser Aufwand nicht zu groß ist.“

MAIR06, Nicht-Implementiererin

Allerdings ist über den Aufwand bekannt, dass er sich lohnen muss, indem er „Mehrwert“ für Schülerinnen mit sich bringt. In diesem Punkt sind sich Nicht-Implementierinnen und Implementierinnen einig mit dem Unterschied, dass Implementierinnen diesen Mehrwert als gebener einschätzen, als Nicht-Implementierin.

7.2.2.1.5 Evaluation

Aus der Unterkategorie 3. Ordnung *Schülerinnen interessant / Interesse wecken* (vgl. 7.2.2.1.1) wird deutlich, dass Lehrkräften wichtig ist, dass ihre Schülerinnen von der Implementation profitieren. Interessanterweise untermauern nur zwei Lehrkräfte ihre Annahme mit einer konkreten Abfrage bei ihren Schülerinnen.

„Ich habe selber Feedback-Bögen ausgeteilt in meiner Gruppe.“

SYER18, Implementiererin

Diese beiden Lehrkräfte befragten ihre Schülerinnen im Anschluss (vgl. 7.4.4.1). Mit dem in beiden Fällen positiven Ergebnis rechtfertigen sie den *Aufwand*. In einem Fall floss das Schülerinnen Feedback sogar in eine Veränderung des Implementationsvorgangs mit ein (vgl. 7.4.4.1).

7.2.2.1.6 Flankierende Maßnahmen

Neben den Unterlagen der Fortbildung und der kostenlosen Ausleihe, stellen wir den Lehrkräften eine Reihe flankierender Maßnahmen zur Verfügung, z. B. Flowcharts, Erklärvideos. In dieser Kategorie sind alle Statements von Lehrkräften zu diesen Maßnahmen gesammelt. Insgesamt ist auffällig, dass sich beinahe meine gesamte Stichprobe dazu äußert (36/39). Im Folgenden stelle ich die wichtigsten Aussagen und Zusammenhänge vor.

Zuerst fällt auf, dass Lehrkräfte das Niveau der Materialien unterschiedlich bewerten. Auf der einen Seite scheint es für Schülerinnen zu anspruchsvoll zu sein. Hier sind Lehrkräfte entweder froh, dass sie dadurch mehr wissen, als für Schülerinnen notwendig ist, oder wünschen sich ein schülerinnengerechtes Skript (vgl. 7.2.2.3.4). Auf der anderen Seite empfinden Lehrkräfte das Material als gut aufbereitet, sowie schülerinnengerecht und nutzen Auszüge (Kopien) direkt im Unterricht.

„Also ich fand [das Skript] auf jeden Fall gut und ausreichend. Vielleicht [müsste] man es ein bisschen herunterbrechen auf das Niveau der Schüler halt. Ja. Also das ist zum Teil immer/ wenn man es von der Uni bekommt, ist vielleicht immer etwas, sagen wir einmal, (schmunzelnd) elaboriert oder wie man es ausdrücken soll, ja, die Sprache, ja, und/ Aber ich denke, mit wenigen Änderungen oder wenigen Ergänzungen kann man ja als Lehrer machen und dann ist das sicherlich gut verwendbar.“

CHHE05, Nicht-Implementiererin

„Ich habe auch dieses Ablaufschema [...] kopiert und das sind wir Schritt für Schritt durchgegangen.“

CHJO28, Implementiererin

Inwieweit das Material von Lehrkräften für die Schülerinnen weiter aufbereitet werden sollte, ist ebenfalls unterschiedlich. Einige Lehrkräfte sehen sich in der Verantwortung, ihr eigenes Material basierend auf der LFB zu entwickeln und wollen das auch, da sie immer neu auf ihre Schülerinnenkohorte eingehen müssen.

„Ich bin der Meinung, dass das [Material] sowieso jeder Lehrer ein bisschen für sich selber anpassen muss, dass das auf seinen Unterrichtsstil passt.“

WACH11, Nicht-Implementiererin

„Also das Einzige, was man jetzt noch machen könnte, wäre praktisch eine für den Unterricht abgestimmte PowerPoint, also eine Präsentation, die man direkt runterklicken kann, aber nachdem man ja nicht ganz genau weiß, wie es der einzelne Lehrer einsetzt, muss man das sowieso irgendwie selber anpassen auf den Unterricht.“

MAHU05, Implementiererin

Dazu arbeiten einzelne sogar mit Kolleginnen arbeitsteilig zusammen (vgl. 7.4.4.1).

„Wir haben so eine Art Skript erstellt, gerade für diese Laktoseintoleranz-Geschichte.“

SYER18, Implementiererin

Andere Lehrkräfte hätten gerne vorgefertigtes Material auf Schülerinnenniveau, um keine weitere Arbeit investieren zu müssen (vgl. 7.2.2.3.4).

7.2.2.1.7 Fazit

Zusammenfassend kann ich festhalten, dass diese Kategorie einen umfassenden Korpus gegensätzlicher Ansichten umfasst. Einige relevanten Eigenschaften des Innovationsgegenstandes in Bezug auf die Implementation können nicht allgemeingültig als Hemmung oder Förderung gewertet werden. Dieses Urteil hängt von der Wahrnehmung der Lehrkräfte diese Eigenschaften ab. So können die gleichen Argumente zu gegenteiligen Schlussfolgerungen führen.

Entsprechend dieses Zusammenhangs mit persönlicher Wahrnehmung, möchte ich diesen Abschnitt mit diesem Lehrkräfte-Zitat beenden.

„Und da das jetzt eine, sage ich mal, Technologie der Zukunft ist, muss man die Schüler ja auch in die Richtung ausbilden, das ist einfach eine Verpflichtung.“

GAWE18, Implementiererin

7.2.2.2 Hauptkategorie 1: Personenmerkmale

Für die Darstellung der weiteren Ergebnisse orientiere ich mich enger an der literaturbasierten Gruppierung, die ab jetzt mit den häufigsten Nennungen durch die Lehrkräfte übereinstimmt (z. B.

Lipowsky 2021). Lehrkräfte kommen mit bestimmten Voraussetzungen in unsere Veranstaltung, diese werden durch die Hauptkategorie *Personenmerkmale* abgedeckt. *Personenmerkmale* hatte bereits im deduktiven Kategoriensystem sechs Unterkategorien 1. Ordnung, durch die Verschiebung von *Beruflicher Hintergrund* von Lehrkräftefortbildung hierher (vgl. 6.4.2). **Tabelle 17** zeigt die kodierten Segmente in *Personenmerkmale* und den Unterkategorien 1. Ordnung.

Tabelle 17: Personenmerkmale

Kodierte Segmente der Hauptkategorie *Personenmerkmale* und ihren sechs Unterkategorien 1. Ordnung. Die Zugehörigkeit zu Implementierenderinnen und Nicht-Implementierenderinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen der Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente	
		gesamt	nicht-implementiert / implementiert
<i>Personenmerkmale</i>	14	24	9 / 15
Beruflicher Hintergrund	11	14	7 / 7
Professionswissen	15	29	8 / 21
Überzeugung & Werte	36	168	65 / 103
Selbstwirksamkeit	27	73	26 / 47
Interesse	14	19	7 / 12
Autonomiebedürfnis	4	5	1 / 4
gesamt		332	123 / 209

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementierenderinnen bzw. Implementierenderinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Hauptkategorie *Personenmerkmale*.

Aus **Tabelle 17** geht hervor, dass die meisten Unterkategorien innerhalb von *Personenmerkmale* überschaubar sind. Besonders hervor stechen die beiden Unterkategorien *Überzeugungen & Werte* sowie *Selbstwirksamkeit*. Repräsentativ stehen diese im Fokus der induktiven Erweiterung (vgl. 7.2.2.2.1 und 7.2.2.2.2), wohingegen ich für die anderen Unterkategorien die Ergebnisse der deduktiven Kodierung detaillierter darstelle.

7.2.2.2.1 Überzeugung & Werte

Die induktive Erweiterung der Unterkategorie *Überzeugung & Werte* ergab vornehmlich eine drastische Reduktion der enthaltenen Aussagen von deduktiv 168 (vgl. **Tabelle 18**) auf verbleibende 98. Ein Hauptgrund dafür ist eine starke Überschneidung zu anderen Kategorien, bspw. *Aufwand* (vgl. 7.2.2.1.4) bei denen dahinterliegende *Überzeugungen & Werte* mitschwingen, aber nicht explizit verbalisiert werden. Entsprechend habe ich diese bei der induktiven Erweiterung entfernt, um ein möglichst niedriges interpretatives Niveau der Aussagen zu erhalten. Im ersten Durchgang entstanden trotzdem 16 neue Unterkategorien, allerdings enthalten nur sechs von diesen mehr als fünf Aussagen verschiedener Lehrkräfte, während die anderen zehn von maximal zwei verschiedenen Lehrkräfte Aussagen enthalten. Die sechs validen Unterkategorien sind im Überblick in **Tabelle 18** gezeigt. Alle anderen Aussagen fasse ich danach listenförmig zusammen, da sie die Diversität dieser Kategorie widerspiegeln.

Tabelle 18: Überzeugung & Werte

Kodierte Segmente der Unterkategorie *Überzeugung & Werte* und ihren fünf Unterkategorien 2. Ordnung. Die Zugehörigkeit zu Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen die Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Überzeugungen & Werte</i>	6	8	2	6
Praxis wichtig / motivierend	31	58	22	36
Authentizität	6	7	2	5
Zuversicht durch Routine	6	8	3	5
Umgang mit Heterogenen Klassen	7	11	2	9
Für alle Schüler-innen wichtig	4	5	3	2
"in Planung"	5	6	0	6
gesamt		77	47	30

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementiererinnen bzw. Implementiererinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Unterkategorie höherer Ordnung. Hier *Überzeugungen & Werte*.

Praxis wichtig / motivierend

Lehrkräfte sind am häufigsten überzeugt davon, dass Praxis für Schülerinnen wichtig und motivierend ist. 31 von 39 interviewten Lehrkräfte gaben diese Überzeugung innerhalb ihrer Argumentation wieder und Nicht- und Implementiererinnen scheinen sich hierbei einig zu sein.

„Also ich finde es total wichtig, dass man den Schülern auch in dem Bereich was Praktisches machen lässt.“

IRDE16, Implementiererin

„Wenn ich dann mit Arbeitsblättern, PowerPoint, Buch, was auch immer, arbeite, ist das lang nicht so verständlich, wie wenn man es selbst einmal durchgeführt hat. Weil die einzelnen Schritte dann durchaus mehr im Gedächtnis bleiben, wenn man die selbst einmal macht.“

IRAL01, Nicht-Implementiererin

Nur eine Lehrkraft steht praktischem Arbeiten kritisch gegenüber:

„Das Machen, das finde ich jetzt eher eine total langweilige Sache.“

MORE23, Nicht-Implementiererin

Authentizität

In eine ähnliche Richtung, wie *Praxis wichtig / motivierend*, geht die Einschätzung der Authentizität. Authentizität wurde von Lehrkräften auch in anderen Kontexten erwähnt, vor allem bei der *Beurteilung durch die Lehrkraft* sowohl in der Hauptkategorie *Lehrkräftefortbildung* (vgl. 7.2.2.3), als auch *Innovationsgegenstand* (vgl. 7.2.2.1). In diesen geht es allerdings konkret um die wahrgenommene Authentizität der Fortbildungsinhalt oder des Innovationsgegenstandes und nicht um die Bedeutsamkeit dieser Authentizität. Trotzdem kam es hier zu Doppelkodierungen. Die wahrgenommene Authentizität wird zum einen selbst als motivierend eingeschätzt und zum anderen als Einblick in das Berufsfeld und damit Hilfestellung für die Berufsfindung gesehen. Auch diese Überzeugung findet man sowohl unter Implementiererinnen als auch Nicht-Implementiererinnen.

„[Das] gibt den Schülern auch so einen Einblick, wie es halt wirklich abläuft an der Uni. [...] Die fühlen sich halt dann, als wären sie selber irgendwie Forscher, wenn sie da mit Mikropipetten arbeiten und ja. Also ist halt einfach sehr motiviert für die Schüler.“

IRDE16, Implementiererin

„Na ja, dass sie den Einblick gewinnen eigentlich ja auch was mit dem Berufsbild so ein bisschen verbunden ist, wenn man in die Forschung geht. Dass es dann vielleicht auch bedeuten kann, wenn man sich für sein Studium entscheidet und letztlich ja dann auch irgendwie so sein Berufsbild irgendwie da ein bisschen modifizieren kann.“

MAIR06, Nicht-Implementiererin

Zuversicht durch Routine

Die Aussagen innerhalb Unterkategorie beziehen sich eher auf die Lehrkräfte selbst, als auf die Schülerinnen bzw. Inhalte der Fortbildung. Innerhalb der sechs Lehrkräfte, davon vier Implementiererinnen, zeichnet sich ein Gradient ab von der Überzeugung, dass die notwendige Routine durch Wiederholung kommt bis hin zu, dass die Wiederholung im Schulalltag nicht ausreicht um diese notwendige Routine zu erreichen.

„Ich bräuchte dafür Routine. Und das bekomme ich nicht, wenn ich alle zwei Jahre mal dann in der elften Klasse das durchführe.“

MORE23, Nicht-Implementiererin

„Also weil einfach die Routine in dem Umgang uns Lehrern da fehlt. Also gar nicht jetzt so mit Umgang mit Mikroliter-Pipetten oder so, sondern einfach, wie ich diese Verfahrensabläufe, auch wie ich den Schülern die Anleitungen gebe, die sehr ungenau arbeiten zum Teil. Also da steht zwar ganz klar: „Pipettiere A zu B“, aber die machen dann irgendetwas. Dass man/ Da muss man, glaube ich, selber wirklich Erfahrungen sammeln, wie gebe ich da um, wo gibt es Gefahrenquellen, wo die etwas falsch machen können, um da ein bisschen so selber hereinzufinden.“

IREU10, Implementiererin

Das Bedürfnis nach unterschiedlich ausgeprägter Routine schwingt auch innerhalb der *Wünsche* (Hauptkategorie *LFB*, vgl. 7.2.2.3.4) und den Implementationsmodellen (vgl. 7.3) mit. Während sich einige Lehrkräfte eine große und erweiterte Vielfalt wünschen, fühlen sich andere mit den bestehenden Modulen sicher oder haben bereits einen Favoriten, den sie lieber immer wieder durchführen anstatt inhaltlich durch zu wechseln.

„Ja, ich würde jetzt wahrscheinlich erst einmal dabei [Kriminalfall] bleiben, weil ich immer sagen würde, okay, das weiß ich jetzt, dass das echt gut funktioniert hat.“

RERU25, Implementiererin

„Wir würden ganz gerne wieder mit der kompletten Fachschaft zu dem Kurs Lärche oder Eule gehen und hoffen halt, dass immer wieder so ansprechende Dinge dann auch tatsächlich auf dem Programm stehen, so dass man halt auch sagt, auch für die Lehrer an sich, er macht jetzt nicht zehn Mal Bitterstoffe, sondern er kann dann auch jedes Jahr mal was Neues testen.“

MAHE12, Implementiererin

Umgang mit Heterogenen Klassen

In dieser Kategorie sammeln sich Aussagen, die widerspiegeln für welche Schülerinnen-Kohorte die Lehrkräfte die Implementation der praktischen DNA-Analysen sinnvoll finden. Auch hier zeigen sich deutliche Überschneidungen mit *Beurteilung durch die Lehrkraft* sowohl in der Hauptkategorie *LFB* (vgl. 7.2.2.3), als auch *Innovationsgegenstand* (vgl. 7.2.2.1). Außerdem beziehen Lehrkräfte diese Überlegung immer in ihrer Implementationsstrategie ein (vgl. 7.4.2). Im Endeffekt bilden sich zwei Lager, die nicht stringent in Implementiererin und Nicht-Implementiererin unterteilt werden, da sich Vertreter beider Ansichten in den jeweiligen Gruppen (I, N) wiederfinden. Auf der einen Seite stehen Lehrkräfte, die der Überzeugung sind, dass die Inhalte für alle Schülerinnen sinnvoll sind, sogar im Extremfall für diejenigen, die nicht Biologie gewählt haben. Dem gegenüber stehen Lehrkräfte, die es nur für interessierte Schülerinnen sinnvoll finden.

„Man muss im Vorfeld die Schüler sich ein bisschen anschauen, ob die das dann auch wirklich packen. Weil, wir haben teilweise eine sehr inhomogene Schülerschaft. [...] Und da kann es dann durchaus sein, dass einige Schüler dabei sind, die jetzt nicht unbedingt so geeignet (schmunzeln) dafür.“

GUGE28, Nicht-Implementiererin

„Also viele Schüler, die ja, im Bio-Kurs, es ist oft ein Notfall-Kurs, (schmunzelnd) sage ich jetzt einmal. Da sind viele Schüler drin, auch die sich nicht so für die Thematik interessieren. Da wäre es für mich persönlich auch zu viel Aufwand dann für das, was dann herauskommt.“

GUOT12, Nicht-Implementiererin

„Wir haben dann trotzdem gesagt, es macht irgendwie nicht Sinn in unserer Situation, dass wir das jetzt mit beiden Kursen verpflichtend durchführen, sondern wir wollen es freiwillig anbieten, damit auch wirklich diejenigen, die da Interesse haben, wir denen da auch die Aufmerksamkeit schenken könne.“

RERU25, Implementiererin

„Wir haben das dann tatsächlich als verpflichtenden Tag der Genetik gemacht, wo die gesamte Q11 dran teilgenommen hat.“

GAGE26, Implementiererin

Der Kontrast der letzten beiden Beispiele unterschiedlicher Implementierenderinnen, schließt nahtlos an die nächste Unterkategorie „Für alle Schülerinnen wichtig“ an.

Für alle Schülerinnen wichtig

In dieser Unterkategorie sammelten sich Aussagen, die sich ebenfalls mit der Schülerinnen-Kohorte befassen, allerdings nicht in Bezug auf ihre Heterogenität, sondern mit Betonung der Fairness bei der praktischen Umsetzung von DNA-Analysen oder ihrer Bedeutsamkeit für alle Schülerinnen und nicht nur interessierte.

„Erstens hat [meine Kollegin] schon Bescheid gewusst, dass ich das machen möchte und es wäre jetzt auch ein bisschen blöd gewesen, wenn wir gesagt hätten, nein, sein Kurs darf das nicht machen.“

CHJO28, Implementiererin

„Weil ich das, wenn, dann sehr gerne für alle unsere Biologiekurse ausleihen würde. Wir haben heuer beispielsweise vier Kurse. Ich habe einen davon. Ich fände es nämlich doof, wenn ich das nur für meinen Kurs ausleihen würde.“

IRAL01, Nicht-Implementiererin

"in Planung"

Hier habe ich alle Aussagen summiert, die ähnliche Überzeugungen wie die vorangegangenen Kategorien zeigen, sich allerdings noch „in Planung“ befinden. Da es für mich unmöglich ist einzuschätzen, ob es sich dabei um eine tatsächliche Planung oder hypothetische (Stichwort soziale Erwünschtheit) im Rahmen des Interviews handelt, habe ich sie separat aufgeführt. Hier sind entsprechend ausschließlich Aussagen von Nicht-Implementierenderinnen enthalten.

Neben den validen fünf Unterkategorie sind noch andere *Überzeugungen & Werte* genannt worden. Da diese allerdings nur vereinzelt vorkommen, zähle ich sie im Folgenden kurz auf.

- Eine Lehrkraft machte deutlich, dass sie sich für die Implementation zu alt fühle und ihre jüngeren Kolleginnen in der Verantwortung sieht solche Innovationen im Unterricht einzusetzen (MORE23, Nicht-Implementiererin).

- Eine Lehrkraft sieht Lehrkräfte in der Verpflichtung Schülerinnen auf verschiedene naturwissenschaftliche Berufsgruppen und Studiengänge mit „Technologien der Zukunft“ vorzubereiten (GAWE18, Implementiererin).
- Eine Lehrkraft betonte, dass das exemplarische Lernen anhand der Methoden (z. B. PCR) wichtiger sei, als der Kontext, z. B. circadianer Rhythmus (GAGE26, Implementiererin).
- Zwei Lehrkräfte möchten ihr Repertoire stetig erweitern und freuen sich deshalb auf weitere thematische Kontexte. Das steht im direkten Kontrast zu den verschiedenen Stufen unter *Zuversicht durch Routine* (vgl. o.) (CHJO28, MAHE12, Implementiererin).

„Wenn jeder von uns Lehrern jedes Jahr dasselbe macht, dann wird es irgendwann für die Lehrer auch ein bisschen/ Ja, ich täte jetzt nicht sagen "langweilig", aber anstrengend.“

CHJO28, Implementiererin

Insgesamt wird eine große Bandbreite an *Überzeugungen & Werten* von den Lehrkräften genannt, die sich häufig auf einem Gradienten abbilden lassen. Allerdings teilt dieser Nicht- und Implementierinnen nicht stringent. Auch hier werden wieder die Referenzrahmen deutlich, die Lehrkräfte anlegen: **persönlich** (Zuversicht), **Schülerinnen** (Heterogenität) und **Methode** (Praxis).

7.2.2.2.2 Selbstwirksamkeit

Diese Unterkategorie lud mit ihren 76 Statements von Lehrkräften ebenfalls zu einer induktiven Erweiterung ein. **Tabelle 19** zeigt einen Überblick der induktiv gefundenen vier Unterkategorien 2. Ordnung.

Außer vier Aussagen konnten alle Segmente der Unterkategorie *Selbstwirksamkeit* einer der vier induktiv erweiterten Unterkategorien zugeordnet werden. Insgesamt sank die Anzahl an Aussagen innerhalb dieser Unterkategorie von 76 auf 69. Dies liegt an Doppelkodierungen zu Kategorien unter *Überzeugung & Werte*, vor allem zu *Zuversicht durch Routine*. Einige Überschneidungen bestehen weiterhin auf diese gehe ich innerhalb der detaillierten Darstellung im Folgenden ein.

Tabelle 19: Selbstwirksamkeit induktiv

Induktiv kodierte Segmente der Unterkategorie *Selbstwirksamkeit* und ihren vier Unterkategorien 2. Ordnung. Die Zugehörigkeit zu Implementierenderinnen und Nicht-Implementierenderinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen der Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Selbstwirksamkeit</i>	4	4	2	2
Organisatorisches / Improvisieren aus dem laufenden Betrieb	8	20	0	20
Zuversicht	19	30	14	16
Unsicherheit Schülerin- nen bei Praxis anzulei- ten	4	7	7	0
Eigenverantwortlich für Materialien / Un- terrichtsgestaltung	6	8	1	7
gesamt		69	24	45

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementierenderinnen bzw. Implementierenderinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Unterkategorie höherer Ordnung, hier *Selbstwirksamkeit*.

Zuversicht

Die größte induktiv erweiterte Kategorie habe ich unter dem Titel *Zuversicht* zusammengefasst. Hierunter finden sich Aussagen, die auf die eine oder andere Art ein Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten widerspiegeln. Die Hälfte aller Lehrkräfte (19) äußert sich zuversichtlich zu ihren eigenen Fähigkeiten, davon 10 Nicht-Implementierenderin.

„Ich meinte, wir haben ja doch auch ein bisschen Laborerfahrung und das kriegen wir geschaukelt.“

GUGE28, Nicht-Implementierenderin

„Alles was auch so in Richtung Gentechnik geht und Genetik finde ich auch im Unterrichten spannend, und deswegen [ist das] natürlich dann auch immer was, wo man dann besonders gerne mit Schülern auch Dinge umsetzt, weil man sagt, okay, da kennt man sich auch selber ganz gut aus. Man fühlt sich da dann auch sicher, das macht schon auch was auch, ob man dann eben so ein Praktikum durchführt oder halt eben auch nicht.“

RERU25, Implementierenderin

Eine häufige Spielart dieser *Zuversicht* ist ein gewisser Optimismus, dass die Materialien der Fortbildung ausreichen, um sich erneut in die Materie einzulesen und vorab „Trockenübungen“ zu machen.

„Nochmal wiederholen, kurz einarbeiten in die ganzen Materialien und dann glaube ich, wäre das eigentlich gar kein Problem.“

ANAN10, Nicht-Implementiererin

„Natürlich, wenn dann die fünf Monate ins Land streichen, ist man natürlich kurz vorher wieder, na, so ein bisschen am Überlegen. Man muss sich erst wieder reinfinden. Wir haben dann einen Testlauf gemacht mit dem Kollegen, vorher. Und dann ging es aber.“

REGU14, Implementiererin

In dem Fall gibt es teilweise Überschneidungen zu *Überzeugungen & Werte* unter *Zuversicht durch Routine* (vgl. 7.2.2.2.1). Aussagen die sich rein auf eine (fehlende) *Zuversicht durch Routine* beziehen habe ich aus dieser Kategorie herausgenommen. Fanden allerdings Aussagen in Retroperspektive statt, habe ich die Doppelkodierung belassen, weil diese einen zusätzlichen Aspekt abdecken: Eine gewisse Akzeptanz von Fehlern. Diese Lehrkräfte berichten in Retroperspektive, dass bestimmte Dinge optimiert werden können. Diese Erkenntnisse nehmen sie für eine Wiederholung der Implementation mit. Damit erkennen sie an, dass ein gewisser Lernprozess auch für Lehrkräfte normal ist und gestatten sich somit selbst Raum für Fehler. Dieser Raum fehlt in den Aussagen zur *Zuversicht durch Routine*, entweder weil Lehrkräfte, v. a. Quereinsteiger sich in den Materialien sehr sicher fühlen oder sich nicht gestatten sich auszuprobieren, da Routine gegeben sein muss *bevor* sie eine Implementation mit Schülerinnen in Erwägung ziehen.

„Das allererste Mal, weiß ich noch, also jetzt beim Kriminalfall hatte ich großen Respekt, ob das auch wirklich so funktioniert. [...] Und da denke ich mir halt immer, ja, also man kann es halt nicht idiotensicher machen. Weil, das ist halt dann später im Leben in der Biotechnologie auch nicht der Fall.“

SYER18, Implementiererin

Manche Lehrkräfte begegnen ihrer Unsicherheit indem sie sich im Kollegium Hilfe suchen, hier zeigt sich eine Überschneidung zu *Kooperation* (vgl. 7.2.2.6). Diese Lehrkräfte schaffen durch für sie notwendige Maßnahmen aus einem „alleine nicht zugetraut“ eine Implementation zu ermöglichen.

Organisatorisches / Improvisieren aus dem laufenden Betrieb

In dieser Unterkategorie finden sich nur Aussagen von Implementierenden, da sie Lösungsstrategien für Organisatorisches vor und während der Implementation beschreiben. Der Großteil dieser Aussagen bezieht sich auf Probleme, die spontan während der Implementation auftraten und aus der Fortbildung nicht bekannt waren. Bei diesen äußern die Lehrkräfte meist sowohl einen gewissen Stress aber auch einen Lernprozess.

„Zwei Kollegen haben aus Versehen zu Beginn alle Tüten aufgerissen mit den Proben. Dann mussten wir halt schnell noch einmal sortieren. Weil da, denke ich, gab es halt diese Fehler, dass wir also nicht überall 100-prozentige Ergebnisse herausgekriegt haben da, weil vielleicht einige DNA-Proben dann zu lange in der Wärme waren.“

REGU14, Implementiererin

„In der Durchführung stößt man halt dann doch oft auf Probleme, so organisatorische Sachen. Aber das finde ich auch nicht weiter schlimm. Also man kann/ ja, also man lernt auch viel, wenn man es macht.“

ANKL21, Implementiererin

Den Gegenpol zu dieser Unterkategorie bildet die Nächste, in der ausschließlich Nicht-Implementiererin ihr mangelndes Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten ausdrücken.

Unsicherheit Schülerinnen bei Praxis anzuleiten

Vier Nicht-Implementiererin drücken ganz deutlich ihre Bedenken aus, einen Kurs praktisch anzuleiten. Inhaltlich knüpft diese Unterkategorie an die (fehlende) *Zuversicht durch Routine (Überzeugung & Werte, 7.2.2.2.1)* an, hat allerdings aufgrund der Ausdrucksweise keine Überschneidungen, weil die Lehrkräfte hier nicht auf Routine eingehen, sondern diese Aussagen über sich selbst für sich genommen stehen lassen.

„Weil ich war selbst schon alleine gefordert [...] alles in der richtigen Reihenfolge machen und so. Und doch ein ganzer Wust von Material. Das ist für mich einfach zu viel Stress bedeuten würde, das mit einer Klasse zu machen. Weil ich mich nicht sicher genug, nicht wohl genug fühle.“

MORE23, Nicht-Implementiererin

Eigenverantwortlich für Materialien / Unterrichtsgestaltung

Insgesamt sechs Lehrkräfte, davon eine Nicht-Implementiererin, äußern ihr Verständnis von Eigenverantwortlichkeit gegenüber der Materialien- und Unterrichtsgestaltung aus. Die eine Nicht-Implementiererin ist hier auffällig der gleichen Meinung, wie die Implementiererinnen.

„Ich bin der Meinung, dass das sowieso jeder Lehrer ein bisschen für sich selber anpassen muss, dass das auf seinen Unterrichtsstil passt.“

WACH11, Nicht-Implementiererin

„Das ist ja der Job, den ich dauernd habe. Ich muss Themen, die ich im Unterricht mache, von Uni-Niveau, wo ich es gelernt habe, auf Schüler-Niveau bringen. Und das macht/ also da hat auch jeder auch so ein bisschen seinen eigenen Geschmack und seinen eigenen Schwerpunkt, was will er eigentlich jetzt in erster Linie vermitteln.“

IREU10, Implementiererin

Dies steht deutlich im Kontrast zu geäußerten Wünschen nach Materialien für Schülerinnen (vgl. 7.2.2.3.4).

Zusammenfassend kann ich festhalten, dass *Selbstwirksamkeit* qualitativ ein schwer zufassendes Konstrukt ist und sich in den Aussagen am ehesten durch das (fehlende) Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten ausdrückt.

7.2.2.2.3 Professionswissen

Professionswissen ist ein weit gefasster Begriff (vgl. 2.2) und schließt hier sämtliche Aussagen ein, die sich zu Wissen von und über fachliche sowie didaktische Überlegungen äußern (vgl. 6.4.2). Die insgesamt 29 Aussagen von fünfzehn Lehrkräfte, davon acht Implementiererinnen können in drei Gruppen eingeteilt werden:

- **Fachwissen:** Hierzu gehören Aussagen, die sich konkret auf die fachlichen Inhalte der Fortbildung beziehen, z. B. Genetik oder PCR. Interessanterweise wurden hier im Rahmen der Interviews von Nicht-Implementiererin konkrete Nachfragen gestellt.

„Bei der PCR, wenn man da ein Stückchen, ja vervielfältigen will. Der Startpunkt wird festgelegt durch den Primer. Aber wie wird das Ende festgelegt?“

MORE23, Nicht-Implementiererin

- **Fachdidaktisches Wissen:** Hierunter fallen Aussagen, die Fortbildungsinhalte konkret mit der Unterrichtsplanung verknüpfen bzw. eine inhaltliche Reduktion oder Aufbereitung für Schülerinnen beinhalten. Dies kann auf der Ebene des Zeitmanagements passieren, bspw. wenn Lehrkräfte beschreiben, dass sie beim eigenen Durchführen der praktischen Einheit notiert haben, wie lange sie gebraucht haben, um diese Informationen für die Planung mit Schülerinnen berücksichtigen zu können oder der bei der Einordnung der Module (vgl. 6.1) zu den passenden Jahrgangsstufen bzw. des sinnvollem Einbezug der Implementation in den Unterrichtsverlauf. Die meisten Aussagen der Kategorie *Professionswissen* lassen sich dieser Gruppe zuordnen.

„Wir machen ja auch immer den Vorlauf mit dem Wasser-Pipettieren, dass die auch wirklich mit den Eppendorf-Pipetten gescheit umgehen [können].“

SYER18, Implementiererin

- **Organisatorisches Wissen:** In dieser Gruppe sammeln sich Aussagen, die sich übergeordnet zum Thema um den Rahmen der Implementation drehen. Bspw. Aussagen zu rechtlichen Vorgaben bezüglich des Betreuungsschlüssels bei praktischen Arbeitsweisen.

„Die Woche vor den Sommerferien finde ich jetzt auch nicht so sinnvoll, weil, das soll ja nicht eine Beschäftigungstherapie sein, sondern das soll ja wirklich eine Wissensgrundlage auch bilden.“

MARI14, Nicht-Implementiererin

7.2.2.2.4 Interesse

Insgesamt 16 Lehrkräfte, davon zwölf Implementiererinnen thematisierten ihr Interesse an den Inhalten der Fortbildung. Davon sind 13 Lehrkräfte persönlich stark am Thema der Fortbildung interessiert und bringen eine gewisse eigene Begeisterung für die praktische Anwendung mit. Zwei Implementiererinnen betonen ihr *berufliches* Interesse an der Thematik und sehen es als ihre Aufgabe informiert zu bleiben.

„Weil ich selber so begeistert war. Ich fand das so cool, im Praktikum herauszufinden, Bitterschmecker, ja, nein und so. Mir hat das so viel Spaß gemacht, dass ich gesagt habe, zum einen kannst du da Schüler begeistern, zum anderen ist es ja einfach ein großes wichtiges Thema in der Oberstufe, das du bis dahin nur theoretisch gemacht hast.“

IREU10, Implementiererin

Nur eine Lehrkraft sagte offen, dass sie die Inhalte nicht interessieren.

„Also mein Interesse ist weniger so jetzt in der Molekularbiologie. [...] Wenn ich so einen Aufwand betreibe, dann eher in dem Bereich, der mir ganz persönlich ganz stark am Herzen liegt.“

MORE23, Nicht-Implementiererin

Ihr Beispiel zeigt, dass eine Teilnahme an der Fortbildung ohne eigenen Antrieb, sondern durch externen Druck (vgl. 7.2.2.3.2) möglich ist, wodurch von vornherein der Anregung zur Implementation schwierige Startbedingungen entgegengestellt sind.

7.2.2.2.5 Autonomiebedürfnis

Wenige Aussagen konnten dieser Unterkategorie zugeordnet werden, nur sechs Aussagen von fünf Lehrkräfte, davon drei Implementiererinnen. Von diesen drücken drei konkret das Bedürfnis aus, den Unterricht oder die Implementation alleine durchzuführen. Hier wird auch betont, dass an die Hand gegebenes Material immer individuell angepasst werden muss. Bei den anderen drei schwingt dieses Bedürfnis unabhängig zu arbeiten nur mit:

„Ich glaube, es ist schwierig. Man muss das von Jahr zu Jahr entscheiden, wie die Kurse sind. Man müsste sich mit den Kollegen absprechen.“

ANKL21, Implementiererin

„Also ich würde es alleine machen, aber ich fände es natürlich schon schön, wenn man natürlich so etwas für alle Kurse anbieten könnte.“

MARI14, Nicht-Implementiererin

7.2.2.2.6 Beruflicher Hintergrund

Nur elf Lehrkräfte äußerten sich zu ihrem beruflichen Hintergrund, darunter fünf Implementiererinnen. Die meisten Aussagen beziehen sich darauf, dass die Inhalte der Fortbildung zuletzt aus dem Studium bekannt waren, das teilweise „etwas länger her“ ist.

„Also während des Bio-Studiums haben wir natürlich auch Genetik gehabt und dann eben auch [mit] PCR- und Gelelektrophorese gearbeitet und ich habe ja vorher eine Ausbildung zur Chemielaborantin gemacht und habe da in der Virologie schon mit PCR und Gelelektrophorese gearbeitet.“

MAHU05, Implementiererin

Ein Sonderfall bildet eine Nicht-Implementiererin, die selbst nicht Biologie studiert hat und sich privat für die Inhalte der LFB interessiert (vgl. 7.1.2.19).

„Ich war ja eh so ein Sonderfall, weil ich gar kein Biologie unterrichte und auch nicht studiert habe und dann auch eher so informell dann da reingekommen.“

URER23, Nicht-Implementiererin

Außerdem sind unter den interviewten Lehrkräften vier Quereinsteigerinnen (Diplom-Biologinnen) davon eine Nicht-Implementiererin.

„Ich bin ja eigentlich auch Diplom-Biologin und ich habe das/ bevor ich in die Schule gegangen bin, habe ich in der Humangenetik auch gearbeitet eine Zeitlang. [...] Und habe da eben auch viel PCR und so etwas gemacht. Und deswegen hatte ich da einen ganz guten Bezug dazu. Und dann hat es mir riesig Spaß gemacht, einfach einmal wieder eine PCR zu machen und mich mit dem Thema zu beschäftigen.“

MARI14, Nicht-Implementiererin

7.2.2.2.7 Fazit

Insgesamt ist die Kategorie *Personenmerkmale* von Gradienten geprägt und beinhaltet eine umfassende Reihe an Argumenten, die jeweils für oder gegen eine Implementation der biotechnologischen Untersuchungen herangezogen werden. Ähnlich zur Kategorie *Innovationsgegenstand* fällt auch hier auf, dass zum einen die Trennung in Nicht- und Implementierinnen nicht stringent erfolgen kann und zum anderen, dass nur ein Argument gegen die Implementation ausschlaggebend war: Persönliches (Des)interesse am **Inhalt** und der **Methode** (Praxis). Umgekehrt reicht vorhandenes Interesse an beidem nicht aus, um sich für eine Implementation zu entscheiden, obwohl es den Anstoß geben kann. Dies wird bei den Handlungsmustern deutlich (vgl. 7.3).

7.2.2.3 Hauptkategorie 2: Lehrkräftefortbildung

Im deduktiven Kategoriensystem beinhaltete diese Kategorie fünf Unterkategorien 1. Ordnung: Ort, Teilnahmemotivation, Beruflicher Hintergrund, Beurteilung durch die Lehrkraft und Wünsche. Da Beruflicher Hintergrund kategorisch besser zu den Personenmerkmalen passt, verschob ich die Kategorie und handelte diese bereits unter 7.2.2.2.6 ab. **Tabelle 20** zeigt einen Überblick der deduktiven Kodierung.

Tabelle 20: Lehrkräftefortbildung

Kodierte Segmente der Hauptkategorie *Lehrkräftefortbildung* und ihren sechs Unterkategorien. Die Zugehörigkeit zu Implementierenderinnen und Nicht-Implementierenderinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen der Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Lehrkräftefortbildung</i>	4	7	0	7
Teilnahmemotivation	20	35	13	22
Ort	36	39	20	19
Beurteilung durch Lehrkräfte	37	155	79	76
Wünsche	28	81	36	45
gesamt		317	148	169

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementierenderinnen bzw. Implementierenderinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Hauptkategorie *Lehrkräftefortbildung*.

Es fällt positiv auf, dass nur vier Aussagen keiner der bestehenden Unterkategorien 1. Ordnung zugewiesen werden konnten. Durch die induktive Erweiterung kamen 29 Spezifikationen hinzu, die meisten in der Unterkategorie *Beurteilung durch die Lehrkraft* (24). Dies ist nicht verwunderlich, da innerhalb dieser Kategorien auch die meisten kodierten Segmente vorlagen (155 von 331). Obwohl sich auf der ersten Ebene der Unterkategorien keine Änderungen ergaben, zeigt **Tabelle 21** deren Übersicht nach der induktiven Erweiterung. Insgesamt kam es zu 107 neuen Doppelkodierungen, die sich v. a. durch die gemeinsame Nennung mehrerer induktiver Argumente innerhalb einer kodierten Sinneinheit ergaben (vgl. 6.4.2).

Tabelle 21: Lehrkräftefortbildung induktiv

Induktiv kodierte Segmente der Hauptkategorie *Lehrkräftefortbildung* nach der induktiven Erweiterung. Die Zugehörigkeit zu Implementierenderinnen und Nicht-Implementierenderinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen der Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Lehrkräftefortbildung</i>	4	7	0	7
Teilnahmemotivation	18	32	10	22
Ort	36	39	20	19
Beurteilung durch Lehrkräfte	5	5	1	4
Wünsche	3	3	1	2
gesamt		86	32	54

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementierenderinnen bzw. Implementierenderinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Hauptkategorie *Lehrkräftefortbildung*.

7.2.2.3.1 Beurteilung durch Lehrkräfte

Diese Unterkategorie ergab bei der induktiven Erweiterung die meisten neuen Unterkategorien (24), welche sich in vier Unterkategorien 2. Ordnung einordnen lassen: sehr gut, Kritik, Praktisches Arbeiten, Fachinhalt. **Tabelle 22** zeigt einen Überblick dieser Unterkategorien 2. Ordnung.

Tabelle 22: Beurteilung durch Lehrkräfte, Lehrkräftefortbildung

Induktiv kodierte Segmente der Unterkategorie *Beurteilung durch Lehrkräfte* und ihren vier induktiv erweiterten Unterkategorien 2. Ordnung. Die Zugehörigkeit zu Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen der Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Beurteilung durch Lehrkräfte</i>	5	5	1	4
Sehr gut	36	122	59	63
Kritik	6	8	6	2
Praktisches Arbeiten	34	68	32	36
Fachinhalt	14	19	11	8
gesamt		222	109	113

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementiererinnen bzw. Implementiererinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Unterkategorie höherer Ordnung. Hier *Beurteilung durch Lehrkräfte*.

Obwohl einige der Unterkategorien höherer Ordnung wenige kodierte Segmente enthalten, werde ich hier die gesamte qualitative Breite präsentieren, da die Lehrkräftefortbildung den Ausgangspunkt meiner Studie bildet.

Sehr gut

Der Großteil aller teilnehmenden Lehrkräfte beurteilt die Fortbildung als „sehr gut“. Insgesamt 63 von 122 Aussagen in dieser Kategorie lassen dieses Urteil ohne weitere Begründung stehen. Hierbei ist besonders hervorzuheben, dass sich Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen bei dieser Beurteilung einig sind. Aus den Begründungen für die sehr gute Beurteilung ergaben sich elf weitere Unterkategorien 3. Ordnung. Diese sind in **Tabelle 23** als Überblick dargestellt.

Tabelle 23: Sehr gut induktiv

Induktiv kodierte Segmente der Unterkategorie *sehr gut* (*Beurteilung durch Lehrkräfte*) und ihren elf Unterkategorien 3. Ordnung. Die Zugehörigkeit zu Implementiererinnen und Nicht-Implementiererin ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen der Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>sehr gut</i>	33	63	33	30
trotzdem nicht umsetzen	4	4	4	0
Wiederholt teilgenommen	6	6	1	5
Konzeption / Fälle	8	13	5	8
neu	8	10	3	7
direkt umsetzen	2	3	1	2
Dozent weiß viel	4	5	3	2
Erwartungen erfüllt	1	1	0	1
Material	3	4	1	3
Atmosphäre	1	1	1	0
Organisation	6	8	5	3
Gruppengröße	3	4	2	2
gesamt		122	59	63

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementiererinnen bzw. Implementiererinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Unterkategorie höherer Ordnung. Hier *sehr gut*.

Im Folgenden gehe ich kurz auf die einzelnen Argumente ein, da sie nicht zwangsläufig selbsterklärend sind.

Insgesamt vier Nicht-Implementiererinnen gaben direkt an, dass sie trotz der *sehr guten* LFB die Inhalte nicht umsetzen wollen. Dafür gaben sie verschiedene Gründe auf anderen Systemebenen an: u. a. Abholung des Equipments, Unsicherheit bezüglich der Lehrplanpassung.

„Also vom Konzept her ist es gut. Aber für mich persönlich, ich würde es wahrscheinlich eher nicht nutzen.“

GUOT13, Nicht-Implementiererin

„Ich habe nicht die Möglichkeiten dazu, ich bin in einem ganz normalen Klassenzimmer, da kann man das schlecht machen und es muss halt auch immer zum Lehrplan [passen].“

ROGÜ07, Nicht-Implementiererin

Für sechs Lehrkräfte gab die *sehr gute* Beurteilung der Fortbildung den Ausschlag diese häufiger zu besuchen, darunter sogar eine Nicht-Implementiererin. Letzteres ist bemerkenswert, weil wir bei der Konzeption den Anspruch hatten, dass eine einmalige Teilnahme für eine anschließende

Implementation ausreicht und nur durch die thematische Variation die wiederholte Teilnahme zur Wiederholung und Vertiefung attraktiv gemacht wird (vgl. 6.1). Diese Aussagen unterstreichen, dass uns dieses Bestreben gelungen ist.

„Ich habe die Fortbildung quasi zweimal gemacht. Aber das macht gar nichts. Ich könnte es auch locker zweimal machen, weil du beim ersten Mal noch gar nicht alles mitkriegst, weil es einfach sehr viel Info ist, die du theoretisch im Hintergrund auch kriegst. Und deswegen kann man die problemlos zweimal machen. Und du kriegst halt einfach mehr Routine.“

IREU10, Implementiererin

Diese thematische Variation war für acht Lehrkräfte der Grund für die positive Beurteilung. Sowohl Nicht- als auch Implementiererinnen erkennen die Arbeit hinter der Aufbereitung der Themen für den schulischen Kontext an.

„Aber ich war schon begeistert, wie man dann von dem Thema durch gute grundlegende Recherche auf den biotechnologischen Hintergrund kommt und das herunterbricht auf Schulebene, um das damit auszuprobieren. Also das finde ich schon echt extrem gut.“

SYER18, Implementiererin

„Dass sich die Uni diese wahnsinnige Gedankenarbeit gemacht hat, dass man diese [PCR] einsetzen kann, das hat mich damals total für den Socken gebauen, dass das tatsächlich funktioniert, dass da jemand so viel Gehirnschmalz reinvestiert hat.“

ANAN10, Nicht-Implementiererin

Vier Argumente könnte man zu dem allgemeinen Geschehen während der Fortbildung zusammenfassen: Die geringe Gruppengröße, die angenehme Atmosphäre, die gute Organisation und das umfangreiche Material, v. a. das Skript, welches Lehrkräfte im Anschluss mitnehmen können, wurden explizit als Begründung für die gute Beurteilung herangezogen.

„Ich [habe] eigentlich noch nie so erlebt, dass das so konzentriert und passend und organisiert gemacht wird. Also muss ich schon loben.“

MAMI14, Nicht-Implementiererin

„[Ich bewerte die Fortbildung] als sehr gut. Also sehr informativ, sehr gute Materialien und ja, auch gut, dass man es einmal angeleitet selber macht, bevor man es dann mit den Schülern selber durchführt.“

MAHU05, Implementiererin

Indirekt gehört dazu auch die wahrgenommene Kompetenz der Dozentinnen, die vier Lehrkräfte explizit hervorhoben.

„Ich fand sie sehr gut, vor allem weil es keine Fortbildung von Lehrern war, sondern von Wissenschaftlern und das merkt man einfach.“

URER23, Nicht-Implementiererin

„Was mich schon fasziniert hat, das war, dass die [Dozentin] so wahnsinnig viel gewusst hat.“

CHJO28, Implementiererin

In der Unterkategorie „neu“ fasste ich alle Aussagen zusammen, die unser Fortbildungskonzept im direkten Vergleich zu anderen Fortbildungen, die Lehrkräfte vorher besucht hatten, hervorheben. Dabei überschneiden sich Aussagen teilweise mit Argumenten, die zu anderen Kategorien passen, bspw. *Praktisches Arbeiten*.

„Fortbildungen sind, finde ich, oft so, man sitzt da drin und denkt sich: "Ja, weiß ich schon, kenne ich eigentlich schon." Und da war es jetzt halt mal wirklich auch was Neues, was man halt vorher noch nicht kannte, wo man jetzt nicht gewusst hat, ja, das mache ich eigentlich schon die ganze Zeit, eigentlich bringt mir die Fortbildung jetzt gar nichts. Und ich fand es auch schön, dass der fachliche Input halt nochmal auf einer anderen Ebene ist als sonst bei anderen Fortbildungen.“

IRDE16, Implementiererin

Besonders gefreut haben mich die Aussagen, dass sich zwei Lehrkräfte, sowohl Nicht- als auch Implementiererin, durch die Fortbildung ermutigt gefühlt haben, die Inhalte direkt mit ihren Klassen umzusetzen.

„Die Fortbildung war sehr gut, hat mich ja auch dazu ermutigt, das an der Schule mal durchzuführen.“

DIRA14, Implementiererin

„Aber alle die, die teilgenommen haben, sind also total (leise lachend) begeistert und wollen das auch unbedingt umsetzen.“

CHHE22, Nicht-Implementiererin

Die Nicht-Implementiererin wurde dabei durch die COVID-19 Pandemie an dem Vorhaben gehindert.

Kritik

Nur sechs Lehrkräfte kritisierten Aspekte der Fortbildung offen. Der häufigste Kritikpunkt war, dass die Fortbildung zu schnell war, was sich sowohl auf die inhaltliche Fülle als auch das Vortragstempo bezog.

„Bisschen flott. Allerdings komme ich ja aus der Biologie. Ich bin Diplom-Biologin, war vorher anderthalb Jahre in der Forschung. Aber ich glaube, für einen, ich sage jetzt einmal ganz frech, Durchschnitts-Bio-Chemie-Lehrer war es ein bisschen flott.“

SYER18, Implementiererin

„Insgesamt ist es ein bisschen zu schnell, Sie dürfen langsamer sprechen.“

ROGÜ07, Nicht-Implementiererin

Hier wird ein erster Kontrast in der Beurteilung erkennbar, da einige Lehrkräfte das hohe fachliche Niveau positiv hervorheben, während andere dieses kritisieren. Ein zweiter Kontrast, der in eine ähnliche Richtung geht, ist der Wunsch nach einer geringeren fachlichen Tiefe und dafür mehr verschiedene inhaltliche Kontexte (Module, vgl. 6.1). Der letzte Teil, also der Wunsch nach mehr inhaltlichen Kontexten wird ebenfalls von Lehrkräften geäußert, die gerade die inhaltliche Tiefe positiv bewerten oder von dieser beeindruckt sind (vgl. 7.2.2.3.4).

Ein letzter Kritikpunkt bezieht sich auf einen einleitenden Teil der Fortbildung. Aufgrund der Drittmittelfinanzierung der Lehrkräftefortbildung sind wir verpflichtet auf die Förderung durch die Amgen Stiftung hinzuweisen. Entsprechend geben wir anfangs einen kurzen Input zum AMGEN Biotech Experience Programm und dessen Impact. Dieser wird von zwei Implementierinnen als zu umfangreicher Werbeblock beschrieben.

„Also, ich fand sie ganz am Anfang mehr so ein bisschen wie so eine Werbeveranstaltung.“

GAST25, Nicht-Implementiererin

Praktisches Arbeiten

Ein Aspekt der häufig zur guten Beurteilung der LFB herangezogen wurde ist das praktische Arbeiten. Hierunter fallen zwei Arten praktischen Arbeitens: Zum einen, dass die Lehrkräfte die DNA-Analysen während der Fortbildung tatsächlich selber umsetzen konnten.

„Dass man es eben vor Ort ausprobieren konnte, um sozusagen genau die Schritte, die die Schüler dann machen selbst, also vorher sozusagen auch einmal auszuprobieren.“

MAIR06, Nicht-Implementiererin

„Dieses praktische Durchführen, dass man endlich einmal auch Schritt für Schritt auch wirklich mit dem Material auch wirklich haptisch umgehen konnte und das nicht nur so erzählt bekommt.“

REGU14, Implementiererin

Zum anderen, dass das Equipment wirklich für den Schulalltag nützlich ist und eine praktische Umsetzung mit Schülerinnen ermöglicht.

„Also grundsätzlich eben die Umsetzung, auch mit kleineren Apparaturen, die eben gut mit Schülern zu händeln sind, dass man also keine großen Apparaturen braucht. Das fand ich ganz klasse. Die PCR zum Beispiel eben im Kleinformat. Das fand ich eben eine wunderbare Sache, dass man das eben wirklich an einer Schule machen kann.“

GUGE28, Nicht-Implementiererin

„Praktisch fand ich eigentlich vor allem interessant, wie man es umsetzt, ohne dass jetzt in der Schule irgendwie eine Gefahr für die Schüler ist. Also das heißt, mit welchen Chemikalien, also das fand ich eigentlich besonders spannend, welche Methodik man überhaupt machen kann und welche/ wie dann die Geräte aussehen, dass man sie in der Schule verwenden kann. Also dass die in so einem Schülerpraktikum dann eben einsetzbar sind, das fand ich eigentlich am spannendsten.“

RERU25, Implementiererin

„Dass es tatsächlich was ist, was auch im Unterricht umgesetzt werden kann.“

ELGÜ04, Implementiererin

In **Tabelle 24** ist die Verteilung der Lehrkräfteaussagen innerhalb dieser Unterkategorie 2. Ordnung gezeigt.

Tabelle 24: Praktisches Arbeiten, 2. Ordnung

Induktiv kodierte Segmente der Unterkategorie 2. Ordnung *Praktisches Arbeiten* und ihren vier Unterkategorien 3. Ordnung. Die Zugehörigkeit zu Implementiererin und Nicht-Implementiererin ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen die Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Praktisches Arbeiten</i>	26	31	15	16
gute Vorbereitung auf Umsetzung im Kursraum	25	27	12	15
Schulrelevant	10	10	5	5
gesamt		68	32	36

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementiererin bzw. Implementiererin zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Unterkategorie höherer Ordnung. Hier *Praktisches Arbeiten*.

Während der Interviews fragte ich die Lehrkräfte direkt, ob sie sich durch die Fortbildung gut auf eine Umsetzung im Kursraum vorbereitet fühlten (vgl. 10.3). Die meisten Lehrkräfte bejahten diese Frage oder hoben zusätzlich die Möglichkeit hervor, während der Fortbildung selbst praktisch zu arbeiten. Fünf Lehrkräfte schwächten ihre Aussage durch Attribute wie „im Grunde“, „schon“, „eigentlich“ ab. Konkretes Nachfragen ergab nur, dass sie sich die Unterlagen vor einer Implementation in der Schule erneut durchlesen und erarbeiten müssen, aber, dass sie dazu von uns die nötigen Unterlagen hätten.

„Also das [die Umsetzung] hätte schon hingehauen vor allem, weil ja ein Haufen Material auch in schriftlicher, ausgedruckter Form da mitverteilt wurde, wo man sich jederzeit noch mal einlesen könnte, wenn man das jetzt umsetzen wollte.“

WACH11, Nicht-Implementiererin

Nur eine Lehrkraft gab an, dass sie Schwierigkeiten habe sich die Umsetzung mit Schülerinnen vorzustellen.

Fachinhalt

Insgesamt 15 Lehrkräfte äußerten sich explizit zu dem Fachinhalt, welcher oben bereits durchklang (vgl. o. Unterkategorie *sehr gut*, **Tabelle 23**). Davon hoben elf, darunter vier Nicht-Implementierinnen, die hohe Informationsdichte positiv hervor, während vier, davon eine Implementiererin, diese als zu lang, tief oder viel bezeichneten.

„Also es war ein bisschen zu lang dieser Teil zu diesen, ja, zu den, quasi zu den fachlichen Vorkenntnissen. Es war vielleicht auch von Lehrer zu Lehrer unterschiedlich, aber ich hatte mich da natürlich grade auch erst nicht damit beschäftigt. Und dann fand ich es ein bisschen anstrengend jetzt noch mal erstmal das alles zu wiederholen.“

MAIR06, Nicht-Implementiererin

„Ich fand die sehr gut. Also sie hat auch die Lehrer abgeholt, die sicherlich das noch nicht unterrichtet haben. Wir hatten also mit meiner Kollegin schon einiges dazu im Unterricht gehabt. Deswegen war die Theorie uns bekannt. Aber das ist völlig in Ordnung, wenn das noch einmal so Beginn an aufgehäufelt wird und noch einmal Schritt für Schritt erklärt wird.“

REGU14, Implementiererin

7.2.2.3.2 Teilnahmemotivation

Einige Lehrkräfte scheinen keine konkreten Aussagen zu ihrer Teilnahmemotivation machen zu können und bleiben eher vage, weil sie keine „konkreten Vorstellungen“ hatten oder „man überall davon [DNA-Analyse] hört“.

Wenn sich Lehrkräfte konkret zu ihrer Teilnahmemotivation äußern, argumentieren sie meist über ihr Interesse zum Thema, dies kann sowohl persönlich sein, bspw. aufgrund vorangegangener Karrieren (Diplom-Biologin) oder Krankheitsfälle in der Familie (Schlafstörungen, Bezug Circadianer Rhythmus, vgl. 6.1), als auch beruflicher Natur.

„Das gehört halt zum Job dazu. Natürlich finde ich es nicht uninteressant [...] es interessiert mich schon, aber halt auf einem beruflichen Niveau, sagen wir einmal so.“

MAMI14, Nicht-Implementiererin

„Also das [Interesse] hat sich quasi miteinander entwickelt. Ich habe dieses erste Genetik-Praktikum in Dillingen gemacht. Und da ging es dann eigentlich richtig longl. Genetik fand ich schon immer toll. Und da hat sich das eigentlich dann noch mehr verstärkt. Und deswegen bin ich dann eigentlich tatsächlich auch auf diese Fortbildung in München gegangen. Und seitdem ist es einfach schon auch so mein Gebiet, muss ich sagen.“

IRERU10, Implementiererin

Im Zuge des beruflichen Interesses ziehen Lehrkräfte auch den Lehrplan als Argument heran, entweder aufgrund von kürzlichen Lehrplanänderungen (FOS/BOS Biotechnologie als eigenes Fach) oder der allgemeinen guten Lehrplanpassung der Module (vgl. 7.2.2.1.1). Zwei Implementierenden nahmen teil und hatten die Implementation in den Unterricht bereits fest geplant. Eine dieser Lehrkräfte hatte die Umsetzung der DNA-Analysen bereits ihren Schülerinnen angekündigt, bevor sie an der Fortbildung teilnahm (vgl. 7.4.1.1).

Einige Lehrkräfte gaben an, dass sie als Teil der gesamten Fachschaft teilnahmen oder es an ihrer bzw. der Nachbarschule stattfand. Aus den Aussagen ist nicht herauszuhören, inwieweit das als Zwang wahrgenommen wird. Nur zwei Lehrkräfte werden konkreter: Die eine Implementiererin gibt an, dass es ein Bestreben ist, dass es jeder mitbekommt und alle an dieser Gemeinschaft interessiert sind (vgl. 7.4.4.1).

„Die [neue Kollegin] wird im kommenden Schuljahr angelernt, muss aber auf eine Fortbildung, weil ich denke mir, das ist immer das Beste, weil dann lernt man eigentlich alles kennen.“

MAHE12, Implementiererin

Dem gegenüber gibt die andere Nicht-Implementiererin an, dass sie das Thema nicht persönlich gewählt hätte und ihre Anwesenheit erwartet wurde.

„Weil bei uns ja die ganze Fachschaft teilgenommen hat. [...] Ich hätte mir das Thema nicht persönlich ausgesucht.“

MORE23, Nicht-Implementiererin

Die beiden Lehrkräfte kommen nicht aus der gleichen Fachschaft. Dies ist vor dem Hintergrund der kooperativen Teilnahme als Gelingensbedingung interessant, da diese sobald als Zwang wahrgenommen, zu einem Hinderungsgrund werden könnte.

7.2.2.3.3 Ort

Der Ort der Fortbildung spielte bereits bei der Rekrutierung der Stichprobe eine Rolle (vgl. 6.2.2). Allerdings gibt es ein weiteres Detail bei der Teilnahme an der Fortbildung an einer Schule, nämlich ob diese die eigene Schule oder eine fremde Schule ist. Für die Fortbildung vor Ort an der Schule, luden die entsprechenden Fachschaften häufig Lehrkräfte aus umliegenden Schulen ein. Entsprechend habe ich in den Interviews die Teilnahme an der Fortbildung erneut abgefragt, dabei ergab sich, dass sechs der rekrutierten Lehrkräfte an einer anderen als ihrer eigenen Schule teilgenommen hatten.

7.2.2.3.4 Wünsche

Da wir mit dem Fortbildungskonzept anstreben möglichst viele Lehrkräfte zur Umsetzung biotechnologischer Untersuchungen im Unterricht zu animieren, erschien es uns sinnvoll die Interviews als direkte Feedback-Quelle für die Weiterentwicklung des Fortbildungskonzepts zu nutzen. In den Interviews findet sich eine Vielzahl an Verbesserungsvorschlägen und Wünschen. Teilweise wurden diese nur von Einzelpersonen genannt, weshalb die einzelnen Wünsche eigentlich keine eigenen Kategorien im Sinne einer induktiven Erweiterung bilden. Trotzdem gebe ich hier einen Überblick zu dem erhaltenen Feedback. Dabei gibt die Zahl in den Klammern an, wie viele Personen dies geäußert haben.

Beide Gruppen (Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen):

- Keine Wünsche (5)
- Didaktische Aufbereitung für den Unterricht (2)
 - o Material für Schülerinnen, z. B. Arbeitsblätter oder typische Fehlerquellen (8)
- Personelle Unterstützung bei der Umsetzung (4)
- Checkliste für die Praxiseinheit (2)
- Weitere Themen bei gleichen Methoden (18)
- Inhalte für jüngere Schülerinnen (2)
- Garantierte Termine (5)

Implementiererinnen Wünsche

- Diskussionsrahmen schaffen mit anderen Lehrkräften (1)
- Back-Up Material bei der Ausleihe (1)
- Stützpunkte für Materialausleihe (2)

Nicht-Implementiererin Wünsche

- Newsletter (1)
- Material vorab zum Durchlesen (1)
- Kleinere Stückelung der Versuche, z. B. Gelelektrophorese alleine (1)
- Zusätzliche Druckexemplare des Skripts (1)

7.2.2.3.5 Fazit

Zusammenfassend überrascht die Kategorie Lehrkräftefortbildung mit ihrer Homogenität zwischen Nicht- und Implementiererinnen. Sowohl Lob als auch die geringe geäußerte Kritik finden sich in beiden Gruppen. Entsprechend kann ich hier festhalten, dass eine gute Bewertung der Fortbildung kein hinreichendes Kriterium für oder gegen die Implementation ist.

7.2.2.4 Hauptkategorie 4: Organisation der Schule

Der Einfluss der Schulorganisation auf den Implementationserfolg von Innovationen ist sehr gut erforscht (vgl. 2.3.1). Entsprechend beinhaltet diese Hauptkategorie von Beginn an sechs Unterkategorien 1. Ordnung: *Unterstützung durch die Schulleitung, Ausstattung & Ressourcen, Soziale Bedingungen (Fachschaft), change agent, Kommunikation* und *Anderer Projekte* (vgl. 6.4.2). Das Ergebnis der deduktiven Kodierung ist in **Tabelle 25** gezeigt.

Tabelle 25: Organisation der Schule

Kodierte Segmente der Hauptkategorie *Organisation der Schule* und ihren sechs Unterkategorien 1. Ordnung. Die Zugehörigkeit zu Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen die Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Organisation der Schule</i>	29	76	30	46
Unterstützung durch die Schulleitung	21	28	9	19
Ausstattung & Ressourcen	15	31	8	23
Soziale Bedingungen (Fachschaft)	24	49	17	32
<i>Change agent</i>	19	43	14	29
Kommunikation	8	8	3	5
Andere Projekte	14	31	22	9
gesamt		223	89	134

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementiererinnen bzw. Implementiererinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Hauptkategorie *Organisation der Schule*.

Aus **Tabelle 25** geht hervor, dass alle Unterkategorien deutlich weniger als 100 Aussagen von Lehrkräften enthalten. Dabei fällt auf, dass in allen Unterkategorien, außer *Andere Projekte*, Implementiererin deutlich stärker vertreten sind. Außerdem konnten 76 Aussagen keiner der Unterkategorien 1. Ordnung zugewiesen werden. Während der induktiven Reflexion der Kategorien fiel mir eine starke Überschneidung von *Chance Agent* und *Personenmerkmale* auf. Bei der Einordnung der *change agent* in *Organisation der Schule* ließ ich mich von der engen Verknüpfung mit dem Agieren im gegebenen System Schule leiten.

Da die deduktiven Kategorien hier bereits sehr aussagekräftig sind, fokussierte ich mich bei der induktiven Erweiterung auf die 76 Aussagen, die keiner der anderen Unterkategorien zugeordnet werden konnten. Entsprechend stehen diese im Fokus der induktiven Erweiterung. Im Anschluss stelle ich die essentiellen Ergebnisse der Kategorien nacheinander vor.

7.2.2.4.1 Organisatorische Begebenheiten an der eigenen Schule

Die Hälfte Aussagen innerhalb *Organisation der Schule* überschneiden sich mit Aussagen innerhalb der induktiv erweiterten Unterkategorien der Hauptkategorien *Systemmerkmale* (vgl. 7.2.2.5) oder *Innovationsgegenstand* (vgl. 7.2.2.1). Dabei ist deutlich, dass die individuellen Begebenheiten an der eigenen Schule ebenfalls als Referenzrahmen hinzugezogen werden, um Argumente in anderen kategorischen Bereichen zu untermauern. Ohne diese Überschneidungen bleiben 37 Aussagen von 17 Lehrkräften, davon 10 Implementiererinnen, übrig. Diese lassen sich in vier Gruppen einteilen:

- Aussagen zur **allgemeinen Organisation**, ohne diese zu spezifizieren. Zeigt in der Satzstruktur Ähnlichkeiten zu der Unterkategorie *Aufwand* (vgl. 7.2.2.1.4).

„Aber die organisatorischen Dinge sind natürlich schwierig.“

IRAL01, Nicht-Implementiererin

- Aussagen zur **Beschreibung der eigenen Schule**, bspw. Schwerpunkt, Größe oder Lage.

„Wir haben sind eine relativ kleine Schule zu dem Zeitpunkt gewesen und mit noch relativ kleinen Kursen.“

RERU25, Implementiererin

- Aussagen zur **internen Organisation**, die sich weder auf die Schulleitung noch die eigene Fachschaft beziehen.

„Die Lehrer mussten natürlich auch vertreten werden in den Klassen, wo sie sonst Unterricht gehabt hätten.“

GAGE26, Implementiererin

- **Annahmen** über Begebenheiten an der eigenen Schule, deren Wahrheitsgehalt nicht überprüfbar ist.

„Also ich glaube, die wären alle mit offenen Armen da und sich glaube ich eher freuen.“

ANAN10, Nicht-Implementiererin

7.2.2.4.2 Ausstattung & Ressourcen

Insgesamt konnten 35 Aussagen von 18 Lehrkräfte dieser Unterkategorie zugeordnet werden, davon elf Implementiererinne. Damit zeigt sich auch hier eine deutliche Verschiebung zu Implementiererinne. Der Großteil der Aussagen bezieht sich auf einen Mangel an Ausstattung und Ressourcen, der unterschiedliche Facetten annehmen kann. Im Folgenden gehe ich kurz auf die häufigsten Nennungen ein.

„Zu diesem Thema [Molekularbiologie, Genetik] haben wir halt überhaupt keinerlei Ausstattung bei uns. Unsere Sammlungen sind nicht die allerbesten.“

IRAL01, Nicht-Implementiererin

Die meisten Lehrkräfte in dieser Kategorie äußern sich zu der Ausstattung ihrer Schulen im direkten Bezug zu den Materialien der Fortbildung (vgl. 6.1). Entweder geben sie allgemein an, dass diese Praxiseinheiten der DNA-Analysen aufgrund dieses Mangels nicht möglich sind oder heben explizit die Möglichkeit zur Ausleihe positiv hervor. Dabei steht vor allem der Kostenpunkt einer Anschaffung in ausreichender Menge für mindestens einen Schülerinnenkurs im Weg.

„Ich fand vor allen Dingen sehr interessant zu erfahren, dass es die Möglichkeit gibt, diese ganzen Geschichten auszuleihen, weil da ja an den Schulen doch meistens nicht die Möglichkeit besteht, dass man so etwas nutzen kann.“

HHJJ99, Nicht-Implementiererin

„Schüler lieben Genetik und Gentechnik, das finden die ein super interessantes Thema, aber es ist halt so trocken. Man kann halt wenig machen, also gut, dann kann man mal vielleicht DNA aus Mundschleimhaut extrahieren, aber das war es halt schon, was man dann an der Schule dann halt so mit den gegebenen Mitteln machen kann.“

IRDE16, Implementiererin

Aus der Kategorie *Innovationsgegenstand* (vgl. 7.2.2.1) ist bekannt, dass die Ausleihe selbst zu einer Implementationshürde werden kann (vgl. 7.2.2.1.3). Dieser begegnen einige Lehrkräfte mit dem Bestreben eigenes Equipment anzuschaffen.

„Wir haben so ein Schüler-Labor, wo Schüler alleine arbeiten dürfen. Also die Lehrer müssen ihn aufsperrern. Wir wissen dann, dass sie drin sind. Aber da dürfen sie ihre P-Seminararbeiten oder für „Jugend forscht“ oder so auch alleine arbeiten. Und im Zusammenhang mit diesem Schüler-Labor habe ich damals gesagt: „Wir hätten gerne ein paar Geräte, wo sie zwar dann unter Aufsicht der Lehrer arbeiten, aber wo sie einfach ein bisschen flexibler sind, in der Biologie vor allem, mit Mikroliter-Pipetten und so weiter“. Und die [Stiftung] haben damals das ganz toll gefunden, haben sich das angeschaut. Das heißt, die erste Spende war eigentlich die schwierigste.“

IREU10, Implementiererin

Zwei Lehrkräfte, eine Nicht-Implementiererin, berichten, dass Material bereits vor der Fortbildung an der eigenen Schule vorhanden war. In beiden Fällen kam die Nutzung zu erliegen, weil die zuständigen Lehrkräfte weggefallen sind (Schwangerschaft, Versetzung). In einem der zwei Fälle hat die Schule ein voll ausgestattetes S1 Labor mit 16 Arbeitsplätzen. Die Implementiererin hat die Organisation rund um die Räumlichkeiten neu übernommen und implementiert die Fortbildungsinhalte dort gerne, sieht sich allerdings der Herausforderung gestellt, dass die meisten Kurse mehr als 16 Schülerinnen umfassen. Bei der Nicht-Implementiererin liegen die Materialien weiterhin unbenutzt an der Schule.

„Es wird schon ein bisschen länger sein, hatten wir so eine Elektrophorese-Kammer gekauft, weil damals die Kollegin, die war [...] hat damals einen Dokortitel gemacht. [...] Die war damals Referendarin bei mir und da haben wir das Ganze halt/ Da hat sie halt das relativ häufig benutzt in der Oberstufe, diese Gelelektrophorese.“

CHHE05, Nicht-Implementiererin

„Und natürlich für uns speziell, wir waren ja die Schule, mit unserem S1-Labor, dass da auch die Sachen vorhanden sind. [...] Die ganzen Gerätschaften sind ja vor Ort. Das macht das Ganze sehr einfach.“

ELGÜ04, Implementiererin

Hier wird implizit der Unterschied zwischen Schulen mit und ohne *change agent* deutlich. Es brauchte eine Lehrkraft, die sich selbst in die Verantwortung nimmt (vgl. 7.2.2.4.4). Zwei weitere Implementiererinnen haben ausgehend von der Fortbildung begonnen Material anzuschaffen und hatten dabei explizit Hilfe von uns angefragt, z. B. Fragen zum Zoll. Eine davon hatte bereits aus vorangegangenen Projekten Erfahrung gesammelt, Gelder von Bildungsstiftungen einzuwerben.

Neben Hürden in Bezug auf konkrete Ressourcen für die DNA-Analysen, wurden weitere in Bezug auf die Ausstattung genannt; allen voran fehlende oder unzureichende Räumlichkeiten. Obwohl die Umsetzung in einem herkömmlichen Kursraum möglich ist, brauchen die Geräte ausreichend Steckdosen und das Gießen der Agarosegele benötigt den Zugang zu einem Waschbecken. Beides scheint in einigen Kursräumen nicht vorhanden zu sein. Einige Lehrkräfte äußern explizit das Fehlen von Biologieräumen und dadurch entsprechende Schwierigkeiten bei der Planung von Praxiseinheiten. Dem gegenüber stehen die Aussagen zweier Lehrkräfte, die ihre Raumsituation positiv hervorhoben. Eine Schule hat einen großen Medienraum, indem auch große Kohorten unterrichtet werden könnten. Eine andere Schule hat große Renovierungsarbeiten der Chemieräume realisiert, was die Umsetzung von Praxiseinheiten deutlich erleichtert.

Zusammenfassend ist die Situation an Schulen damit sehr heterogen, das Spektrum der Raumausstattung reicht von S1-Laboraausstattung bis vollständig fehlenden Biologieräumen. Letzteres erschwert die Implementation von Innovationen zusätzlich und kann von einzelnen Fortbildungsangeboten unabhängig von Einzel- oder Reihenveranstaltung nicht aufgefangen werden.

7.2.2.4.3 Soziale Bedingungen (Fachschaft)

Über die Hälfte (24) der interviewten Lehrkräfte äußerten sich zu den sozialen Bedingungen in ihren (Biologie-)Fachschaften, davon 14 Implementiererinnen. Ähnlich zu der vorangegangenen Unterkategorie *Ausstattung & Ressourcen* zeichnet sich hier ein heterogenes Bild. Auf der einen Seite beginnt es mit Schilderungen über Fachschaften, die sich mit Blick auf die Implementation schnell einig sind und an einem Strang ziehen.

„Von der Fachschaft ist da bei uns ein sehr großer Konsens eigentlich, dass wir versuchen mit den Schülern irgendwie praktisch zu arbeiten, die Begeisterung für das Fach zu stärken und da gab es keinerlei Widerstände.“

RERU25, Implementiererin

Diese Einigkeit zog in einem Fall allerdings ein Ablehnen der Implementation nach sich (vgl. 7.4.1.3.1).

„Also bei uns war es ein Fachschaftsentschluss [...], dass halt vereinzelte gesagt haben, okay, nein, sie möchten das nicht machen, [weil] es zu viel Aufwand sozusagen darstellt.“

RIWO15, Nicht-Implementiererin

Einige Implementiererrinnen bezeichnen ihre Fachschaft als „aufgeschlossen“, wodurch sie keine Widerstände bei kooperativen Implementationsvorhaben erwarten würden, diese allerdings (noch) nicht angeregt haben. Auf der anderen Seite stehen Schilderungen über Fachschaften, in denen jede Lehrkraft „frei“ ist, weshalb bspw. gemeinsame Unterrichtsplanung (u. a. Implementation von DNA-Analysen) erschwert wird, da jede zur gleichen Zeit unterschiedliche Themen unterrichtet.

Neben dieser Einteilung in *aufgeschlossene* und *individuelle* Sichtweise auf Unterricht wird häufig das Lebensalter herangezogen, um Dynamiken innerhalb der Fachschaft zu beschreiben. Dies spielt sowohl in der Fremd- als auch Eigenwahrnehmung eine Rolle: So berichtet eine Nicht-Implementiererin, dass sie die Implementation von DNA-Analysen lieber ihren jüngeren Kolleginnen überlasse, während eine Implementiererrinnen über Hemmungen ihrer älteren Kolleginnen spricht. Sowohl Nicht- als auch Implementiererrinnen scheinen die Bezeichnung „junges Kollegium“ positiv im Sinne von „implementationsfreundlich“ zu interpretieren. Hier muss einschränkend dazu gesagt werden, dass diese Einschätzung des Alters subjektiv ist, unter den Fachschaften, die sich „einig“ sind und die Implementation der DNA-Analysen kooperativ durchführen sind Lehrkräfte mit langjähriger Berufserfahrung vertreten, die teilweise treibende Kräfte im Projekt bilden (vgl. 7.4.4.1).

Einige Lehrkräfte berichten Hürden der Kooperation durch eine hohe Fluktuation innerhalb der Fachschaft. Diese wird drei Ursachen zugesprochen: Elternzeit, Referendare und Aushilfsverträge. Nur eine Implementiererin geht auf fachliche Schwierigkeiten innerhalb der Fachschaft ein, indem sie berichtet, dass ihre Fachbetreuerin zur Genehmigung der Implementation von DNA-Analysen überredet werden musste, da diese sich in Bezug auf die Sicherheitsregularien unsicher war.

Durch diese hohe Heterogenität an den Schulen sowie ihrer Rahmenbedingungen sehen sich Lehrkräfte individuell bei der Umsetzung von DNA-Analysen in den Unterricht mit unterschiedlichen Herausforderungen konfrontiert.

7.2.2.4.4 Change agent

Change agents spielen in der Implementation von Innovationen eine entscheidende Rolle, da sie meist eine Vision haben diese umzusetzen und andere mit ihrem Verhalten inspirieren (vgl. 2.3.1). Die Unterkategorie enthält Aussagen von 19 Lehrkräfte, davon elf Implementiererrinnen. Diese können einer von fünf Gruppen zugeordnet werden:

- **Seminar-Lehrkräfte:** Entweder äußerte sich eine Seminar-Lehrkräfte selbst dazu, dass sie es als ihre Aufgabe wahrnimmt, Innovationen der neuen Generation an Lehrkräfte zugänglich zu machen oder Lehrkräfte nannten ihre Seminar-Lehrkräfte als Auslöser zur Teilnahme an der Fortbildung oder Implementation der DNA-Analysen.

„Mein erster Grund war eben, ich hatte ja als Seminarlehrer, ich bin ja zuständig gewesen für die Lehrerausbildung und für mich war einfach wichtig, dass auch die jungen Lehrer da gleich nochmal mit in das Boot geholt werden und sich da nochmal fortbilden und das dann auch in den Unterricht an ihren Schulen dann mit reintragen.“

MAHE12, Implementiererin

„Das war im Rahmen des Studienseminars, da wurden wir alle eigentlich von unserem Seminarleiter, ja eingeladen, mal an einem Fortbildungsprojekt teilzunehmen.“

ANAN10, Nicht-Implementiererin

- **Organisation der Fortbildung an der eigenen Schule:** Ähnlich zur Seminar-Lehrkräfte gibt es auch in dieser Gruppe beide Sichtweisen. Einerseits die organisierende Lehrkraft selbst, die ihre Bemühungen äußert, andererseits Lehrkräfte, die den Organisationsaufwand ihrer Kolleg*innen anerkennen. Teilweise haben diese Lehrkräfte bereits alleine an der Fortbildung teilgenommen und organisieren im Anschluss eine Fortbildung an der eigenen Schule für ihre Kolleginnen und Kollegen.

„Ich habe die [Fortbildung] an unsere Schule geholt.“

GEUL17, Implementiererin

„Für mich ging es ja eher darum, das bei den Kollegen bekanntzumachen, nicht, dass ich das noch einmal höre. Ich hatte das ja schon. Aber auch für mich war es noch einmal interessant und wollte es halt meinen Kollegen dann auch zeigen.“

IRAL01, Nicht-Implementiererin

- **Wunschäußerung:** Einige Lehrkräfte äußern den Wunsch nach einer Kollegin „die es vorantreibt“, weil sie es nicht selbst machen wollen, aber wissen, dass es keiner macht, wenn sie es nicht machen. Streng genommen beziehen sich diese Aussagen auf die Abwesenheit von *change agents*, allerdings sind sie insofern interessant, als dass es Hinweise auf situationsabhängige *change agents* gibt.

„Das glaube ich liegt, wenn dann, nur am letzten Tritt in das Gesäß vielleicht, dass ich das vielleicht organisiere. Das wäre vielleicht das größte Problem momentan.“

ANAN10, Nicht-Implementiererin

„Natürlich kann ich jetzt sagen: "Okay, ich mache das einfach, organisiere es." Aber man hat halt auch genug andere Sachen, die verpflichtend sind und macht dann halt wahrscheinlich dahingehend eher Abstriche und würde sagen: "Okay, wäre nett." Aber im Verhältnis macht man es halt doch nicht. Aber von außen, glaube ich nicht mal, dass jetzt irgendwie so großer Input noch nötig wäre oder hilfreich wäre in dem Sinne.“

RIWO15, Nicht-Implementiererin

- **Kollegin ist *change agent*.** Nur zwei Nennungen bezogen sich konkret auf Kolleginnen, die eine Etablierung der DNA-Analysen an der eigenen Schule vorantrieben und dafür innerhalb dieser Aussagen Anerkennung ernten.

„Die Idee hat die Frau [X] eingeschleppt [... und ist] da jetzt einfach drangeblieben, das zu etablieren, [... und] zu modulieren. [Sie] organisiert alles von den Organisationssachen mit Raum und Räumlichkeit, Einteilung der Gruppen, welche Klasse wann wie Praktikum hat und welche Lehrer dann informiert werden müssen.“

SYER18, Implementiererin

- **Lehrkraft ist selbst *change agent*.** Die Lehrkräfte bezeichnen sich selbst selten als *change agent* und nur vereinzelt als treibende Kraft des Projekts. Hier fallen auch alle Lehrkräfte rein, die über die Organisation der Fortbildung hinaus an der eigenen Schule auch die Koordination der Ausleihe für sich und Kolleginnen übernehmen oder sich sogar um die Anschaffung eigenes Equipment bemühen.

„Dass wir das Material angeschafft haben, das ist letztlich eine Initiative von mir gewesen. Klar, in Rücksprache mit dem Kollegium. Mit denen, die quasi ein bisschen fortschrittlicher sind und die auch gesagt haben: „Okay, wir können uns das vorstellen“. Aber letztlich ist es schon stark meine Initiative und ich versuche, das jetzt einfach mehr an den Mann zu bringen.“

IREU10, Implementiererin

7.2.2.4.5 Unterstützung durch die Schulleitung

Insgesamt 21 Lehrkräfte, darunter 14 Implementierenden, äußerten sich zur Unterstützung, die sie von der Schulleitung erfahren. Die meisten (18) sind sich der Unterstützung sicher, davon zwölf Implementierenden.

„Da sind wir eigentlich offene Türen eingerannt.“

CHJO28, Implementiererin

Manche schätzten ihre Schulleitung grundsätzlich als zugänglich ein, führten den Erfolg aber auf ihr eigenes geschicktes Argumentieren zurück. Dazu gehören auch Aussagen in der Form, dass es vor der Implementation Widerstände gab, wohin die Implementation im Anschluss positiv wahrgenommen wurde und einer Wiederholung deshalb weniger im Weg stehe (vgl. 7.4.4.1).

„Der Chef hat das jetzt auch genehmigt. [...] das hat sich jetzt mittlerweile mit viel Reden und mit viel Argumentieren also schulintern gut gelöst.“

MAHE12, Implementiererin

Nur drei Lehrkräfte gingen konkret auf Hürden ein, die ihre Schulleitung ihnen bereiten. Diese bezogen sich auf zwei Szenarien. Erstens die Durchführung von Exkursionen, welche außerhalb der Unterrichtszeit liegen sollen und entsprechend für alle Beteiligten (Schülerinnen und Lehrkräfte) anstrengender sind. Zweitens auf die limitierte Teilnahme an Fortbildungen, die nur für eine Lehrkräfte gestattet wird. Dahinter steht die Annahme, dass die Lehrkräfte die Informationen untereinander weitertragen sollen, was die Anwesenheit von mehreren bei der Fortbildung redundant macht.

„Ich war alleine, glaub ich als Erste und danach sind dann die anderen vier Kollegen oder drei Kollegen, da durften dann auch nicht mehr alle. Die Schulleitung hat das dann auch untersagt, weil sie davon ausgeht, dass wenn einer das oder zwei gemacht haben, dass sie dann in den Konferenzen sozusagen, in der Fachkonferenz davon berichten kann und dass nicht alle dahin müssen.“

MAIR06, Nicht-Implementiererin

7.2.2.4.6 Kommunikation

Die Kommunikationswege an Schulen sind vielfältig, entsprechend ist es überraschend, dass insgesamt wenig Aussagen zur konkreten Kommunikation zugeordnet werden konnten. Hier muss einschränkend gesagt werden, dass Aussagen, die Dynamiken innerhalb der (Biologie-) Fachschaften betrafen unter *Soziale Bedingungen (Fachschaft)* eingeordnet wurden (vgl. 6.4.2).

Trotzdem gehe ich kurz auf die Aussagen in dieser Kategorie ein:

- Zwei Implementierinnen kündigten die Implementation der DNA-Analysen bei ihren Schülerinnen an (vgl. 7.4.1.1). Eine Nicht-Implementiererin ebenfalls, implementierte allerdings aufgrund der Pandemie nicht (vgl. 7.1.2.17).

„Mit der Lehrplanänderung bei uns an der Schule wurde das neue Wahlpflichtfach Biotechnologie eingeführt [und] ich meinen Schülern versprochen habe, dass wir ganz spannende Versuche machen, wo sie auch so ein bisschen mehr über sich selber erfahren werden.“

MAHU05, Implementiererin

„Also ich habe meinen Dreizehnten jetzt schon einmal/ Ich hatte sie schon einmal ein bisschen "vorgewarnt", in Anführungszeichen, dass ich so etwas vielleicht einmal vorhabe. Und die waren da eigentlich durch die Bank begeistert.“

MAGU23, Nicht-Implementiererin

- Vier Lehrkräfte gehen auf das notwendige geschickte Argumentieren ein, um Stunden-, Raumplanern und fachfremden Kolleginnen von der Notwendigkeit der Implementation

zu überzeugen. Die Aussagen gehen in eine ähnliche Richtung wie in der Unterkategorie *Unterstützung durch die Schulleitung*.

„Wir haben es also erklärt und durch den Rahmenplan ist es ja auch implementiert, dass wir also auch praktische Übungen gerade in Leistungskursen durchführen sollen. Und wir haben es eben auch damit erklärt, dass wir ja nicht mehr in die Labore fahren dürfen und auch nicht fahren und damit ist also der Zeitausfall relativ gering.“

REGU14, Implementiererin

- Nur eine Nicht-Implementiererin bemängelte, dass ihre, v. a. ältere, Kolleginnen nie auf E-Mails reagieren, weshalb Informationen häufig untergehen.

„Weil Mails, die ich herumschicke [...] das interessiert dann einfach bei uns - ich kann nur an unserer Schule sprechen - die etwas älteren Kollegen, die kriegen am Tag fünfzig Mails, die interessiert das nicht so sehr.“

IRAL01, Nicht-Implementiererin

7.2.2.4.7 Andere Projekte

Die Beschäftigung mit anderen Projekten ist für die meisten Lehrkräfte ein Hinderungsgrund sich der Implementation von DNA-Analysen anzunehmen.

„Es hängt davon ab, was man sonst so macht an der Schule, ob man dort sehr viel andere Dinge macht, andere Projekte, oder ob man sich darauf konzentriert.“

ROKA23, Nicht-Implementiererin

Insgesamt 14 Lehrkräfte gaben ihr Engagement in anderen Projekten an, davon fünf Implementierinnen, die sich von diesem offensichtlich nicht von der Implementation der DNA-Analysen abhalten ließen. Folgende andere Projekte oder Nebentätigkeiten wurden von Lehrkräften genannt:

- Kontakt zu mobilem Labor
- Thementage, z. B. Umwelt
- Pilz-Projekt
- Fotostory zu Insekten
- Sonderpraktika im Fach Chemie
- Junior Science Café
- Jugend Forscht
- Betreuung des Begabungsstützpunkt
- Exkursionen, z. B. gläserne Labore, Helmholtzzentrum, Chemiewerk, Max Planck-Institut, Universitäten, Tierpark
- Nebentätigkeiten als Ministerialbeauftragte oder in der Lehrplan-Kommission

Einige gaben zusätzlich die Misgunst ihrer Kolleginnen anderer Fachrichtungen als Hindernis an, wenn die Biologie-Fachschaft sehr engagiert ist.

„Wenn alle Lehrer jetzt schon stöhnen: Mensch, wie viel macht denn die Biologie eh schon.“

IRAL01, Nicht-Implementiererin

Zusammenfassend ist auffällig, dass die Kategorie *Organisation der Schule* viele Berührungspunkte mit anderen Kategorien hat, v. a. *Systemmerkmale* und *Kooperation*. Die Begebenheiten an der eigenen Schule scheinen dabei ebenfalls zu einem eigenen Referenzrahmen.

7.2.2.5 Hauptkategorie 5: Systemmerkmale

Die Hauptkategorie *Systemmerkmale* hatte im deduktiven Kategoriensystem keine Unterkategorien. Entsprechend sammelten sich dort sämtliche Aussagen, die allgemein Systemmerkmale betrafen. Von den insgesamt 153 Aussagen äußerten 85 Nicht-Implementierinnen (18 Interviews) und 68 Implementierinnen (17 Interviews). Entsprechend äußerten sich vier Lehrkräfte nicht zu Systemmerkmalen.

Im Folgenden stelle ich die induktive Erweiterung dieser Kategorie vor. **Tabelle 26** zeigt einen Überblick der neuen Unterkategorien 1. Ordnung und die Verteilung der Aussagen. In zwei Unterkategorien 1. Ordnung (*Zeit* und *Lehrplan*) ergaben sich weitere Unterkategorien 2. Ordnung, diese sind in der **Tabelle 26** zur Verbesserung der Übersichtlichkeit nicht separat aufgeführt, sondern werden später präsentiert. Entsprechend sind die kodierten Aussagen in diesen zwei Unterkategorien in **Tabelle 26** noch aufsummiert.

Tabelle 26: Systemmerkmale induktiv

Induktiv Kodierte Segmente der Hauptkategorie *Systemmerkmalen* mit ihren insgesamt 15 neuen Unterkategorien, davon sieben 1. Ordnung. Es werden nur die Unterkategorien ohne weitere Unterteilung dargestellt. Die Zugehörigkeit zu Implementierinnen und Nicht-Implementiererin ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen der Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews		Kodierte Segmente	
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Systemmerkmale</i>	2	2	1	1
Schülerinnen / Kurs	10	12	7	5
Corona	3	3	2	1
passende Klasse	16	25	20	5
Schülerinnen/Schüler Interesse	13	16	7	9
Zeit	14	56	33	23
Lehrplan	16	48	26	22
Schulnetzwerk	1	7	0	7
gesamt		169	96	73

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementierinnen bzw. Implementierinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Hauptkategorie *Systemmerkmale*.

Als erstes fällt auf, die Nennungen in dieser Kategorie von 153 (**Tabelle 8**) auf 169 (**Tabelle 26**) anstieg, entsprechend müssen einige Segmente inhaltliche Mehrfachnennungen enthalten haben.

Nur zwei Statements konnten keiner der induktiven Unterkategorien zugeordnet werden. Eines bezog sich auf die Tätigkeit als Ministerialbeauftragte. Das andere auf die Tatsache, dass alle Schülerinnen der Schule volljährig sind.

Der Lockdown und weitere Einschränkungen während der COVID-19 Pandemie haben zwei Nicht-Implementiererinnen als Hinderungsgrund für die Implementation angegeben. Obwohl diese Bedingungen nicht mehr zutreffen, fanden an den entsprechenden zwei Schulen keine nachholenden Ausleihen statt (letzter Stand Ende 2023). Auch eine Implementiererin berichtete einen Ausfall durch Corona. Allerdings holte sie die Implementation im Anschluss nach.

In den folgenden Abschnitten präsentiere ich die gefundenen Argumente in den weiteren Unterkategorien 1. Ordnung systematisch.

7.2.2.5.1 Zeit

Insgesamt 56 Segmente befassen sich mit Zeit als Einflussfaktor. Hierbei gibt es einen moderaten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Während nur die Hälfte aller Implementiererinnen Zeit kodierte Aussagen trafen, traten diese bei über zwei Dritteln der Nicht-Implementiererinnen auf (15 von 19). **Tabelle 27** zeigt einen Überblick über die kodierte Segmente mit der Verteilung in den beiden Gruppen.

Tabelle 27: Zeit induktiv

Induktiv kodierte Segmente der Unterkategorie *Zeit* mit ihren insgesamt vier weiteren Unterkategorien 2. Ordnung. Die Zugehörigkeit zu Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen der Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Zeit</i>	14	24	19	5
vergangen seit LFB	2	2	0	2
Verfügbare Stunden	3	3	0	3
Terminfindung	11	17	7	10
Alltagsgeschäft	8	10	7	3
gesamt		56	33	23

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierte Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierte Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementiererinnen bzw. Implementiererinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Unterkategorie höherer Ordnung. Hier *Zeit*.

Neben allgemeiner Knappheit der Zeit im Unterricht (24 Segmente, **Tabelle 27**), nannten die Lehrkräfte spezifischere zeitbezogene Argumente, auf die ich im Folgenden eingehe.

Vergangene Zeit seit der LFB

Für zwei Implementiererinnen führte der lange Abstand zwischen dem eigenen Besuchen der Fortbildung und der Implementation in den Unterricht zu Unsicherheiten. Allerdings wurden diese in beiden Fällen als normales Phänomen beschrieben und entsprechen akzeptiert.

„[Es ist herausfordernd] sich das wieder ins Gedächtnis [zu]ruf[en]. Die Fortbildung war da natürlich auch schon wieder einige Zeit zurück und man macht das ja nicht jeden Tag.“

CHRO26, Implementiererin

Verfügbare Stunden

Ebenfalls ausschließlich von Implementierenden erwähnt, ist die Problematik ausreichend Stunden am Stück für die Implementation mit den Schülerinnen zu unterrichten. Diese drei Lehrkräfte erachten Doppelstunden nicht als ausreichend und nehmen den zusätzlichen organisatorischen Aufwand in Kauf, um die entsprechenden Schülerinnen freistellen zu lassen oder Stunden mit Kolleginnen und Kollegen zu tauschen. Dabei ergibt sich die zusätzliche Schwierigkeit auf die Bedürfnisse der Schülerinnen einzugehen und beispielsweise die Implementation nicht am Tag (vor) einer Klausur umzusetzen.

„Wenn quasi die Klausuren und so alles durch sind, [kann man] arrangieren, dass die [Schülerinnen] für einen Vormittag freigestellt werden und einen ganzen Vormittag bei uns dann kursweise dieses Praktikum durchlaufen.“

IREU10, Implementiererin

Terminfindung

Einen passenden Termin für die Implementation der biotechnologischen Untersuchungen zu finden, wird von beiden Gruppen gleichermaßen als Hürde wahrgenommen. Dabei hat die Terminfindung zwei Seiten. Erstens die schulorganisatorische Seite:

„Ich denke aber, dass vieles eben an der Organisation der Schule scheitern wird. [...] Also dadurch, dass schon relativ viel in Schulen immer ist, muss man halt, in Anführungszeichen, dafür kämpfen, dass man den Tag bekommt.“

RIWO15, Nicht-Implementiererin

Hierbei spielt auch die oben erwähnte Berücksichtigung der Bedürfnisse von Schülerinnen eine Rolle und die Verfügbarkeit eigener Stunden. Zweitens die Ausleihe und Verfügbarkeit des Equipments:

„Jetzt weiß ich gar nicht, [...] ob Sie dann da überhaupt Kapazitäten haben, dass man es gerade ausleihen kann.“

CHHE22, Nicht-Implementiererin

Dabei schätzen Nicht-Implementierenden die Verfügbarkeit des Equipments tendenziell knapper ein, als Implementierenden. Implementierenden erkennen diese Knappheit von Seiten der Ausleihe zwar an, adressieren diese allerdings mit Offenheit. Dabei gibt es zwei Strategien: Entweder sie klären zuerst einen geeigneten Ausleihzeitraum mit uns ab und organisieren in der Schule alles entsprechend, oder genau umgekehrt (vgl. 7.4.2).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Implementiererinnen, sie sich zu Zeit äußern, der Problematik *Zeit* offener begegnen, obwohl sie den Nicht-Implementiererinnen bezüglich ihrer Knappheit Recht geben.

7.2.2.5.2 Lehrplan

Etwa zwei Drittel aller Lehrkräfte meiner Strichprobe ziehen den Lehrplan in ihrer Argumentation für oder gegen die Implementation heran. Unter diesen Lehrkräften besteht eine Gleichverteilung zwischen beide Gruppen (Nicht- und Implementiererinnen). Für beide Gruppen dient der Lehrplan als Grundlage für die Argumentation (k)einer Implementation. Die Argumentation ist eng mit dem vorangegangenen „knappe Zeit“ verknüpft, da letztere an der Schule einerseits durch die limitierte Stundenzahl des Fachs Biologie und andererseits über die Lehrplanfülle hervorgerufen wird. Dabei herrscht Einigkeit in Bezug auf die für biotechnologische Untersuchungen geeignete Jahrgangsstufe und die Stofffülle:

„Das Problem ist ein grundsätzliches: Die Oberstufe [ist] so überfrachtet, dass man so wenig Zeit hat in allen Fächern, um so tolle Sachen eigentlich zu machen.“

ANKL21, Implementiererin

In **Tabelle 28** ist der Überblick zu den weiteren Unterkategorien gegeben, die sich durch die induktive Erweiterung ergab.

Tabelle 28: Lehrplan induktiv

Kodierte Segmente der Unterkategorie *Lehrplan* mit ihren insgesamt drei neuen Unterkategorien. Es werden nur die Unterkategorien ohne weitere Unterteilung dargestellt. Die Zugehörigkeit zu Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen die Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente	
		gesamt	nicht-implementiert implementiert
<i>Lehrplan</i>	16	21	13 8
Flexibilität	6	8	5 3
Stofffülle	14	17	7 10
Unsicherheit neuer LP	2	2	1 1
gesamt		48	26 22

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementiererinnen bzw. Implementiererinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Unterkategorie höherer Ordnung. Hier *Lehrplan*.

Insgesamt geht aus den Äußerungen zum Lehrplan hervor, dass sich Lehrkräfte für ihre Unterrichtsplanung eng an diesem orientieren. Dabei berücksichtigen sie dessen thematischen Rahmen und die damit einhergehende passende Jahrgangsstufe, aber auch das Kurskonzept, in dem dieses vom Lehrplan vorgeschlagen wird, z. B. Wahl-, Pflichtfach, oder Übung. Darüber hinaus spielt es eine Rolle, wie sicher sich die Lehrkräfte mit dem Lehrplan ist. Diese wahrgenommene Sicherheit scheint zu steigen, je häufiger diese Lehrkräfte den Unterricht in dem Fach und Jahrgangsstufe durchlaufen hat. Im Folgenden gehe ich kurz auf die weiteren Unterkategorien mit Lehrplanbezug ein.

Flexibilität

Innerhalb des thematischen Rahmens des Lehrplans können Lehrkräfte die Reihenfolge einzelner Abschnitte variieren. Diese Flexibilität wird von den Lehrkräften unterschiedlich wahrgenommen und eingeschätzt.

Einige Lehrkräfte nehmen die Flexibilität nicht wahr und geben die vorgeschriebene Reihenfolge als Implementationshürde an:

„[Der] Themenbereich [liegt] ja auch so, dass man Gentechnik ja eigentlich erst im Juli macht. Da ist man dann auch einfach, sage ich jetzt einmal, als Lehrer schon so ein bisschen durch und hat eben nicht mehr so viel Energie, um so etwas Aufwendiges durchzuführen.“

LIDI04, Nicht-Implementiererin

Manche erkennen diese Flexibilität als Möglichkeit der eigenen Freiheit:

„In dem Elfer-Lehrplan ist das ja relativ frei, wann Sie das Kapitel Molekulargenetik durchführen.“

CHHE22, Nicht-Implementiererin

Diese eigene Freiheit kann wiederum selbst zu einer Implementationshürde werden, indem sie Kooperationsvorhaben im Weg steht.

„Das Problem ist, dass bei uns in der Fachschaft alle unterschiedliche Reihenfolge vom Lehrplan machen, [...] Und das ist dann etwas schwierig, dass man da einen gemeinsamen Termin findet“

IRAL01, Nicht-Implementiererin

Neben der thematischen Variabilität stehen die durch den Lehrplan vorgeschriebenen Inhalte.

Stofffülle

In Bezug auf die inhaltliche Fülle des Lehrplans für die Oberstufe herrscht unter den Lehrkräften Einigkeit.

„Jeder [steht] unter Druck, den Stoff durchzukriegen.“

HEHE15, Implementiererin

Alle 17 Statements in dieser Unterkategorie äußern sich auf die eine oder andere Art zu dem Druck, der durch die Stofffülle in der Oberstufe auf die Lehrkräfte ausgeübt wird. Dabei werden deskriptive Begriffe, wie „vollgepackt“ oder „vollgeprägelt“ verwendet - trotzdem implementieren einige Lehrkräfte.

Insgesamt sticht die Kategorie *Lehrplan* durch ihre hohe Homogenität der beiden Gruppen (Nicht- und Implementierenden) hervor. Außerdem wird hier deutlich, wie eng einige Argumentationsstränge miteinander verbunden sind, z. B. Flexibilität und Kooperation. Das wirft die Frage auf,

ob überhaupt das eigentliche Argument bei der Entscheidungsfindung ausschlaggebend ist oder viel mehr die Gewichtung und die wechselseitige Verknüpfung der Argumente.

7.2.2.5.3 Schülerinneninteresse

In dieser Kategorie sind sich die Lehrkräfte einig, dass die Implementation von biotechnologischen Untersuchungen für Schülerinnen interessant ist. Diese Meinung geht meist mit folgenden Ansichten einher:

- Eine theoretische Besprechung der Methoden, z. B. Gelelektrophorese, sei unzureichend.

„Da ist es natürlich, finde ich, nicht damit getan, dass man zum Beispiel so was wie eine PCR oder eine Gelelektrophorese nur rein theoretisch bespricht und vielleicht noch einen netten Film dazu zeigt. Das befriedigt einfach einen wirklich interessierten Schüler nicht so, als wie wenn der das auch echt mal ausprobieren darf in der Praxis.“

GAST25, Nicht-Implementiererin

- Das Thema Genetik sei „trocken“.

„Schüler lieben Genetik und Gentechnik, das finden die ein superinteressantes Thema, aber es ist halt so trocken. Man kann halt wenig [praktisch] machen.“

IRDE16, Implementiererin

- Praxiserfahrungen allgemein seien für Schülerinnen interessant (vgl. 7.2.2.1.1).

„Es halt immer für die Schüler toll ist, wenn sie einfach auch einmal etwas wirklich praktisch machen können. Weil, das geschieht ja nicht so oft.“

MARI14, Nicht-Implementiererin

Allerdings hängt diese Einschätzung nicht unmittelbar mit einer Implementation zusammen. Von einigen Lehrkräften wird ein Mangel an Schülerinneninteresse als Hinderungsgrund für die Implementation genannt, z. B. weil volljährige Schülerinnen nicht zur Anwesenheit bei Sonderveranstaltungen, bspw. Exkursionen, verpflichtet werden können.

„Dann ist die Problematik halt, dass ich ja die Schüler nicht grundsätzlich dazu verpflichten kann länger zu bleiben. Also dazu sind wir nicht in der Lage. Wenn ich jetzt einen Kurs habe, der überhaupt kein Interesse daran hat, dann stehe ich am Ende alleine da.“

ANKL21, Implementiererin

Zweifeln Lehrkräfte am gegebenen Schülerinneninteresse folgern sie daraus, dass sich eine Implementation nur für interessierte Schülerinnen lohnt. Allerdings ziehen nicht alle Lehrkräfte eine tatsächliche Implementation mit ausgewählten Schülerinnen in Erwägung, obwohl dadurch auch die Problematik der Anzahl an Schülerinnen pro Kurs adressiert und ggf. minimiert werden kann.

„Wir wollen es freiwillig anbieten, damit [wir] diejenigen, die da Interesse haben, die Aufmerksamkeit schenken können [...] dann hat sich aus beiden Kursen, ungefähr die Hälfte der Schüler bereiterklärt, dass dann eben auch an einem Zusatztermin am Nachmittag zu machen und wir haben dann die beiden Gruppen zusammengelegt.“

RERU25, Implementiererin

Für einige Lehrkräfte ist bereits das „Auswählen“ nur der eigenen Klasse ein weiterer Hinderungsgrund wegen der Kommunikation unter Schülerinnen:

„Die Schüler sprechen sich ja untereinander aus und da das jetzt etwas sehr Interessantes ist, würden dann die einen wieder jammern. Das Problem haben wir immer.“

IRAL01, Nicht-Implementiererin

Von anderen Lehrkräften wird diese Kommunikation, vor allem über Jahrgangsstufen hinweg, positiv eingeschätzt. Dadurch würden sich Schülerinnen bereits zu Beginn des Schuljahres auf die Implementation freuen und den Aufwand für die Praxiseinheit lohnender machen (vgl. 7.4.4.1).

Zusammenfassend handelt es sich bei den meisten Aussagen zum Schülerinneninteresse um Annahmen der Lehrkräfte, denen Allgemeingültigkeit zugesprochen wird. Nur in wenigen Fällen wurde in den Schulen das konkrete Schülerinneninteresse des jeweiligen Kurses oder der Jahrgangsstufe zur spezifischen Praxiseinheit von biotechnologischen Untersuchungen abgefragt. Bei allen Lehrkräften, die eine solche Abfrage durchführten, ergab sich ein positives Ergebnis, sodass sie im Anschluss implementiert haben (vgl. 7.4.3).

7.2.2.5.4 Passende Klasse

Das Unterrichten eines Kurses, in dem die biotechnologischen Untersuchungen implementiert werden können, ist sowohl für Implementierenden als auch Nicht-Implementierenden ein führendes Argument. Die meisten Segmente in dieser Kategorie befassen sich damit, dass man eine entsprechende Klasse (nicht) hatte. Obwohl sowohl Nicht-Implementierende als auch Implementierende das Unterrichten einer passenden Klasse anerkennen, gibt es eindrucksvolle Gegenbeispiele unter den Implementierenden.

„Ich hatte zu der Zeit gar keine 11. Klasse. Ich habe also quasi die von den Kollegen genommen.“

CHRO26, Implementiererin

Dieses Gegenbeispiel ist besonders aufschlussreich in Bezug auf die Argumentation zum Thema Kooperation (vgl. 7.2.2.6). Dort äußern sich Lehrkräfte dazu, dass die gegenseitige Übernahme der Klassen nicht erwünscht sei. In diesem Kontext ist das häufigste Szenario, in dem die Notwendigkeit des Unterrichts einer passenden Klasse ausgehebelt wird, aufgrund von kooperativen Implementationsvorhaben. Hierbei schließt sich die ganze Fachschaft zusammen, um die DNA-Analysen mit allen Schülerinnen der entsprechenden Klassen oder Stufen umzusetzen (vgl. 7.4.3).

Implementierende, die sich über passende Klassen äußern, nutzen diese entweder als Argument, warum sie bisher nicht erneut implementiert haben, oder um ihre Kolleginnen in Schutz zu

nehmen, die bisher nicht implementiert haben. Auch wie häufig eine entsprechende Klasse bereits unterrichtet wurde, scheint ein valides Argument gegen die Implementation zu sein.

„Wenn man zum Beispiel das erste Mal einen Oberstufenkurs hat, dass man dann sagt, [...] gut, wenn ich jetzt meinen Kurs einmal komplett durchgemacht habe und jetzt alle meine Materialien erst mal habe und die Schüler zum Abitur geführt habe und weiß, es funktioniert, dann kann ich mich vielleicht beim zweiten Mal noch ein bisschen umgucken, was ich denn noch so on top machen könnte.“

RERU25, Implementiererin

In dem Zusammenhang wurde angemerkt, dass die Regelmäßigkeit, mit der ein solcher Kurs unterrichtet wird, eine Rolle spielt.

„Man hat irgendwie alle zwei Jahre so ein Thema und muss es dann im Unterricht behandeln. Und es ist so, als ob es jedes Mal ganz neu ist.“

MORE23, Nicht-Implementiererin

Auch bei der Beurteilung, warum Kolleginnen und Kollegen nicht implementiert haben, argumentieren Implementiererinnen darüber, welche Klassen für die Implementation als geeignet angesehen werden:

„Das geht im PCB super. Und das geht in irgendwelchen Projekten super. Das geht in Wahlunterricht oder Arbeitsgemeinschaften super. Es geht im Q11-Unterricht nach dem jetzigen Lehrplan aus meiner Sicht gar nicht.“

GEUL17, Implementiererin

An diesem Beispiel wird bereits deutlich, wie eng das Unterrichten einer geeigneten Klasse mit der Wahrnehmung des Lehrplans (vgl. 7.2.2.5.2) zusammenhängt. Entsprechend kann man auch hier sagen, dass dieser einen eigenen Referenzrahmen der Lehrkräfte bildet. Die passende Klasse zu unterrichten scheint allerdings nicht allein hinreichend als Argument für die Implementation zu sein. Darüber hinaus spielt das Interesse der Schülerinnen für die Lehrkräfte eine Rolle.

7.2.2.5.5 Schülerinnen pro Kurs

Für jeweils fünf Lehrkräfte aus den beiden Gruppen (I, N) war die Kursgröße ein erwähnenswerter Grund bei der Argumentation, um die Implementation biotechnologischer Untersuchungen in den Unterricht auszuschließen. Insgesamt sind sich diese Lehrkräfte einig, dass die Biologiekurse für aufwändige praktische Einheiten im Unterricht standardmäßig zu groß sind. Für die Unterscheidung zwischen Nicht- und Implementiererinnen ist die Schlussfolgerung der Lehrkräfte aus dieser Tatsache wichtig: Nicht-Implementiererin bleiben bei dem Statement, dass die Implementation nur bei kleinen Kursen möglich wäre oder massiven Mehraufwand erforderlich machte, z. B. durch Teilung des Kurses. Im Gegensatz dazu finden Implementiererinnen verschiedene Lösungsansätze, wie sie dieser Problematik eines großen Kurses begegnen können. Bei einer erneuten Implementation variieren Implementiererinnen diese Ansätze, um diesen ebenfalls angemerkten „Mehraufwand“ weiter zu reduzieren:

- **Implementation freiwillig am Nachmittag:** Hierbei wird die Anzahl an Schülerinnen pro Kurs dadurch reduziert, dass nicht alle bereit sind ihren Nachmittag für eine solche Aktivität (biotechnologische Untersuchungen) aufzubringen.

„Hätte ich eine[n] ganz, ganz kleinen Kurs, würde ich es vielleicht auch mal verpflichtend doch für alle machen. [...] aber an sich würde ich es so [für die Schülerinnen freiwillig] nochmal durchführen. Das fand ich eigentlich ein ganz gutes Vorgehen.“

RERU25, Implementiererin

- **Kurs teilen**

„Jetzt haben wir eben heuer gesagt, wir machen in jedem Fall maximale Gruppenstärke, sind 16. Also dass man halt pro Gruppe 16 haben und dann lässt sich das auch schön aufteilen. Und der Chef hat das jetzt auch genehmigt.“

MAHE12, Implementiererin

- **Team-Teaching**

„Also weil man ist ja dann Ansprechpartner für - keine Ahnung - 27 Schüler und jeder hat, zwar im Prinzip machen sie das selber, aber jeder hat irgendwie wieder ein anderes Problem. Und da könnte man sich manchmal zerreißen oder am besten aufteilen oder mit mehr Leuten reingehen, dass man dem halt ein bisschen gerechter wird.“

- CHJO28, Implementiererin

Bei diesem Lösungsansatz gibt es eine Implementiererin, welche die Kursgröße zwar als „unpraktisch“ angemerkt, die praktische Einheit trotzdem mit dem vollständigen Kurs durchgeführt. Sie berichtet von einem hohen empfundenen Stresslevel und wünscht sich Team-Teaching. Falls sich dieses aber nicht umsetzen lässt, scheint hier die Umsetzung der praktischen Einheit wichtiger zu sein, als ihr erhöhter Betreuungsaufwand.

Insgesamt gibt es noch einen kombinierten Ansatz, in dem sich Lehrkräfte für Team-Teaching zusammenschließen, weil sie die Parallelkurse unterrichten. Dabei reduziert sich der tatsächliche Betreuungsschlüssel allerdings nicht. In einem Beispiel, nehmen die beiden Lehrkräfte sogar noch die Schülerinnen mit auf, die keinen Biologiekurs belegt haben. Obwohl sie anerkennen, dass die Kurse groß sind, ist das Ausschließen von Schülerinnen keine Option:

„Also wir haben 45 Kinder in der Oberstufe [...] es sind zwei Mal 18 Personen [...] und die restlichen machen jetzt auch einfach mit, weil für fünf oder sechs Leute extra nochmal einen Unterricht machen ist auch Schmarrn.“

CHJO28, Implementiererin

Insgesamt hat die Anzahl der Schülerinnen pro Kurs eine enge Verknüpfung zu *Systemmerkmalen* und wird von den Lehrkräften als vorgegeben hingenommen.

7.2.2.5.6 Schulnetzwerk

Die induktive Erweiterung ergab, dass diese Kategorie nicht trennscharf von schulübergreifender *Kooperation* oder *Organisation der Schule* ist (vgl. 7.2.2.4, 7.2.2.6). Die meisten Aussagen, die eine Art Schulnetzwerk beschreiben, legen den Fokus auf Kooperation und werden entsprechend dort berichtet. Aussagen zu Neugründung von Schulen oder Schulumstrukturierungen habe ich ebenfalls von *Systemmerkmale* zu *Organisation der Schule* verschoben.

Die meisten Lehrkräfte meiner Stichprobe berichten davon, dass ein Schulnetzwerk nicht besteht. In dieser Kategorie blieben Aussagen von drei Lehrkräfte übrig, die eine überraschende schulpolitischen Begründung liefern: Der Aufbau von lokalen Schulnetzwerken scheitere an Berührungsängsten, der Konkurrenz um Schülerinnen und der damit einhergehenden Profilbildung der eigenen Schule. Die Implementation der biotechnologischen Untersuchungen in den Unterricht soll aus Sicht dieser Schulen ein Alleinstellungsmerkmal sein.

„Weil manchmal auch eine Konkurrenz, gerade an Ortsschulen, so ein bisschen herrscht. Ein Kampf um die Schüler manchmal.“

IREU10, Implementiererin

„Da [sind] Ängste, dass man irgendwie da sich etwas streitig macht. [...] Diese Gemeinschaft hört dann doch wieder schnell auf, wenn es um Damit-Werben geht, dass wir so etwas Tolles in der Schule machen.“

SYER18, Implementiererin

Zusammenfassend setzt sich die Kategorie *Systemmerkmale* aus einer engen Verknüpfung der Aspekte *Zeit*, *Lehrplan* und *Kursgröße* zusammen. Auffällig dabei ist, dass beide Gruppen (Nicht- und Implementiererrinnen) diese *Systemmerkmale* gleichermaßen anmerken und bewerten.

7.2.2.6 Hauptkategorie 6: Kooperation

Insgesamt äußerten sich 37 Lehrkräfte zum Thema Kooperation mit insgesamt 135 Aussagen (vgl. **Tabelle 8**). Die Unterkategorie *Teilnahme an LFB* handelt von den verschiedenen Modi der Teilnahme und diente als Verifizierung der Rekrutierung (vgl. 6.2.1). Da diese bereits bei der Darstellung der Stichprobe (vgl. **Abbildung 7**) beschrieben wurden und als Ordnungskriterium der Fallzusammenfassungen diente (vgl. 7.1), gehe ich hier nicht erneut auf diese ein. Stattdessen konzentriere ich mich auf die postulierten Kooperationsformen, welche Grundlage des deduktiven Kategoriensystems waren. Nimmt man die Kategorie *Teilnahme an LFB* heraus, dann äußerten sich nur 15 Nicht-Implementiererin zur Kooperation, im Gegensatz zu allen Implementiererrinnen. **Tabelle 29** zeigt die Ergebnisse der deduktiven Kodierung der Kategorie *Kooperation*.

Tabelle 29: Kooperation

Kodierte Segmente der Hauptkategorie *Kooperation* und ihren fünf Unterkategorien 1. Ordnung. Die Zugehörigkeit zu Implementierenderinnen und Nicht-Implementierender ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen der Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Kooperation</i>	31	80	19	61
Teilnahme an LFB	17	19	9	10
Austausch	12	17	9	8
Kollegiales Feedback	1	1	0	1
Ko-Konstruktion	2	8	0	8
Synchronisation	6	10	0	10
gesamt		135	37	98

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementierenderinnen bzw. Implementierenderinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Hauptkategorie *Kooperation*.

Aus **Tabelle 29** geht hervor, dass etwa 60 % der Aussagen während der deduktiven Kodierung nicht eindeutig einer der Unterkategorien zugeordnet werden konnten. Im Rahmen der induktiven Erweiterungen fokussierte ich mich auf diese Aussagen. In **Tabelle 30** ist das Ergebnis dargestellt. Besonders auffällig ist, dass zwei neue Unterkategorien zur Kooperation entstanden: *keine* und *geplant / gewünscht*. Diese Kategorien umfassen sämtliche Aussagen zur Abwesenheit von Kooperation oder hypothetischen Aussagen zum Kooperationsgeschehen, das entweder zum Zeitpunkt der Interviews in der Zukunft liegt und entsprechend nicht überprüft werden kann oder nur als erstrebenswert anerkannt wird. Beachtet man nur Aussagen zur tatsächlichen Kooperation bleiben 73 Äußerungen (*Austausch*, *Synchronisation*, *Ko-Konstruktion*, vgl. **Tabelle 30**) aus 26 Interviews übrig, unter denen 9 Nicht-Implementierenderin und 17 Implementierenderinnen.

Tabelle 30: Kooperation induktiv

Induktiv Kodierte Segmente der Hauptkategorie *Kooperation* mit ihren fünf endgültigen Unterkategorien. Die Zugehörigkeit zu Implementierenderinnen und Nicht-Implementierender ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen die Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Kooperation</i>		0	0	0
keine	15	22	8	14
geplant / gewünscht	12	21	12	9
Austausch	16	24	11	13
Synchronisation	12	26	0	26
Ko-Konstruktion	10	23	0	23
gesamt		116	31	85

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementierenderinnen bzw. Implementierenderinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Hauptkategorie *Kooperation*.

Aus **Tabelle 30** geht hervor, dass während der induktiven Erweiterung sämtliche Aussagen einer Unterkategorie 1. Ordnung zugewiesen werden konnten. Im Folgenden gehe ich auf die Inhalte der Unterkategorien ein.

7.2.2.6.1 Keine Kooperation

Obwohl diese Aussagen die Abwesenheit von Kooperation beschreiben, gehe ich kurz auf einige Beispiele ein. In diesem Kontext sind vor allem die Umstände und Begründungen für fehlende Kooperation von Interesse. Bei Implementiererinnen konnte ich zwei Szenarien unterscheiden: Erstens findet eine kooperative Ausleihe mit vielen Kolleginnen statt und einzelne Kolleginnen leihen unabhängig für eigene Kurse erneut aus ohne sich diesbezüglich mit Kolleginnen auszutauschen. Hier stehen die Kooperation und Ausleihe des Equipments selbst an der gleichen Schule nicht in direktem Zusammenhang. Obwohl an einer Schule kooperative Ausleihen stattfanden, lieh eine Lehrkräfte darüber hinaus alleine aus und implementierte zusätzlich alleine. Diese Lehrkraft implementierte im Endeffekt zwei Mal, was von ihrer Kollegin berichtet wurde:

„Eine Kollegin von mir hat [...] sich selber das ausgeliehen und halt dann durchgeführt.“

HEJÜ15, Implementiererin

Zweitens liehen Kolleginnen unabhängig voneinander für ihre Kurse aus und kooperieren nicht, obwohl sie Parallelkurse unterrichteten. Bei der Argumentation in diesem Szenario scheinen die Hürden für Kooperation größer zu sein, als für die Implementation selbst, z. B. Unterrichtsstil.

„Ich hatte dann das Jahr darauf meine Kollegin gefragt, ob Sie es dann/ oder hatte ihr angeboten, dass ich die Materialien hole und dass sie sie ja auch gerne nutzen könnte dann, aber das wollte sie nicht. Sie hatte mir dann angeboten, da eventuell mit reinzugehen in den Kurs, in meinen Kurs, aber das wollte ich nicht, weil die Art und Weise wie die Kollegin unterrichtet, mit meiner Art überhaupt nicht übereinstimmt. Und das hatte ich mir dann sehr schwierig vorgestellt, also das wollte ich dann nicht.“

DIRA14, Implementiererin

In einem Fall wurde kooperativ Ausgeliehen und retrospektiv entschieden, es im Falle einer Wiederholung ohne Kooperation zu machen.

„Wir würden es bestimmt nochmal machen, aber nicht mehr in der Form. Weil es war wirklich ein ganz schöner Kraftakt und ganz schön groß angelegt und wir würden es wahrscheinlich eher so machen, dass wir es nochmal einzeln in den Kursen machen, dann müssten wir halt die Sets auch mehrmals ausleihen oder so und dann halt nicht so viele auf einmal - das wahrscheinlich eher.“

GAGE26, Implementiererin

Neben fehlender schulinterner Kooperation, gaben einige Lehrkräfte auch Gründe gegen schulübergreifende Kooperation an, die ich ebenfalls unter *Keine Kooperation* sammelte:

- Von der Schulleitung blockiert

„Ja, aber das will unser Chef nicht [...] damit es (die Implementation) ein Alleinstellungsmerkmal hat.“

MAHE12, Implementiererin

- Konkurrenz um Schülerinnen

„Wir haben zum Beispiel nebendran ein sehr MINT-lastiges Gymnasium [...] mit denen zu kooperieren, wäre eigentlich total toll. Und wir haben ja auch verschiedenste Klientel, [...] Aber nach wie vor ist da so ein bisschen so eine Angst, dass man irgendwie da sich etwas streitig macht.“

RERU25, Implementiererin

- Zusätzlicher Aufwand

„Dann muss man vielleicht dann noch mehr mit noch mehr Menschen etwas ausmachen, mit euch, mit anderen Schulen. Und so, wenn ich direkt an euch hinschreibe, wann ich das gerne hätte, glaube ich, ist es einfacher.“

IRAL01, Nicht-Implementiererin

Dem gegenüber steht der direkte Wunsch nach dieser Form der schulübergreifenden Kooperation.

„Jemand, der in München wohnt, holt es. Man benutzt es hintereinander. Ist bestimmt besser möglich. Oder dann würde sich eben der Aufwand teilen und dann würde man praktisch das vielleicht eher machen.“

LIDI04, Nicht-Implementiererin

Zusammenfassend wurden folgende Hürden bei der Kooperation angegeben:

- Unterschiedliche Kurse:
 - Nur ein Bio-Leistungskurs (HHJJ99, Nicht-Implementiererin)
 - Kurse in verschiedenen Stufen (MAMI14, Nicht-Implementiererin)
- Unterrichtsstil (MAMI14, Nicht-Implementiererin)
- Terminfindung
 - Verschiedene Reihenfolge Lehrplan (IRAL01, Nicht-Implementiererin)

7.2.2.6.2 Austausch

Zusammenfassen kann ich festhalten, dass verschiedene Formen des Austausches berichtet werden, sowohl von Implementierenden als auch Nicht-Implementierenden. Diese beziehen sich vor allem auf Informationen, die intern oder schulübergreifend im Gespräch weitergegeben werden. Vereinzelt wurde auch Material ausgetauscht, wobei das in Bezug auf die konkrete Implementation der biotechnologischen Untersuchungen schwer von Ko-Konstruktion abzugrenzen ist,

da dieser Materialaustausch teilweise im Rahmen von Teamarbeit entstand. Im Folgenden berichte ich die Formen von schulinternem und schulübergreifendem Austausch, die Lehrkräfte beschreiben:

Schulinterner Austausch

- Interne LFB, nach Besuch einer externen LFB, meistens an der TUM

„Also wir haben das halt einmal mit den Kollegen im Vorfeld durchgespielt, dass wir alle wissen, worum es geht. Und die beiden, die bei der Fortbildung waren, haben uns dann sozusagen ein bisschen erklärt, was sie da gemacht haben und worum es geht.“

DAPE04, Implementiererin

- Fachschaftsgespräch

„Ich habe es in der Fachschaft auch weitergegeben [und] werde dann noch einmal die Werbetrommel rühren.“

GUGE28, Nicht-Implementiererin

„Wir [...] haben auch wirklich viel diskutiert vorab in der Fachsitzung, wie das am besten ist, was sinnvoll ist.“

SYER18, Implementiererin

- Materialaustausch

„Alle Kollegen [haben] in ihren Klassen dann [das von mir und meiner Kollegin erstellte Material] benutzt, um [...] gleichgeschaltet zu sein, was den Input betrifft für die Schüler.“

SYER18, Implementiererin

- Unterrichtsbesuche

„Die Lehrer [haben] immer mal wieder nachgefragt, wie es denn läuft und mich zum Teil auch mal besucht, um zuzugucken, also wie das in der Schule bei uns funktioniert und was wir dafür Materialien haben, wie wir das machen können.“

MAHU05, Implementiererin

Schulübergreifender Austausch

- Gemeinsame LFB

„Wenn wir halt irgendwelche Fachschaftstage oder pädagogischen Tage haben, dann laden wir zum Teil auch die Lehrer aus [umliegenden FOS/BOS] ein.“

MAGU23, Nicht-Implementiererin

„Der Biologie Fachbetreuer in [Ort] und unsere Biologie Fachbetreuerin in [Ort 15 km weiter] sind verheiratet.“

WACH11, Nicht-Implementiererin

- Ausbildung von Referendaren

„um Beispiel kooperiere ich mit den anderen Schulen bei der Ausbildung von meinen Referendaren. Da hole ich mir ganz gerne von einer anderen Schule einfach Experten herein, die Punkte abdecken, die ich jetzt nicht so gut abdecken kann.“

GEUL17, Implementiererin

- Netzwerke

„Also das was geklappt hat oder wodurch es geklappt hat, war alles informell und auf privater Ebene. Wir haben durch das BUSS- und Fachberatersystem eigentlich eine ganz gute Vernetzung zwischen den Lehrern und den Fachberatern. Dort kriegt man eigentlich so Informationen relativ schnell her und kriegt das auch gut organisiert.“

DRHO18, Implementiererin

7.2.2.6.3 Synchronisation

In dieser Kategorie berichten ausschließlich Implementierinnen, wie der Ausleihzeitraum abgestimmt wird, aber die Umsetzung in der eigenen Klasse selbstständig erfolgt. Interessanterweise beziehen sich einige Aussagen von Nicht-Implementiererin in der Kategorie *geplant/gewünscht* auf eben solche Kooperationen, während mit Rückbezug zu *keine* diese dort nur als weitere Hürde wahrgenommen wurde.

Diese gemeinsame Ausleihe findet sowohl schulintern, als auch schulübergreifend statt.

- Schulübergreifend

„Aber wir arbeiten eigentlich eng mit den Kollegen an anderen Schulen zusammen. [Vom Nachbar-Gymnasium] waren ja auch zwei Kollegen in der Fortbildung. Und wir haben das dann halt vorbeigebracht und das war in Ordnung. Also ist relativ problemlos. Anders herum wäre es auch/ hat es auch geklappt.“

REGU14, Implementiererin

- Schulintern

„[Die Kollegin] hat abgeholt und ich habe zurückgebracht.“

SYER18, Implementiererin

7.2.2.6.4 Ko-Konstruktion

In Bezug auf die Implementation biotechnologischer Untersuchungen in den Unterricht ist Ko-Konstruktion die häufigste Kooperationsform. An dieser Stelle habe ich die Unterscheidung zur Synchronisation gezogen, wenn Lehrkräfte ihre Kurse zusammenlegen, um sich auch während der

Implementation gegenseitig zu unterstützen, z. B. Team-Teaching. Hier fallen auch Implementationskonzepte hinein, bei denen Lehrkräfte Schülerinnen unterrichten, die normalerweise nicht in ihren eigenen Kursen sind (vgl. 7.4.2).

Bei einigen Aussagen ist diese Unterscheidung von Synchronisation und Ko-Konstruktion schwierig, weil Details fehlen. Auch das Konzept einer internen Fortbildung über die Theorie und Praxis der biotechnologischen Untersuchungen ist innerhalb dieser Kategorien schwer einzuordnen. Im Falle einer Implementation ist dabei eine hohe Abhängigkeit gegeben, weil Lehrkräfte, die nicht bei der Fortbildung waren, die Umsetzung nur schwer realisieren können. Ist die Implementation allerdings nicht konkret geplant und die Fortbildung fand trotzdem statt, gleicht sie eher einem Informationsaustausch (vgl. 7.2.2.6.2).

„Wir machen immer vor jedem Projekt nochmal einen extra Fachsitzung dazu, dass wir uns auch nochmal briefen, dass wir auch noch mal diese Materialien sichten, dass wir die Arbeitsblätter vorbereiten, die Aufgaben ein bisschen aufteilen. Das geht eigentlich, glaub ich, nur im Team.“

MAHE12, Implementiererin

*„Was ich auch ganz klar sagen muss, ich hätte es mir alleine was heißt nicht zuge-
traut, aber der Aufwand wäre alleine schon relativ groß gewesen, dass alleine alles
aufzubauen bei allen Gruppen gleichzeitig irgendwie dabei zu sein.“*

RERU25, Implementiererin

Zu dieser Form der Implementation äußerten sich Nicht-Implementiererin ebenfalls in der *gewünscht/geplant* Kategorie und nutzen dabei die gleichen Argumente, wie Implementiererinnen im Sinne der Aufwandsreduktion und Sicherheitszugewinn.

*„Also es war so, dass wir uns jetzt die drei Kolleginnen, die das gerne machen wür-
den, gesagt haben: „Wir wissen nicht, ob wir kompetent genug sind, dass jeder von
uns jetzt nach der einmaligen Fortbildung das komplett alleine durchführt, aber wir
würden uns sozusagen immer dann in Zweier-Teams zusammenschließen, um mit einem
Kurs das durchzuführen und dann mit dem nächsten und dann mit dem nächsten““*

CHHE22, Nicht-Implementiererin

Zusammenfassend sticht die Spannweite der Kategorie *Kooperation* besonders hervor. Beginnend bei der Ablehnung von Kooperation als zusätzliche Implementationshürde, bis hin zu schulübergreifenden Absprachen zur Erleichterung der Implementation. Hier deutet sich an, dass bei der Möglichkeit zur Kooperation die Gewichtung der Argumente eine Rolle spielt: Sie kann sowohl als gewinnbringend als auch als zusätzliche Hürde angesehen werden. Unter Berücksichtigung der Handlungsmuster (vgl. 7.4.3 und 7.4.4) wird deutlich, dass sich die Gewichtung im Anschluss an eine Implementation in die entgegengesetzte Richtung verändern kann. Lehrkräfte, die alleine umgesetzt haben, würden bei einer Wiederholung kooperieren, und umgekehrt. Natürlich gibt es in beiden Gruppen auch Beispiele, bei denen sich die Einschätzung verfestigt und sie unverändert erneut implementieren würden.

7.2.2.7 Hauptkategorie 7: Dissemination

Im Rahmen der Stichprobe äußerten insgesamt nur 17 Personen Aussagen, die zu der Kategorie Dissemination zugeordnet werden konnten, davon 15 Implementiererinnen und sechs Nicht-Implementiererinnen. Die **Tabelle 31** gibt einen Überblick der deduktiven Kodierung.

Tabelle 31: Dissemination

Kodierte Segmente der Hauptkategorie *Dissemination* und ihren sechs Unterkategorien. Die Zugehörigkeit zu Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen ist gezeigt, sowie die Anzahl der Interviews, in denen die Unterkategorie Aussagen zugeordnet wurde. Eigene Darstellung.

Kategorie	Interviews	Kodierte Segmente		
		gesamt	nicht-implementiert	implementiert
<i>Dissemination</i>	15	21	6	15
Inhalt	0	0	0	0
Person	2	2	0	2
Soziales System	1	1	0	1
gesamt		24	6	18

Die Anzahl der Interviews kann nicht aufsummiert werden, weil Mehrfachnennungen möglich sind. Gleiches gilt für die kodierten Segmente zwischen den Kategorien. Entsprechend kann aus der Aufteilung der kodierten Segmente nach (nicht-) implementiert nicht auf die Gesamtzahl an Nicht-Implementiererinnen bzw. Implementiererinnen zurückgeschlossen werden. Kodierte Segmente, die keiner der spezifischeren Unterkategorien höherer Ordnung zugewiesen werden konnten verbleiben in der Hauptkategorie. Hier *Dissemination*.

Aus **Tabelle 31** geht hervor, dass die gewählten Unterkategorien nicht intuitiv waren, da die meisten Segmente der Hauptkategorie selbst zugeordnet wurden. Auch die induktive Erweiterung zeigte, dass die Kategorie Inhalt nicht vorkam und es zu einer Aufteilung der Aussagen zwischen *Person* und *Soziales System* erfolgte.

7.2.2.7.1 Person

Die induktive Erweiterung ergab drei neue Unterkategorien 2. Ordnung und insgesamt 14 Nennungen innerhalb der Unterkategorie *Person*. Aufgrund der geringen Anzahl der Nennungen verzichtete ich hier auf eine erneute Übersichtstabelle. Die Angaben in Klammern geben an, wie viele Segmente in der entsprechenden Kategorie vorliegen.

Interne Fortbildung (11)

Die häufigste Form der Dissemination, die sich auf den Einbezug weiterer Personen bezieht, fand in Form interner Fortbildungen statt. Hierbei wird die Überschneidung zu der Kooperationsform des kollegialen Austausches deutlich.

„Wir hatten auch ein paar Proben zum Testen und dann haben wir halt eine schulinterne Fortbildung für unseren Biologenkreis gemacht und haben einmal an einem Nachmittag das alles durchgeführt.“

REGU14, Implementiererin

Die beiden anderen induktiven Kategorien sind im weitesten Sinne Abwandlungen von dieser.

Gespräch in Fachschaft (2)

Hier ist der Austausch zu anderen Personen in der Intensität reduzierter und auf reine Informationsübergabe bezogen.

„Wir sind dann zurückgekommen und haben unseren Kollegen von der Fortbildung erzählt.“

MAGU23, Nicht-Implementiererin

LFB erst alleine, dann an Schule (1)

Hier ist die Intensität erhöht: Eine Lehrkraft, die alleine an der LFB teilgenommen hat entscheidet im Gespräch mit ihren Kolleginnen, uns für eine LFB an die Schule einzuladen. Dadurch nimmt die „Pionier“-Lehrkraft ein zweites Mal an der LFB teil.

„Nein, ich war auf der Fortbildung und [ibr] kam[t] dann noch zu uns an die Schule und ha[b]t den Rest auch noch fortgebildet.“

IREU10, Implementiererin

7.2.2.7.2 Soziales System

Die induktive Erweiterung ergab vier neue Unterkategorien 2. Ordnung und insgesamt 11 Nennungen innerhalb der Unterkategorie *Soziales System*. Eine konnte keiner der neuen Unterkategorien zugeordnet werden. Aufgrund der geringen Anzahl der Nennungen verzichtete ich hier auf eine erneute Übersichtstabelle. Die Angaben in Klammern geben an, wie viele Segmente in der entsprechenden Kategorie vorliegen.

Vernetzung an andere Schulen (6)

Die häufigste Form der Dissemination im Sozialen System bezieht sich auf persönliche Vernetzung mit andere Schulen. Das reicht von privaten Freundschaften über professionellen Verbindungen zu Nachbarschulen mit gleichem fachlichem Schwerpunkt bis hin zur eigenen Versetzung an eine andere Schule. Bei letzterem gab es einen Sonderfall. Zwei Lehrkräfte trafen sich nach der Versetzung an der Schule und beide hatten unabhängig voneinander an der LFB teilgenommen und sich dann für die Implementation zusammengeschlossen.

“Ich habe halt vorgeschlagen, dass ich da auf einer Fortbildung war, dass ich halt mal gerne umsetzen würde [...] und sie so: "Ah, da war ich auch, ja, wollte ich auch schon umsetzen." [...] Dann haben wir gedacht, wir tun uns zusammen.“

IRDE16, Implementiererin

Ähnlich zur Versetzung an eine andere Schule und dem damit einhergehen der Mitnahme des eigenen Wissens und der eigenen Netzwerke in das neue Soziale System agiert auch die nächste Kategorie.

Studium an TUM (1)

Durch den Kontakt zur Professur, an dem die Fortbildung verankert ist, erfuhr die Lehrkräfte von der Fortbildung und den damit zusammenhängenden Möglichkeiten. Sie nahm diese Information sowohl mit ins Referendariat als auch an die erste Schule. (IRAL01, Nicht-Implementiererin)

Referendare (2)

Die Dissemination durch Referendare ergab zusätzlich eine eigene Kategorie aus Sicht der Seminar-Lehrkräfte. Dies basiert auch wieder auf dem Wechsel von Einzelpersonen in andere Soziale Systeme. (CHHE22, Nicht-Implementiererin; MAHE12, Implementiererin)

Angeschafftes Material teilen (1)

In einem Fall äußerte die Lehrkraft das Bestreben das angeschaffte Equipment mit anderen Schulen zu teilen, damit es häufiger genutzt wird. Das ging über reine Dissemination hinaus und hat eine hohe Überschneidung zu postulierten Kooperationsformen. (MAHU05, Implementiererin)

Insgesamt kann für die kleine Stichprobe nur eine geringe Dissemination der Fortbildungsinhalte festgestellt werden. Trotzdem sind diese Einblicke bedeutsam, da schon während der Rekrutierung die Einflüsse von Dissemination zu anderen Personen deutlich wurden: Lehrkräfte implementierten ohne vorher an einer Fortbildung teilzunehmen.

7.2.2.8 Fazit und Überblick der qualitativen Inhaltsanalyse

Die induktive Erweiterung des gesamten Kategoriensystems zeigt, wie umfangreich die Argumentationsvielfalt von Lehrkräften für oder gegen die Implementation von DNA-Analysen im Biologieunterricht ist. Schon hier wird deutlich, dass die Einteilung von Einflussfaktoren in Gelingensbedingungen oder Hinderungsgründe sehr individuell ist. Im Folgenden präsentiere ich das induktiv erweiterte Kategoriensystem bis zu Unterkategorien der 2. Ordnung, die mindestens fünf kodierte Segmente enthalten.

1. Personenmerkmale (Brühwiler et al., 2017; Lipowsky, 2010)

- a. Überzeugungen & Werte (Roehrig et al., 2007; Seidel & Prenzel, 2006; Staub & Stern, 2002)

Absolute Aussagen, die die eigene Meinung der Lehrkräfte widerspiegeln. Diese können in der Regel zu einer „Ich finde, ...“-Aussage umformuliert werden.

„Die Schülerschaft kann man nicht eingrenzen, ich würde es immer mit allen machen wollen.“

- a) Für alle Schülerinnen wichtig

Die Inhalte der Fortbildung werden als wichtig für alle Schülerinnen eingestuft, im Gegensatz zu nur für ausgewählte / interessierte Schülerinnen.

„Es wäre jetzt auch ein bisschen blöd gewesen, wenn wir gesagt hätten, nein, sein Kurs darf das nicht machen.“

- b) Zuversicht durch Routine

Aussagen, die ausdrücken, dass sich Routine für die Implementation mit der Zeit einstellen wird oder relativierende Aussagen zu Fehlern während der *ersten* Implementation.

„Wenn man das einmal vorbereitet hat, wie den Kriminalfall, das muss ich ja nicht jedes Jahr neu vorbereiten, sondern das ist mal eine Geschichte, die man dann hat.“

- c) Umgang mit Heterogenität
Aussagen, in denen Lehrkräfte ihre Schülerinnen-Kohorte nach irgendeinem Kriterium aufteilen, z. B. Interesse.
„Wir wollen es freiwillig anbieten, damit auch wirklich diejenigen, die da Interesse haben, wir denen da auch die Aufmerksamkeit schenken können und es denen erklären können.“
- d) Praxis wichtig / motivierend
Praxiseinheiten werden als wichtig und / oder motivierend für Schülerinnen eingeschätzt.
„Als Schüler kann ich da was praktisch machen und gerade am genetischen Fingerabdruck ist ja wirklich das Schöne, dass man danach wirklich was sehen kann, wo man sich da erst einmal denkt, okay das ist alles nur abstrakt und ich kann irgendwie nichts beobachten und das war dann schon so ein Aha-Erlebnis.“
- b. Selbstwirksamkeit (Schwarzer & Jerusalem, 2002)
Aussagen zu Kompetenzzumutung bei verschiedenen Sachen, bzw. Ausdruck des Vertrauens in die eigenen Fähigkeiten, z. B. Unterrichten, Organisation, praktisch anleiten.
„Das ist für mich einfach zu viel Stress bedeuten würde, das mit einer Klasse zu machen. Weil ich mich nicht sicher genug, nicht wohl genug fühle.“
- a) Improvisieren aus dem laufenden Betrieb
Aussagen, die in einer Form eine (spontane) Reaktion auf die Begebenheiten in der Schule für die Implementation der Fortbildungsinhalte beinhalten.
„Die Modalitäten an der Schule, die kann man jetzt einfach nur/ muss man einfach selber bewältigen.“
- b) Zuversicht
Sämtliche Aussagen, die einen optimistischen Blick auf die Zukunft beinhalten.
„Also ich fühle mich da echt gut vorbereitet auf die Schüler. Also ich denke auch, wenn ich das jetzt noch einmal nachlesen würde, das Ganze, dann wäre ich wahrscheinlich so in einer halben Stunde ohne weiteres wieder drin in dem und könnte das umsetzen.“
- c) Unsicherheit Schülerinnen bei Praxis anzuleiten
Lehrkräfte, die sich unsicher fühlen Schülerinnen-Gruppen praktisch anzuleiten, generell oder spezifisch auf die Fortbildungsinhalte bezogen.
„Ganz persönlich [erwarte ich Probleme] bei den Experimenten, weil ich halt jetzt nicht die Übung und die Erfahrung habe.“
- d) Eigenverantwortlich für Materialien / Unterrichtsgestaltung
Lehrkräfte, die sich selbst in der Verantwortung sehen Unterrichtsmaterialien für ihre Schülerinnen-Kohorte zu erstellen; im Gegensatz zu den Wünschen nach mehr didaktischem Begleitmaterial auf Schülerinnen-Niveau.
„Ich bin der Meinung, dass das sowieso jeder Lehrer ein bisschen für sich selber anpassen muss, dass das auf seinen Unterrichtsstil passt.“

- c. Professionswissen (Kunter et al., 2011)
Alle Aussagen zu thematischen (Vor-)Wissen, Vorerfahrungen, fachdidaktisches Wissen, z. B. Lehrpläne. Eventuell Überschneidungen mit „Innovationsgegenstand – Bewusstsein für didaktisches Potential“.
„Also die Woche vor den Sommerferien finde ich jetzt auch nicht so sinnvoll, weil, das soll ja nicht eine Beschäftigungstherapie sein, sondern das soll ja wirklich eine Wissensgrundlage auch bilden.“
 - d. Interesse
Auch Spaß und Desinteresse am Thema. Kann sich beispielsweise durch sehr begeisterte Aussagen äußern.
„[Mein Interesse] hat sich in letzter Zeit extrem entwickelt, dadurch dass ich da sehr viel in dem Labor arbeite.“
 - e. Autonomiebedürfnis (Lortie, 2020, S. 166 ff., 209 ff.)
Aussagen, die in irgendeiner Form durchklingen lassen, dass die Person gerne unabhängig agiert. Ausprägungen kann sich z. B. über Nicht-Absprache und Selbstorganisation äußern.
„Jeder [hat] seinen eigenen Stil. Und ganz ehrlich ich hab‘ bisher seltenst Material, das mir von anderer Seite gegeben wurde eins zu eins verwendet.“
 - f. Beruflicher Hintergrund
Alles zu Berufserfahrung und Ausbildung, z. B. Diplom, Fachbetreuerin, Seminar-Lehrkräfte
„Also ich habe ja selber/ also ich bin ja eigentlich auch Diplom-Biologin“
2. Lehrkräftefortbildung
- a. Teilnahmemotivation
Gründe weshalb Lehrkräfte an der LFB teilnahmen, was ihr Interesse weckte.
„Weil bei uns ja die ganze Fachschaft teilgenommen hat.“
 - b. Wünsche
Bezüglich Verbesserungen, Themen, Methoden.
„Ja, es ist ja einerseits gut, dass das alles so aufgebaut war schon vorher, auch die Klassen, aber es wär halt eigentlich ganz gut, man weiß dann auch wirklich, das ist alles im Karton wo enthalten.“
 - a) Material für Schülerinnen
Entweder im Sinne einer Niveau-Reduktion des existierenden didaktischen Begleitmaterials oder Ergänzungen, bspw. Arbeitsblätter.
„Man bräunte für die Schüler vielleicht noch einmal ein vereinfachtes Schüler-Skript.“
 - b) Personelle Unterstützung bei der Umsetzung
Wünsche nach der Anwesenheit einer weiteren Person, entweder im Sinne einer technischen Assistenz oder Team-Teaching
„Es wär natürlich toll, wenn noch jemand sozusagen für den Tag mitbetreuen würde.“
 - c) Weitere Themen
Vorschläge zu weiteren thematischen Kontexten, um die biotechnologischen Methoden noch an anderen Stellen des Lehrplans einsetzen zu können.
„Ich finde das auch nicht schlecht im Bereich der Lebensmittel, weil das habe ich drin und das ist in dem Wahlpflichtfach auch drin, Lebensmittelproduktion, also einfach dieses ganze, die ganzen Milchprodukte wäre im Prinzip etwas biotechnologisches.“

d) Terminfindung

Aussagen zur Hürdenminimierung bezüglich der Terminfindung zur Ausleihe des Equipments, sowohl schulintern, als auch in Absprache mit der Universität.

„Einen Termin, der dann auch klappt.“

c. Beurteilung der Lehrkräfte (Gräsel & Parchmann, 2004b)

Nur Aussagen berücksichtigen, die das praktische Arbeiten nicht betreffen. Beurteilungen der DNA-Analysen selbst gehören in: *Innovationsgegenstand: Beurteilung der Lehrkräfte.*

„Also es war ein bisschen zu lang dieser Teil zu diesen, ja, zu den, quasi zu den fachlichen Vorkenntnissen.“

a) Praktisches Arbeiten

Die Praxiseinheit wird als positiver Aspekt der Fortbildung betont.

„Was mich am meisten überzeugt hat war jetzt wieder mal ein bisschen dieses praktische Arbeiten, dass man sieht, dass so PCR auch im Mikromaßstab sich durchaus machen lässt.“

b) Kritik

Geäußerte Kritik an der Fortbildung.

„Insgesamt ist es ein bisschen zu schnell, Sie dürfen langsamer sprechen.“

c) Sehr gut

Sammlung allgemein positiver Aussagen über die Fortbildung.

„Es war sehr fundiert. Die Fortbildung war sehr, sehr gut vorbereitet.“

d) Fachinhalt

Aussagen zum Fachinhalt der Fortbildung, im Vergleich zu a) Praktisches Arbeiten

„Also war sehr aufschlussreich zu merken, dass man in der Materie doch gar nicht mehr so intensiv drin ist wie das vielleicht halt in Studienzeiten der Fall war.“

3. Organisation der Schule

a. Soziale Bedingungen (Garet et al., 2001; Gräsel & Parchmann, 2004b)

Aussagen zu sozialem Gefüge oder Interaktionen in der Schule oder schulischem Kontext.

„Ja, also wir sind da vom Fachbereich da schon sehr einig.“

b. change agent (Rogers E. M., 2003)

Personen im System, die eine Veränderung aktiv vorantreiben in dem sie den Entscheidungsprozess und die Umsetzung aktiv mitgestalten.

„Also dadurch, dass schon relativ viel in Schulen immer ist, muss man halt, in Anführungszeichen, dafür kämpfen, dass man den Tag bekommt, dass man dann auch zwei bis drei Lehrkräfte hat, weil alleine ist es dann doch schwer, das zu überschauen.“

c. Ausstattung & Resources (Huang et al., 2018; Seufert, 2015)

Aussagen zum Stand an der eigenen Schule, sowohl Räumlichkeiten als auch Sammlungen oder ähnliches.

„Genetik hatten wir jetzt noch nicht dabei. Aber ich denke, das lag auch eben an der praktischen Umsetzung. Aber vielleicht ist das jetzt auch ein Punkt, jetzt, wo es die Versuche gibt, diese Möglichkeit, dass man so etwas einmal anbieten könnte.“

- a) Anschaffung eigenes Equipment
Sowohl Aussagen zur beendeten Anschaffung oder geplanten Anschaffung und Bemühungen, die in diese Richtung weisen.
„Wir haben angeschafft eine Waage, dann vier Gelelektrophorese-Kammern, zwei Zentrifugen, zwei PCR 16er Blöcke und einen Eiswürfel-Maker.“
 - d. Andere Projekte
Arbeitsbelastung durch andere Projekte oder bereits Ähnlichem zu unserem Angebot (Genetik, Biotechnologie, Laborbesuche...)
„Also es hängt davon ab, was man sonst so macht an der Schule, ob man dort sehr viel andere Dinge macht, andere Projekte, oder ob man sich darauf konzentriert.“
 - e. Unterstützung durch die Schulleitung (Bonsen, 2016; Geijssel et al., 2003; Ostermeier et al., 2004)
Aussagen zur Schulleitung in Bezug auf innovative Unterrichtsgestaltungen, wie im Kontext der Fortbildungsinhalte.
„Und würde man, denke ich, sicherlich auch das Einverständnis [der Schulleitung] bekommen, dass man die andere Hälfte jetzt zum Beispiel mit einem Arbeitsauftrag herauschickt.“
 - a) Volle Unterstützung
Nur Aussagen, die eine Unterstützung der Schulleitung bestätigen, im Gegensatz zu Aussagen, die eine Unterstützung in Frage stellen oder von „Überzeugungsarbeit“ sprechen.
„Unsere Schulleitung ist bei solchen Dingen sehr aufgeschlossen.“
 - f. Kommunikation (Gräsel et al., 2006)
Sowohl wie verläuft die Kommunikation in der Schule allgemein und wie wurde die Implementation kommuniziert (Fachgruppe formell/informell)
„Und da stoßen wir zwar teilweise an unsere Grenzen, weil wir halt vom Zeitraum immer recht schwierig eine Woche finden, wo das dann läuft, und auch die vielen Bio-Klassen dann ja da täglich abgedeckt werden müssen und da uns die Stundenplaner halt aufs Dach steigen und sagen, wenn wir zweimal die Räume komplett für euch buchen, dann kriegen wir echt Engpässe. Aber das hat sich jetzt mittlerweile mit viel Reden und mit viel Argumentieren also schulintern gut gelöst.“
4. Systemmerkmale
Allgemein alle Argumente, die sich außerhalb der Schulorganisation, der LFB und dem Innovationsgegenstand selbst (praktische DNA-Analysen) abspielen, z. B. Entfernung zur Universität, Ökonomie, Wirtschaftlicher Anreiz (z. B. Nutzung des Privat PKWs), Lehrplan (zu voll, Stoffmenge).
„Es ist eh schwierig, immer die Zeit zu finden jenseits des Lehrplans.“
- a. Lehrplan
Alle Aussagen, die sich in irgendeiner Form auf den Lehrplan als Referenzsystem beziehen.
„Es ist ja [...] in der Dreizehnten auch der neue Lehrplan. Da fehlt mir ein bisschen die Erfahrung.“
 - a) Stofffülle
Aussagen, die sich auf die hohe inhaltliche Dichte des Lehrplans beziehen, häufig metaphorisch, beispielsweise „vollgestopft“.

„Die Sache ist halt die, [...] dass der Lehrplan in der elften Klasse relativ vollgepackt ist und [man] sowieso schon kaum fertig [wird].“

b) Flexibilität

Aussagen, die sich auf die thematische Reihenfolge der Themen des Lehrplans beziehen. Diese Reihenfolge kann sowohl als fixiert oder flexibel wahrgenommen werden.

„Das Problem ist, dass bei uns in der Fachschaft alle unterschiedliche Reihenfolge vom Lehrplan machen.“

b. Zeit

Sämtliche Aussagen, die Zeit als Referenzraster heranziehen, sowohl Unterrichtszeit als auch Vorbereitungszeit oder ähnliches.

„Vom Prinzip her durchaus brauchbar, wenn die Zeit da wäre.“

a) Terminfindung

Aussagen zum Zeitpunkt der Ausleihe, sowohl in Bezug auf die Verfügbarkeit des Equipments, als auch Schulorganisation.

„Ich denke aber, dass vieles eben an der Organisation der Schule scheitern wird. Also wann macht man es?“

b) Alltagsgeschäft

Aussagen, die sich auf das Alltagsgeschäft von Lehrkräften beziehen, welche eine Implementation erschweren oder verhindern.

„Da kommt es halt relativ häufig dazu, dass man Vertretung machen muss, eigentlich fast jeden Tag. Und wenn man halt dann stundenlange Vorbereitung hat, das mag, wenn man planen kann, sicherlich längerfristig planen kann, gut möglich sein. Aber wenn man halt/ wir sind halt doch ziemlich immer eingeschränkt im zeitlichen Rahmen, dass wir halt unsere Sachen alle erledigen können von Sitzungen und Ähnlichem.“

c. Schülerinneninteresse

Alle Aussagen, die das Interesse der Schülerinnen als Referenzrahmen heranziehen, sowohl positiv als auch negativ und auch Annahmen über das Interesse.

„Es [ist] halt immer für die Schüler toll, wenn sie einfach auch einmal etwas wirklich praktisch machen können.“

d. Passende Klasse

Aussagen, die sich konkret auf das Unterrichten einer Klasse in der Jahrgangsstufe und dem Unterrichtsfach beziehen, in dem die Lehrkraft eine Implementation der Fortbildungsinhalte für möglich erachtet; sowohl positiv als auch negativ Aussagen.

„Das Problem aber war es hat sich für mich jetzt das, dass ich in den letzten Jahren kaum eine elfte Klasse unterrichtet hab.“

e. Schülerinnen pro Kurs

Alle Aussagen, die sich auf die Anzahl von Schülerinnen innerhalb eines Kurses beziehen, einschließlich Aussagen zum Umgang mit der SchülerInnenanzahl.

„Wenn ich da jetzt einen normalen Kurs machen würde ist es in allererster Linie wahrscheinlich die Kursgröße, wenn ich jetzt da so praktisches Arbeiten wirklich ordentlich betreuen möchte, ich kann mich halt schlecht aufteilen, dann sind wir halt mit einer Lehrkraft die dann drin ist eher unterbesetzt.“

f. Schulnetzwerk

Aussagen, die in irgendeiner Form Kontakt zu anderen (Nachbar-)Schulen ausdrücken.

a) Schulen stehen in Konkurrenz

Aussagen, aus denen hervorgeht, dass dieser Kontakt zu anderen Schulen eingeschränkt aufgrund von Konkurrenzdenken eingeschränkt wird.

„Es ist immer so ein bisschen schulpolitisch so, dass da die Angst da ist, [...] dass man da immer sehr schnell, was ich leider nicht verstehe, ein bisschen stutenbissig wird oder halt so nach rechts und links schaut, was machen die, was machen wir.“

5. Innovationsgegenstand

Alles was mit dem praktischen Arbeiten zu tun hat, also der Durchführung der DNA-Analysen im Unterricht oder Allgemein

a. Beurteilung durch Lehrkräfte (Gräsel & Parchmann, 2004b; Zech et al., 2000)

z. B. nützlich, relevant, realisierbar, sinnvoll und die entsprechenden Gegensätze

„Ich finde es eigentlich so wie es ist eine super Sache. Das ist ja eigentlich ein ziemliches Rundum-Sorglos-Paket.“

a) Methoden Theorie leicht

Aussagen, die das biotechnologisch praktische Arbeiten als einfach bezeichnen; häufig im Kontrast zur thematischen Komplexität.

„Die Arbeitsweisen und Techniken in der Genetik in der Molekularbiologie sind ja relativ ähnlich und nicht sehr schwierig.“

b) Realistisch, gut aufbereitet

Aussagen, die eine Implementation als realisierbar einstufen, unabhängig davon, ob tatsächlich implementiert wurde oder nicht; häufig in Kombination der guten Aufbereitung der Materialien bzw. Fortbildung. Gegenkategorie zu c) Stress, Routine, kürzen

„Es schien mir schon durchaus realistisch und ich finde das auch einen Wahnsinn, [...] wie gut das alles vorbereitet ist.“

c) Stress, Routine, kürzen

Aussagen, die eine Implementation als **unrealistisch** einstufen, weil sie zu stressig sei, Routine fehle oder die Praxiseinheiten zu lang seien. Gegenkategorie zu b) realistisch, gut aufbereitet.

„Ich bräuchte da einfach mehr Erfahrung und dann auch Routine, damit ich mich dann sicherer fühle oder eine viel, viel kürzere Einheit, wo ich sage, okay, das schaffe ich dann locker zeitlich und auch in der Vorbereitung.“

d) Praxisbezug

Aussagen, die eine gewisse Bedeutsamkeit der Praxis hervorheben, insbesondere als Einblicke in das Berufsfeld; häufig in Kombination mit einer gewissen Authentizitätswahrnehmung.

„Dass [ich] zeige wie das praktisch heutzutage wirklich in einem Labor abläuft, wenn sag ich mal molekularbiologischen Methoden angewandt werden.“

e) Lehrplanpassung

Aussagen, die die Lehrplanpassung der Fortbildungsinhalte hervorheben, sowohl negativ als auch positiv.

„Weil das hier interessante Themen sind, die [...] natürlich gut hier [in den Lehrplan] reinpassen.“

b. Bewusstsein für didaktisches Potential (Bastian et al., 2002)

Kann sich z. B. über Umsetzungsmotivation oder der Einschätzung des Mehrwerts für Schülerinnen ausdrücken.

„Die [praktische Umsetzung] hat 100prozentig einen Mehrwert, weil ich an einigen Stellen halt bei den Schülern da auch das Interesse wecke.“

a) Verknüpfung mit Unterrichtsverlauf

Aussagen, die indizieren, dass die Implementation in den regulären Unterricht eingebettet wurde; im Kontrast zu Implementationen, die außerhalb des regulären Biologieunterrichts stattfanden und nicht mit diesem verknüpft wurden, bspw. durch Rückbezüge oder Vorträge.

„[Wir] haben das dann aber danach dann noch in den normalen Unterricht eingebaut.“

b) Zeit nehmen

Aussagen, die anerkennen, dass die Implementation eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, die ggf. über die eigentliche Implementation hinausgeht, da sie entsprechend vor- oder nachbereitet werden muss.

„Man muss halt mit den Schülern davor ordentlich Zeit investieren, dass die eben diesen gesamten Ablauf dann hinbekommen.“

c. Ausleihe

Sämtliche Aussagen, die sich direkt auf die Ausleihe des Equipments beziehen, sowohl positiv als auch negativ.

„Diese Möglichkeit des Ausleihens und dann für eine Woche oder zwei also über diesen Zeitraum zu ziehen, das [ist] für uns die ideale Möglichkeit.“

a) Besser als Exkursion

Aussagen, die eine Ausleihe des Equipments mit einer Exkursion in ein Labor kontrastieren.

„Der Mehrwert besteht darin, dass sie etwas eigenständiger auch arbeiten, weil [bei der Exkursion] ist das alles auch technisch und räumlich durchstrukturiert.“

b) Unwissenheit

Sammlung an Aussagen, die Fragen zur Ausleihe beinhalten, bspw. zu Kontaktmöglichkeiten, Zeitraum, Länge, Abholung etc.

„Ich weiß gar nicht, ob das überhaupt vom Material her und für Sie auch möglich ist, zum Beispiel bei uns vier Kurse zu versorgen mit Material gleichzeitig.“

c) Entfernung

Aussagen, die sich auf die Entfernung zum Abholort beziehen, sowohl positiv als auch negativ.

„Da wäre mir der Organisationsaufwand zu viel. Ich meine, es ist super, dass Sie die Materialien stellen und vorbereiten, aber also, ja, für mich wäre das zu viel, dann noch zur Uni zu fahren.“

d. Aufwand

Sammlung an Aussagen, die allgemein den Aufwand der Implementation als Bezugsrahmen beinhalten.

„Der Aufwand, der da einfach insgesamt dahintersteckt, weiß ich nicht, ob der für den Mehrwert, was dann tatsächlich ein paar Schüler davon haben, ob der dafür steht.“

e. Evaluation

Aussagen, bei denen Bezug zu Rückmeldungen von Schülerinnen im Anschluss an die Implementation genommen wird.

„[Wir haben] Feedback-Bögen ausgeteilt.“

f. Flankierende Maßnahmen (Blumenfeld et al., 2000; Boesen et al., 2014)

Alles an zusätzlichen Angeboten, die existieren, genutzt oder gewünscht werden.

„Aber ich könnte mir vorstellen, dass man für die Schüler vielleicht noch einmal ein vereinfachtes Schüler-Skript eventuell bräuchte.“

6. Kooperation (Fussangel & Gräsel, 2009; Killus & Gottmann, 2012, S. 57)

a. Keine Kooperation

Aussagen, die explizit die Abwesenheit von Kooperation beschreiben.

„Nein, [Kooperation] gibt es tatsächlich nicht.“

b. Geplant / gewünscht

Aussagen, die sich auf geplante oder gewünschte Kooperationsmaßnahmen beziehen.

„Also ich würde es alleine machen, aber ich fände es natürlich schon schön, wenn man natürlich so etwas für alle Kurse anbieten könnte. Das wäre eine Sache, die könnte man einmal in einer Fachsitzung abklären.“

c. Ko-Konstruktion

Zeitlich und räumlich gemeinsame Kooperation; Aufgaben- und Problemlösungen entwickeln, klare Zielinterdependenz

„Und da waren wir jetzt/ haben wir also auch jedes Jahr dazugelernt und haben auch wirklich viel diskutiert vorab in der Fachsitzung, wie das am besten ist, was sinnvoll ist.“

d. Synchronisation

Koordination und Abstimmung von Inhalten und Aufgaben

„Ein neuer Kollege war auch gleich voll dabei. Er hat gesagt, ja, der hat die Fortbildung nicht gemacht, aber er hat gesagt, du bist ja dann da.“

e. Austausch

Über Inhalte, Gegebenheiten, Meinungen, Materialien; benötigt keine strukturellen Voraussetzungen und kann jederzeit stattfinden.

„Ich habe es in der Fachschaft auch weitergegeben. Und es ist auch sehr interessiert aufgenommen worden.“

f. Teilnahme an der Fortbildung (Dass, 2001; Putnam & Borko, 2000)

Alleine vs. mit Kolleginnen vs. mit der gesamten Fachschaft

„Also das war bei uns an der Schule mit den Kollegen.“

7. Dissemination (Jäger, 2004)

a. Soziales System

weitere Schulen, auch andere Schulformen, mit integrieren

„Ich habe es also tatsächlich einer Kollegin empfohlen, die in [einer anderen Stadt]¹² als Referendarin sitzt.“

¹² Der Name der Stadt wurde aus Datenschutzgründen anonymisiert.

- a) Vernetzung an andere Schulen
 Aussagen zu Kontakt mit anderen Schulen mit direktem Bezug zu den Fortbildungsinhalten, im Kontrast zu allgemeinen Aussagen zu Schulnetzwerken unter Systemmerkmale
„Es kommen jetzt zur nächsten Fortbildung ja auch Lehrer von anderen Schulen, und da wäre schon auch meine Idee und mein Interesse, dass man die Materialien, die wir für uns angeschafft haben, dann auch eben gut dann mit denen teilen kann.“

b. Person

Weitere Personen in den Prozess integrieren oder darüber informieren.

„Wir hatten auch ein paar Proben zum Testen und dann haben wir halt eine schulinterne Fortbildung für unseren Biologenkreis gemacht und haben einmal an einem Nachmittag das alles durchgeführt.“

a) Interne Fortbildung

Aussagen zur Verbreiterung der Fortbildungsinhalte durch interne Angebote

„Ich war alleine bei der Fortbildung und habe die Fortbildung sozusagen nochmal für meine Kollegin, ja, in Kurzform nochmal gemacht.“

Basierend auf den Ergebnissen der induktiven Erweiterung und dem damit finalen Kategoriensystem, erarbeite ich die Unterschiede der Argumentation von Nicht- und Implementiererinnen.

7.3 Unterschiede in der Argumentation von Nicht- und Implementiererinnen

Im Rahmen der induktiven Erweiterung habe ich die Unterschiede in der Argumentation von Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen innerhalb jeder Kategorie adressiert. An dieser hohen Heterogenität und Individualität setzt meine zweite Forschungsfrage in diesem Themenkomplex an mit dem Fokus auf die Gruppenunterschiede (vgl. 5.1).

Nachdem ich einen kategorienbasierten Überblick über die Nennungen der Argumente im Kapitel Induktive Kodierung der Interviews (vgl. 7.2.2) präsentiert habe, fokussiere ich mich im nächsten Schritt auf die Interviews im Einzelnen. Hierbei spannt sich der Bogen von den Zusammenfassungen über die gesamte Kodierung, um eine tiefgreifendere Antwort auf die Forschungsfrage 1. b. (vgl. 5.1) zu erhalten.

7.3.1 Individuelle Dokumentenprofile

Die vorangegangene Häufigkeitsanalyse auf Ebene der Hauptkategorien ergab, dass Implementiererinnen häufiger über Kooperation und Innovation argumentieren, während Nicht-Implementiererinnen häufiger bei ihrer Begründung auf Systemmerkmale und die Lehrkräftefortbildung Bezug nehmen (vgl. **Abbildung 9**). Dabei ergab die Häufigkeit der Nennungen folgende absteigende Reihenfolge der Hauptkategorien: *Innovationsgegenstand, Personenmerkmale, LFB, Organisation der Schule, Systemmerkmale, Kooperation, Dissemination*. Das Visualisierungstool „Dokumentenportrait“ in MAXQDA20 unterstützt diese Art der Analyse, indem es die Häufigkeiten der Nennungen in den Hauptkategorien normiert und farblich darstellt. Diese Darstellung hilft dabei, einen Überblick über die verwendeten Argumente innerhalb der einzelnen Interviews zu bekommen. Auch diese Analyse erfolgte auf Ebene der Hauptkategorien. Das hatte vor allem Gründe der Praktikabilität: Für die Darstellung zieht MAXQDA die gewählte Farbcodierung der Kategorien heran. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wählte ich für sämtliche Unterkategorien die gleiche Farbe wie für die zugehörige

Hauptkategorie. Bei deutlich über 100 Kategorien wäre eine farbliche Unterscheidung herausfordernd und für die bildbasierte Analyse hinderlich gewesen. Durch diese Normierung wurden andere Argumentationsschwerpunkte deutlich als durch die reine Häufigkeitsanalyse.

Tabelle 32 zeigt die Dokumenten-Profile der Nicht-Implementiererinnen. Basierend auf der Häufigkeit konnte ich drei Muster und zwei Ausnahmen identifizieren:

1. Argumentationsschwerpunkt: Lehrkräftefortbildung
2. Argumentationsschwerpunkt: Systemmerkmale
3. Argumentationsschwerpunkt: Innovationsgegenstand

Die ersten beiden Argumentationsschwerpunkte der Nicht-Implementiererinnen decken sich mit denen der reinen Häufigkeitsanalyse (vgl. 7.2.1, **Abbildung 9**). Die meisten Nicht-Implementiererinnen sprechen in ihren Interviews am ausgiebigsten über *LFB*. Danach argumentieren genauso viele Nicht-Implementiererinnen mit Fokus auf *Systemmerkmale* oder den *Innovationsgegenstand*. Bei den beiden Ausnahmen wird einmal vor allem über *Personenmerkmale* argumentiert: Eine Nicht-Implementiererin stellt klar, dass das Thema der Fortbildung sie persönlich nicht interessiert. Die andere argumentiert vor allem über die *Organisation der Schule*, dahinter steckt in dem Fall eine Auslastung durch andere Projekte.

In **Tabelle 33** sind die Dokumenten-Profile der Implementiererinnen dargestellt.

1. Argumentationsschwerpunkt: Innovationsgegenstand
2. Argumentationsschwerpunkt: Personenmerkmale
3. Argumentationsschwerpunkt: Systemmerkmale
4. Argumentationsschwerpunkt: Lehrkräftefortbildung

Als erster Unterschied fällt auf, dass es mehr Variation im Argumentationsschwerpunkt bei den Implementiererinnen gibt als bei den Nicht-Implementiererinnen. Die meisten argumentieren vor allem über den *Innovationsgegenstand*. Dies deckt sich mit dem Ergebnis der reinen Häufigkeitsanalyse (vgl. 7.2.1, **Abbildung 9**). Allerdings zeigt sich *Kooperation* hier nicht als Argumentationsschwerpunkt, vermutlich aufgrund der insgesamt geringeren Anzahl an Statements innerhalb dieser Hauptkategorie. Argumente in den Kategorien *Personenmerkmale*, *Systemmerkmale* und *LFB* sind bei den Implementiererinnen gleichverteilt. Eine Implementiererin argumentiert vor allem über die *Organisation der Schule* (Sonderfall).

Tabelle 32: Dokumentenprofile der Nicht-Implementiererinnen

Sortiert nach den Argumentationsschwerpunkten: Lehrkräftefortbildung, System, Innovation und Sonderfälle. Farbcodierung: *Personenmerkmale* (Grün), *LFB* (Lila), *Innovationsgegenstand* (Blau), *Organisation der Schule* (Gold), *Systemmerkmale* (Grau-Blau), *Kooperation* (Rot), *Dissemination* (Rosa). Eigene Darstellung.

	Fokus LFB	Fokus System	Fokus Innovation	Sonderfälle
Dokumenten-Profile der Nicht-Implementiererinnen	WACH11	CHHE05	HHJJ99	MORE23
	GUGE28	MAGU23	MARI14	IRAL01
	ROGU07	LIDI04	CHHE22	
	MAMI14	GUOT13	ANAN10	
	ROKA23			
	URER23			
	MAIR06			
	GAST25			
	RIWO15			

Tabelle 33: Dokumenten-Profile der Implementiererrinnen

Sortiert nach den Argumentationsschwerpunkten: Innovationsgegenstand, Personenmerkmale, System, Lehrkräftefortbildung und ein Sonderfall mit Organisation der Schule als Fokus. Farbcodierung: *Personenmerkmale* (Grün), *LFB* (Lila), *Innovationsgegenstand* (Blau), *Organisation der Schule* (Gold), *Systemmerkmale* (Grau-Blau), *Kooperation* (Rot), *Dissemination* (Rosa). Eigene Darstellung.

	Fokus Innovation	Fokus Person	Fokus System	Fokus LFB	Sonderfall
Dokumenten-Profile der Implementiererrinnen	ANKL21	CHJO28	CHRO26	DRHO18	IREU10
	DAPE04	GAWO18	ELGÜ04	HEHE15	
	KADI05	DIRA14	GEUL17	HEJÜ15	
	MAHE12	GAGE26	RERU25	IRDE16	
	REGU14				
	MAHU05				
	SYER18				

Eine Einschränkung der Dokumenten-Profile ist die Normierung. Entsprechend kann basierend auf den Profilen nicht abgeleitet werden, wie viele Aussagen tatsächlich hinter den einzelnen Kategorien stehen. Das wird beispielsweise an den beiden Profilen ANKL21 und MAHE12 (Tabelle 33, Implementiererin, Fokus Innovationsgegenstand) deutlich. Beide trafen insgesamt 26 Aussagen innerhalb der Hauptkategorie *Innovationsgegenstand*. Allerdings repräsentieren diese bei ANKL21 34 % aller codierten Segmente und bei MAHE12 41 %. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Sortierung der Hauptkategorien rein numerisch erfolgt und der Unterschied zur zweithäufigsten Kategorie nicht berücksichtigt wird. Um bei dem Beispiel zu bleiben: Während bei

ANKL21 der Unterschied zwischen *Innovationsgegenstand* (blau) und *Personenmerkmale* (grün) kaum sichtbar ist, ist dieser bei MAHE12 eindeutig (vgl. **Tabelle 33**).

Beide Tabellen (**Tabelle 32**, **Tabelle 33**) demonstrieren bereits auf Ebene der Hauptkategorien deutliche Unterschiede im Argumentationsschwerpunkt, sowohl bei Unterscheidung der Gruppen Nicht- und Implementiererinnen als auch auf individueller Ebene innerhalb der Gruppen. In **Tabelle 34** werden die Argumentationsschwerpunkte sortiert nach ihren Häufigkeiten gegenübergestellt.

Tabelle 34: Argumentationsschwerpunkte

Gegenüberstellung der Argumentationsschwerpunkte von Nicht- und Implementiererinnen basierend auf den Dokumentenprofilen. Eigene Darstellung.

Nicht-Implementiererinnen	Implementiererinnen
1. Lehrkräftefortbildung	1. Innovationsgegenstand
2. Systemmerkmale	2. Personenmerkmale
3. Innovationsgegenstand	3. Systemmerkmale
	4. Lehrkräftefortbildung

Obwohl die Dokumentenprofile durch die Argumentationsschwerpunkte bereits Unterschiede in den Argumentationen aufzeigen, verbleiben sie auf einem oberflächlichen Niveau und erlauben keinen detaillierten Einblick in die Inhalte der Argumente. Diesem Schritt widme ich mich im nächsten Abschnitt und fasse basierend auf den Argumentationsschwerpunkten die größten Unterschiede aus der induktiven Erweiterung zusammen.

7.3.2 Die Lehrkräftefortbildung als Argumentationsschwerpunkt

Fast alle Lehrkräfte sind sich einig, dass die Fortbildung „sehr gut“ sei (36/39 LK), v. a. in Bezug auf die Konzeption, Organisation, Gruppenstärke und Atmosphäre. Die zwei größten Kritikpunkte sind das hohe Tempo und die Vorstellung der Drittmittelförderung als „Werbung“. Die insgesamt herrschende Einigkeit bei der Beurteilung der Fortbildung bleibt auch bei den beiden Argumenten bestehen, die am häufigsten angebracht werden:

1. **Praktisches Arbeiten** (68 Nennungen): Die meisten Lehrkräfte sind sich einig, dass praktisches Arbeiten sinnvoll, wichtig und motivierend für die Schülerinnen und Schüler ist. Eine Nicht-Implementiererinnen gibt an, dass sie praktisches Arbeiten langweilig findet.
2. **Fachinhalt** (19 Nennungen): Die Mehrheit der Lehrkräfte hebt die hohe Informationsdichte der Fortbildung positiv hervor. Zwei Implementiererinnen und vier Nicht-Implementiererinnen äußerten diese als Kritikpunkt.

Zusammenfassend zeigt sich hier, dass die Argumente der beiden Gruppen (Nicht- und Implementiererinnen) nah beieinanderliegen und auf Inhaltsebene nur in einem Beispiel direkte Rückschlüsse auf die Entscheidung für oder gegen die Implementation erlauben: Die Nicht-Implementiererin, die zur Teilnahme an der Fortbildung gezwungen wurde und praktisches Arbeiten als langweilig empfindet (vgl. MORE23, 7.1.2.4).

7.3.3 Der Innovationsgegenstand als Argumentationsschwerpunkt

Insgesamt zeigt die Argumentation über den Innovationsgegenstand eine höhere Heterogenität. Diese besteht allerdings nicht eindeutig zwischen den beiden Gruppen (Nicht- und Implementiererinnen): Für alle Argumente für oder gegen die Implementation basierend auf dem Implementationsgegenstand finden sich Beispiele in beiden Gruppen, die in **Tabelle 35** zusammengefasst sind.

Tabelle 35: Argumentationsschwerpunkt *Innovationsgegenstand*

Zusammenfassung der Argumente innerhalb des Argumentationsschwerpunkts *Innovationsgegenstand*. Die Tabelle zeigt nur Unterkategorien der 1. Ordnung. Verändert und erweitert nach Großbruchhaus et al. (im Druck).

Kategorie	Codes	Anmerkung
Innovationsgegenstand	483	
Aufwand	14	Beide Gruppen empfinden die Implementation als aufwändig.
Ausleihe	53	Implementiererinnen betonen, dass die Ausleihe eine einmalige Möglichkeit ist, die genutzt werden muss, während einige Nicht-Implementiererinnen die Ausleihe als Hinderungsgrund nennen. Obwohl einige Implementiererinnen die Ausleihe ebenfalls als hinderlich empfinden, bevorzugen sie diese in einem direkten Vergleich zu einer Exkursion in ein Schülerlabor. Die interessanteste Unterscheidung im Kontext der Ausleihe ist die unterschiedliche Wahrnehmung der Entfernung nach München zur Abholung (vgl. 7.2.2.1.3).
Evaluation	4	Zwei Implementiererinnen überprüfen die Wahrnehmung der Schülerinnen von der Praxisseinheit mit Feedback.
Flankierende Maßnahmen	128	Beide Gruppen äußern sich positiv über das umfangreiche Begleitmaterial. Allerdings wünschen sich Nicht-Implementiererinnen mehr Material auf Schülerinnen-Niveau, während Implementiererinnen diese Anpassung als ihre eigene Aufgabe wahrnehmen.
Beurteilung durch die Lehrkraft	240	Hier lassen sich die deutlichsten Unterschiede zwischen Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen finden. Erstere betonen die Praxis und Lehrplananpassung, während letztere die Komplexität und den Stress betonen.

Zusammenfassend wird hier deutlich, dass Lehrkräfte aus beiden Gruppen identische Kategorien und damit zum Teil gleiche Merkmale des Innovationsgegenstands zur Entscheidung für bzw.

gegen eine Implementation heranziehen. Allerdings zeigen die Gruppen deutliche Unterschiede in der Wahrnehmung bzw. Beurteilung dieser Kategorien bzw. Merkmale auf. Verallgemeinert scheint für Implementiererinnen zu gelten: Die Umsetzung ist anstrengend, aber lohnenswert. Im Gegensatz dazu scheinen die Nicht-Implementiererinnen andere Schwellenwerte für die Beurteilung zu haben, ab wann sich die Implementation „lohnt“.

7.3.4 Die Systemmerkmale als Argumentationsschwerpunkt

Ähnlich zur Fokusgruppe *Lehrkräftefortbildung* herrscht auch in Bezug auf die Systemmerkmale große Einigkeit unter den Lehrkräften meiner Stichprobe. **Tabelle 36** gibt einen Überblick der zentralen Argumente.

Tabelle 36: Argumentationsschwerpunkts *Systemmerkmale*

Zusammenfassung der Argumente innerhalb des Argumentationsschwerpunkts *Systemmerkmale*. Die Tabelle zeigt nur Unterkategorien der 1. Ordnung. Verändert und erweitert nach Großbruchhaus et al. (im Druck).

Kategorie	Codes	Anmerkung
System	163	
Zeit	56	Beide Gruppen empfinden die Zeit als knapp, sowohl insgesamt auf das Unterrichtsgeschehen als auch auf die konkrete Umsetzung der DNA-Analysen im Unterricht bezogen.
Lehrplan	41	Beide Gruppen kritisieren den vollen Lehrplan und erkennen an, dass die Module (vgl. Tabelle 2) gut an den Lehrplan anknüpfen.
Passende Klasse	25	In beiden Gruppen gibt es Lehrkräfte, bei denen für die Implementation die passende Klasse unterrichtet werden muss. Allerdings finden sich Implementiererinnen, die unabhängig von einer eigenen Klasse implementieren.
Schülerinnen / Kurs	13	Der Betreuungsschlüssel spielt für beide Gruppen eine große Rolle. Während zu große Kurse für Nicht-Implementiererinnen ein unüberwindbares Hindernis darstellen, entwickeln Implementiererinnen verschiedene Lösungsstrategien, u. a. Team-Teaching.
Schülerinneninteresse	16	Implementiererinnen sind sich einig, dass Schülerinnen an den Methoden und Themen Interesse haben, während manche Nicht-Implementiererinnen dies anzweifeln.

Zusammenfassend gilt für die Systemmerkmale *Zeit* und *Lehrplan* das gleiche wie für *Aufwand* unter *Innovationsgegenstand*: Die Lehrkräfte sind sich einig, dass die Implementation stressig und die Zeit dafür knapp ist, trotzdem entscheiden sich Implementiererinnen für die Umsetzung. Auch hier scheinen wieder unterschiedliche Grenzwerte bei der Beurteilung von „lohnenswert“ eine Rolle zu spielen.

7.3.5 Die Personenmerkmale Argumentationsschwerpunkt

Die Hauptkategorie *Personenmerkmale* ist nur bei den Implementiererinnen eine Fokusgruppe. In **Tabelle 37** sind dennoch die wesentlichen Unterschiede und Gemeinsamkeiten in den Aussagen von Nicht- und Implementiererinnen zusammengefasst.

Tabelle 37: Argumentationsschwerpunkt *Personenmerkmale*

Zusammenfassung der Argumente innerhalb des Argumentationsschwerpunkts *Personenmerkmale*. Die Tabelle zeigt nur Unterkategorien der ersten Ordnung. Verändert und erweitert nach Großbruchhaus et al. (im Druck).

Kategorie	Codes	Anmerkung
Personenmerkmale	265	
Selbstwirksamkeit	69	Während Nicht-Implementiererinnen sich eine Implementation weniger zutrauen, zeigen Implementiererinnen einen höheren Freiraum, selbst Fehler machen zu dürfen bzw. durch Übung besser werden zu können.
Professionswissen	29	Außer kleineren Ausnahmen in Bezug auf Fachwissen (Vorwissen durch Diplom-Biologiestudium vs. Nachfrage zum thematischen Basiswissen bei der PCR) unterscheiden sich die beiden Gruppen nicht.
Autonomiebedürfnis	6	In beiden Gruppen argumentieren LK über eigenen Unterrichtsstil und Absprachen mit Kolleginnen und Kollegen als Hindernis.
Beruflicher Hintergrund	15	Implementiererinnen betonen hier ihre Erfahrungen aus dem Studium oder ihre Sonderrollen, z. B. Seminarlehrkraft, während Nicht-Implementiererinnen einen Mangel an Vorerfahrung aus dem Studium ansprechen.
Überzeugung & Werte	98	Die Unterkategorie zeigt die höchste Heterogenität, aber auch hier finden sich häufig Beispiele aus beiden Gruppen, bspw. bei der Einschätzung, dass Praxiseinheiten für Schülerinnen interessant und motivierend sind (vgl. 7.2.2.2.1)
Interesse	22	Implementiererinnen geben häufiger an, auch persönlich am Themengebiet interessiert zu sein, während Nicht-Implementiererinnen fast ausschließlich berufliches Interesse oder in einem Fall Desinteresse äußern.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Implementiererinnen in Hinblick auf Persönlichkeitsmerkmale vor allem durch ihr Interesse am Themengebiet als auch ihre Toleranz gegenüber Fehlern beziehungsweise den Mut zum Üben hervorstechen.

7.3.6 Die Kooperation als Gruppenunterschied

Obwohl Kooperation kein eigener Argumentationsschwerpunkt nach den Dokumenten-Profilen ist, nehme ich diese Kategorie hier auf, weil die Häufigkeitsunterschiede gezeigt haben, dass

Implementiererinnen häufiger über den *Innovationsgegenstand* und *Kooperation* argumentieren (vgl. **Abbildung 9**). Diesen Unterschied hob die induktive Erweiterung weiter hervor, da sie ergab, dass sich viele Nicht-Implementiererinnen eine Form der Kooperation wünschen oder bei einer hypothetischen Implementation einplanen würden. **Tabelle 38** gibt einen zusammenfassenden Überblick der Unterkategorien erster Ordnung.

Tabelle 38: Argumente Kooperation

Zusammenfassung der Argumente innerhalb der Hauptkategorie *Kooperation*. Die Tabelle zeigt nur Unterkategorien der 1. Ordnung. Verändert und erweitert nach Großbruchhaus et al. (im Druck).

Kategorie	Codes	Anmerkung
Kooperation	154	
keine	22	In beiden Gruppen gibt es Fälle ohne Kooperation.
gewünscht / geplant	21	In beiden Gruppen gibt es den Wunsch nach oder Pläne für Kooperation.
Austausch	24	In beiden Gruppen findet Austausch über die Inhalte der LFB statt.
Synchronisation	26	Nur Implementiererinnen passen die Implementation über ihre Klassen hinweg aneinander an.
Ko-Konstruktion	23	Nur Implementiererinnen entwickeln gemeinsam Material für die Implementation.

Insgesamt können fünf verschiedene Ausprägungen der Kooperation innerhalb der Implementation von DNA-Analysen in der Schule definiert werden. Diese können nach steigendem persönlichen Aufwand geordnet werden:

1. Individuelle Implementation
2. Kooperative Ausleihe aber individuelle Implementation

„Also die Koordination hat eigentlich alles die Frau Y übernommen und sie hat sich dann jeweils mit den Kollegen eben in Verbindung gesetzt. Also es gab kein Treffen im Team, sondern sie hat das komplett koordiniert und hat es dann Raum für Raum mit den Kollegen durchgeplant.“

HEHE15, Implementiererin

3. Kooperative Ausleihe & Organisation, aber individuelle Implementation
4. Kooperative Ausleihe und Team-Teaching

„Also mit dem Kollegen, mit dem ich das mach, mit dem bin ich privat auch recht gut befreundet und dem hab ich [von der Fortbildung] erzählt [und] gesagt, wenn ich mal eine 11. habe, dann [müssen wir] das unbedingt machen.“

CHJO28, Implementiererin

5. Kooperative Ausleihe & Organisation & Team-Teaching

„Wir machen immer vor jedem Projekt nochmal einen extra Fachsitzung dazu, dass wir uns auch nochmal briefen, dass wir auch noch mal diese Materialien sichten, dass wir die Arbeitsblätter vorbereiten, die Aufgaben ein bisschen aufteilen. Das geht eigentlich, glaub ich, nur im Team.“

Diese Abstufungen der Kooperationsformen demonstrieren, wie Implementiererinnen Kooperation als Mittel nutzen, um andere Implementationshürden, z. B. Aufwand und Betreuungsschlüssel, auszugleichen.

7.3.7 Argumentationsunterschiede: Unterschiedliche Schwellenwerte?

Die vorangegangenen Zusammenfassungen zeigen, dass die Antwort auf meine Forschungsfrage 1 b keine leichte ist. Auf Inhaltsebene ähneln sich die Aussagen von Implementiererinnen und Nicht-Implementiererinnen und für jedes Argument lässt sich in der jeweils anderen Gruppe ein Gegenbeispiel finden. Dies legt den Schluss nahe, dass zum einen die Gelingensbedingungen, die hinter den vorgebrachten Argumenten stecken, keine notwendigen Bedingungen für eine Implementation sind, und zum anderen, dass individuelle „Schwellenwerte“ den abschließenden Urteilen der Lehrkräfte zu Grunde liegen. Diese unterschiedlichen Grenzwerte möchte ich im Folgenden am Argumentationsdreieck Aufwand-Lehrplan-Inhalte demonstrieren, dass bei fast allen Lehrkräften meiner Stichprobe zu finden ist und dem Referenzrahmen der Lehrkräfte zu entsprechen scheint:

- *Aufwand*: Aufsummierung der Arbeit für eine Implementation
- *Lehrplan*: Passung der Inhalte bei gleichzeitiger Fülle und damit Zeitknappheit
- *Inhalte*: praktische DNA-Analysen mit Schülerinnen und Schülern

Beide Gruppen erkennen den hohen **Aufwand** einer Implementation an. Dahinter versteckt sich meist eine Abfolge von Hindernissen wie das Abholen des Equipments, das Aufbauen der DNA-Analysen im Kursraum und schulinterne Organisationshürden. Durchliefen Nicht-Implementiererinnen diese Schritte im Interview gedanklich, kamen einige zum Schluss, dass es „eigentlich machbar“ sei und kamen dann zum „Gesamtaufwand“ als Hindernis zurück. Implementiererinnen folgen der Einschätzung „eigentlich machbar“ weiter und stellen diesem Aufwand andere Faktoren entgegen, z. B. dass die Fortbildung ein „Komplettpaket“ bietet oder die Umsetzung weniger anstrengend ist als eine Exkursion in ein Schülerlabor.

Ähnlich verhält es sich bei der Einschätzung des **Lehrplans**: Beide Gruppen sind sich einig, dass der Lehrplan zu voll ist und damit die Zeit (zu) knapp für praktische Unterrichtseinheiten. Abgesehen von zwei Ausnahmen, die kein Interesse an den (praktischen) Inhalten hatten (vgl. **Tabelle 37**).

Die einzige deutliche Unterscheidung findet sich in der Beurteilung der Lehrkräfte zum Inhalt der Fortbildung. Der Großteil der Stichprobe (zwei Ausnahmen) schätzt die DNA-Analysen als passend für den Lehrplan und innovativ ein. Nach dieser oberflächlich gleichen Beurteilung unterscheiden sich die beiden Gruppen z. B. dahingehend, ob Experimente immer ein positives Ergebnis brauchen oder die Umsetzung prüfbar sein sollte. Trotzdem gibt es hier auch Nicht-Implementiererinnen, die mit Überzeugung sagen:

„Wenn ich Zeit hätte, würde ich es natürlich machen. Natürlich, wenn man das Zeug hätte, dann wäre das ja ein Wahnsinn, wenn man das nicht macht.“

MAMI14, Nicht-Implementiererinnen

Bei den beiden Ausnahmen sieht eine Lehrkraft die Implementation in der Verantwortung der jüngeren Kolleginnen und die andere ist wenig an den (praktischen) Inhalten interessiert.

Insgesamt scheint es bei den Lehrkräften übergeordnete Referenzsysteme aus **Inhalt** und **Methode** (*Lehrkräftefortbildung*), **Aufwand** (*Innovationsgegenstand*) und **Lehrplan** (*Systemmerkmal*) zu geben, die eng miteinander verwoben sind. Die Beurteilung des Inhalts, in diesem Fall die praktische Umsetzung von DNA-Analysen im Unterricht, scheint dabei eine notwendige Voraussetzung zu sein, die den Arbeits- und Zeitaufwand rechtfertigen muss. Implementiererinnen evaluieren diese Bewertung bei der Wiederholung der Implementation neu. Hier fließen auch Erfahrungen aus der vorangegangenen Implementation ein und beeinflussen beispielsweise das Kooperationsverhalten (vgl. 7.4.1.5). Bei dieser Beurteilung der DNA-Analysen ist nicht nur bedeutend, ob die praktische Umsetzung im Unterricht sinnvoll ist, sondern auch für wen. Eine naheliegende Voraussetzung zur Umsetzung könnte sein, den entsprechenden Kurs zu unterrichten. Sowohl Nicht-Implementiererinnen als auch Implementiererinnen geben dies häufig als ausschlaggebenden Grund für oder gegen die Implementation an. Unter Implementiererinnen gibt es allerdings Gegenbeispiele, bei denen die Wichtigkeit der Umsetzung höher priorisiert wird als die Voraussetzung, eine eigene Klasse zu unterrichten. In Bezug auf die Abholung des Equipments gibt es sogar eindeutige Grenzwerte: Lehrkräfte von Schulen aus anderen Städten betonen die räumliche Nähe (bis zu 90-minütiger Autofahrt), während Lehrkräfte von Schulen in München die Abholung zu zeitaufwändig finden (< 30 Minuten ÖPNV).

Das Argumentationsdreieck aus Aufwand-Inhalt-Lehrplan zeigt eindrucksvoll, dass bei der Argumentation der Lehrkräfte vor allem die individuelle Wahrnehmung bzw. ein dahinterliegender persönlicher Schwellenwert entscheidet. Dies legt den Schluss nahe, dass eine Argumentationsstruktur basierend auf objektivierbaren Gelingensbedingungen, z. B. Lehrplanpassung oder Abholungsdistanz, durch individuelle oder kollektive Wahrnehmungen zu anderen Schlussfolgerungen führen kann.

7.4 Handlungsmuster der Lehrkräfte

Nach der intensiven Auseinandersetzung mit den genannten Gelingensbedingungen und Hinderungsgründen der Lehrkräfte fokussiert meine zweite Forschungsfrage die Handlungsschritte der Lehrkräfte (vgl. 2, 5.1). Dabei ist das Ziel, Einblicke in das Handeln der Lehrkräfte außerhalb der Fortbildung zu gewinnen. Entsprechend präsentiere ich in diesem Abschnitt das entstandene interferenzarme Handlungsnetzwerk (vgl. 6.4.5).

Um die Komplexität des Gesamtnetzwerks zu minimieren, habe ich es in drei separate Flussdiagramme unterteilt:

1. Teilnahme an der Lehrkräftefortbildung
2. Schulinterne Organisation
3. Praktische Durchführung der DNA-Analysen

Obwohl diese Abschnitte der zu erwartenden chronologischen Reihenfolge der Handlungsschritte entsprechen, können die Flussdiagramme nicht isoliert voneinander betrachtet werden. Die Unterteilung erfolgte basierend auf zwei Bottleneck-Entscheidungen, die den Übergang zwischen den Flussdiagrammen beeinflussen.

1. Entscheidung für oder gegen die praktische Umsetzung biotechnologischer Untersuchungen: Lehrkräfte, die sich gegen die praktische Umsetzung der DNA-Analysen entschieden haben, werden in den folgenden beiden Flussdiagrammen nicht weiter dargestellt, da sie die Handlungsschritte an dieser Stelle abgebrochen haben.
2. Entscheidung für die Schülerinnen-Kohorte, mit der die praktische Umsetzung der DNA-Analysen erfolgen sollte: Die Schülerinnen-Kohorte definiert in weiten Teilen den organisatorischen Rahmen der praktischen Durchführung und steht damit in der Schnittmenge der (schul)internen Organisation und der praktischen Durchführung selbst.

Trotz dieser beiden prominenten Bottlenecks existieren weitere Querverbindungen zwischen den Flussdiagrammen, die ich an entsprechender Stelle kenntlich machen.

7.4.1 Teilnahme an der Lehrkräftefortbildung

Für die meisten Lehrkräfte bildet die *Teilnahme an der LFB* den Ausgangspunkt der weiteren Handlungsschritte. Dazu gibt es zwei prominente Ausnahmen: Zum einen haben nicht alle Lehrkräfte die Fortbildung vor der Implementation besucht (vgl. **Abbildung 10**, DAPE04: 7.1.1.19, KADI05: 7.1.1.20). Zum anderen besprachen einige Lehrkräfte die Teilnahme vorab im Rahmen von *Gesprächen im Kollegium*. Wie die Teilnahme an der Fortbildung in andere Handlungsschritte eingebettet ist, zeigt **Abbildung 10**.

Zusammenfassend kann man sagen, dass es zwei Hauptreihenfolgen gibt, in denen die Handlungsschritte zur Teilnahme an der Fortbildung ablaufen:

- a) Teilnahme – Teamdiskussion – Entscheidung für Implementation
- b) Teamdiskussion – Entscheidung für die Implementation – Teilnahme

Hier wird erneut deutlich, wie sehr die Implementations-Absicht die Teilnahmemotivation der Lehrkräfte beeinflusst. Dabei bilden sich Lehrkräfte häufig schon vor der Teilnahme an der Fortbildung ein Urteil, das sowohl positiv als auch negativ ausfallen kann. Um die enge Verknüpfung der Handlungsnetzwerke untereinander zu zeigen, schließt sich bereits in **Abbildung 10** der Kreis mit der Darstellung der Entscheidung für die Wiederholung der Implementation. Diese ist hier besonders mit einer Re-Evaluation der Kooperation während der Implementation verknüpft. Darauf gehe ich im Detail unter 7.4.3 ein. Aus den Ergebnissen des ersten Flussdiagramms in **Abbildung 10** können vier konkrete Szenarien extrahiert werden. Diese beziehen sich auf den Zeitpunkt, zu dem die Entscheidung für oder gegen eine Implementation der DNA-Analysen in den Unterricht getroffen wird, und werden im Folgenden dargestellt.

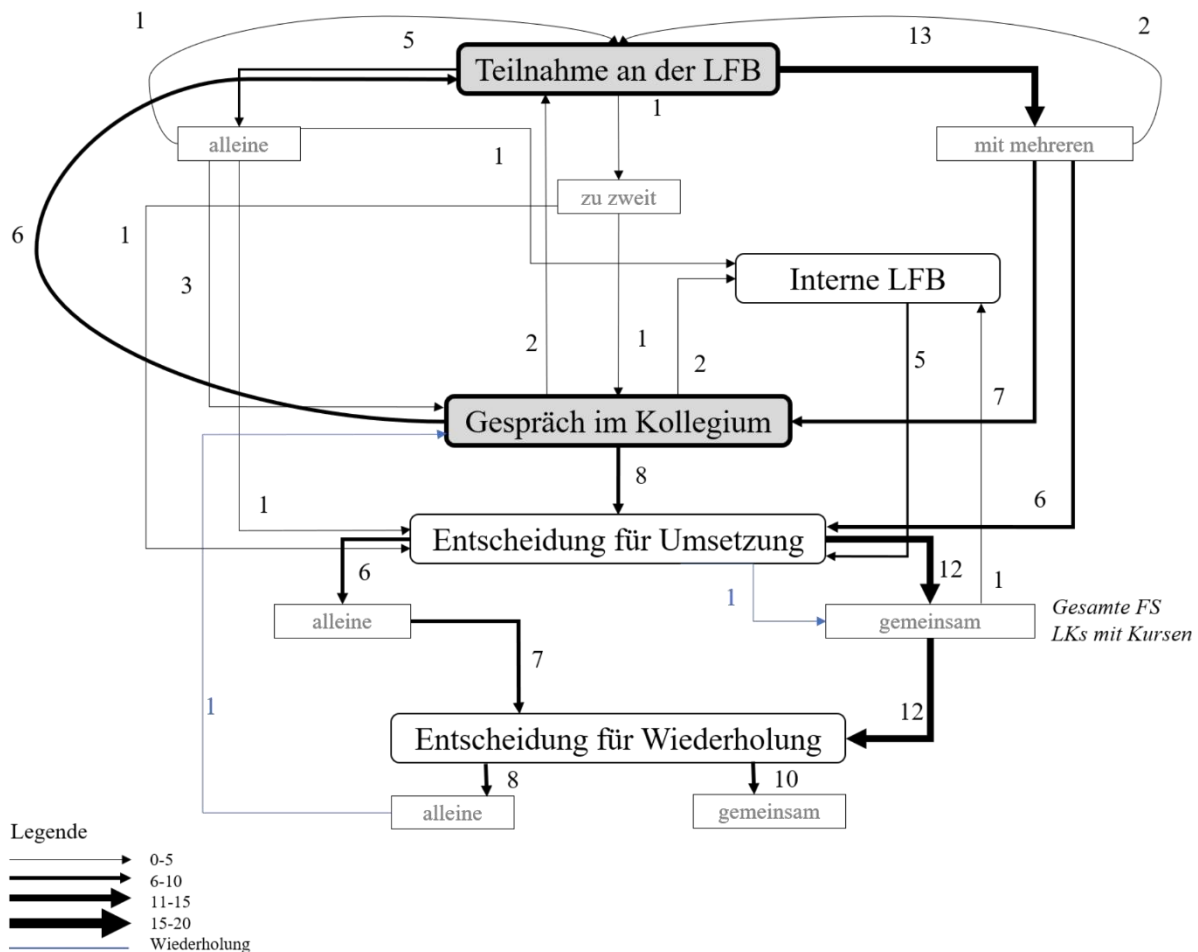


Abbildung 10: Flussdiagramm Teilnahme an der Fortbildung

Die Handlungsschritte der Lehrkräfte und ihre Abfolge von der Teilnahme an der Fortbildung bis zur Entscheidung der praktischen Umsetzung von DNA-Analysen an der Schule. In diesem Abschnitt gibt es zwei Ausgangspunkte: "Teilnahme an der LFB" und "Gespräch im Kollegium". Die Startpunkte sind durch einen dickeren Rahmen und graue Hinterlegung hervorgehoben. Die Anzahl an Lehrkräften, die eine bestimmte Reihenfolge durchliefen, sind durch Nummern an den entsprechenden Verbindungspfeilen gekennzeichnet. Die Liniendicke repräsentiert die Häufigkeitsunterschiede. Blaue Linien repräsentieren eine Wiederholung. Blaue Linien repräsentieren eine Wiederholung. FS = Fachschaft. Eigene Darstellung.

7.4.1.1 Szenario 1: Entscheidung für die Implementation fällt vor der Teilnahme an der Lehrkräftefortbildung

Wird die Entscheidung für oder gegen eine Implementation vor der Teilnahme an der Fortbildung getroffen, sind die Annahmen der Lehrkräfte über die Fortbildungsinhalte ausschlaggebend, um die Teilnahmemotivation positiv oder negativ zu beeinflussen (vgl. 7.2.2.3 und 7.2.2.3.2).

Alle Lehrkräfte meiner Stichprobe, die sich bereits vor der Teilnahme gegen die Implementation entschieden hatten, nahmen aus einem gewissen Pflichtempfinden teil. Dieses entspringt entweder einem Zwang durch die Fachschaft oder den Vorgaben des Bayerischen Kultusministeriums, eine bestimmte Stundenzahl an Fortbildungsmaßnahmen zu absolvieren. Persönliche Präferenzen ordnen sich dieser empfundenen Verpflichtung unter, behindern allerdings eine anschließende Implementation. Die Entscheidung, die DNA-Analysen nicht praktisch umzusetzen und trotzdem an der Fortbildung teilzunehmen, ist kein Einzelfall. Interessanterweise nahmen mehrere Lehrkräfte, die DNA-Analysen nicht praktisch umsetzten, wiederholt sowohl alleine als auch im Team an der Fortbildung teil. Im Gegensatz dazu planten einige Lehrkräfte die Umsetzung bereits vor der Teilnahme an der Fortbildung und entwickelten daraus die Teilnahmemotivation (vgl. 7.2.2.4.6).

7.4.1.2 Szenario 2: Entscheidung für die Implementation fällt während der Teilnahme an der Lehrkräftefortbildung

Fällt die Entscheidung direkt während der Fortbildung, gibt es dafür meist einen ausschlaggebenden Grund: die Besprechung der Ausleihe des Equipments.

"Ich habe mich gleich in der Schulung bei [der Dozentin] erkundigt, wann [ein freier Termin zum Ausleihen der Geräte] verfügbar ist."

ANKL21, Implementiererin

Außerdem fällten Lehrkräfte diese Entscheidung schon während der Teilnahme, wenn die gesamte Fachschaft anwesend war und sie die Pause zur Diskussion der praktischen Umsetzung nutzten. Findet die Entscheidung während oder nach der Fortbildung statt, spannt sich ein Netzwerk der Argumente Inhalt, Aufwand und Zeit. Obwohl alle interviewten Lehrkräfte die LFB als sehr gut beurteilten, unterscheiden sie sich in der Bewertung der Inhalte. Die biotechnologischen DNA-Analysen werden hinsichtlich des erwarteten Lerneffekts und der Prüfbarkeit bewertet (vgl. 7.2.2.8). Entsprechend setzen sich Lehrkräfte, die sich vor oder während der Fortbildung für eine praktische Umsetzung der DNA-Analysen entscheiden, vorab mit den Handlungsschritten der (schul)internen Organisation (vgl. Abbildung 11) auseinander.

7.4.1.3 Szenario 3: Entscheidung für die Implementation fällt nach der Teilnahme an der Lehrkräftefortbildung

Dieses Szenario entspricht der prototypischen Vorstellung von Transferprozessen in die Schulpraxis, die durch Fortbildungen initiiert wurden. Die Teilnahme regt die Lehrkräfte an und sie nehmen die neuen Informationen mit an ihre Schule, wo sie die Möglichkeiten für eine Umsetzung reflektieren. Fällt die Entscheidung erst im Anschluss an die Fortbildung, können zwischen der Teilnahme und der Entscheidung einige Zeit und weitere Handlungsschritte liegen. Für meine Stichprobe konnte ich in diesem Szenario kleinere Unterscheidungen dieses Reflexionsprozesses finden, die von der Art der Teilnahme (allein vs. gemeinsam, vgl. 6.2.2) an der Fortbildung abhängen.

7.4.1.3.1 3a: Die gesamte Biologie-Fachschaft nahm an der Lehrkräftefortbildung teil

In diesem Fall evaluieren die Lehrkräfte eine Entscheidung für die Implementation in einem internen Anschlussgespräch, bei dem beide Ausgänge möglich sind (vgl. 7.2.2.4.6).

7.4.1.3.2 3b: Nur einzelne Lehrkräfte nahmen an der Lehrkräftefortbildung teil

Hier tragen die teilnehmenden Lehrkräfte die Informationen über die Fortbildung intern weiter. Wird in diesem Vorgespräch eine mögliche Implementation nicht sofort abgelehnt, gibt es in meinen Interviews zwei mögliche Vorgehensweisen. Am auffälligsten dabei ist die Organisation einer internen Fortbildung. Das ermöglicht oder bedingt die Teilnahme von nur einer oder wenigen Lehrkräften aus der Fachschaft. Häufig erhalten nicht alle Lehrkräfte die Genehmigung der Schulleitung, um geschlossen an der Fortbildung teilzunehmen (vgl. 7.2.2.4.5). In den Interviews ließen sich zwei Arten von schulinternen Fortbildungen unterscheiden:

1. **Informeller Austausch** von Informationen, Erfahrungen und Meinungen:

Dies führt entweder direkt zu einer Entscheidung für die praktische Umsetzung oder zu einer wiederholten Teilnahme an der Fortbildung, diesmal jedoch mit allen interessierten

Lehrkräften. Dabei nehmen die Lehrkräfte, die das interne Fortbildungsangebot organisierten, erneut an der Fortbildung teil. Lehrkräfte sehen eine wiederholte Teilnahme, auch zu den gleichen Modulen, als Vertiefung an, sowohl für ihr Wissen als auch für ihre Sicherheit und Routine im Umgang mit den Geräten.

2. **Selbst organisierte Fortbildung**, inklusive praktischer Übungseinheit:

Dafür leihen sich die federführenden Lehrkräfte, die bereits an der Fortbildung teilgenommen haben, die benötigten Geräte und Reagenzien von uns aus. Sie übernehmen die Rolle des Dozenten. Diese Art der internen Fortbildung hat zwei Zielsetzungen: Zum einen sollen Lehrkräfte, die nicht an der Fortbildung teilnehmen konnten, die Inhalte praktisch erlernen. Zum anderen, wiederholen Lehrkräfte die praktischen Inhalte als Auffrischung. Letzteres liegt zeitlich häufig kurz vor der praktischen Umsetzung mit Schülerinnen.

„Wir hatten ja Kollegen also bei der Fortbildung. Und die haben uns das dann sozusagen weitergetragen, damit wir alle mit unseren Kursen diesen Versuch durchführen können.“

DAPE04, Implementiererin

7.4.1.4 Szenario 4: Against all Odds

Aus den vorangegangenen Szenarien und den Flussdiagrammen geht implizit hervor, dass die Entscheidung für eine Implementation sowohl individuell als auch gemeinschaftlich gefällt werden kann. Dieses vierte Szenario trat in meiner Stichprobe zwei Mal auf. Die entsprechenden Lehrkräfte haben an der Fortbildung teilgenommen und sind währenddessen und/oder im Anschluss in das Gespräch mit den Kolleginnen gegangen. Der Fachschaftsentschluss fiel gegen eine Implementation und die beiden Lehrkräfte entschieden sich trotzdem für die Implementation.

„Es war vielleicht einhellig die Meinung, dass der Aufwand sehr groß ist und manche Kollegen bezweifeln den Nutzen bei diesem großen Aufwand. Und ich dachte mir aber auf jeden Fall, dass ich das machen möchte.“

DIRA14, Implementiererin

Eine Lehrkraft implementierte allein in ihrem Kurs (DIRA14, vgl. 7.1.1.15). Die andere Lehrkraft implementierte sogar in fremden Klassen ihrer Kolleginnen, die nicht selbst implementieren wollten (CHJO28, vgl. 7.1.1.14). Auf beide Fälle wird im Abschnitt Implementation der praktischen DNA-Analysen (vgl. 7.4.3) eingegangen.

Aus diesen Szenarien wird deutlich, dass sämtliche Entscheidungen für oder gegen Handlungsschritte sowohl individuell als auch im Team getroffen werden können.

In Bezug auf die Implementation der DNA-Analysen werfen wir auf diese kooperative Komponente der Entscheidungsfindung einen detaillierteren Blick.

7.4.1.5 Handeln: Als Team oder allein

Sowohl die *Teilnahme an der LFB* als auch die Entscheidung, die DNA-Analysen praktisch durchzuführen, können entweder individuell oder auf Gemeinschaftsebene getroffen werden. An einer gemeinschaftlichen Entscheidung zur Durchführung sind in der Regel Lehrkräfte beteiligt, die ähnliche Kurse unterrichten. Sie implementieren die DNA-Analysen entweder in Teams oder mit der

gesamten Fachschaft. Die Ausprägung der Kooperation innerhalb der Fachschaft in Bezug auf die Implementation beeinflusst direkt den weiteren Handlungsverlauf, da hiervon die Implementationsmodi abhängen (vgl. Abbildung 12). Gesamte Fachschaften verfolgen meist das Ziel, die DNA-Analysen allen Schülerinnen der entsprechenden Klassenstufe zugänglich zu machen.

„[MAHE12] hat die Idee relativ demokratisch zur Debatte gestellt. Wir fanden das alle sehr sinnvoll und gut.“

SYER18, Implementiererin

Auch die Entscheidung, allein zu implementieren, wurde zu allen drei Zeitpunkten getroffen (vor, während, nach der Fortbildung).

Die Wiederholung der praktischen Umsetzung ist der letzte dargestellte Handlungsschritt in **Abbildung 10**. Insgesamt 18 von 21 Lehrkräften beschlossen, die DNA-Analysen erneut praktisch umzusetzen. Hierbei muss beachtet werden, dass dann die Lehrkräfte vor dieser Entscheidung die gesamten Handlungsschritte aus **Abbildung 11** und **Abbildung 12** durchlaufen. Da die Entscheidung, die Implementation zu wiederholen, Schritte nach sich zieht, die bereits in **Abbildung 10** dargestellt sind, z. B. das *Gespräch im Kollegium*, habe ich die Wiederholung in dieser Abbildung eingefügt, um die Kreisstruktur der Handlungsschritte zu betonen. Auf welcher Grundlage Lehrkräfte eine Wiederholung beschließen, erkläre ich detailliert unter Implementation der praktischen DNA-Analysen (vgl. 7.4.3).

Chronologisch folgen die (schul)interne Organisation sowie die Implementation nach dem Beschluss zur praktischen Umsetzung, mit der Ausnahme, dass einige Faktoren vorab geplant bzw. strukturiert wurden. Entsprechend können in den folgenden beiden Flussdiagrammen nur diejenigen Lehrkräfte berücksichtigt werden, die die Entscheidung zur Implementation der DNA-Analysen weiterverfolgt und diese tatsächlich durchgeführt haben ($n = 21$). Lehrkräfte, die sich gegen die Umsetzung entschieden hatten ($n = 18$), beendeten ihre Handlungsabfolge an dieser Stelle und sind nur im ersten Flussdiagramm (vgl. **Abbildung 10**) repräsentiert.

7.4.2 (Schul)interne Organisation

Praktische Einheiten im Biologieunterricht erfordern sowohl eine thematische als auch eine methodische Vorbereitung. Letztere ist in diesem Fall besonders wichtig, da die Ausleihe der Geräte und Reagenzien zusätzlichen Planungsaufwand bedeutet. In **Abbildung 11** sind die vorbereitenden Handlungsschritte der Lehrkräfte und ihre Zusammenhänge dargestellt.

Zusammenfassend gibt es in meiner implementierenden Kohorte zwei bevorzugte Reihenfolgen, in denen die Handlungsschritte zur (schul)internen Organisation ablaufen:

- a) Festlegung der Schülerinnen Kohorte – Interne Organisation – Koordination der Ausleihe – Vorstellung bei den Schülerinnen
- b) Festlegung der Schülerinnen Kohorte – Koordination der Ausleihe – Interne Organisation – Vorstellung bei den Schülerinnen

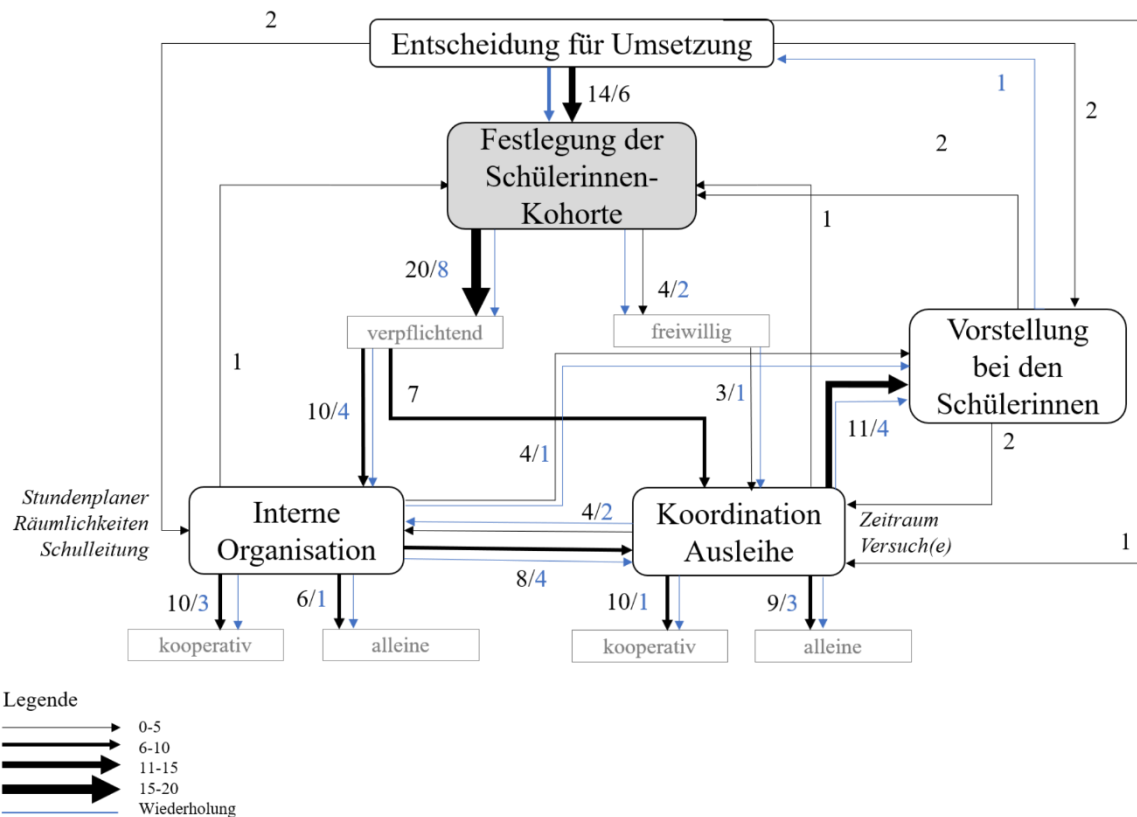


Abbildung 11: Flussdiagramm (Schul)interne Organisation

Darstellung der Handlungsschritte der Lehrkräfte, die die Schaffung von Rahmenbedingungen für die praktische Umsetzung der DNA-Analyse betreffen. Die verbindenden Pfeile zeigen in ihrer Linienbreite die ungefähre Anzahl der Lehrkräfte, die dieser Sequenz gefolgt sind. Die Anzahl Lehrkräfte, die eine bestimmte Reihenfolge durchliefen, sind durch Nummern an den entsprechenden Verbindungspfeilen gekennzeichnet. Die Liniendicke unterstreicht die Häufigkeitsunterschiede. Blaue Linien repräsentieren eine Wiederholung. Eigene Darstellung.

Ob die interne Organisation oder die Koordination der Ausleihe zuerst durchlaufen wird, hängt von der wahrgenommenen Schwierigkeit der beiden Schritte ab. Manche Lehrkräfte empfinden den Ausleihzeitpunkt selbst als Bottleneck und sind entsprechend zuversichtlich, die interne Organisation zu diesem Zeitpunkt gewährleisten zu können. Andere Lehrkräfte empfinden die interne Organisation als Herausforderung und schaffen entsprechende Rahmenbedingungen, bevor sie anfragen, ob die Ausleihe zu diesem vorgefertigten Zeitpunkt möglich ist. Ähnliches gilt für die Festlegung der Schülerinnen-Kohorte und die Implementationsstrategie (**Abbildung 12**, grauer Kasten). Die Schülerinnen-Kohorte beeinflusst die Implementationsstrategie indirekt über den organisatorischen Aufwand. Hinter der internen Organisation verbirgt sich also eine Vielzahl von Handlungsschritten, die stark mit der Art der Umsetzung verbunden sind, z. B. *Freistellung der Schülerinnen* (**Abbildung 12**).

Obwohl nur die Handlungsschritte der implementierenden Lehrkräfte in **Abbildung 12** dargestellt sind, argumentieren auch die Nicht-Implementiererinnen auf der Grundlage dieser Handlungsschritte, was ihre Bedeutung unterstreicht. Die argumentativen Strukturen habe ich bereits während der qualitativen Inhaltsanalyse detailliert dargestellt (vgl. 7.2.2.1, 7.2.2.5).

Ausgangspunkt der schulinternen Organisation bildet in meiner Stichprobe die Festlegung der *Schülerinnen-Kohorte*. Davon geht auch die prominenteste Querverbindung zwischen **Abbildung 10** und **Abbildung 11** aus, nämlich die Verbindung zwischen *Festlegung der Schülerinnen-Kohorte* und *Teilnahme*

an der LFB. Dabei beeinflusst das Unterrichten einer geeigneten Schülerkohorte die Motivation der Lehrkräfte, an der Fortbildung teilzunehmen. Dies gilt insbesondere für Lehrkräfte, die einen Spezialkurs unterrichten (werden): In bayrischen Gymnasien gibt es neben dem regulären Biologieunterricht das biologisch-chemische Praktikum, einen zusätzlichen Kurs, der sich auf praktische Erfahrungen in Biologie und Chemie konzentriert (ISB, 2015). Bei Fach- oder Berufsoberstufen gibt es seit einer Lehrplanänderung eigene Kurse, die sich mit der Biotechnologie beschäftigen. Andere Lehrkräfte hingegen betrachten die entsprechende Klassenstufe als Ganzes, ohne zwischen einzelnen Klassen, die sie persönlich unterrichten, zu unterscheiden.

Beides impliziert in der Regel eine weitere Entscheidung, nämlich ob die Schülerinnen an der praktischen Umsetzung der DNA-Analysen verpflichtend oder freiwillig teilnehmen sollen (vgl. 7.2.2.2.1).

Die Entscheidung über eine verpflichtende oder freiwillige Teilnahme beeinflusst die Bedeutung des Handlungsschritts *Vorstellung bei den Schülerinnen*, da die folgenden organisatorischen Schritte direkt mit der Anzahl der unterrichteten Schülerinnen verknüpft sind.

Insgesamt sind die Einflussfaktoren eng miteinander verwoben (vgl. 7.3.7) und werden häufig intern diskutiert, was eine weitere Verknüpfung von **Abbildung 11** mit **Abbildung 10** *Gespräch im Kollegium* darstellt. Innerhalb dieser Gespräche wird auch ein weiterer Einflussfaktor verhandelt: die Zusammenarbeit. Das diverse Meinungsbild zur Kooperation habe ich detailliert unter 7.2.2.6 wiedergegeben. Das interessanteste Phänomen in diesem Zusammenhang ist die veränderte Wahrnehmung der Zusammenarbeit im Anschluss an die praktische Umsetzung. Dabei sind beide Fälle in den Interviews vertreten: Lehrkräfte, die die praktische Umsetzung allein durchführten, würden es vorziehen, bei der Wiederholung der Maßnahme zu kooperieren und Lehrkräfte, die im Team arbeiteten, würden es bei einer Wiederholung bevorzugt allein umsetzen. Der Großteil der Lehrkräfte behält die Ausprägungen der Kooperation bei (vgl. 7.3.6), den sie beim ersten Mal gewählt hatten, und nehmen nur kleinere Änderungen vor. Ein Beispiel, wie diese Anpassungen aussehen können, präsentiere ich unter 7.4.4.1.

Sobald Lehrkräfte die notwendigen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen geschaffen haben, um die praktische Durchführung an ihrer Schule oder in ihren Klassen zu ermöglichen, beginnen sie mit der professionellen Vorbereitung der DNA-Analysen. Diese Handlungsschritte rund um die konkrete Implementation beschreibe ich im folgenden Abschnitt.

7.4.3 Implementation der praktischen DNA-Analysen

Neben der organisatorischen Vorbereitung (**Abbildung 11**) erfordert die praktische Umsetzung der DNA-Analysen eine professionelle Vorbereitung in Bezug auf die Unterrichtsplanung. Die Fortbildung bietet umfangreiche Einblicke in die DNA-Analyse, ihre Handhabung und den Kontext, in den die Untersuchung eingebettet ist. Obwohl wir diverse didaktische Materialien zur Unterstützung bereitstellen, bleibt es eine wesentliche Aufgabe der Lehrkräfte, die Inhalte schülerinnengerecht aufzubereiten und mit Blick auf ihre spezifische Lerngruppe anzupassen. All diese vorbereitenden Handlungsschritte sowie die Durchführung selbst sind in **Abbildung 12** zusammengefasst.

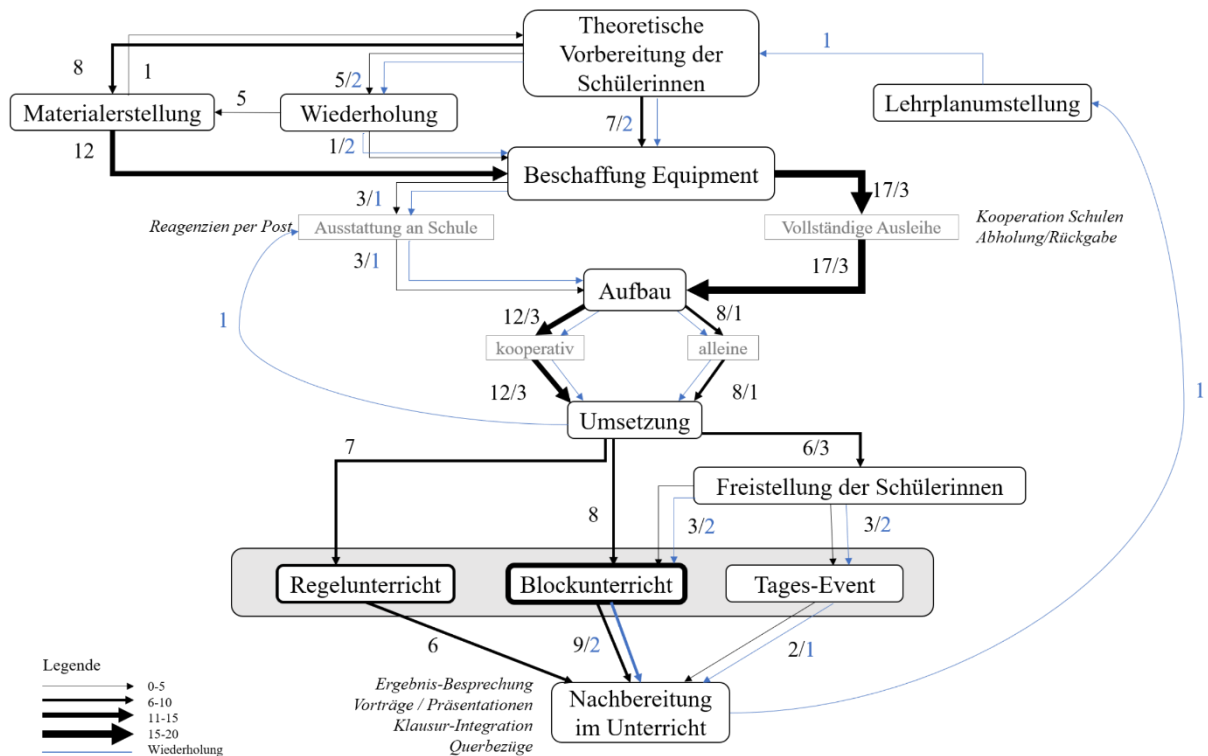


Abbildung 12: Flussdiagramm Implementation

Darstellung der Handlungsschritte der LK mit direkter Auswirkung auf die Schülerinnen, die die gesamte Sequenz von der professionellen Vorbereitung bis zur tatsächlichen Durchführung der DNA-Analysen abdecken. Die verbindenden Pfeile zeigen in ihrer Linienbreite die ungefähre Anzahl der Lehrkräfte, die diese Sequenz befolgt haben. Die Anzahl LK, die eine bestimmte Reihenfolge durchliefen sind durch Nummern an den entsprechenden Verbindungspfeilen gekennzeichnet. Die Liniendicke unterstreicht die Häufigkeitsunterschiede. Blaue Linien repräsentieren eine Wiederholung. Eigene Darstellung.

Innerhalb der 21 Interviews konnten wir drei Hauptumsetzungsformate (Implementationsmodi) identifizieren: *Regelunterricht* (n = 9), *Blockunterricht* (n = 9) und *Tages-Event* (n = 6). Der Sonderfall der Lehrkraft, die nicht Biologie studiert hat und entsprechend nicht in dem Fach unterrichten darf, ist hier nicht mitberücksichtigt (URER23, 7.1.2.19). Diese Lehrkraft übernahm nicht selbst die

Anleitung der Schülerinnen, sondern nutzte externe Schülerinnen-Angebote (Stich, 2024), die nicht vom Fortbildungskonzept vorgesehen sind.

Die Strategie, die praktischen DNA-Analysen innerhalb von Doppelstunden des regulären Biologieunterrichts umzusetzen, wird innerhalb der Fortbildung demonstriert. Diese sollte den organisatorischen Aufwand reduzieren. Entgegen dieser Erwartung wählen Lehrkräfte Blockunterricht mit dem zusätzlichen Aufwand, Schülerinnen zu befreien, am häufigsten.

Regelunterricht: Unterrichten der praktischen DNA-Analysen im Rahmen des regulären Fachunterrichts. In einigen Fällen informieren Lehrkräfte die Lehrkräfte der folgenden Unterrichtsstunden darüber, dass einige Schülerinnen zu spät kommen könnten, für den Fall, dass die Umsetzung zu einer leichten Verspätung führt.

Blockunterricht: Unterrichten der praktischen DNA-Analysen in vier oder mehr Unterrichtsstunden. Entweder findet die Umsetzung innerhalb eines regulären Schultages statt, sodass Schülerinnen für einige Zeit von anderen Unterrichtsstunden befreit werden

müssen, oder sie findet im Anschluss an den regulären Schulbetrieb statt, wobei die Schülerinnen entweder zur Teilnahme verpflichtet werden oder diese auf freiwilliger Basis erfolgt.

Tages-Event: Unterrichten der praktischen DNA-Analysen an einem ganzen Tag, der entweder dem spezifischen Inhalt der Fortbildung gewidmet ist, z. B. Genetik, oder in ein schulweites Projekt eingebettet ist, das verschiedene Lernmöglichkeiten bietet, aus denen die Schülerinnen wählen können. Im ersten Fall werden die Schülerinnen von anderen Unterrichtsstunden befreit.

Einige Lehrkräfte hatten die DNA-Analysen zum Zeitpunkt der Interviews bereits mehrmals praktisch unterrichtet. Wenn sie bei der Wiederholung die gleiche Strategie verwendet haben, zähle ich diese für **Abbildung 12** zusammen. Wenn sie verschiedene Strategien umgesetzt haben, zähle ich diese Umsetzungen separat. Daher ergibt die Gesamtzahl der Umsetzungen mehr als 21 Interviews in der Stichprobe. **Tabelle 39** zeigt die vollständige Übersicht der Implementationen basierend auf den gewählten Modulen (vgl. 6.1, **Tabelle 2**).

Tabelle 39: Modulwahl

Wahl der Module, mit denen Lehrkräfte die DNA-Analysen praktisch an der Schule umsetzten. Eigene Darstellung.

Modul	Erste Umsetzung	Wiederholung
Tatort DNA	9	3
Circadianer Rhythmus	9	3
Bitterere Geschmackswahrnehmung	1	0
Laktoseintoleranz	0	1

Unter Stichprobe (vgl. 6.2) definiere ich eine Reihe Variablen, um eine möglichst breite Abdeckung für die Interviewstudie zu ermöglichen:

1. *Sekundarschultyp:* Gymnasium, Berufs-/Fachoberschule (BOS/FOS), Realschule
2. *Teilnahme an der LFB:* allein, mit Kolleginnen
3. *Ort der LFB:* Schule, Universität (TU München, Universität Potsdam)
4. *Implementation der DNA-Analysen:* allein, mit Kolleginnen

Jede Umsetzungsstrategie ist innerhalb dieser Variablen und ihren Ausprägungen vertreten. Es gibt nur eine Ausnahme: Lehrkräfte, die nicht an der Fortbildung teilgenommen haben, implementierten nur kooperativ. In dieser Stichprobe ($n = 20$) wurde von den Lehrkräften die Implementationsstrategie *Blockunterricht* tendenziell kooperativ durchgeführt. Allerdings finden sich dazu auch einige Gegenbeispiele. Hinsichtlich der *Teilnahme an der LFB* und des *Ortes der LFB* zeigen die Daten keine Tendenz zu einer bestimmten Implementationsstrategie.

Die in **Abbildung 12** dargestellten Handlungssequenzen können nicht isoliert von den in **Abbildung 10** und **Abbildung 11** dargestellten vorangegangenen Handlungsschritten betrachtet werden. Die häufigsten Querverbindungen bestehen zwischen *Gespräch im Kollegium* (**Abbildung 10**), der *Festlegung der Schülerinnenkohorte* (**Abbildung 11**) und der *Implementation* (**Abbildung 12**, grauer Kasten). Diese Querverbindungen spielen auch bei der Entscheidung über eine Wiederholung der praktischen Umsetzung eine Rolle.

In der Regel sind die DNA-Analysen in eine Unterrichtssequenz eingebettet, die mit der *Theoretischen Vorbereitung der Schülerinnen* beginnt und mit einer *Nachbereitung im Unterricht* endet (**Abbildung 12**). Für den Unterricht selbst ziehen es einige Lehrkräfte vor, ihre eigenen Materialien zu erstellen, während andere das zur Verfügung gestellte didaktische Begleitmaterial unverändert verwenden.

An dieser Stelle wird der Gruppenunterschied in Bezug auf die wahrgenommene Flexibilität des Lehrplans deutlich (vgl. 7.3.4 und 7.3.7). Wird diese Flexibilität als Chance erkannt, organisieren Lehrkräfte den Lehrplan so um, dass er entweder besser zu ihren organisatorischen Erfordernissen passt, z. B. wenn am Ende des Schuljahres viele Prüfungen anstehen, oder um Engpässe in der Planung zu vermeiden, da sie nicht mehr mit anderen Schulen konkurrieren, die das Equipment zur gleichen Zeit ausleihen möchten. Einige Schulen sind noch einen Schritt weiter gegangen und haben eigenes Equipment angeschafft, obwohl es kostenlos ausgeliehen werden kann. In diesen Fällen werden von unserer Seite nur die für den Kurs vorbereiteten frischen Reagenzien an die durchführenden Schulen geschickt (vgl. 7.2.2.1.3).

Die drei identifizierten Implementationsstrategien deuten bereits auf eine große Vielfalt an Anpassungen hin, die Lehrkräfte vornehmen, um besser auf ihre Schülerinnen-Kohorte eingehen zu können. Im Folgenden sehen wir uns diese Anpassungen und die dahinterstehenden Argumentationen genauer an.

Die Umsetzung der praktischen DNA-Analysen bewegt sich im Spannungsfeld zwischen der Verfügbarkeit der Leihgeräte (1), der Durchführbarkeit an der jeweiligen Schule (2) und der Lehrkräfte-Schülerinnen-Interaktion (3). Lehrkräfte, die nicht implementiert haben, führten diese drei Argumente an, um zu erklären, warum die Umsetzung unmöglich ist. Im Gegensatz dazu fanden Lehrkräfte, die implementiert haben, diverse Anpassungen, um auf schulspezifische Schwierigkeiten und Herausforderungen zu reagieren. Im Allgemeinen gibt es zwei Zeiträume, in denen Lehrkräfte auf Herausforderungen stoßen: vor und während der Umsetzung. Im letzteren Fall ist eine spontane Reaktion der Lehrkräfte erforderlich, während Herausforderungen vor der Umsetzung durch sorgfältige Planung angegangen werden können. Die nächsten Abschnitte zeigen die Anpassungen der Lehrkräfte an diese drei Spannungsfelder.

7.4.3.1 Verfügbarkeit der Ausrüstung zum Ausleihen

Die Möglichkeit, das Equipment auszuleihen, ist begrenzt, sodass nur eine bestimmte Anzahl von Schulen die DNA-Analysen gleichzeitig praktisch durchführen kann. Zum Zeitpunkt dieser Studie konnten wir Geräte für etwa 20 Kurse gleichzeitig ausleihen. Dies führt zu Spannungen zwischen dem bevorzugten Termin der Lehrkräfte für die Durchführung und der tatsächlichen Verfügbarkeit. In dieser Interviewstudie gab es drei Möglichkeiten, wie Lehrkräfte mit dieser Herausforderung umgingen:

1. Lehrkräfte buchen das benötigte Equipment bis zu einem Jahr im Voraus und stellen sicher, dass sie zum Zeitpunkt der Ausleihe alles für die Durchführung vorbereitet haben.
2. Lehrkräfte stellen den Lehrplan um, damit sie die Geräte zu einem anderen Zeitpunkt ausleihen können, als es andere Schulen beabsichtigen.
3. Lehrkräfte engagieren sich selbst bei der Mittelbeschaffung, um das Equipment für ihre Schulen zu kaufen, und sind nur auf das Ausleihen der Reagenzien angewiesen, sodass sie nicht von Kapazitätsbeschränkungen betroffen sind.

7.4.3.2 Bedingungen an der eigenen Schule

Alle in der Fortbildung vorgestellten DNA-Analysen können außerhalb eines S1-Labors ohne zusätzliche Sicherheitsvorschriften durchgeführt werden. Sie erfordern jedoch sowohl eine 90-minütige Unterrichtsstunde (Doppelstunde) als auch ein Waschbecken. In der Regel findet man beides in einem Biologieraum, aber einige Schulen haben keine 90-Minuten-Stunden oder nur begrenzt naturwissenschaftliche Unterrichtsräume mit einem Waschbecken. Dies zwingt Lehrkräfte zu einer zusätzlichen Planung: Den Wechsel von Unterrichtsstunden oder Kursräumen, was die von der Fortbildungskonzeption angestrebte Implementationsstrategie der DNA-Analysen in den *Regelunterricht* ausschließt (vgl. **Abbildung 12**).

Lehrkräfte adressieren die Ressourcen-Knappheit (naturwissenschaftliche Unterrichtsräume mit Waschbecken und Doppelstunden) hauptsächlich durch zwei Ansätze, um die Implementationsstrategie des *Blockunterrichts* (vgl. **Abbildung 12**) realisieren zu können:

1. Lehrkräfte tauschen Unterrichtsstunden mit einer anderen Fach-Lehrkraft, die vorher oder im Anschluss an die Biologie-Stunde die Schülerinnen unterrichtet. Dadurch haben die Schülerinnen in der ersten Woche die DNA-Analysen über den regulären Biologieunterricht hinaus mit den Stunden des anderen Faches zusätzlich. In der darauffolgenden Woche hat die andere Fach-Lehrkraft die Biologiestunde(n) als zusätzliche Zeit. Bei diesem Tauschverfahren müssen die Schülerinnen nicht von anderen Stunden befreit werden. Wenn die Kurse von den Schülerinnen individualisierbar sind, lässt sich der Tausch nicht so einfach in die Praxis umsetzen und erfordert eine Freistellung der Schülerinnen. Dabei werden sie von der Lehrkraft entschuldigt und angehalten, die versäumten Stunden selbst nachzuarbeiten.
2. Lehrkräfte, die sich dem organisatorischen Aufwand des Stundentauschs oder der Freistellung entziehen wollen, verlegen die praktische Umsetzung der DNA-Analysen außerhalb des regulären Schulunterrichts beispielsweise auf eine Nachmittagseinheit, deren Terminierung sie mit den Schülerinnen absprechen (freiwillig oder verpflichtend).

Darüber hinaus fanden einige LK eine dritte Lösung, die DNA-Analysen praktisch außerhalb des regulären Biologieunterrichts umzusetzen (*Tages-Event*, **Abbildung 12**). In den Interviews existierten dazu zwei unterschiedliche Ansätze:

1. An der Schule gibt es eine Art feste Veranstaltung, die sich über einen oder mehrere Tage erstreckt, z. B. eine Projektwoche. Die Lehrkräfte bieten die Durchführung der DNA-Analysen im Rahmen dieser Veranstaltungen an. Meist erfolgt die Teilnahme der Schülerinnen in diesem Fall freiwillig.
2. Die Biologiefachschaft beschließt, die DNA-Analysen mit allen geeigneten Kursen durchzuführen und etabliert eine neue Veranstaltung an ihrer Schule, z. B. die „Genetik-Tage“. Hierfür werden die entsprechenden Schülerinnen von allen anderen Schulstunden des Tages freigestellt. In einem Fall wurden diese Implementationstage in einem Rotationsmodell durchgeführt, in dem jeder Klassenverband über vier Schulstunden die DNA-Analysen durchführt und dann von einem anderen Klassenverband abgelöst wird, während der Aufbau des Equipments in den jeweiligen Räumlichkeiten bestehen bleibt. Dadurch reduzieren sich die Stunden, an denen die Schülerinnen freigestellt werden müssen. Zusätzlich reduziert sich für die Lehrkräfte der Aufwand des Auf- und Abbaus.

7.4.3.3 Interaktionen zwischen Lehrkräften und Schülerinnen

Die Interaktion von Lehrkräften und Schülerinnen ist auf zwei Ebenen wichtig:

1. Welche Klassen sich nach Ansicht der Lehrkraft für die praktische Durchführung der DNA-Analysen eignen.

Hierbei kommt es auf die wahrgenommene Bedeutung praktischer Experimente durch die Lehrkräfte an (vgl. 7.2.2.1.1). Entweder bewerteten Lehrkräfte die praktische DNA-Analyse als derart fundamental, dass jede Schülerin diese einmal in der Schullaufbahn erleben sollte (Grundwissen). Oder sie bewerteten die praktischen DNA-Analysen als relevant für Schülerinnen mit besonderem Interesse an dieser Thematik (Vertiefungswissen).

2. Inwieweit die Schülerinnen in die Entscheidungsfindung zur praktischen Umsetzung einbezogen werden sollen.

Schätzen die Lehrkräfte die praktische DNA-Analyse als Vertiefungswissen ein, befragen sie die Schülerinnen in der Regel nach ihrem Interesse, bevor sie die Ausleihe des Equipments planen. Entsprechend findet sich für die beiden Implementationsstrategien *Blockveranstaltung* und *Tages-Event* zusätzlich die Einteilung in freiwillig und verpflichtend (vgl. **Abbildung 12** und 7.4.3.2).

Zusammenfassend erlauben diese Ergebnisse der Handlungsschritte von Lehrkräften zwei wesentliche Schlussfolgerungen: Zum einen durchlaufen Lehrkräfte eine komplexe Reihe von Handlungen, die miteinander verwoben sind und sich gegenseitig beeinflussen. Zum anderen ist die Entscheidungsfindung während der Handlungsschritte in hohem Maße von der individuellen Wahrnehmung verschiedener Einflussfaktoren der Lehrkräfte abhängig (vgl. 7.2.2.8, 7.3.7). Bereits in **Abbildung 10** wies ich darauf hin, dass die Handlungsschritte in eine Spirale führen: Durch die Wiederholung der Implementation durchlaufen Lehrkräfte viele Schritte erneut, nur mit anderem Erkenntnisstand durch die zuvor gesammelte Erfahrung. Alle Lehrkräfte reflektieren die Implementation im Anschluss und Re-Evaluieren ihre Entscheidungen in Bezug auf die Handlungsschritte. Bei jedem der vorangegangenen Abschnitte ging ich kurz auf die wichtigsten Handlungsschritte ein, die neu bewertet werden. Im folgenden Abschnitt trage ich diese gebündelt zusammen.

Generell Tendenzen festzustellen ist herausfordernd, da Lehrkräfte, die wiederholt implementieren, dazu neigen, dieselbe Strategie zu wählen. Zu den Wiederholungen konnte ich drei Szenarien identifizieren:

7.4.4 Angestoßene Nachhaltigkeit: Unterrichtsentwicklung durch Wiederholung

Die meisten implementierenden Lehrkräfte meiner Stichprobe entscheiden sich für eine Wiederholung der praktischen Umsetzung von DNA-Analysen (18 von 21). Lehrkräfte, die wiederholt umsetzen, haben das Potenzial, ihren Umsetzungsprozess anzupassen und weiterzuentwickeln, indem sie Übung und Routine gewinnen. Bei einer Fortbildung, die sich mit einem bestimmten Fachinhalt befasst, könnte dies ein erstes Maß für den Erfolg sein. Dies wird bei einer jährlichen Wiederholung intensiviert, da dadurch automatisch die Quantität der Umsetzung erhöht wird, und zwar nicht durch die Anzahl der umsetzenden Lehrkräfte, sondern durch die Reichweite bei den Schülerinnen-Kohorten. Mit der Wiederholung geht die Praxisübung der Lehrkräfte einher, sodass sich damit die Qualität der Umsetzung langfristig erhöhen könnte. Allerdings evaluieren die

Lehrkräfte die Handlungsschritte aus allen drei vorangegangenen Flussdiagrammen für eine Wiederholung.

1. **Teilnahme an der Fortbildung:** Im Anschluss an die Implementation wiederholen einige Lehrkräfte die Fortbildung, um sich vertiefend mit den DNA-Analysen auseinander zu setzen, weitere Kontexte kennenzulernen und generell zu üben. Außerdem kommt es vor, dass Lehrkräfte, die vorab die LFB nicht besucht haben, dies trotz interner Fortbildung nachholen und neue Lehrkräfte einer implementierenden Schule dazu angehalten werden, die Fortbildung zu besuchen.
2. **(Schul)interne Organisation:** Die häufigste Anpassung an dieser Stelle ist die Reihenfolge der Schritte *Koordination der Ausleihe* und *Interne Organisation*. Durch die vorangegangene Implementation sind die meisten Beteiligten bereits einmal informiert. Dadurch reduziert sich der interne Organisationsaufwand bei einer Wiederholung und ermöglicht es Lehrkräften, zuerst die Ausleihe zu koordinieren. Die Mehrheit der Lehrkräfte meiner Stichprobe melden ihre Ausleihe bei einer Wiederholung deutlich früher an.
3. **Implementation:** In Bezug auf die Implementation haben Lehrkräfte zwei große Stellschrauben, zum einen die Ausprägung der Kooperation und zum anderen die Implementationsstrategie. Generell tendieren Lehrkräfte dazu, mit wenigen Ausnahmen bei der gleichen Implementationsstrategie zu bleiben. Dazu konnte ich drei Szenarien festhalten:
 - a. Lehrkräfte, die praktische DNA-Analysen in einer Klasse entweder im *Regelunterricht* oder im *Blockunterricht* durchführen, wiederholen dies im folgenden Jahr bzw. in den folgenden Jahren, wenn sie wieder eine geeignete Klasse unterrichten. Hierbei wechseln Lehrkräfte, die sich für den *Regelunterricht* entschieden haben, häufiger zum *Blockunterricht* als umgekehrt.
 - b. Lehrkräfte, die praktische DNA-Analysen mit der gesamten Fachschaft für alle Schülerinnen der entsprechenden Klassenstufe durchgeführt haben, wiederholen dies jährlich unabhängig von eigenen Kursen. Dazu gab es eine Ausnahme, bei der die Fachschaft entschloss, es nicht mehr gemeinsam zu machen (zu Änderungen des Kooperationsverhaltens, vgl. 7.4.1.5 und 7.2.2.6).
 - c. Lehrkräfte, die sowohl praktische DNA-Analysen gemeinsam mit Kolleginnen im *Blockunterricht* oder bei *Tages-Events* als auch mit einer eigenen Klasse im *Regelunterricht* durchführten, wiederholen unabhängig von der Fachschaftsentscheidung erneut in einem eigenen Kurs. Diese Lehrkräfte reagieren flexibel mit verschiedenen Implementationsstrategien, wenn im selben Jahr mehrere Implementationen erfolgen.

In Bezug auf das Kooperationsverhalten fand ich alle denkbaren Kombinationen, die in **Abbildung 13** knapp zusammengefasst werden.

1. Entscheiden sich Lehrkräfte, eine kooperative Umsetzung allein zu wiederholen, begründen sie ihr neues Vorgehen durch die gewonnene Sicherheit, die wiederum Flexibilität ermöglicht bei einer individuellen Ausleihe und Implementation.
2. Entscheiden sich Lehrkräfte nach alleiniger Umsetzung für eine kooperative, liegt dies meist an dem empfundenen Stress während der Implementation, der durch die Anwesenheit von Kolleginnen reduziert werden soll.

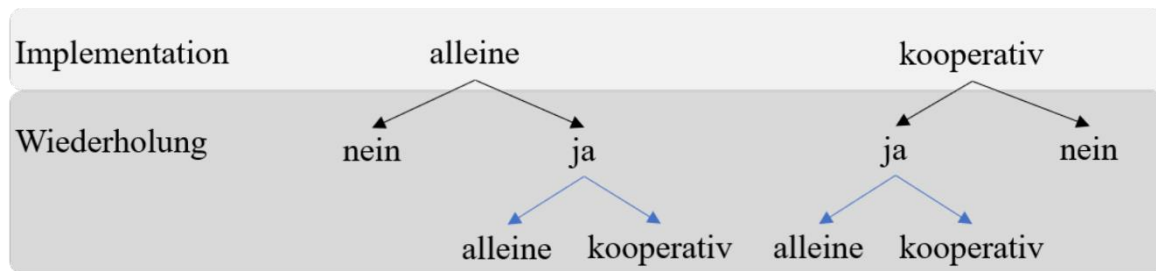


Abbildung 13: Re-Evaluation des Kooperationsverhaltens

Bei einer Wiederholung der Implementation von praktischen DNA-Analysen re-evaluieren Lehrkräfte ihr Kooperationsverhalten. Eigene Darstellung.

Die Re-Evaluation der Implementation auf allen drei Ebenen (Teilnahme an der LFB, (schul) interne Organisation, Implementation) erinnert an Ansätze, die aus dem *design based research* bekannt sind (vgl. 2.4). Diese Ansätze beinhalten ein iteratives Verfahren aus Umsetzung und Anpassung. An zwei verschiedenen Schulen fand dieser iterative Prozess über mehrere Jahre hinweg statt und hatte Einfluss auf das Schulcurriculum. Entsprechend kann eine einzelne Fortbildungsveranstaltung die Entwicklung des Schulcurriculums durch die gemeinsame Arbeit an innovativen Fachinhalten für den Unterricht anstoßen. Da dies der gängigen Meinung zu einmaligen Fortbildungen entgegenläuft, rekrutierte ich von den jeweiligen Schulen eine weitere Lehrkraft, um einen besseren Einblick in die Planung und Anpassung der Implementation zu erhalten. Dies gelang mir für zwei Schulen (SYER18 & MAHE12, HEHE15 & GAW18). Im folgenden Abschnitt konzentriere ich mich auf den Implementationsprozess und seine weitere Entwicklung an einer dieser Schulen.

7.4.4.1 Best-Practice-Beispiel: Nachhaltige Integration von praktischen DNA-Analysen in das Schulcurriculum

In diesem Abschnitt fokussiere ich mich auf eine Beispielschule, die seit Beginn des Fortbildungsangebots 2017 jährlich implementiert und dabei jedes Jahr Anpassungen vornahm. Ich beschrieb Kernaussagen dieses Best-Practice-Beispiel bereits in einem Artikel (Großbruchhaus et al., 2024).

Die folgenden Darstellungen basieren auf zwei Interviews mit Lehrkräften derselben Berufsober-schule (MAHE12, 7.1.1.3 und SYER18 7.1.1.4). Wie bei den Handlungsmustern extrahierte ich ihre Implementationsstrategie (vgl. 6.4.5, 7.3). In diesem Fall konnte ich die Darstellungen aus zwei Perspektiven gegeneinander abgleichen und so ein möglichst akkurates Bild der Bedingungen, Argumente und Vorgehensweisen der Lehrkräfte dieser Schule präsentieren. Dabei gehe ich in Bezug auf die Reihenfolge der Ereignisse bei der Implementation chronologisch vor.

MAHE12 ist in ihrer Tätigkeit als Seminarlehrkraft ständig auf der Suche nach Innovationen, damit junge Lehrkräfte auf dem neuesten Stand bleiben. Entsprechend erfuhr sie von der Fortbildung als erstes und stellte es in der Biologiefachschaft vor.

"MAHE12 hatte die Idee und stellte sie demokratisch zur Diskussion. Wir waren alle der Meinung, dass es sehr sinnvoll ist, weil unsere Schüler keine Möglichkeit haben, biotechnologisch zu arbeiten."

SYER18

Gemeinschaftlich beschloss die Fachschaft sowohl die Teilnahme an der Fortbildung als auch die Implementation. Damit fiel die Entscheidung zur Implementation bereits vor der Teilnahme (vgl. 7.4.1.1). Für die Implementation führen sie zwei Hauptmotive an: Erstens legen sie großen

Wert auf praktische biologische Erlebnisse für Schülerinnen im Unterricht. Zweitens werden sie durch den Mangel an Ausrüstung daran gehindert, diese zu ermöglichen. Dementsprechend sollten alle Schülerinnen der geeigneten Jahrgangsstufen (12. und 13.), die Biologie als Fach gewählt haben, die DNA-Analysen praktisch erleben (vgl. 7.4.2). Aus ihrer Sicht eignete sich *Blockunterricht* (vgl. 7.4.3) für ihr Vorhaben am besten.

Sie teilten die verschiedenen Aufgaben untereinander auf. MAHE12 übernahm die übergeordnete Organisation: Kontaktaufnahme mit der Schulleitung und allen Lehrkräften, deren Unterricht von der Implementation betroffen war, Suche nach einer geeigneten Woche usw. SYER18 und die anderen teilten sich die Vorbereitung von Unterrichtsmaterialien und Schülerinnen.

"Natürlich ist die Schulorganisation ein anderer Hype, [...] es ist schwierig, [diese Veranstaltung] richtig zu planen."

MAHE12

In einer Woche durchliefen alle Biologieklassen (150 Schülerinnen) innerhalb eines festgelegten Zeitrahmens nacheinander die praktischen DNA-Analysen, während die sechs Biologie-Lehrkräfte die Aufsicht teilten und von Referendarinnen unterstützt wurden. Die Schülerinnen wurden während der Teilnahme vom regulären Unterricht freigestellt.

Im Anschluss bewerteten die Schülerinnen die Veranstaltung. Die Lehrkräfte berücksichtigten dieses Feedback während ihrer eigenen Reflexion der Implementation. Sie diskutierten den gesamten Ablauf von der Vorbereitung bis zur Nachbereitung und bewerteten dabei auch ihre individuelle Zufriedenheit, z. B. Stressempfinden. Basierend darauf beschlossen sie, Anpassungen an der Implementationsstrategie vorzunehmen. Diesen Gesamtprozess von Planung, Durchführung, Reflexion und Anpassung durchlief die Fachschaft in den folgenden Jahren mehrmals und integrierte schlussendlich die Implementation der DNA-Analysen fest in das Schulcurriculum. Damit war die Fachschaft an dieser Schule fähig, gegebene Hürden selbstständig zu verringern.

Auf die vorgenommenen Anpassungen gehe ich in den folgenden Abschnitten ein. **Abbildung 14** stellt diese visuell dar. Hier eine kurze Zusammenfassung der ersten Implementation von DNA-Analysen an dieser Berufsoberschule

- Schülerinnen-Kohorte: 12. & 13. Jahrgangsstufe
- Implementationsstrategie: *Blockunterricht*, verpflichtend, Team-Teaching mit Referendarinnen
- Modul: Tatort-DNA

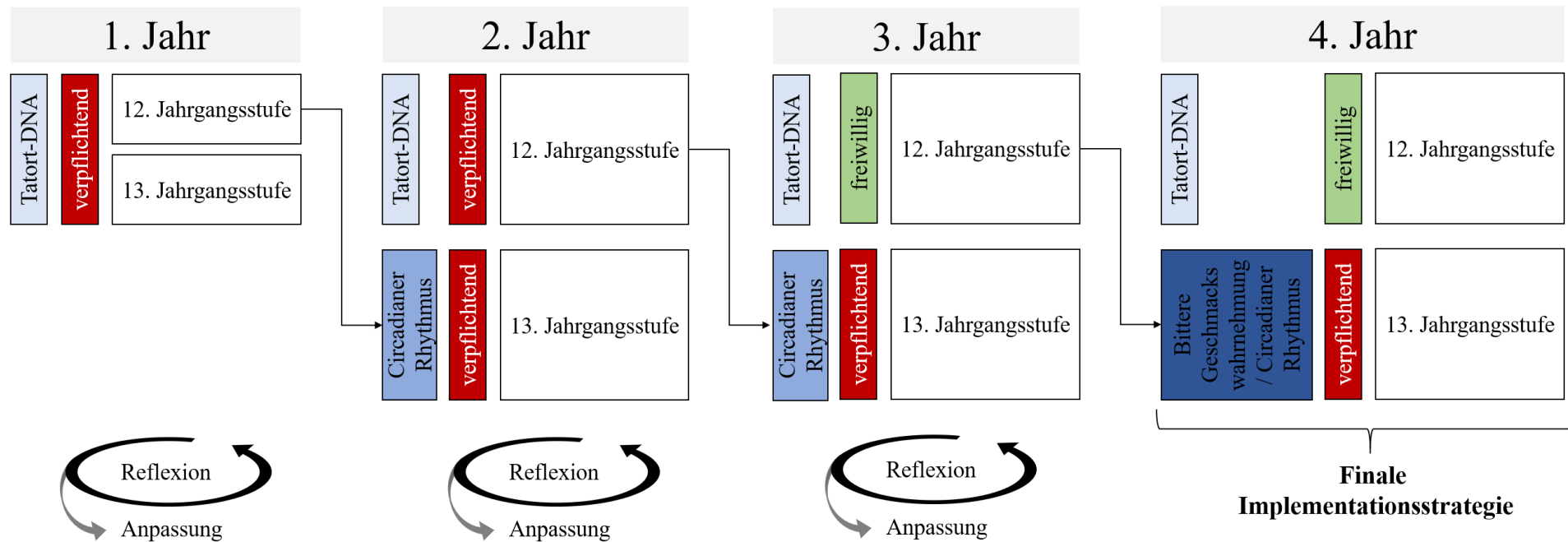


Abbildung 14: Die Entwicklung der Implementation an der Berufsoberschule

Erstes Jahr: Die gesamte Biologiefachschaft führte die DNA-Analysen praktisch im Kontext von Tatort-DNA im Blockunterricht mit allen Biologie-Schülerinnen der 12. und 13. Jahrgangsstufe durch. **Zweites Jahr:** Wiederholung mit derselben Strategie, aber die Klassen der 13. Jahrgangsstufe führten die DNA-Analysen im Kontext des circadianen Rhythmus durch. **Drittes Jahr:** Wiederholung mit derselben Strategie, allerdings wurden nur die Schülerinnen der 13. Jahrgangsstufe zur Teilnahme verpflichtet und die Arbeitsgruppen reduziert (weniger Schülerinnen pro betreuende LK). **Viertes Jahr:** Wiederholung mit derselben Strategie, nur dass Schülerinnen der 13. Jahrgangsstufe thematisch zwischen circadianem Rhythmus und bittere Geschmackswahrnehmung wählen konnten. Das war die letzte Anpassung und in dieser Form implementiert die Berufsoberschule weiter im Jahrestakt. Übersetzt und verändert nach Großbruchhaus et al. (2024)

7.4.4.1.1 Anpassungen Jahr 2

- Schülerinnen-Kohorte: 12. und 13. Jahrgangsstufe
- Implementationsstrategie: *Blockunterricht*, verpflichtend
- Modul: Tatort-DNA und **circadianer Rhythmus**

Da die Schülerinnen der 13. Jahrgangsstufe die praktischen DNA-Analysen aus dem Vorjahr kennen, sollten sie im Folgejahr darauf aufbauen. Damit verfuhr die Lehrkräfte, wie von uns in der Fortbildungskonzeption angedacht. Wir entwickelten die verschiedenen Kontexte im Sinne der Adaptivität, sodass Lehrkräfte sie variabel in verschiedenen Themenbereichen des bayrischen Lehrplans implementieren können. Diese Biologiefachschaft machte sich dies zunutze, da sich die Schülerinnen aufgrund ihrer vorangegangenen Erfahrung in der Handhabung der Untersuchungen, z. B. Pipettieren, auf die höhere thematische Komplexität der Inhalte konzentrieren können.

Im zweiten Jahr standen keine Referendare als Unterstützung für die Implementation zur Verfügung, was für die Lehrkräfte den größten Stressfaktor darstellte.

7.4.4.1.2 Anpassungen Jahr 3

- Schülerinnen-Kohorte: 12. und 13. Jahrgangsstufe
- Implementationsstrategie: *Blockunterricht* - verpflichtend / *Tages-Event* - **freiwillig**, Team-Teaching mit Kolleginnen
- Modul: Tatort-DNA und circadianer Rhythmus

„Der Schulleiter hat jetzt auch genehmigt, dass jemand, der keine Klasse unterrichtet, trotzdem die Schüler [bei der Veranstaltung] beaufsichtigt.“ - MAHE12

Durch die Genehmigung konnten die Lehrkräfte alle Biologiekurse für die Umsetzung aufteilen, sodass eine Lehrkraft nur einen halben Kurs betreute. Dies zeigte eindrucksvoll, wie die Zusammenarbeit den Lehrkräften ermöglicht, Umsetzungsbarrieren selbst zu reduzieren und ihren Unterricht flexibel anzupassen. Da die Verfügbarkeit von Referendaren ein allgegenwärtiges Hindernis sein kann, ist dieses Vorgehen umso bemerkenswerter.

Zusätzlich änderten sie die Implementationsstrategie in der 12. Jahrgangsstufe zu freiwillig. Die Lehrkräfte argumentierten hier auf der Grundlage des Schülerinnen-Interesses. Zum einen haben Schülerinnen die Möglichkeit, Biologie in der 13. Jahrgangsstufe abzuwählen, um andere Interessensschwerpunkte zu verfolgen. Zum anderen „verlieren“ die Schülerinnen, die Biologie weiter belegen, nichts, da die Umsetzung in der 13. Jahrgangsstufe verpflichtend ist. So haben alle bis zum Abschluss die DNA-Analysen mindestens einmal praktisch erfahren, während besonders interessierte Schülerinnen durch die Wiederholung vertiefendes Verständnis erlangen konnten. Gleichzeitig versprachen sich die Lehrkräfte durch die Freiwilligkeit eine gewisse Entlastung für sich selbst, allerdings erfüllte sich das kaum, da sich die „Coolness“ des Genetik-Tags in der Schule rumsprach und sich beinahe alle Schülerinnen der Biologie-Klassen aus der 12. Jahrgangsstufe anmeldeten. Trotzdem hatten die Lehrkräfte noch Kapazitäten frei und öffneten die Veranstaltung für interessierte Lehrkräfte anderer Fächer. Sie waren überrascht, wie viele ihrer Kolleginnen teilnahmen und über Querverbindungen der DNA-Analysen und ihrer Kontexte zu ihrem eigenen Fach nachdachten.

Mit dieser Änderung wurde das Durchführungsverfahren zu einer Mischform aus *Blockunterricht* und *Sonderveranstaltungen*, die im gleichen Zeitrahmen stattfinden. Diese Kombination aus verpflichtender und freiwilliger Teilnahme könnte als Faktor für die Umsetzungsqualität fungieren, indem sie Chancengleichheit für alle schafft und gleichzeitig Interessen fördert. Nach der dritten Durchführung war das Kollegium mit dem Ergebnis zufrieden.

"In der Zwischenzeit sind [die organisatorischen Probleme] mit vielen Gesprächen und Auseinandersetzungen innerhalb der Schule gut gelöst worden."

SYER18

7.4.4.1.3 Anpassungen Jahr 4

- Teilnahmen an der LFB: **verpflichtend für neue Biologie-LK**
- Schülerinnen-Kohorte: 12. und 13. Jahrgangsstufe
- Implementationsstrategie: *Blockunterricht* - verpflichtend / *Tages-Event* - freiwillig, Team-Teaching mit Kolleginnen
- Modul: Tatort-DNA, circadianer Rhythmus und **bittere Geschmackswahrnehmung als Wahlmöglichkeit für Schülerinnen der 13. Jahrgangsstufe**

Die wachsende Sicherheit der Lehrkräfte bei der Betreuung der praktischen DNA-Analysen ermöglichte ihnen, den Schülerinnen eine gewisse Flexibilität durch Wahlmöglichkeit zu geben. Damit hatten auch die Schülerinnen, die verpflichtend teilnehmen mussten, die Chance, nach Interesse zu wählen.

Zusätzlich ereignete sich ein Wechsel im Kollegium, wodurch neue Biologie- Lehrkräfte an die Schule kamen. Diese wurden zu einer Teilnahme an der Fortbildung verpflichtet. Das bestehende Kollegium war sich einig, dass ein Besetzungswechsel keine negativen Auswirkungen auf die jährliche Implementation haben sollte. Obwohl diese Verpflichtung für andere Lehrkräfte dieser Stichprobe ein Hindernis für die Implementation darstellt (vgl. 7.2.2.3.2), berichteten weder MAHE12 noch SYER18 von einer negativen Stimmung im Kollegium.

„Die [neue Kollegin] wird im kommenden Schuljahr angelernt, muss aber auf eine Fortbildung, weil ich denke mir, das ist immer das Beste, weil dann lernt man eigentlich alles kennen.“

MAHE12

Somit etablierte diese Biologielehrkraft innerhalb von vier Jahren die praktischen DNA-Analysen als jährlich wiederkehrende Veranstaltung an ihrer Schule und gewann die Unterstützung der anderen Lehrkräfte, des Schulleiters und der gesamten Schulleitung. Infolgedessen integrierten sie die Fortbildungsinhalte erfolgreich in ihr Schulcurriculum.

Dieses Fallbeispiel demonstriert, dass der Implementationsprozess deutlich komplexer ist als einzelne Handlungsschritte oder Begründungen für oder gegen eine Implementation. Vielmehr scheint das Zusammenspiel verschiedener Gelingensbedingungen die entscheidende Rolle zu spielen. Insgesamt präsentiert sich hier die Entwicklung eines eigenen Schulcurriculums als finale Stufe des Implementationserfolgs und zeigt die ausgeprägte Professionalisierung dieser Biologiefachschaft.

8 Diskussion

8.1 Methodische Diskussion

Die Ergebnisse dieser qualitativen Studie sind sehr umfangreich. Bevor ihre inhaltliche Bedeutsamkeit in den bestehenden Forschungskontext eingegliedert wird, gehe ich in diesem Abschnitt auf methodische Hürden ein, auf die ich teilweise schon während der Ergebnispräsentation hingewiesen habe. Ebenso gehe ich auf die Limitationen ein, die sich aufgrund der gewählten Erhebungsmethode und dem Vorgehen ergeben.

8.1.1 Zur Generalisierbarkeit

Die Akquise für die Interviews erfolgte mit Lehrkräften, die vorab an der Lehrkräftefortbildung (vgl. 6.2.1) teilgenommen hatten. Entsprechend sind die Ergebnisse stark kontextabhängig und gelten nur im eng gesteckten Rahmen der biotechnologischen Fortbildung. Diese richtete sich vornehmlich an Biologielehrkräfte der Gymnasien und Fach- bzw. Berufsoberschulen (Vgl. Maxwell, 2013, S. 136 f.). Das Ziel der gewählten Stichprobe eine möglichst breite Abdeckung der Grundgesamtheit abzudecken wurde erfüllt (vgl. 6.2.2). Allerdings verschob diese präzise Auswahl an Interviewpartnerinnen teilweise die Verhältnisse, welche in der Grundgesamtheit, also der insgesamt möglichen Stichprobe der Lehrkräfte, galten. Beispielsweise nahmen zum Zeitpunkt der Interviews deutlich weniger FOS- und BOS-Lehrkräfte an der Fortbildung teil (12 %, vgl. **Tabelle 3**), als diese in der Stichprobe ausmachen (23 %, vgl. **Tabelle 5**). Durch eine Überprüfung der Ergebnisse anhand der Grundgesamtheit könnten erweiterte Erkenntnisse gewonnen werden (vgl. Ausblick 8.4): Beispielsweise über die Verteilung der genannten Argumente durch die Lehrkräfte (vgl. Erste Forschungsfrage 8.2.1) oder der Implementationsstrategien (vgl. Zweite Forschungsfrage 8.2.2). Um Unsicherheiten der vorgelegten Befunde zu reduzieren, besteht die Erfordernis, die Gültigkeit für andere Bildungskontexte, Schulformen und Fächer durch anschließende Studien zu bestätigen.

8.1.2 Zur Verzerrung (Bias)

Verzerrung bezeichnet allgemein eine systematische Abweichung. Diese kann an mehreren Stellen einer Studie auftreten, bspw. bei der Methodenwahl oder der Stichprobe. Für letzteres bedeutet diese Abweichung, dass bestimmte Daten überrepräsentiert sind, während andere unberücksichtigt bleiben. Damit beeinträchtigen Verzerrungen die Objektivität und Übertragbarkeit der Ergebnisse. (Vgl. Döring et al., 2016, S. 109 f., 379 ff.)

Im Rahmen dieser Studie ergeben sich Verzerrungseffekte auf mehreren Ebenen:

Erstens den *Self-Selection-Bias* (Elston, 2021): Dem *Self-Selection-Bias* zufolge könnten Biologielehrkräfte, die an der Fortbildung teilgenommen haben, bereits ein höheres Interesse an den Inhalten haben. Demnach liegt nahe, dass diese Lehrkräfte andere Ansichten vertreten als jene, die an der Fortbildung nicht teilnahmen; folglich sind Verzerrungen in der hier ausgewiesenen Befundlage nicht auszuschließen.

Zweitens den *Participation Bias* (Elston, 2021): Hier spielt vor allem die Freiwilligkeit der Studie eine Rolle. Außerdem war die Akquise der Nicht-Implementiererinnen deutlich schwieriger, als die der Implementiererinnen (Vgl. Döring et al., 2016, S. 123). Des Weiteren standen zum Zeitpunkt der

Studie deutlich mehr Gymnasiallehrkräfte zur Verfügung, als Lehrkräfte anderer Schulformen. Dies lag vor allem an der Ausrichtung der Fortbildung, die zu Beginn des Programms auf Gymnasiallehrkräfte ausgelegt war. Erst durch die Lehrplanänderung der Fach- und Berufs(ober-)schulen, öffnete sich die Ausrichtung der Fortbildung. Es wurden allerdings alle Schulformen mitberücksichtigt, sodass die 39 Personen nicht die geltende Verteilung innerhalb der Grundgesamtheit der zugrundeliegenden Stichprobe widerspiegeln (s. o.). Gleiches gilt für das Verhältnis von Nicht- und Implementiererinnen: Dieses entsprach in der Stichprobe annäherungsweise 1:1, während die Verteilung in der Grundgesamtheit nicht eindeutig ermittelt werden kann: Die statistische Erhebung der Teilnahme und Ausleihe fand nicht in Bezug auf Einzelpersonen, sondern auf Fortbildungsveranstaltungen und Schulen statt (vgl. 6.2). Entsprechend kann für die Grundgesamtheit folgendes festgehalten werden: Über 70 % der Fortbildungen zogen mindestens eine Ausleihe nach sich. Für die Beantwortung der ersten Forschungsfrage ist dieses gleiche Verhältnis von Nicht- und Implementiererinnen bedeutsam, da es um die Begründungsmuster dieser beiden Gruppen geht (vgl. 5.1, 8.2.1).

Drittens der *Response Bias* (Elston, 2021): Lehrkräfte beantworteten die Fragen des Interviews retrospektiv und als Selbstbericht. Entsprechend unterliegen die Antworten sowohl einer möglichen Verzerrung der Erinnerung, als auch der Selbstdarstellung. Bei letzterem könnte die soziale Erwünschtheit besonders einflussreich sein, da die Interviews von einer Dozentin geführt wurden, die teilweise auch entsprechendes Fortbildungsangebot mitbegleitete (Brinkmann & Kvale, 2015, S. 48 f.). Hierbei ist auch relevant, dass bei Implementiererinnen insgesamt ca. 20 % mehr Aussagen kodiert werden konnten. Nur in zwei Hauptkategorien erreichten beide Gruppen annäherungsweise gleich viele Nennungen: In *Lehrkräftefortbildung* 148 Nennungen von Nicht-Implementiererinnen und 169 von Implementiererinnen; in *Systemmerkmale* 96 Nennungen von Nicht-Implementiererinnen und 73 von Implementiererinnen. In allen anderen Kategorien brachten Implementiererinnen deutlich mehr Argumente an. Dies ist mit Blick auf den inhärenten Bias dieser Erhebungsmethode insofern erwartungskonform, als davon ausgegangen werden kann, dass Befragte tendenziell mehr Auskunft geben, wenn diese Erfahrungen mit dem inhaltlichen Gegenstandsbereich haben (Vgl. Döring et al., 2016, S. 255 ff.).

8.1.3 Zur Objektivität

Die Vorgehensweise während der Auswertung wurde auf eine möglichst hohe Validität der Ergebnisse ausgerichtet. Das Kategoriensystem wurde theoriegeleitet erstellt und anhand von 30 % des Materials durch Interkodierung validiert. Trotzdem basiert die Auswertung der restlichen 70 % des Materials auf einer Raterin; was ebenso für die vollständige induktive Erweiterung des Kategoriensystems und der damit einhergehenden Zweitkodierung des gesamten Materials gilt. Dieser zweite zeitversetzte Durchgang der gleichen Raterin erhöht die Reliabilität (Döring et al., 2016, S. 246). Für die Strukturierung der Implementationsprozesse wurde für das vollständige Material nach dem Vier-Augen-Prinzip bearbeitet, sodass die Handlungsmuster durch ununterbrochene kommunikative Validierung entstanden (vgl. 6.4.5) (Döring et al., 2016, S. 108). Entsprechend kann hier von einem interferenzarmen Ergebnisbericht ausgegangen werden.

8.1.4 Fazit

Trotz der ausgeführten Limitationen zur Stichprobe, ist diese für eine qualitative Studie sehr umfangreich und eröffnet tiefgreifendes Detailwissen über die Argumentationsstrukturen und

Handlungsmuster dieser 39 Personen. Entsprechend bietet sie eine umfangreiche und fundierte Ausgangslage, um anhand ihrer Ergebnisse weitere Forschungsvorhaben innerhalb der Gebiete Lehrkräftefortbildung und Implementationsforschung anzuknüpfen.

8.2 Inhaltliche Diskussion

8.2.1 Erste Forschungsfrage: Begründungsmuster der Lehrkräfte

Meine erste Forschungsfrage befasst sich mit den Gelingensbedingungen und Hinderungsgründe, die Lehrkräfte in Bezug auf die Implementation der biotechnologischen DNA-Analysen im Unterricht heranziehen. **Tabelle 40** stellt die wesentlichen Unterschiede der Lehrkräftemeinungen innerhalb meiner Stichprobe gegenüber.

Tabelle 40: Zusammenfassung der Argumente

Eigene Darstellung.

Kategorie	Beurteilung durch Lehrkräfte
Innovationsgegenstand	Implementation ist stressig vs. realistisch Methoden sind komplex vs. leicht Nicht vorhersehbare Ergebnisse sind schlecht vs. authentisch Abholung ist zu aufwendig (30 min) vs. erschwinglich (90 min)
Personenmerkmale	Unsicherheit vs. Übungsbereitschaft
Lehrkräftefortbildung	Erzwungene Teilnahme vs. persönliches Interesse
Systemmerkmale	Lehrplan lässt keine Zeit vs. Zeit muss genommen werden Themenreihenfolge im Lehrplan ist fest vs. flexibel
Organisation der Schule	Schülerinnenkohorte im Kursverband vs. als Stufe Zu viele Schülerinnen pro Klasse vs. Aufteilen /Team-Teaching Entscheidung fällt die Fachschaft vs. individuell
Kooperation	Stressreduktion vs. zusätzlicher Aufwand
Dissemination	V. a. auf Personenebene

Gelingensbedingungen bzw. Hinderungsgründe werden in der Literatur auf ein verallgemeinerbares Abstraktionsniveau gehoben (u. a. Lipowsky & Rzejak, 2021; Sancar et al., 2021), auf dessen Basis das verwendete deduktive Kategoriensystem entwickelt wurde (vgl. 6.4.2). Die qualitative Inhaltsanalyse der Interviews ergab für einige Hauptkategorien ein einheitliches Meinungsbild, insbesondere *Lehrkräftefortbildung* und *Systemmerkmale*, während dieses in anderen Hauptkategorien recht heterogen war, v. a. mit Blick auf den *Innovationsgegenstand* und die *Organisation der Schule*. Gerade bei letzterem ist bedeutsam, dass die Heterogenität nicht zwischen den beiden Gruppen der Nicht- und Implementiererinnen besteht, sondern meistens in beiden Gruppen entsprechende Meinungen vertreten sind. Damit eine strikte Unterscheidung in Gelingensbedingung und Hinderungsgrund basierend auf den in dieser Arbeit dargestellten Ergebnisse schwierig:

- Beide Gruppen sind sich bei Gelingensbedingungen einig, bspw. Lehrplanpassung der Inhalte: Nicht-Implementiererinnen machen es trotzdem nicht.
- Beide Gruppen sind sich bei Hinderungsgründen einig, bspw. Zeitknappheit im Unterricht: Implementiererinnen machen es trotzdem.

Bei diesem verhältnismäßig gleichverteiltem Meinungsbild unter den beiden Gruppen Nicht- und Implementiererinnen sind zwei Sachen auffällig: Erstens präsentieren sich Gelingensbedingungen bzw. Hinderungsgründe in meiner Stichprobe in einem graduellen Verlauf, anstatt alleinstehender Argumente: Beispielsweise kann das Interesse am Thema persönlicher oder beruflicher Natur sein oder fehlen (vgl. 8.2.1.2). Auf diese Gradienten einzelner Einflussfaktoren gehe ich in den Abschnitten 8.2.1.1 bis 8.2.1.7 ein. Zweitens betrachten die Lehrkräfte meiner Stichprobe einzelne Gelingensbedingungen bzw. Hinderungsgründe nicht unabhängig voneinander. Den Einflussfaktoren (z. B. *Lehrplan*) werden teilweise Attribute zugeteilt (z. B. *inhaltliche Fülle* des Lehrplans) und diese werden miteinander in Beziehung gesetzt und gegeneinander abgewogen. Beide diese Feinheiten (Gradienten & Gegenüberstellung) gehen in einer strikten kategorienbasierten Darstellung von Einflussfaktoren verloren, wie sie in der Literatur üblich ist (Gräsel & Parchmann, 2004b; Lipowsky & Rzejak, 2021; Popova et al., 2022; Sancar et al., 2021). Diese zeigt sich auch in der Modelldarstellung von Einflussfaktoren: Beispielsweise werden diese in Lipowsky-Modell (2021) in Kästen zusammengefasst, um sie zu systematisieren (vgl. 2.2). Über Pfeilverbindungen werden Einflussrichtungen gezeigt, z. B. beeinflussen sich die Voraussetzungen der Teilnehmenden und der Schulkontext gegenseitig (Vgl. Lipowsky & Rzejak, 2021). Bei dieser Verallgemeinerung wird weder deutlich, welche Einflussgrößen sich tatsächlich beeinflussen, noch, wie diese zur Beurteilung anderer Einflussgrößen herangezogen werden. Anhand meiner Daten wird allerdings deutlich, dass gerade diese direkte Gegenüberstellung verschiedener Einflussgrößen von Lehrkräften bei der Meinungsbildung über Implementation entscheidend ist.

Die Abstraktion hat nicht nur diesen Detailverlust zur Folge, sondern birgt in der qualitativen Inhaltsanalyse auch Methodische Hürden. Das verdeutlicht die Kategorie *Personenmerkmale* (vgl. 7.2.2.2): Die deduktiven Unterkategorien *Selbstwirksamkeit* und *Autonomiebedürfnis* sind Konstrukte, die auf einem sehr hohen Abstraktionsniveau liegen und in Aussagen der Lehrkräfte häufig nur implizit aufgegriffen werden. Allerdings verlässt die Analyse so die reine Textebene und wird dadurch interpretativ. Teilweise können diese Interpretationen über Doppelkodierungen abgebildet werden, allerdings nicht immer. Dies gilt in ähnlicher Weise für *Überzeugungen & Werte*. Einige Überzeugungen und Werte konnten innerhalb dieser Kategorie valide definiert werden, bspw. die Bedeutsamkeit von Praxiseinheiten oder Authentizität (vgl. 7.2.2.2.1). Die induktive Erweiterung zeigte allerdings, dass Lehrkräfte beider Gruppen, Nicht- und Implementiererinnen, Kategorien unterschiedliche Attribute zuschreiben. Anders formuliert: Sie urteilen unterschiedlich, bspw. über die Flexibilität des Lehrplans. Entsprechend ist anzunehmen, dass hinter diesen Urteilen ebenfalls *Überzeugungen & Werte* stehen und diese von Personenmerkmalen, wie *Selbstwirksamkeit* und *Autonomiebedürfnis* beeinflusst werden. Dies deckt sich mit den Annahmen, die Lipowsky aus dem Angebots-Nutzungs-Modell der Unterrichtsqualität von Helmke auf die Lehrkräftefortbildungen übertrug (vgl. **Abbildung 1**): Lehrkräfte kommen mit bestimmten Voraussetzungen in die Fortbildung; u. a. Professionswissen, aber auch ihren Überzeugungen und Werthaltungen (Helmke, 2009; Lipowsky & Rzejak, 2021). Allerdings ergänzen meine Daten, dass die Überzeugungen und Werte von Lehrkräften nicht nur in Bezug auf die Fortbildung, sondern auch auf das Schulsystem, für einen Implementationserfolg bedeutsam sind.

Im Folgenden diskutiere ich die prominentesten Urteile, welche sich in meiner Stichprobe als Gradienten präsentieren und hinter denen vermutlich gewisse Personenmerkmale stecken, welche nicht explizit ausgedrückt werden.

8.2.1.1 Praxis ist wichtig vs. langweilig

Die Mehrheit meiner Stichprobe ist der Meinung, dass Praxiseinheiten im Unterricht wichtig sind und Schülerinnen diese motivierend finden (vgl. 7.2.2.2.1). Diese Einstellung entspricht dem OECD Kompetenzrahmen zur *scientific literacy* (OECD, 2023) und dem Zusammenhang dieser mit dem Bildungserfolg (Liou, 2021; Ma, 2022). Es gab nur eine Lehrkraft, die explizit angab Praxiseinheiten langweilig zu finden. Unter der Berücksichtigung, dass sich für qualitative Studien häufiger Interviewpartnerinnen finden, die grundsätzlich eine positive Einstellung zur Thematik haben (*Participation* und *Response Bias*, vgl. 8.1.2), ist es bewundernswert, dass diese Lehrkraft ihre Abneigung offen kommuniziert hat. Zum anderen könnte ihr Beispiel darauf hindeuten, dass es mehr Lehrkräfte gibt, die ohne eigenen Antrieb an Fortbildungen teilnehmen; sondern durch externen Druck, bspw. aufgrund eines Studienseminars im Referendariat (vgl. 7.2.2.3.2). Dadurch steht die Anregung zur Implementation schon von vornherein schwierigeren Bedingungen gegenüber. Dies steht Erkenntnissen bisheriger Forschung in so weit entgegen, dass eine kooperative Teilnahme an Fortbildungen nicht immer implementationsfördernd ist (Gräsel & Parchmann, 2004b). Andererseits stellt ein (Biologie-)Kollegium auch eine Wissensgemeinschaft dar, weshalb unterschiedliche Schwerpunktsetzung innerhalb der Fachschaft durchaus Vorteile haben kann.

Neben den beiden Extremen gibt es auch Abstufungen zu dieser Einschätzung, bei denen Lehrkräfte die „Wichtigkeit“ der Praxiseinheit abwägen. Dazu ziehen sie zum einen die Schülerinnen-Kohorte und zum anderen den Inhalt der Praxiseinheit heran. Die Frage, die sich die Lehrkräfte dabei stellen, ist, ob die Praxiseinheit für alle Schülerinnen wichtig bzw. interessant ist: z. B. um Einblicke ins Berufsfeld zu ermöglichen; oder nur für interessierte Schülerinnen: z. B. auf freiwilliger Basis oder in einem Wahlfach (vgl. 7.2.2.5.2). Letztere Differenzierungsmaßnahme beinhaltet in meiner Stichprobe eine enge Verknüpfung mit dem Aufwand der Implementation der DNA-Analysen. Deshalb kann diese Abwägung ggf. nicht allgemeingültig für Praxiseinheiten aus anderen MINT-Bereichen angenommen werden. Bei den abwägenden Überlegungen spielen auch die wahrgenommene *Authentizität* und die Beurteilung dieser eine Rolle: Während die meisten Implementiererinnen angeben, dass Misslingen der DNA-Analysen realistisch sei und zum praktischen Arbeiten dazu gehöre, gibt MAIR06 (vgl. 7.1.2.8) explizit an, dass sie nur Versuche machen möchte, die immer funktionieren. Hier könnte angezweifelt werden, inwieweit jederzeit funktionierende Experimente *authentisch* sind. Denn Praxiseinheiten können der Förderung eines authentischen Wissenschaftsverständnisses dienen (Jong et al., 2013; Otsetov, 2020; Windschitl, 2003).

Biologie gehört zu den angewandten Naturwissenschaften und ist entsprechend von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen geprägt (Nerdel, 2017b, S. 113 ff., 156). Um diese zu erlernen, bedarf es praktischer Durchführung, welche im Lehrplan innerhalb des Fachprofils explizit verankert ist (ISB, 2015). Außerdem erweitern sie die methodische Vielfalt des Unterrichts und sind damit ein Qualitätsmerkmal guten Unterrichts (Meyer, 2004). Entsprechend wäre es bedenklich, wenn Biologielehrkräfte Praxiseinheiten innerhalb ihres Unterrichts nicht umsetzen, weil sie diese als langweilig empfinden. Für die eine Lehrkraft meiner Stichprobe war ihr persönliches Desinteresse an der Praxis in Kombination mit ihrer Abneigung gegenüber dem Thema das ausschlaggebende Kriterium, die DNA-Analysen nicht in ihren Unterricht zu implementieren (vgl. MORE23 7.1.2.4). Hier schließt ein weiterer Gradient an: Die Ausprägung des persönlichen Interesses am Thema und der Praxiseinheit.

8.2.1.2 DNA-Analysen sind (nicht) interessant

Für meine Stichprobe konnte ich die gesamte Reihe von ausgeprägtem persönlichem Interesse über berufliches Interesse bis hin zu Desinteresse finden (vgl. 7.2.2.2.4). Im Gegensatz zum Desinteresse scheint das persönliche Interesse kein ausreichendes Kriterium für die Implementation der DNA-Analysen im Unterricht zu sein. Entsprechend kann das Interesse zwar als Einflussfaktor bestätigt werden, aber scheint kein hinreichendes Kriterium zu sein (Brühwiler et al., 2017). Allerdings ist zumindest in dieser Stichprobe eine Tendenz zur hohen persönlichen Begeisterung für das Thema bei den Implementiererinnen zu beobachten, was vermutlich auf den *selection bias* zurückzuführen ist (vgl. 8.1.2). Nichtsdestotrotz betonen einige Lehrkräfte vorrangig ihr *berufliches* Interesse an den Inhalten, z. B. HEJÜ15 vgl. 7.1.1.6, IREU10 vgl. 7.1.1.2, KADI05 vgl. 7.1.1.20. Hier wäre es reine Interpretation, ob *persönliches* (Des)Interesse vorliegt. Beispielsweise gab eine Lehrkraft (MAMI14, vgl. 7.1.2.1) an, die Inhalte „nicht uninteressant“ zu finden. Solche Aussagen, sowie die Betonung des *beruflichen* Interesses könnten maskierte Versionen von Desinteresse sein, die aufgrund sozialer Erwünschtheit erfolgen (vgl. 8.1.2). Bedeutsam hierbei ist, dass diese Lehrkräfte zwischen ihrer persönlichen und beruflichen Ebene unterscheiden. Entsprechend kann angenommen werden, dass sie dem Thema DNA-Analysen inhaltlich und praktisch eine gewisse Bedeutsamkeit für ihren Beruf zusprechen. Das ist ein wichtiger Schritt im Sinne des professionellen Handelns, das über die persönlichen Interessen und Ansichten hinausgeht (Bastian et al., 2002; Kuschel et al., 2020). Eventuell könnte das ein Hinweis auf das *Bewusstsein für didaktisches Potential* der DNA-Analysen sein (Vgl. Bastian et al., 2002). Diese Kategorie ist, ähnlich wie *Autonomiebedürfnis* und *Selbstwirksamkeit*, auf einem hohen Abstraktionsniveau mit wenigen expliziten Aussagen (vgl. 8.2.1). Argumentativ werden für die berufliche Bedeutsamkeit beide Bereiche der Fortbildung bzw. des Innovationsgegenstandes herangezogen: sowohl der Inhaltliche und der damit einhergehenden Lehrplanpassung (vgl. 7.2.2.5.2) als auch der Praktische. Letzteres schließt den Kreis von der inhaltlichen Ebene dieses Gradienten zum vorangegangenen mit explizitem Bezug zur Praxis (vgl. 8.2.1.1). Die Überzeugung, dass Praxiseinheiten im naturwissenschaftlichen Unterricht wichtig sind, und die wahrgenommene Lehrplanpassung könnten in Kombination das Bewusstsein für das didaktische Potential der DNA-Analyse darstellen. Dies könnte insbesondere unter Berücksichtigung der getroffenen Differenzierungsmaßnahmen gelten, die Praxiseinheit für interessierte Schülerinnen anzubieten. Allerdings ist diese Abwägung eng mit dem empfundenen Aufwand der Umsetzung verknüpft, sodass das abgefragte Schülerinneninteresse diesen rechtfertigen muss. Dies schließt nahtlos an den nächsten Gradienten an.

8.2.1.3 Die Inhalte der Fortbildung sind Allgemeinwissen vs. Spezialwissen

Die Grundlagen der biotechnologischen Methoden DNA-Extraktion, PCR und Agarose-Gelelektrophorese sind in den deutschen Lehrplänen festgehalten (z. B. ISB, 2015). Die praktische Durchführung dieser Grundlagenmethoden liegt im Rahmen der Unterrichtsgestaltung in der Verantwortung der Lehrkräfte. Dabei stehen sie vor der Herausforderung, dass die notwendigen Reagenzien und Geräte fehlen, was eine praktische Vermittlung verhindert (Borgerding et al., 2013; Hanegan & Bigler, 2009; Nerdel & Schöppner, 2021). Da für die Passung von Fortbildungsinhalten zum eigenen Unterricht der geltende Lehrplan herangezogen wird, wurde die Fortbildung speziell für den Lehrplan der Sekundarstufe II konzipiert (Darling-Hammond et al., 2009). Entsprechend sind diese Grundlagen gerade in Bezug auf die Abiturvorbereitung im Fach Biologie der Sekundarstufe II als Allgemeinwissen einzustufen. Viele Nicht- und Implementiererinnen meiner Stichprobe

schließen sich dieser Argumentation an. Implementiererinnen ziehen daraus den Schluss, dass die Implementation für alle Schülerinnen wichtig ist (vgl. 7.2.2.5.3, 8.2.1.3, 8.2.2.2). Hierbei gibt es sogar Lehrkräfte, die für die Implementation der DNA-Analysen Schülerinnen einer Stufe einbeziehen, die Biologie nicht gewählt haben (vgl. 7.4.4.1). Nicht-Implementiererinnen ziehen aus der Argumentation den Schluss, dass *wenn* sie die DNA-Analysen implementieren würden, wollten sie es für alle machen. Allerdings beziehen sich dann auf andere Implementationshürden, v. a. Zeitmangel durch vollen Lehrplan. Diese enge Verknüpfung mit anderen Einflussfaktoren deutet auf ein bestehendes Referenzsystem der Lehrkräfte. Dieses deutete sich bereits während der induktiven Erweiterung an (vgl. 7.2.2.1.7, 7.2.2.2.7, 7.2.2.3.5) und wird in Abschnitt 8.2.1.9 detailliert aufgearbeitet. In beiden Gruppen wird betont, dass sie die Möglichkeit zur Ausleihe gut finden, wobei nur Implementiererinnen diese nutzen. Implementiererinnen untermauern ihre Ansicht der Inhalte als Allgemeinwissen oft durch den ermöglichten Einblick in damit verbundene Berufsfelder. Dies ist im Sinne der Bildungsziele ebenfalls im Lehrplan verankert (z. B. ISB, 2015) und im Kompetenzrahmen der *scientific literacy* enthalten (OECD, 2023).

Demgegenüber stehen Lehrkräfte beider Gruppen, die Inhalte und Praxis stärker getrennt voneinander betrachten. Mit einer Ausnahme (ROGÜ07, 7.1.2.2) sehen diese Lehrkräfte zum Großteil die Verknüpfung mit dem Lehrplan auf der Inhaltsebene, stellen allerdings in Frage ob die Praxis-einheit notwendig ist. In diese Überlegungen fließt häufig die Beurteilung mit ein, wie wichtig Praxiseinheiten sind (vgl. 8.2.1.1). Hier stufen die Lehrkräfte dann die konkrete Durchführung von DNA-Analysen mit dem praktischen „Handling“ als Spezialwissen ein, das nicht für alle Schülerinnen relevant ist. In diesem Kontext könnte diese Einschätzung ein Hinweis für ein fehlendes oder eingeschränktes *Bewusstsein für das didaktische Potential* der DNA-Analysen sein (Vgl. Bastian et al., 2002).

Alle drei vorangegangenen Gradienten (Praxis wichtig, Thema interessant und Allgemeinwissen) haben einen starken Bezug zur *Lehrkräftefortbildung* und dem darin präsentierten *Innovationsgegenstand*. Die Übertragbarkeit auf andere Kontexte könnte allerdings stark eingeschränkt sein. Auf diese gehe ich unter 8.3 genauer ein.

Die folgenden drei Gradienten (Universitätsniveau, Begleitmaterial und Routine) wurden zwar auch in diesem Kontext von Lehrkräften vorgebracht, könnten allerdings neben dem persönlichen Urteil auch Hinweise auf *Personenmerkmale* liefern und damit gegebenenfalls eine höhere Allgemeingültigkeit mit sich bringen.

8.2.1.4 Universitätsniveau der Fortbildung ist (nicht) gut

Dieser Gradient hat über die Voraussetzung der Dozentin einen direkten Bezug zu Lipowskys' Modell, da diese das Fortbildungsangebot gestaltet (vgl. **Abbildung 1**) (Lipowsky & Rzejak, 2021). Die Fortbildung wurde von einer Universität ausgerichtet und gehört damit zu den externen Fortbildungen durch Expertinnen (Popova et al., 2022). Die Dozentin der Fortbildung bestimmt deren Aufbereitung und damit auch die verfügbare Lernzeit sowie Lerngelegenheit für Lehrkräfte (Burkhardt & Schoenfeld, 2016).

Wenige Lehrkräfte meiner Stichprobe äußerten sich direkt über die Expertise der Dozentin und heben diese positiv hervor. Obwohl insgesamt die Meinung herrscht, die Fortbildung sei sehr gut, teilweise ohne genauere Spezifikation (vgl. 7.2.2.3.1), gibt es heterogene Äußerungen zu dem

Niveau der Inhalte der Fortbildung. Auf der einen Seite stehen Lehrkräfte beider Gruppen, Nicht- und Implementiererinnen, die das universitäre Niveau der Fortbildung positiv hervorheben (vgl. 7.2.2.3.1). Demgegenüber stehen Lehrkräfte ebenfalls aus beiden Gruppen, welche die fachliche Tiefe für die Umsetzung an der Schule übertrieben fanden (vgl. 7.2.2.3.1). Letzteres ist direkt mit dem Wunsch verbunden, didaktisches Begleitmaterial auf dem Niveau für Schülerinnen zur Verfügung gestellt zu bekommen (vgl. 7.2.2.3.4).

Insgesamt könnte dieser Gradient stellvertretend für die *Übertragbarkeit* der Fortbildungsinhalte auf den Unterricht stehen. Durch das hohe fachliche Niveau kann die Aufbereitung der Fortbildung nicht ohne Weiteres für den Unterricht mit Schülerinnen übernommen werden. Die fachliche Tiefe diene im Rahmen der Fortbildungskonzeption dazu Lehrkräften eine inhaltliche Auswahl zur Verfügung zu stellen, damit sie aus dieser adaptiv für ihren Unterricht und ihre Schülerinnen-Kohorte passende Inhalte und Tiefe wählen können (Burkhardt & Schoenfeld, 2016; Gräsel et al., 2020). Nicht alle Lehrkräfte scheinen dies als implementationsförderlich wahrzunehmen, was direkt auf den nächsten Gradienten überleitet.

8.2.1.5 Didaktisches Begleitmaterial ist für Schülerinnen (nicht) geeignet

Die Fortbildung wird von einem umfangreichen Materialenkatalog (vgl. 6.1) begleitet, der auch Erklärvideos und Bilder im Rahmen einer Creative Commons Lizenz¹³ beinhaltet (Schöppner et al., 2023). Diese Materialien können durch Lehrkräfte adaptiert werden, was neben der Verfügbarkeit von didaktischem Begleitmaterial ebenfalls als Gelingensbedingung gilt (Arias et al., 2017; Bergqvist & Bergqvist, 2017). Aus der Literatur ist bekannt, dass Materialien vor allem von Referendarinnen unreflektiert übernommen werden (Gassmann, 2012).

Acht Lehrkräfte wünschen sich Material auf dem Niveau von Schülerinnen (sechs Implementiererinnen). Diese decken eine umfangreiche Spannweite an Berufserfahrung ab: min = 4 Jahre, max = 26 Jahre, M = 14 Jahre. Diese Wünschäußerung kann nicht mit der unreflektierten Übernahme gleichgesetzt werden. Allerdings könnte sich hier die eigene Materialienerstellung als Hinderungsgrund präsentieren, da sie den *Aufwand* der Implementation erhöht (*Generalisierbarkeit*, vgl. 8.1.1).

Trotzdem steht diese Wünschäußerung im Gegensatz zu Lehrkräften, welche die Erstellung entsprechenden didaktischen Materials für ihre Schülerinnen und ihren Unterricht in ihrer Verantwortung sehen und sich explizit kein weiteres Material wünschen (vgl. 7.2.2.1.6). Des Weiteren beinhaltet Unterrichtsvorbereitung in der Regel den Aufwand der Materialerstellung für die Schülerinnen. Eine passende Auswahl an zur Verfügung stehenden Materialien für den eigenen Unterricht und die eigene Schülerinnen-Kohorte zu treffen oder diese neu zu kombinieren, gehört zu dem Professionswissen der Lehrkräfte (Kunter et al., 2011; Neuhaus, 2021).

Innerhalb meiner Stichprobe gibt es in Bezug auf die Eignung des verfügbaren Begleitmaterials für Schülerinnen zwei Lager, welche sich nicht mit den beiden Gruppen Nicht- und Implementiererinnen decken. Erwähnenswert hierbei ist, dass Aussagen von Nicht-Implementiererinnen über die Eignung des Materials für Schülerinnen nur hypothetischer Natur sind, da diese das Material nicht tatsächlich mit ihren Schülerinnen verwendet haben. Der Gradient verläuft von ungeeignet über die Eignung einzelner Teile, bspw. Flussdiagramme, bis hin zur umfangreichen Anpassung (vgl.

¹³ Online Auftritt der Creative Commons (CC) Non-Profit-Organisation: <https://de.creativecommons.net/> (aufgerufen: 22.10.2024, 11:00).

7.2.2.1.6). Dabei zählt das neue Zusammenfügen von bestehenden Materialien bereits zur postulierten Adaptierbarkeit (Bergqvist & Bergqvist, 2017). Die meisten Lehrkräfte meiner Stichprobe schildern den Umfang und die tatsächliche Vorgehensweise der Materialentwicklung bzw. -nutzung nicht detailliert.

Die Einschätzung über der Eignung des Materials könnte ein Hinweis darauf sein, welche Kompetenzen die Lehrkräfte ihren Schülerinnen zusprechen. Ähnlich könnte die Einschätzung über das fachliche Niveau der Fortbildung (vgl. 8.2.1.4) ein Hinweis darauf sein, wie sicher sich die Lehrkräfte in ihrem eigenen Kompetenzbereich fühlen. Letzteres könnte ebenfalls mit dem nachfolgenden Gradienten zusammenhängen.

8.2.1.6 Routine vs. Abwechslung

Wenn Lehrkräfte die Lerngelegenheit selbst als Lernende durchlaufen, gilt das im Sinne des pädagogischen Doppeldeckers als implementationsförderlich (Wahl, 2013, S. 64ff). Diese Möglichkeit in Bezug auf die Praxiseinheit wurde von einigen Lehrkräften positiv hervorgehoben (vgl. 7.2.2.3.1). Für die Implementation der DNA-Analysen in den eigenen Unterricht müssen die Lehrkräfte ihre Schülerinnen praktisch anleiten (vgl. 6.1). Dieser Vorstellung begegnen die Lehrkräfte meiner Stichprobe heterogen: Die einen fühlen sich durch die Fortbildung gut auf die Umsetzung mit Schülerinnen vorbereitet. Die anderen fühlen sich nicht ausreichend vorbereitet. Alle Lehrkräfte, die sich nicht gut vorbereitet fühlen, sind Nicht-Implementiererinnen. Diese Lehrkräfte untermauern ihr Gefühl mit der eigenen Unsicherheit Schülerinnen praktisch anzuleiten. In diesem Kontext sprechen einige von fehlender Routine. Dies deckt sich mit der Annahme aus der Literatur, dass langfristige Fortbildungsangebote implementationsfördernd sind, wenn sie Lehrkräften zwischenzeitig die Möglichkeit geben, das Erlernte im Unterricht zu erproben (Dunst et al., 2015; Popova et al., 2022; Timperley, 2007). Eine Nicht-Implementiererin begegnete dieser fehlenden Routine mit wiederholter Teilnahme an der Fortbildung, implementierte allerdings weiterhin nicht (ROGÜ07, vgl. 7.1.2.2).

Unter den Lehrkräften, die sich gut vorbereitet fühlen, sind beide Gruppen, Nicht- und Implementiererinnen, vertreten. Entsprechend scheint eine wahrgenommene gute Vorbereitung auf die Umsetzung mit Schülerinnen kein hinreichendes Kriterium für eine anschließende Implementation zu sein. In meiner Stichprobe ist die Mitte innerhalb dieses Gradienten stark ausgeprägt: Diese Lehrkräfte relativieren ihre wahrgenommene gute Vorbereitung durch abschwächende Formulierungen und gehen im Anschluss auf mögliche Strategien ein, um mehr Sicherheit zu gewinnen. Dabei beziehen sich einige Lehrkräfte aus beiden Gruppen auf das didaktische Begleitmaterial, in dem sie alles Relevante Nachlesen könnten (vgl. 7.2.2.1.6). Interpretativ wäre hier eine Verknüpfung des wahrgenommenen Nutzens mit der Wahrnehmung der inhaltlichen Tiefe möglich (vgl. 8.2.1.4). Implementiererinnen gehen darüber hinaus auf zwei Strategien ein: Erstens die Möglichkeit, sich zusätzliches Material für einen Probelauf unter Lehrkräften auszuleihen (vgl. 7.2.2.6.2 und REGU14 7.1.1.7); Zweitens sich personelle Unterstützung während der Implementation mit Schülerinnen zu holen, bspw. Team-Teaching (vgl. 7.2.2.6.4, 7.3.6). Letzteres spielt auch im nachfolgenden Gradienten zur Kooperation eine Rolle (vgl. 8.2.1.7). Zwei Lehrkräfte zweifeln explizit an, dass man sich innerhalb einer Fortbildung auf die Umsetzung mit Schülerinnen vorbereiten könne. Sie betonen, dass man solche innovativen „Dinge“ einfach mal gemacht haben muss, damit

man im Nachhinein einschätzen kann, wie diese ablaufen (vgl. URER23, 7.1.2.19 , Nicht-, DAPE04, 7.1.1.19 , Implementiererin).

Unter Rückbezug zu dem Vorteil längerer Fortbildungsangebote mit zwischengeschalteten Übungsmöglichkeiten im eigenen Unterricht (Timperley, 2007) kann für unser einmaliges Fortbildungskonzept folgender Schluss gezogen werden: Einige Lehrkräfte sind in der Lage Übungsmöglichkeiten für sich selbst zu gestalten. Diese Lehrkräfte scheinen eine gewisse Toleranz gegenüber eigenen Fehlern bei der erstmaligen Durchführung zu haben. Damit geht auch ihre Annahme einher, dass sie mit wiederholter Umsetzung automatisch Routine gewinnen werden. In einem Fall gingen die Lehrkräfte einer kooperativen Fachschaft sogar so weit und wiederholten die Teilnahme an der Fortbildung, in welche sie ihre Erfahrungen aus der Implementation mitbrachten (vgl. 7.4.4.1). Dies deutet daraufhin, dass diese Lehrkräfte das Fortbildungsprogramm eher als Unterstützungssystem anstatt als einmalige Veranstaltung wahrnehmen und aktiv Hilfe von diesem einfordern. Dies spricht dafür, dass die Attraktivitätssteigerung einer erneuten Teilnahme durch thematische Variation einen weiteren Vorteil hat (Spiteri & Chang Rundgren, 2020; Timperley, 2007): Dadurch, dass eine wiederholte Teilnahme ermöglicht wird, können Lehrkräfte diese zur Reflexion eigener Implementationserfahrungen nutzen, ohne dass dies explizit vom Fortbildungsprogramm intendiert war. Hier spielt ggf. auch hinein, dass Implementierenden über die Ausleihe erneuten Kontakt zur Dozentin hatten und damit ggf. eine intensivere professionelle Beziehung aufbauen konnten, als es bei der Begegnung innerhalb einer einmaligen Fortbildung möglich wäre. Die Bedeutsamkeit von professionellen Beziehungen ist bereits aus dem Kontext schulübergreifender Kooperation bekannt (U. Hartmann et al., 2021).

Allerdings kann man diesen Gradienten noch bis zu der Beurteilung von gewonnener Routine erweitern. An dieser Stelle kann man die Implementierenden, die durch wiederholte Implementation Routine gewonnen haben, in zwei Gruppen einteilen: Auf der einen Seite stehen Implementierenden, die mit dieser Routine zufrieden sind und diese neu gewonnene Komfortzone nicht ausdehnen wollen. Auf der anderen Seite stehen Implementierenden, die das Angebot der thematischen Variation auch für sich selbst nutzen und sich explizit eine Erweiterung davon wünschen (vgl. 7.2.2.3.4): Während also einige Routine als einen erstrebenswerten Zustand empfinden, betiteln andere sie als langweilig (vgl. CHJO28 7.1.1.14, MAHE12 7.1.1.3. Im Sinne der nachhaltigen Verstetigung von innovativen Fortbildungsprogrammen ist das ein neuer Aspekt: Die thematische Vielfalt dient nicht nur der Adaption an den eigenen Unterricht, sondern kann auch das Interesse einiger Lehrkräfte aufrechterhalten. Dadurch kann eine unterrichtliche Innovation über einen längeren Zeitraum für Lehrkräfte relevant bleiben. Dies erweitert die Gelingensbedingungen eines spezifischen fachlichen Fokus einer Fortbildung (Vgl. Lipowsky & Rzejak, 2021). Allerdings könnte dieser direkt von bestehenden Kooperationsstrukturen an der jeweiligen Schule abhängig sein: Kooperierende Lehrkräfte sind risikobereiter (Spiteri & Chang Rundgren, 2020). Alle Lehrkräfte, die diese Vielfalt für sich selbst wollen, kooperieren bei der Implementation mit Kolleginnen oder der gesamten Fachschaft.

8.2.1.7 Kooperation vs. Autonomiebedürfnis

Insgesamt ist das berichtete Kooperationsverhalten innerhalb meiner Stichprobe sehr heterogen:

An dem einen Ende lehnen Lehrkräfte Kooperation bei der Implementation der DNA-Analysen vollständig ab und empfinden diese als zusätzliche Implementationshürde (vgl. 7.2.2.6.1). Dies

begründen sie vor allem über notwendige Absprachen, welche den Aufwand erhöhen, aber auch über den eigenen Unterrichtsstil, der mit Kolleginnen nicht vereinbar ist (vgl. 7.2.2.6.1). Hinter beidem könnte ein ausgeprägtes *Autonomiebedürfnis* stehen, welches nicht explizit benannt wird (vgl. 6.4.2, 8.2.1). Die Möglichkeit zur vollständigen Autonomie von Lehrkräften beim Unterrichten ihrer Kurse wurde bereits als hinderlich für Kooperationsverhalten beschrieben (Lortie, 2020, S. 166 ff, 209ff). Allerdings gibt es auch Studien, die Autonomiebedürfnis durch strukturellen Rahmenbedingungen erklären, anstatt diese den persönlichen Einstellungen zuzuordnen (Köker, 2013; Soltau et al., 2012). Für meine Stichprobe ist festzustellen, dass manche Lehrkräfte die Absprachen mit Kolleginnen als Hürde empfinden. Inwieweit diese Aussage persönlicher Natur oder auf soziale und strukturelle Begebenheiten an der Schule zurückzuführen ist, bleibt an dieser Stelle allerdings unklar.

An dem anderen Ende kooperieren Lehrkräfte nicht nur intern, sondern auch schulübergreifend, um sich so die Implementation der DNA-Analysen zu erleichtern (vgl. 7.2.2.6, 7.4.2). Dabei variiert die Intensität der Kooperation von Absprachen zur Synchronisation der Ausleihe bis hin zur Ko-Konstruktion von Unterrichtseinheiten (vgl. 7.2.2.6, 7.4.4.1). Da einige Lehrkräfte explizit für die Implementation der DNA-Analysen kooperieren, zeigt sich hier die bekannte Kontextabhängigkeit von Kooperationsverhalten (U. Hartmann et al., 2021; Holtappels et al., 2011)

Die Nutzung von Kooperation zur Minimierung von Implementationshürden wurde bereits in vorangegangenen Gradienten zur *Routine* deutlich (vgl. 8.2.1.6) deutlich. Dies schließt sich an bestehende Forschung zur Kooperation an, da diese von den Lehrkräften als nützlich angesehen werden muss (Baum, 2014, S. 250). Neu ist, dass Lehrkräfte meiner Stichprobe diese Wirkung bzw. Nützlichkeit von Kooperation für die Implementation im Anschluss neu beurteilen. Manche Lehrkräfte meiner Stichprobe, die ihrer fehlenden Sicherheit beim praktischen Anleiten von Schülerinnen mit Unterstützung von Kolleginnen begegnet sind, lehnen eine erneute kooperative Umsetzung ab. Bei dieser Re-Evaluation argumentieren sie dann genauso wie die Lehrkräfte meiner Stichprobe, die Kooperation von vornherein als Mehraufwand einschätzten (vgl. 7.2.2.6.1, 7.4.4). Keine Lehrkraft sagt es explizit, trotzdem könnte hier angenommen werden, dass das einmalige begleitete Üben der Implementation ausreichte, um die gewünschte Routine zu generieren und dadurch das Unterstützungssystem Kooperation obsolet macht. Es gibt auch den umgekehrten Fall in meiner Stichprobe: Lehrkräfte, die alleine implementiert haben, würden bei einer Wiederholung lieber kooperativ implementieren. Hierbei argumentieren sie ähnlich zu Nicht-Implementiererinnen über den Stress beim praktischen Anleiten von Schülerinnen (vgl. 7.2.2.6.1). Zieht man hier eine Querverbindung zwischen den Interviews, könnte man sagen, dass sich für diese Implementiererinnen die Befürchtung der Nicht-Implementiererinnen einer zu stressigen und aufwendigen praktischen Umsetzung mit Schülerinnen bestätigt hat, und sie nach dieser Erfahrung doch auf Kooperation als Unterstützungssystem zurückgreifen wollen.

In meinen Daten gibt es zu jedem dieser Wechselszenarien nur ein Fallbeispiel. Bei den anderen Aussagen zu dem veränderten Urteil über kooperative Implementation handelt es sich nur um hypothetische Pläne, da diese zum Zeitpunkt der Studie noch nicht umgesetzt wurden. Hierbei ist allerdings interessant, dass die Schule der einen Lehrkraft, die angab, es nur noch alleine machen zu wollen, im Anschluss an diese Interview-Studie für die gesamte Oberstufe auslieh (GAGE26, vgl. 7.1.1.5). Entsprechend bleibt unklar, ob tatsächlich nach dieser geänderten Meinung gehandelt

wird (vgl. 8.1.2) und ob eine erneute Implementation mit anderem Kooperationsmodell erneut zu einer Re-Evaluation führt. Zumindest finden sich dafür Ansätze in dem Fallbeispiel, indem die Fachschaft ihr empfundenes Stresslevel während der Implementation im Anschluss reflektiert und für das Folgejahr Anpassungen vornimmt (vgl. 7.4.4.1). Diese Annahmen passen in die bestehende Literatur. Guskey (2002) stellte in seiner Reihung der Wirkungskette von Lehrkräftefortbildung die Kognition nach dem Handeln. Obwohl Desimone (2009) und Lipowsky (2019) betonen, dass die von ihnen gewählte Reihenfolge nicht empirisch bestätigt ist und keiner Hierarchie entspreche, wird in den Modellabbildungen die veränderte Kognition von Lehrkräften in Anschluss an die Fortbildung und das Handeln im Unterricht nachgeordnet dargestellt (vgl. **Abbildung 1**). Dies folgt der Argumentationslinie, dass die Fortbildung Lehrkräfte anregt, ihr Verhalten zu ändern, sodass die Fortbildung über Lehrkräfte als Distributoren das Lernen von Schülerinnen verbessern kann (Lipowsky & Rzejak, 2021; Sancar et al., 2021). Grundsätzlich gibt es für diese Argumentationslinie gute Gründe, bspw. über den *Reasoned Action Approach (RAA)*, welcher für die Implementation von Innovation schon häufig bestätigt wurde (vgl. 2.4.1) (Albarracín & Johnson, 2019; Teo et al., 2016). Allerdings wurde bereits die Bedeutsamkeit des Übens im Kontext von Lehrkräftefortbildungen erkannt, welche sich in Empfehlungen über die *Dauer* (Timperley, 2007), die Etablierung *professioneller Lerngemeinschaften* (Stegmann et al., 2022) und *design based research* Ansätzen (Seufert, 2015) äußert. Zusätzlich finde ich in meinen Daten Ansätze, dass Lehrkräfte in Anschluss an die Fortbildung ihre Kognition nicht abschließend gebildet haben (vgl. 7.2.2.1.1, 7.2.2.2.1) und manche trotzdem handeln. Es scheint, als wollten sie die Implementation erst „ausprobieren“, bevor sie sich endgültig entscheiden. Im Sinne des RAA stehen hinter diesem Handeln als Übung gewisse Überzeugungen (vgl. 2.4.1, **Abbildung 3**); inwieweit diese allerdings durch die Fortbildung angeregt wurden oder die Lehrkräfte mit diesen bereits in die Fortbildung kamen, kann auf meiner Datenlage nicht abschließend geklärt werden. Es gibt allerdings Hinweise, dass vorab vorhandene Überzeugungen und Werte die Grundlage für die initiale Implementation der DNA-Analysen mit Schülerinnen legen, bspw. Praxis ist wichtig und eine gewisse Toleranz gegenüber Fehlern (vgl. 7.2.2.2.1, 7.2.2.1.1).

8.2.1.8 Kein Unterschied zwischen Gelingensbedingungen und Implementationshürden

Mit meiner ersten Forschungsfrage (1a) zielte ich auf eine Liste an Argumenten, die ich in Gelingensbedingungen und Implementationshürden einteilen könne. Anhand dieser sollte Verbesserungspotential für das bestehende Fortbildungskonzept aufgedeckt werden und tiefere Einblicke in mögliche Verflechtungen der Argumente untereinander gewonnen werden.

Insgesamt bestätigen meine Ergebnisse die bekannten Einflussfaktoren, z. B. Zeitmangel und Lehrplanpassung (u.a. Gräsel & Parchmann, 2004b; Vollstädt et al., 2013). Auf diesen basierte mein deduktives Kategoriensystem (vgl. 6.4.2). Bereits auf Ebene der Hauptkategorien ist auffällig, dass die Argumente zwischen Nicht- und Implementiererinnen beinahe gleichermaßen auftreten (vgl. 7.2.1, **Abbildung 9**). Allerdings äußerte sich hierbei das Problem, dass einige postulierte Einflussfaktoren auf einem hohen Abstraktionsniveau liegen und nicht in dieser Form von Lehrkräften ausgedrückt werden, u. a. *Selbstwirksamkeit*, *Autonomiebedürfnis*, *Bewusstsein für didaktisches Potential* (vgl. 7.2.2.2, 7.2.2.2.2, 7.2.2.1.2). Durch dieses hohe Abstraktionsniveau können außerdem keine Ausprägungen abgebildet werden, welche die oben vorgestellten Gradienten zeigen. Durch die induktive Erweiterung kann ich deduktiv ermittelte Einflussfaktoren durch spezifische Attribute

ergänzen, die im Kontext dieses Fortbildungskontextes gelten, bspw. Aufwand durch Ausleihe oder Wertehaltungen zu Praxiseinheiten (vgl. 6.1, 7.2.2.8).

Inwieweit Einflussfaktoren von Implementiererinnen (Gelingensbedingung) oder Nicht-Implementiererinnen (Implementationshürde) genutzt werden, ist Inhalt meiner Forschungsfrage (1b, 5.1). Auf Basis meiner Daten ist solch eine Aufteilung allerdings nicht möglich. Im Gegenteil kann ich auf Grundlage meiner Ergebnisse zumindest für diese Fortbildung (vgl. 6.1), diesen thematischen Kontext (vgl. 3.7, **Tabelle 2**) und diese Stichprobe (vgl. 6.2.2) anzweifeln, dass eine solche Aufteilung je möglich sein wird. Verdeutlicht werden soll dies an folgendem Beispiel:

Gelingensbedingung *Lehrplanpassung* (Darling-Hammond et al., 2009; Gräsel & Parchmann, 2004b): Die meisten Nicht- und Implementiererinnen sind sich einig, dass die praktischen DNA-Analysen in den Lehrplan passen, der Lehrplan der Oberstufe voll ist und dadurch die Zeit für Praxiseinheiten knapp ist. Implementiererinnen machen es trotzdem. Daraus könnte man schließen, dass die Lehrplanfülle die Implementationshürde und die Passung keine ausreichende Gelingensbedingung ist. Die Einflussgröße *Lehrplan* bleibt damit auf beiden Seiten vertreten, v. a., weil die Fülle des Lehrplans nicht von Fortbildungen verändert, sondern nur über die Passung adressiert werden kann.

In meiner Stichprobe gibt es zu fast jedem Einflussfaktor Beispiele beider Ausprägungen in beiden Gruppen oder die beiden Gruppen sind sich einig in Bezug auf den Einflussfaktor. Entsprechend muss ich den Schluss ziehen, dass keiner der Einflussgrößen an sich ein hinreichendes Kriterium für oder gegen die Implementation ist. Allerdings präsentieren sich die Gradienten (vgl. o.) und die enge Verknüpfung der Argumente untereinander in meiner Stichprobe so, dass weniger die Einflussgröße an sich, sondern viel mehr die Einstellung oder Einschätzung der Lehrkräfte in Bezug auf diese entscheidend ist. Dies könnte über die *wahrgenommene Verhaltenskontrolle* anschlussfähig zum RAA-Modell sein (Ajzen, 2012). Im Folgenden paraphrasiere ich Lehrkräfteaussagen überspritzt, um diese zu verdeutlichen:

- *Keine wahrgenommene Kontrolle*: Wahnsinn wie gut ihr die Materialien aufgearbeitet habt und dadurch DNA-Analysen im Schulkontext möglich werden, welche anschlussfähig an den Lehrplan sind, leider ist dieser so voll, dass man für Praxis keine Zeit im Unterricht hat, obwohl diese so wichtig wäre.
- *Wahrgenommene Kontrolle*: Die Chance zur Ausleihe ist großartig und ermöglicht endlich Praxiseinheiten in diesem Themenkomplex. Es wäre eine Schande diese Möglichkeit nicht zu nutzen, sodass ich die Lehrplanreihenfolge und die Zeit in meinem Unterricht an dieses Vorhaben anpasse.

Welche Aspekte des RAA-Modells tatsächlich innerhalb solcher Aussagen stecken, ist rein interpretativ. Zum einen gelten hier die Einschränkungen qualitativer Arbeiten, v. a. *Response bias* (vgl. 8.1.2). Zum anderen sind die Verhaltenskontrolle und Überzeugungen auch im RAA-Modell stark miteinander verbunden (Albarracín & Johnson, 2019). In der Psychologie und Sozialwissenschaft gelten Überzeugungen als relativ stabile Konstrukte (u. a. Ajzen, 2012) und werden in den Modellen der Wirksamkeit von Lehrkräftefortbildungen über den persönlichen Hintergrund abgebildet (bspw. Lipowsky & Rzejak, 2021). Aus vorangegangenen Studien ist bekannt, dass der Implementationsgrad direkt mit der Wertehaltung der Lehrkräfte zusammenhängt (Roehrig et al.,

2007). Die hier vorliegenden Daten bestätigen das nicht nur, sondern verdeutlichen wie grundlegend die Werthaltung die Wahrnehmung eines Einflussfaktors formt (vgl. 8.2.1.1, 8.2.1.2, 8.2.1.3, 8.2.1.4, 8.2.1.5, 8.2.1.6, 8.2.1.7). Im Sinne der Darstellung des persönlichen Hintergrundes im Angebots-Nutzungs-Modells (vgl. **Abbildung 1**) beeinflusst dieser in meiner Stichprobe also nicht nur initial die Teilnahme an der Fortbildung und Nutzung der angebotenen Lerngelegenheiten, sondern wirkt ebenfalls auf die postulierten Ebenen der Wirksamkeit von Fortbildung:

- **Ebene 1:** Reaktion der Lehrkräfte: Die Themen (Biotechnologie) und Inhalte (praktische) DNA-Analysen sind (un)interessant und passen (nicht) in den Lehrplan.
- **Ebene 2:** Kognition der Lehrkräfte: Praktisches Arbeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht ist wichtig (langweilig). Kooperation reduziert meinen Stress (nicht).
- **Ebene 3:** Die Fortbildung gibt mir die (nicht ausreichend) Möglichkeit, dies im Themenblock Molekulargenetik des Lehrplans umzusetzen.

Der Einfluss der Einstellung „Praxis ist wichtig“ auf Ebene 2 und 3 kann in meiner Stichprobe nicht trennscharf herausgearbeitet werden. Hierfür gibt es allerdings zwei interessante Fälle:

1. GAGE26 (vgl. 7.1.1.5) hat wiederholt an der Fortbildung teilgenommen, ohne zu implementieren. Sie drückt explizit aus, dass in ihren Augen die DNA-Analysen mit den thematischen Kontexten nicht in den FOS/BOS-Lehrplan passen, sie aber immer noch nach Möglichkeiten sucht sie anzugliedern. Gleichzeitig betont sie, wie wertvoll praktisches Arbeiten für Schülerinnen ist und sie deshalb wiederholt teilnimmt, um keine Neuerungen zu verpassen. Das könnte ein Paradebeispiel dafür sein, dass Fortbildungen die Kognition von Lehrkräften nicht verändern müsste, um Handlungen zu initiieren.
2. MAHU05 (vgl. 7.1.1.16), hat ihren Schülerinnen schon vor Teilnahme an der Fortbildung versprochen, mit ihnen praktische DNA-Analysen durchzuführen. Sie ist also nicht nur mit der Einstellung zur Fortbildung gekommen, dass Praxiseinheiten wichtig sind, sondern auch mit der Überzeugung, dass sie diese umsetzen kann oder die Fortbildung ihr schon ausreichend zeigen wird, wie das geht.

Diese beiden Fälle sowie die Gradienten der Einflussfaktoren verdeutlichen die enge Verknüpfung der Argumente untereinander. Aus der Unterrichtsforschung ist bekannt, dass kognitive, motivational und volitionale Lernvoraussetzungen bei Schülerinnen gelten (Weinert, 2002, S. 17 ff.). Diese könnten auf das Lernen von Lehrkräften übertragbar sein; ähnlich wie die Wirksamkeit von Unterricht auf Fortbildungen übertragen wurde (Helmke, 2009; Lipowsky, 2010). Allerdings gilt hier der entscheidende Unterschied, dass bei Lehrkräften das veränderte Handeln im Anschluss an eine Fortbildung im Vordergrund steht (Gräsel et al., 2006; Guskey, 2002; Lipowsky & Rzejak, 2021; Sancar et al., 2021), während es bei Schülerinnen meist um kognitive Leistungskontrollen geht (Lipowsky & Rzejak, 2021; Weinert, 2002).

Bei der engen Verknüpfung der Argumente ist auffällig, dass die Lehrkräfte meiner Stichprobe häufig auf die gleichen Begründungsmuster zurückgreifen (vgl. 7.2.2.1.7, 7.2.2.2.7, 7.2.2.3.5). Diese könnten einem eigenen Referenzsystem entsprechen.

8.2.1.9 Das Referenzsystem der Lehrkräfte beeinflusst die Gelingensbedingungen

Neben den graduell unterschiedlichen Beurteilungen verschiedener Einflussfaktoren durch die Lehrkräfte meiner Stichprobe fiel zusätzlich auf, dass sie an mehreren Stellen ähnliche Argumente heranziehen (vgl. 7.2.2.1.7, 7.2.2.2.7, 7.2.2.3.5). Diese ließen sich kaum durch Doppelkodierungen und Verknüpfungen zwischen den Kategorien abbilden. Ein Hauptgrund dafür ist, dass diese ähnlichen Argumente nicht in jedem individuellen Fall zu jedem Bereich des Kategoriensystems vorkommen. Trotzdem war die Kombination dieser Argumente über alle Interviews hinweg auffällig, weshalb ich diese hier detailliert aufgreife, um einen Abgleich mit dem Kategoriensystem zu ermöglichen. **Abbildung 15** zeigt das Zusammenspiel des Referenzsystems der Lehrkräfte meiner Stichprobe.

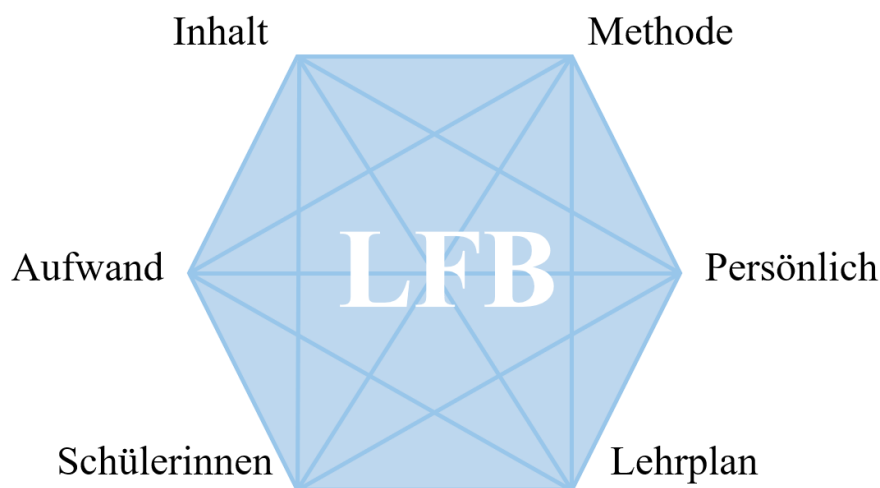


Abbildung 15: Referenzsystem der Lehrkräfte

Bei der Abwägung der Implementation praktischer DNA-Analysen in den Unterricht ziehen Lehrkräfte wiederholt dieses Referenzsystem heran: Durch die LFB wird Inhalt und Methode vorgegeben. Der Lehrplan definiert über die inhaltliche Passung auch die mögliche Schülerinnen-Kohorte. All diese Aspekte stehen mit einander in Beziehung und werden von den Lehrkräften beurteilt und gegeneinander abgewogen (priorisiert). Basierend auf diesen fünf Einflussfaktoren und deren gegenseitige Abhängigkeit ziehen Lehrkräfte den Schluss die DNA-Analysen (nicht) in den eigenen Unterricht zu implementieren. Eigene Darstellung

Im Zentrum des Referenzsystems (vgl. **Abbildung 15**) steht dabei die Fortbildung, da diese die Basis einer möglichen Implementation legt. Dabei trennen die Lehrkräfte die theoretischen **Inhalte** der Fortbildung von der praktischen Umsetzung (**Methode**). Beides wird anhand der Passung für die Lehrkraft (**Persönlich**), die **Schülerinnen** und in den **Lehrplan** beurteilt. In all diese Überlegungen der Lehrkräfte spielt der **Aufwand** eine Rolle. Auf Basis meiner Daten kann ich den Aspekten des Referenzsystems keine Hierarchien zuordnen. Es gibt aber einzelne Hinweise, dass bestimmte Aspekte des Referenzsystems wichtiger sind als andere und es bei dieser Gewichtung individuelle Unterschiede gibt.

- **Inhalt:** Die Inhalte werden durch die Fortbildung vorgegeben (*Adaption* durch Auswahl) und von Lehrkräften anhand der anderen Aspekte des Referenzsystems sowie deren Aufarbeitung beurteilt. Bei der Konzeption der Fortbildung (vgl. 6.1) wurde sich an aus der Forschung bekanntem Schülerinnen-Interesse innerhalb der Biotechnologie orientiert, welches zum Interesse der Lehrkräfte abweicht (Hagay & Baram-Tsabari, 2011).
- **Methode:** Auch diese ist durch die Fortbildung vorgegeben (*Adaption* durch Auswahl). Hier spielen didaktische Überzeugungen zur Bedeutung praktischer Unterrichtseinheiten eine Rolle; sowie die wahrgenommene Authentizität. Alle Aspekte des Referenzsystems beeinflussen das Urteil.

- **Persönlich:** Auf persönlicher Ebene liegen die eigenen Interessen und Ansichten in Bezug auf die anderen Aspekte des Referenzsystems. Hier werden allerdings auch persönliche Eigenschaften relevant, bspw. Annahme von Unterstützungssystemen (*Kooperation*) und Selbstsicherheit (*Routine*). Gerade das Interesse am Inhalt der Fortbildung könnte einen direkten Einfluss auf die *Akzeptanz* haben (Lipowsky, 2010; Vollstädt et al., 2013).
- **Schülerinnen:** Das Schülerinnen-Interesse, Einblicke in Berufsfelder und die Bedeutsamkeit im Sinne der Relevanz und Nutzen der Inhalte und Methoden für Schülerinnen spielt hier eine Rolle. Das Schülerinnen-Interesse wird meist nicht explizit abgefragt, sondern angenommen. Inwieweit die Lehrkräfte bei dieser Annahme auf ihre Berufserfahrung zurückgreifen oder von sich auf die Schülerinnen schließen, bleibt dabei unklar. Letzteres könnte irreführend sein, da sich das inhaltliche Interesse von Lehrkräften und Schülerinnen im Bereich der Biotechnologie unterscheiden (Hagay & Baram-Tsabari, 2011). Abfragen des Schülerinnen-Interesses ergeben sich häufig aus der Notwendigkeit heraus, den Aufwand für die Implementation zu rechtfertigen.
- **Lehrplan:** Dieser gibt die Schülerinnen-Kohorte, den thematischen und zeitlichen Rahmen vor. In Bezug auf **Persönlich** werden hier individuelle Unterschiede deutlich, v. a. *Flexibilität* der Themenreihenfolge.
- **Aufwand:** Dieser wird von allen Aspekten des Referenzsystems bestimmt und von Lehrkräften persönlich wahrgenommen. Hier zeigen sich Ansätze unterschiedlicher Gewichtung: Die Bedeutsamkeit für die **Schülerinnen** kann den **Persönlichen** Stress bei der Implementation überbieten.

Im Endeffekt finden sich alle Aspekte des Referenzsystems in der Literatur wieder (vgl. 2.3.5): *Beurteilung der Lehrkräfte in Innovationsgegenstand und Lehrkräftefortbildung* (Gräsel & Parchmann, 2004b; Zech et al., 2000), *didaktisches Potential* (Bastian et al., 2002), Personenmerkmale (Brühwiler et al., 2017; Kunter et al., 2011; Roehrig et al., 2007; Schwarzer & Jerusalem, 2002), *Systemmerkmale* (Schülerinnen-Kohorte, Lehrplan) (Lipowsky & Rzejak, 2021). Außerdem finden sich Ansätze wieder, die dem RAA-Modell zugeordnet werden können (vgl. 2.4.1, 8.2.1.8) (Albarracín & Johnson, 2019).

Auffällig ist das Argumente mit Bezug zum sozialen System an der Schule in meiner Stichprobe selten an mehreren Stellen herangezogen werden, um analog zu den oben genannten Aspekten zum Referenzsystem gezählt zu werden. Allerdings kann das soziale System die Entscheidung für oder gegen die Implementation über einen Fachschaftsentschluss maßgeblich bestimmen (vgl. 7.4.1.3.1). Des Weiteren berichtet eine Lehrkraft (IRAL01, vgl. 7.1.2.11) von Widerständen fachfremder Kolleginnen gegenüber der Biologie, da diese sich durch viele Aktivitäten auszeichne und die Implementation der DNA-Analysen das verschlimmere.

Zusammenfassend zeigen meine Ergebnisse, dass ein hohes Abstraktionsniveau der Einflussfaktoren zur Verschleierung der wahren Beweggründe für oder gegen eine Implementation führen kann. Die Beweggründe von Lehrkräften liegen sowohl in der Bewertung von Attributen der Einflussfaktoren als auch der Gewichtung dieser Faktoren zueinander. Dadurch können gleiche Begebenheiten zu einer anderen Schlussfolgerung bezüglich der Implementation führen.

8.2.2 Zweite Forschungsfrage: Handlungsmuster der Lehrkräfte

Meine zweite Forschungsfrage fokussierte die Handlungsschritte der Lehrkräfte von der Teilnahme an der Fortbildung (vgl. 7.4.1) bis hin zur Implementation der praktischen DNA-Analysen im Unterricht (vgl. 7.4.3). Dadurch sollten Einblicke in die Wirkungsweisen der postulierten Wirkungsebenen von Lehrkräftefortbildungen nach Lipowsky (2010) gewonnen werden (vgl.

Abbildung 1). Diese folgen der Logik, dass Fortbildungen durch eine initiale positive Reaktion der Lehrkräfte eine Veränderung ihrer Kognition anregen, wodurch sich ihr Handeln im Unterricht anpasst (Lipowsky & Rzejak, 2021). Die Wirkungsebenen sind trotz ihrer hierarchischen Anordnung nicht als solche zu verstehen und es gibt alternative Reihungen (Davis et al., 2017; Guskey, 2002).

Bei allen Modellen ist die Teilnahme an der Fortbildung der erste Schritt (Guskey, 2002; Lipowsky & Rzejak, 2021; Sancar et al., 2021). Interessanterweise bestätigt sich dies nicht für alle Lehrkräfte meiner Stichprobe. Eine Implementiererin hatte eine praktische Umsetzung der DNA-Analysen vor Teilnahme an der Fortbildung geplant (MAHU05, vgl. 7.1.1.16) und eine Nicht-Implementiererin lehnte eine praktische Umsetzung von vornherein ab (MORE23, vgl. 7.1.2.4). Hier könnte man auch noch den Fall von MAHE12 (vgl. 7.1.1.3) aufführen; diese nahm alleine an der Fortbildung teil und stellte die Inhalte dann in der Fachschaft vor (vgl. 7.2.2.4.6). Diese entschieden sich geschlossen für eine Umsetzung und nahmen dann gemeinsam an der Fortbildung teil (vgl. 7.4.4.1). Entsprechend hatten die anderen Mitglieder der Fachschaft, u. a. SYER18 (vgl. 7.1.1.4), bereits vor der Teilnahme die Implementation geplant.

Im Fall von MORE23 gelang es der Fortbildung nicht die vorgefertigte Meinung (Inhalte uninteressant, Praxis langweilig, 7.2.2.2.1) zu revidieren. Bei MAHE12 und SYER18 konnte die Fortbildung nicht weiter auf die Reaktion (**Ebene 1**) und Kognition (**Ebene 2**) wirken, außer diese zu bestätigen. Darüber hinaus gaben drei weitere Fälle an, die Fortbildung vorab im Kollegium besprochen zu haben; diese hatten allerdings noch keine konkreten Vorstellungen oder Pläne für die Implementation. Trotzdem kann man hierbei feststellen, dass diese initiale positive Einstellung bereits zur Teilnahme an der Fortbildung mitgebracht wurde und entsprechend nicht durch diese ausgelöst werden konnte bzw. musste.

Der Großteil der Stichprobe (33 von 39) verwies darauf, ohne konkrete Vorstellungen in die Fortbildung gekommen zu sein. Diese entsprechen damit der in der Literatur angenommenen Reihenfolge. Eine Lehrkraft (ANKL21, 7.1.1.10) fiel die Entscheidung zur Implementation während der Fortbildung (7.4.1.2). Diese Lehrkraft vereinbarte noch in der Fortbildung die Ausleihe des Equipments, was für eine hohe wahrgenommene Verhaltenskontrolle und Selbstwirksamkeit sprechen könnte (vgl. 8.2.1.8). Inwieweit sich Lehrkräfte meiner Stichprobe schon während der Fortbildung gegen eine Implementation entschieden blieb unbekannt. Zumindest einige Nicht-Implementiererinnen trugen die Inhalte der Fortbildung zur Diskussion in die Fachschaft und entschieden sich im Anschluss gegen die Implementation (vgl. 7.4.1.3, 7.2.2.4.6). Hierbei gibt es zwei interessante Fälle:

- RIWO15 (vgl. 7.1.2.12): Hier entschied sich die Fachschaft gegen die Implementation und die Lehrkraft ordnete sich dieser Entscheidung unter. RIWO15 gibt nicht explizit an, dass Sie die praktischen DNA-Analysen grundsätzlich praktisch umsetzen würde, hätte Sie die Möglichkeit zur Kooperation, sondern berichtet nur den Fachschaftsentschluss. Trotzdem weist das darauf hin, dass Kooperationsmöglichkeiten als Unterstützungssystem fehlen und damit zur Implementationshürde werden (vgl. 8.2.1.7).

- DIRA15 (vgl. 7.1.1.15): Auch hier entschied sich die Fachschaft gegen die Implementation. Die Lehrkraft ordnete sich dieser Entscheidung allerdings nicht unter (vgl. 7.4.1.4). Dies könnte ähnlich wie bei ANKL21 für eine hohe wahrgenommene Verhaltenskontrolle und Selbstwirksamkeit sprechen (vgl. 8.2.1.8). Außerdem scheint diese Lehrkraft nicht auf Kooperation als Unterstützungssystem angewiesen zu sein.

Während der Interviews gaben zwar einige Nicht-Implementiererinnen an, die Umsetzung noch geplant zu haben; inwieweit dies sozialer Erwünschtheit zugeschrieben werden kann, ist ebenfalls unbekannt (vgl. 8.1.2).

Abbildung 16 fasst die Handlungsschritte zusammen, die Implementiererinnen im Anschluss an die Entscheidung für eine Implementation durchlaufen.

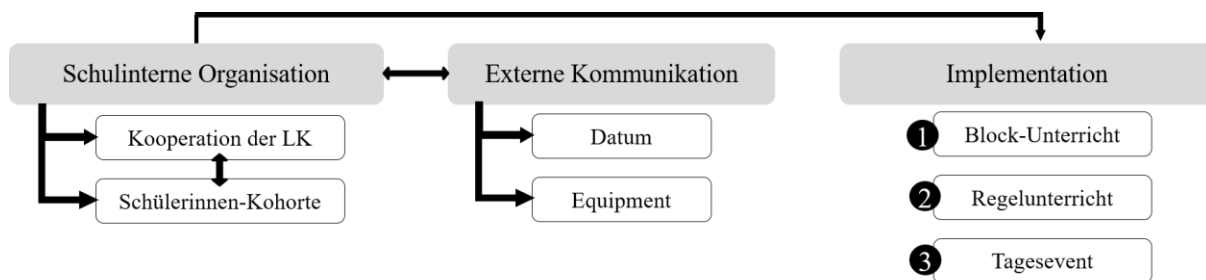


Abbildung 16: Ermittlung der Implementationsstrategie

Überblick der Handlungsschritte, die Implementiererinnen bis zur Implementation durchlaufen. Die Pfeile geben an in wie weit sich die einzelnen Schritte gegenseitig beeinflussen. Eigene Darstellung.

Vor der Implementation der DNA-Analysen in den Unterricht klären Lehrkräfte zum einen die schulinterne Organisation und sprechen sich extern mit und bezüglich der Ausleihe ab. Die Wahrnehmung, welche dieser beiden organisatorischen Ebenen das größere Bottleneck während der Planung darstellt, ist in meiner Stichprobe etwa gleichverteilt: Die Einen legen zuerst einen Termin mit uns fest, während die Anderen zuerst die interne Organisation klären und dann besagten Termin abfragen. Bei Letzterem berichtet eine Lehrkraft, dass sie zum gewünschten Termin kein Equipment erhalten konnten, verschob die Implementation allerdings entsprechend (IRDE16, vgl. 7.1.1.12). Dieses Szenario entspricht einer der Befürchtungen von Nicht-Implementiererinnen (vgl. 7.2.2.3.4, 7.2.2.1.3).

Innerhalb der schulinternen Organisation werden die Bedingungen für die Implementation geschaffen (vgl. 7.4.2). Während der Fortbildung wurden die DNA-Analysen in einer Art präsentiert, wie sie im regulären Unterricht (Doppelstunden) umgesetzt werden können. Diese direkte Verbindung der Inhalte mit dem Unterricht sollte der Reduktion möglicher Implementationshürden dienen, indem dargestellt wird, dass die Innovation mit der bestehenden Unterrichtspraxis in Einklang gebracht werden kann (Gräsel & Parchmann, 2004b; Yurtseven Avcı et al., 2020). Allerdings entschieden sich die meisten Lehrkräfte für eine andere Implementationsstrategie: *Blockunterricht*. Ob diese Implementationsstrategie auch unter allen Implementiererinnen die häufigste ist, oder hier aufgrund der ausgewählten Stichprobe zustande kam, kann an dieser Stelle nicht abschließend geklärt werden (vgl. 6.2.2). Allerdings hängen die gewählte Implementationsstrategie, *Blockunterricht*, *Regelunterricht* oder *Tagesevent*, stark von der internen Organisation ab. Dabei bilden die Entscheidungen über zwei Einflussgrößen Bottlenecks: *Kooperation* und *Schülerinnen-Kohorte*. Diese sind in **Abbildung 17** dargestellt.

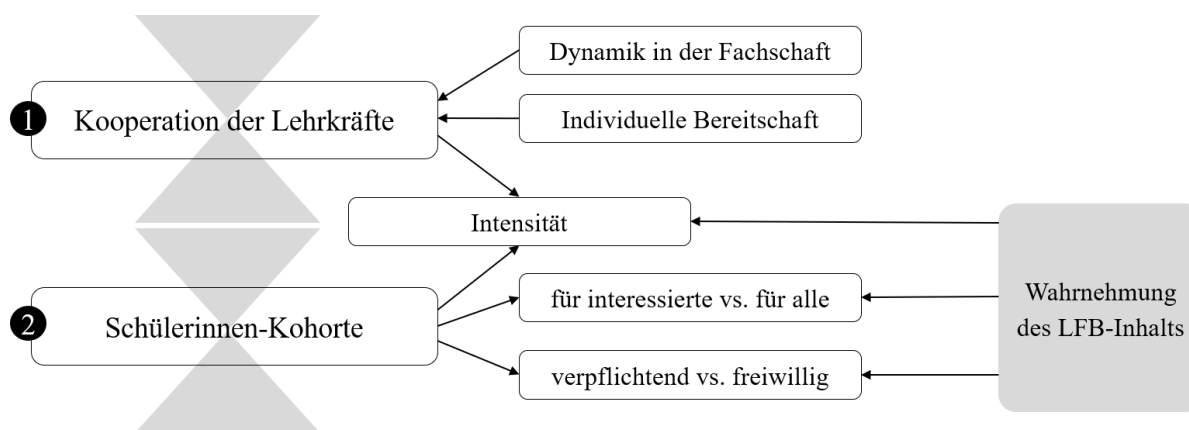


Abbildung 17: Bottlenecks der schulinternen Organisation

Sowohl die Entscheidung über die Kooperation, als auch die Schülerinnen-Kohorte bilden Bottlenecks bei der Planung der Implementation praktischer DNA-Analysen in den Unterricht und bestimmen damit maßgeblich die gewählte Implementationsstrategie. Eigene Darstellung.

Neben den beiden Bottlenecks sind auch Einflussgrößen gezeigt, die bei der Entscheidungsfindung bezüglich der Bottlenecks von Implementiererinnen herangezogen werden. An dieser Stelle finden sich häufig Argumente wieder, die im Rahmen der ersten Forschungsfrage herausgearbeitet wurden, z. B. ob die Fortbildungsinhalte für alle Schülerinnen relevant sind (vgl. 8.2.1).

All die herausgearbeiteten Schritte (vgl. **Abbildung 16**) fallen innerhalb der postulierten Wirkungsebenen unter **Ebene 3** Weiterentwicklung der Unterrichtsqualität (Lipowsky & Rzejak, 2021). Aufgrund der Argumentationslinie, dass verändertes Handeln der Lehrkräfte im Unterricht den Lernerfolg von Schülerinnen fördern kann, wird sich meist auf dieses unterrichtliche Handeln fokussiert (Lipowsky, 2010). Dabei werden Handlungen die Planung bzw. Organisation des Unterrichts betreffen nicht explizit eingeschlossen. Entsprechend ergänzen meine Daten diese Annahme über **Ebene 3**: Sie zeigen, dass notwendige Handlungsschritte für die Implementation von Innovationen über die tatsächliche Unterrichtssequenz, bzw. dem veränderten Handeln der Lehrkräfte innerhalb des geplanten Unterrichts hinausgehen. Aufgrund der Ausleihe und dem präparativen Aufbau der Praxiseinheit ist dieses Fortbildungskonzept speziell (vgl. 6.1). Trotzdem verdeutlichen diese Handlungsmuster, dass unterrichtliche Veränderung mit komplexem Agieren im Sozialsystem Schule zusammenhängen kann. Da dabei häufig Informationen zwischen Personen übertragen werden, können einige der Handlungsschritte als Austausch bezeichnet werden. Dies entspräche der einfachsten Form von Kooperation nach Gräsel (2006), sowohl schulintern, als auch extern. Während der Aushandlung beider Bottlenecks (vgl. **Abbildung 17**) beziehen sich die Implementiererinnen ebenfalls auf das Referenznetzwerk aus **Abbildung 15**. Auf diese Zusammenhänge gehe ich in den nächsten Abschnitten ein.

8.2.2.1 Bottleneck: Kooperation

Aus der Kooperationsforschung sind bereits positive Effekte eines gemeinsamen Handelns in der Schulgemeinschaft sowohl auf die Gesundheit der Lehrkräfte (Fussangel et al., 2010), als auch auf die Unterrichtsqualität (Holtappels et al., 2011) bekannt. Der Fall von RIWO15 (vgl. 8.2.2) zeigt, dass fehlende Kooperationsmöglichkeiten zu einer Implementationshürde werden kann. Im Gegensatz dazu könnte das Konzept der schulinternen Fortbildungen ein Hinweis auf Kooperation als Gelingensbedingung sein (vgl. 7.4.2, DAPE04 7.1.1.19, KADI05 7.1.1.20). Sie stellt eine Art Brücke von der Teilnahme an der offiziellen Fortbildung in Vorbereitung auf die Implementation dar und ist damit eine selbstgeschaffenen Übungsmöglichkeit außerhalb des eigenen Unterrichts.

Innerhalb meiner Stichprobe nutzen zwölf Implementiererinnen Kooperation als Unterstützungssystem bei der Implementation von DNA-Analysen, acht nicht (vgl. 8.2.1.7). Dabei gibt es zwei Lehrkräfte, die die Implementation an der eigenen Schule stark antreiben (MAHE12 7.1.1.3, IREU10 7.1.1.2). Im Sinne der Innovationsforschung könnten diese als *change agents* bezeichnet werden (Rogers E. M., 2003). Ähnliches gilt für alle Lehrkräfte, die Kooperation explizit als Unterstützungssystem nutzen. Sie regen Kooperation an, um sich selbst ein höheres Sicherheitsgefühl, während der Umsetzung zu geben. Damit könnten auch sie als *change agents* zählen. Denn sie bringen auch andere Kolleginnen dazu, die Praxiseinheit der DNA-Analysen umzusetzen. In einem Sonderfall trieb eine Lehrkraft (CHRO26) die Implementation an der eigenen Schule voran. Diese animiert allerdings nicht ihre Kolleginnen zum Mitmachen, sondern übernimmt interessanterweise die Praxiseinheit in fremden Klassen (vgl. 7.1.1.1). Unter den Nicht-Implementiererinnen gibt es einige (RIWO15, IRAL01, ANAN10), die sich eine Kollegin wünschen, die sich bezüglich der Implementation den Hut aufsetze oder hypothetisieren, dass sie selbst das sein müssten, damit das an der eigenen Schule klappt (vgl. 7.2.2.4.4). Diese drei Sonderszenarien von *change agents* könnten andeuten, dass ein *change agent* nicht universell Veränderungen und Innovationen vorantreiben muss, sondern zu einem wird, sobald ihn eine konkrete Innovation oder angestrebte Veränderung dazu bewegt. Diese kontextabhängige *change agent*-Rolle könnte als kontextabhängige Kooperation angesehen werden (U. Hartmann et al., 2021).

Insgesamt wird in meiner Stichprobe das Kooperationsverhalten bezüglich der Implementation praktischer DNA-Analysen sowohl von der individuellen Bereitschaft, als auch den herrschenden Dynamiken innerhalb der (Biologie-)Fachschaften beeinflusst. Darüber bedingt beides die mögliche Kooperationsintensität, deren Abstufungen ausführlich in den Ergebnissen präsentiert wurden (vgl. 7.3.6). Verschiedene Stufen der Kooperationsintensität wirken sich unterschiedlich auf die Schülerinnen-Kohorte aus.

8.2.2.2 Bottleneck: Schülerinnen-Kohorte

Aufgrund der engen Lehrplanpassung der Fortbildung, existiert an den meisten weiterführenden Schulen eine Schülerinnen-Kohorte, die sich für eine Implementation der DNA-Analysen eignet (vgl. 6.1) (Darling-Hammond et al., 2009). Dies wird auch von einigen Lehrkräften meiner Stichprobe wahrgenommen, sowohl von Nicht- als auch Implementiererinnen. Entsprechend beziehen diese meist eine ganze Jahrgangsstufe in ihre Implementationsüberlegungen mit ein (vgl. 7.4.3.3). Im Gegensatz dazu betrachten einige Lehrkräfte meiner Stichprobe nicht die gesamte Schülerinnen-Gemeinschaft, sondern fokussieren sich auf ihre eigenen Kurse. Damit wird das (fehlende) Unterrichten eines für die Implementation geeigneten Kurses ein eigener Einflussfaktor (vgl. 7.2.2.5.4). Entsprechend hat das Referenznetzwerk (vgl. **Abbildung 15**) bezüglich Schülerinnen zwei Ausprägungen: Eigene Schülerinnen und Schülerinnen der Schule. Das könnte ein Hinweis darauf sein, wie sich die Lehrkraft innerhalb des Systems Schule wahrnimmt: Ob alle oder nur ihre eigenen Schülerinnen in ihrer Verantwortung liegen.

Die Definition eines geeigneten Kurses variiert dabei: Während einige Lehrkräfte den regulären Biologieunterricht aufgrund der Lehrplanpassung als geeignet wahrnehmen, ordnen andere Lehrkräfte Praxiseinheiten in andere Kurse ein, bspw. das biologisch chemische Praktikum (ISB, 2015). Unter den Implementiererinnen gibt es mindestens Eine, die in einem solchen Kurs implementiert

hat (MAHU05, 7.1.1.16). Inwieweit diese auch im regulären Biologieunterricht implementieren würde ist unklar.

Neben der Einteilung der Schülerinnen nach eigenen Kursen und gesamte Jahrgangsstufe, werden diese nach Interessenslage differenziert. Die Einschätzung darüber ist eng mit dem Aufwand der Praxiseinheit und der Beurteilung des Inhalts verknüpft (vgl. 8.2.1.9). Hierbei gibt es einen Fall, in dem sich zwei Lehrkräfte zur kooperativen Umsetzung auf freiwilliger Basis für interessierte Schülerinnen zusammenschließen (RERU25, 7.1.1.13). Hier gibt es Hinweise, dass der kooperative Zusammenschluss nicht nur der eigenen Stressreduktion dient, sondern auch, um genügend interessierte Schülerinnen zu haben, damit sich die Implementation lohnt. Damit scheint es einen schmalen Grat zu geben, zwischen „zu viele“ Schülerinnen, bspw. pro Kurs (vgl. 7.2.2.5.5), und „zu wenige“.

Sowohl die Wahl der Schülerinnen-Kohorte, als auch die Bedingungen zur Kooperation bedingen die Intensität, in der für die Implementation praktischer DNA-Analysen kooperiert wird (vgl. **Abbildung 17**). Inwieweit zuerst über die Kooperation oder die Schülerinnen-Kohorte entschieden wird, kann ich auf Basis meiner Daten nicht eindeutig sagen. Für beide Reihenfolgen gibt es entsprechende Beispiele in meinen Datensatz. Allerdings kann ich nicht ausschließen, dass diese sequenzielle Darstellung durch die Erhebungsmethode beeinflusst wurde (vgl. 8.1.2). Beiden Bottlenecks bedingen sich gegenseitig.

In den Fällen, in denen die gesamte Jahrgangsstufe als Schülerinnen-Kohorte gewählt wird, misst die Lehrkraft den Inhalten der Fortbildung eine hohe Bedeutung bei. Dies könnte bestätigen, dass eine klare Mission implementations- und kooperationsfördernd ist (Fussangel & Gräsel, 2009). Obwohl Lehrkräfte entsprechend ihrer Entscheidungen in Bezug auf die Bottlenecks argumentieren, können sich diese Begründungen nach einer Implementation verschieben. Dem widme ich mich im nächsten Abschnitt.

8.2.2.3 Iterativer Prozess bei der Bewertung der Schülerinnen-Kohorte & Kooperation

Alle Implementiererinnen reflektieren die Implementation der praktischen DNA-Analysen. Der Großteil (18 von 21) entscheidet sich für eine Wiederholung der Implementation. Allerdings fanden einige Interviews nach der ersten Implementation statt, sodass diese Entscheidung nicht in die Praxis umgesetzt war. Durch die Ausleihe des Equipments können wir bedingt Schlussfolgerungen zu dieser Wiederholung ziehen: Es gibt eine Schule, die auslieh, obwohl die Interviewpartnerin sich gegen die Umsetzung entschied. Inwieweit die Lehrkraft beteiligt war, ist dabei unbekannt (GAGE26, vgl. 7.1.1.5). Außerdem gibt es Lehrkräfte, die trotz der Angabe zu wiederholen, nicht erneut ausgeliehen haben (IRDE16, vgl. 7.1.1.12). Hier ist unbekannt, ob diese Lehrkraft noch an der Schule tätig ist, da die Ausleihe nicht personenbezogen, sondern auf die Schule bezogen ermittelt wird.

Implementiererinnen reflektieren vor allem die Kooperationsintensität und gewählte Schülerinnen-Kohorte. Beides beeinflusst die gewählte Implementationsstrategie (vgl. **Abbildung 16**). Dadurch folgt die Implementation einer Spirale: Nach dem ersten Durchlauf haben die Lehrkräfte ein höheres Erkenntnisniveau, sodass die Implementation mit allen Facetten auf der nächst höheren Ebene der Spirale, mit Erfahrung, erneut angegangen wird. Dieses Vorgehen entspricht Ansätzen des *design based research* (Burkhardt & Schoenfeld, 2016). Dieses findet häufig begleitend zur

Etablierung professioneller Lerngemeinschaften statt (Fussangel & Gräsel, 2009; Stegmann et al., 2022). Bei Mehrfachimplementation finden sich diese Prozesse des *design based research* sowohl an engagierten Schulen als auch bei einzelnen engagierten Lehrkräften. Diese finden in Anschluss an die Fortbildung statt ohne von dieser initiiert oder begleitet zu werden. Dadurch wirkt dieses Fortbildungsprogramm über den an den Schulen selbstkreierten Impact auf die fachspezifische Unterrichtsentwicklung. Hierbei sticht besonders das Fallbeispiel hervor (vgl. 7.4.4.1), bei dem diese Wirkung bis zur Entwicklung eines schulspezifischen Curriculums reicht. Im Ebenen-Modell nach Lipowsky und Rzejak (2021) entspricht dies der fünften Ebene (vgl. **Abbildung 1**).

Insgesamt kann die Wiederholung der Implementation ein guter Hinweis auf die Qualität der Fortbildung sein: Die Inhalte scheinen von den Lehrkräften akzeptiert zu werden und zu einer wiederholten Anwendung geeignet zu sein (Großbruchhaus et al., 2024). Obwohl die Wiederholung an sich ein quantitatives Merkmal ist (Vgl. Gale et al., 2020; Gräsel, 2010), könnte die damit einhergehende Praxis die Qualität der Umsetzung langfristig erhöhen. Lehrkräfte, die wiederholt umsetzen, erlangen Übung und ggf. Routine, sodass sie ihren Implementationsprozess anpassen und weiterentwickeln können (vgl. 7.4.4.1). Bei einer Fortbildung mit einem derartigen fachlichen Fokus könnte die jährliche Wiederholung ein erstes Maß für den Erfolg sein: Die jährliche Wiederholung erhöht nicht die Anzahl der umsetzenden Lehrkräfte, sondern die damit erreichten Schülerinnen. Neben der Wiederholung an sich kann die kooperative Wiederholung ein weiteres Qualitätsmerkmal sein. Wenn viele Lehrkräfte wiederholt gemeinsam implementieren, erhöht sich die Möglichkeit, den Implementierungsprozess durch Kooperationsmerkmale zu stärken, z. B. durch Feedback und Team-Teaching. Wenn alle Lehrkräfte zusammenarbeiten, können sie außerdem die gesamte Jahrgangsstufe ansprechen und gleiche Bildungschancen für alle Schülerinnen schaffen. Damit birgt die kooperative Wiederholung das größte Potenzial für eine nachhaltige Integration der Fortbildungsinhalte in das Schulcurriculum (vgl. 7.4.4.1).

Das Fallbeispiel entspricht damit dem maximalen Implementationserfolg, der von einer Fortbildung ausgehen kann, da sie Wirksamkeit auf allen fünf Ebenen zeigt (Lipowsky & Rzejak, 2021). Bei dieser Biologiefachschaft sind die Inhalte der Fortbildung auf sehr „fruchtbaren Boden“ gefallen. Meines Erachtens ist der Implementationserfolg an folgenden Kriterien abzulesen:

- Hohe Wertschätzung praktischer Arbeit im Unterricht
- Bestreben neues Auszuprobieren und sich selbst herauszufordern
- Aktive Wahrnehmung des adressierten Ressourcen-Mangels
- Professioneller Zusammenhalt in der Fachschaft
 - o gemeinsame Vision
 - o Kommunikationsstrukturen, die offen Austausch/Reflexion ermöglichen
 - o Frustrationstoleranz: Willen etwas zu wiederholen

Durch die iterative Evaluation und Weiterentwicklung der Implementation, war die Fachschaft an dieser Schule fähig, eine erfolgreiche Implementation für sich selbst zu definieren und gegebene Hürden selbstständig zu verringern. Zusätzlich ermöglichten sie ihren Schülerinnen eine vertikale Wissensvernetzung, da diese Lehrkräfte die DNA-Analysen in verschiedenen thematischen Kontexten in der höheren Jahrgangsstufe erneut durchführten. Dies könnte einen direkten Einfluss auf die Unterrichtsqualität haben.

Für das Fortbildungskonzept ziehe ich daraus drei Schlussfolgerungen:

1. Eine regelmäßige wiederholte Durchführung (jährlich) von Fortbildungsinhalten ist möglich, auch wenn die Fortbildung selbst eine einmalige Veranstaltung ist. Allerdings hängt das stark vom schulischen Umfeld der Lehrkräfte ab.
2. Die Überzeugungen der Lehrkräfte innerhalb eines Lehrkörpers könnten als kollektiv verstanden werden, die sich gegenseitig beeinflussen und zum Schulumfeld beitragen. In diesem konkreten Fall manifestiert sich dies darin, dass neue Lehrkräfte durch die Fachschaft verpflichtet werden, an der Fortbildung teilzunehmen und sie kooperativ umzusetzen. Damit wird der Fluktuation von Personal durch eine direkte Einbindung in das bestehendes Experten-Netzwerk entgegengewirkt.
3. Ein Fachbereich mit etablierten Kooperationsstrukturen kann gegebene Umsetzungsbarrieren selbstständig abbauen.

Punkt 2 fällt unter personelle Dissemination (Jäger, 2004). Diese ist auch in anderen Fällen meiner Stichprobe zu finden, wenn Lehrkräfte Kolleginnen zur Teilnahme an der Fortbildung anregen. Dabei nehmen diese imitierenden Lehrkräfte häufig selbst erneut an der Fortbildung teil (vgl. 7.4.1). Dies kann in doppelter Hinsicht ein Hinweis auf die Fortbildungsqualität sein. Zum einen motiviert sie durch die verschiedenen Kontexte der DNA-Analysen zur wiederholten Teilnahme und dadurch zur Vertiefung des Wissens der Lehrkräfte. Zum anderen verdeutlicht das die Wertschätzung der Fortbildung durch die Lehrkräfte, weil sie Kolleginnen zur Teilnahme anregen (vgl. 7.2.2.7). Lehrkräfte sehen eine wiederholte Teilnahme, auch zu den gleichen Modulen, als Vertiefung an, sowohl für ihr Wissen als auch für ihre Sicherheit und Routine im Umgang mit den Geräten. Sowohl die veränderte Wahrnehmung der Bottlenecks im Anschluss eine Implementation, als auch die wiederholte Teilnahme an der Fortbildung zeigen Wechselwirkungen zwischen den Ebenen nach Lipowsky (2020). Diese werden im folgenden Abschnitt im Detail elaboriert.

8.2.2.4 Wechselwirkungen zwischen den Wirkungsebenen von Lehrkräfte-Fortbildungen

Die hierarchische Anordnung der Ebenen nach Lipowsky (2010) wurde nicht empirisch bestätigt und es gibt in der Literatur begründete Alternativvorschläge (Guskey, 2002). Letztere beziehen sich vor allem auf die Reihenfolge der Umsetzung in die Praxis (Ebene 3) und Kognition der Lehrkräfte (Ebene 2). Insgesamt gibt es in meiner Stichprobe zwei Formen der Wiederholung, die sich auf unterschiedliche Wirkungsebenen beziehen (Lipowsky & Rzejak, 2020). Diese sind in **Abbildung 18** dargestellt.

Aus **Abbildung 18** können drei Wechselwirkungen der Ebenen abgeleitet werden:

1. Die notwendige Kognition (Ebene 2) zur Umsetzung praktischer DNA-Analysen in den Unterricht kann schon vor der Teilnahme an der Fortbildung (Ebene 1) ausreichend ausgeprägt sein. Dadurch können Lehrkräfte an der Fortbildung teilnehmen und die Implementation bereits geplant haben.
2. Die Reflexion der Implementation hat Einfluss auf die Kognition (Ebene 2) der Lehrkräfte bezüglich der Kooperation und Schülerinnen-Kohorte und damit auf die Implementationsstrategie (Ebene 3).

- Im Anschluss an die Implementation (Ebene 3) wird erneut an der Fortbildung teilgenommen (Ebene 1). Das dient den Lehrkräften u. a. dazu mehr Sicherheit bei der praktischen Anleitung von Schülerinnen zu generieren. Einige nutzen diese wiederholte Teilnahme auch, um aufgetretene Probleme mit den Dozierenden zu besprechen oder sich durch die thematische Variation mehr Abwechslung für die Implementation zu ermöglichen.

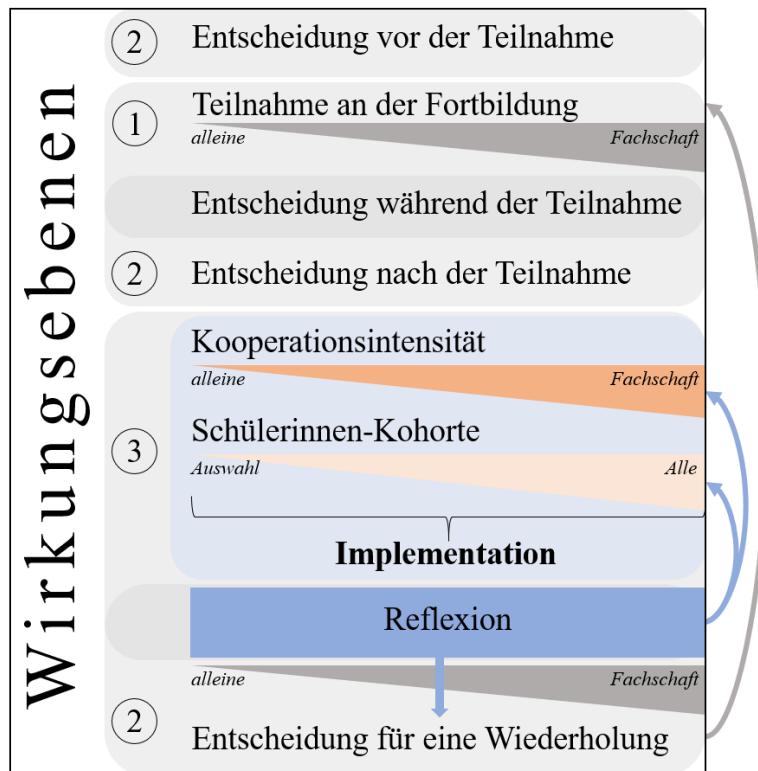


Abbildung 18: Wirkungsebenen

Reihenfolge der Wirkungsebenen von Fortbildungen, wie sie in meiner Stichprobe auftreten. Die gewählten Zahlen der Wirkungsebenen entsprechen der Darstellung nach Lipowsky (2021). Eigene Darstellung.

Abschließend gibt es deutliche Einflüsse des Kontexts, in dem sich die Lehrkräfte befinden und ihren persönlichen Voraussetzungen. So kann die kollektive Selbstwirksamkeit die Implementation fördern oder durch einen Mangel dieser verhindern. Damit wirken Kontextmerkmale direkt auf Ebene 2 der Kognition der Lehrkräfte. Ähnliches gilt für die Personenmerkmale, welche über die Überzeugungen ebenfalls auf die Kognition (Ebene 2) und Implementation (Ebene 3) wirken.

Im Folgenden führe ich die Diskussion meiner beiden Forschungsfragen zusammen.

8.3 Schlussfolgerungen & Implikationen

Trotz der Integration biotechnologischer Grundlagen in deutsche Lehrpläne werden diese meist nur theoretisch vermittelt (ISB, 2015). Der Grund dafür findet sich u. a. in systembedingten und persönlichen Voraussetzungen: darunter mangelnde Ressourcen und fehlendes Wissen (Hanegan & Bigler, 2009; Huang et al., 2018). Die vorgestellte Fortbildung stättet Lehrkräfte mit dem nötigen Wissen als auch dem Equipment aus, um biotechnologische Experimente in der Schule umzusetzen (Schöppner et al., 2023). Diese Option wird von vielen Lehrkräften angenommen. An einigen Schulen werden die DNA-Analysen mit dem ausgeliehenen Equipment regelmäßig durchgeführt und sogar in das Schulcurriculum integriert (Großbruchhaus et al., 2024). Damit adressiert die Fortbildung das Problem fehlender Praxiseinheiten im naturwissenschaftlichen Unterricht der

Oberstufe, welches von Schülerinnen und Lehrkräften gleichermaßen kritisiert wird (Kidman, 2010). Außerdem berücksichtigt sie, dass Lehrkräfte in ihrer praktischen Unterrichtsgestaltung durch die verfügbaren Ressourcen an den Schulen eingeschränkt sind (Hilda Borko, 2004; Merchie et al., 2018).

Im Rahmen der begleitenden Evaluation des Fortbildungsprogramms wurden die ersten zwei Ebenen nach Lipowsky direkt im Anschluss an die Fortbildung erhoben (Nerdel & Schöppner, 2021). Dies ist ein standardisiertes Vorgehen bei Fortbildungsangeboten, da eine positive Reaktion der Lehrkräfte auf die Fortbildung und ihr Lernfortschritt innerhalb der Fortbildung als Indikatoren für eine anschließende Implementation gelten (Lipowsky & Rzejak, 2021). Allerdings enden viele Evaluationsstudien an dieser Stelle, da die Evaluation höherer Ebenen mit steigendem präparativen Aufwand verbunden ist (Grünkorn et al., 2019; Lipowsky & Rzejak, 2021). Entsprechend sind Wechselwirkungen und distinktive Zusammenhänge zwischen den Ebenen weitestgehend unbekannt. Darüber hinaus genügen viele Studiendesigns, die den Einfluss verschiedener Faktoren auf den Implementationserfolg untersuchen, nicht den wissenschaftlichen Standards (Fryer, 2017; Sancar et al., 2021; S. A. Yoon et al., 2020). Entsprechend steht meine Studie in logischer Reihe zur vorangegangenen Evaluation des Fortbildungskonzepts und der Forschungshistorie im Feld der Wirksamkeit von Lehrkräftefortbildungen mit dem Schwerpunkt auf Implementation. Dabei fokussierte ich mich auf die Entscheidungsfindung der Lehrkräfte (vgl. 8.2.1) und die daraus resultierenden Handlungsschritte (vgl. 8.2.2).

In **Tabelle 41** stelle ich die Konzeptionsempfehlungen für Fortbildungen mit dem vorliegenden Fortbildungsdesign gegenüber und gebe an, inwieweit diese Einflussgrößen von Lehrkräften meiner Stichprobe als Argumente für oder gegen die Implementation angebracht worden sind (vgl. 2.3.5).

Tabelle 41: Einflussfaktoren

Bekannte Einflussfaktoren auf die Implementation der Fortbildungsinhalte in die Unterrichtspraxis, ihre Ausprägung in der Fortbildungskonzeption und Bedeutsamkeit innerhalb meiner Stichprobe. Eigene Darstellung.

Konzeptionsempfehlung	Vorliegende LFB-Konzeption	Wahrnehmung der Lehrkräfte
Spezifischer fachlicher Fokus (Lipowsky & Rzejak, 2021)	<i>Erfüllt:</i> DNA-Analysen in verschiedenen thematischen Kontexten (vgl. Tabelle 2), basierend auf der konstruktivistischen Auffassung, dass das Lernen in authentischen Kontexten das wissenschaftliche Interesse der Schülerinnen steigern kann (Nordqvist & Aronsson, 2019).	Die meisten Lehrkräfte, eine Ausnahme, nahmen u. a. aufgrund des konkreten Inhalts an der Fortbildung teil. Einige geben konkret an, dass sie die Inhalte aufgrund ihrer Authentizität schätzen.

Realistischen und konkrete Ziele (Popova et al., 2022; Seidel & Shavelson, 2007; K. S. Yoon et al., 2007).	<i>Erfüllt:</i> Praxiseinheit ist mit Schülerinnen erprobt und wird während der Fortbildung im Sinne einer Implementation in Doppelstunden präsentiert.	Durchwachsene Wahrnehmung über die Realisierbarkeit der Praxiseinheit mit Schülerinnen.
Angliederung an den Lehrplan (Darling-Hammond et al., 2009)	<i>Erfüllt:</i> Biologie an Gymnasien, Sek II, Molekularbiologische Methoden (ISB, 2015)	Der Großteil, eine Ausnahme, empfindet die Lehrplanpassung als gegeben, allerdings unter den Einschränkungen: Lehrplanfülle und Zeitmangel.
Pädagogischer Doppeldecker: Lehrkräfte üben während der LFB (Wahl, 2013)	<i>Erfüllt:</i> Teilnehmerinnen führen die DNA-Analysen praktisch während der Fortbildung durch, dadurch liegt der Fokus auf der kognitiven Aktivierung.	Lehrkräfte äußern sich positiv zur Praxiserfahrung während der Fortbildung. Zwei Lehrkräfte geben an, dass sie den Aufbau der Geräte gerne miterlebt hätten.
Ansprechendes Begleitmaterial mit der Möglichkeit zur Adaption (Arias et al., 2017; Bergqvist & Bergqvist, 2017)	<i>Erfüllt:</i> Umfangreiches didaktisches Begleitmaterial, <i>open access</i> , unter CC-BY-NC Lizenz veröffentlicht (Schöppner et al., 2023)	Durchwachsene Wahrnehmung des Begleitmaterials bezüglich der Nutzbarkeit mit Schülerinnen. Eine Lehrkraft hätte die Informationen über das Material gerne vorab gehabt, um sich auf die Fortbildung besser vorzubereiten zu können. Viele Implementiererinnen nutzen Auszüge des Begleitmaterials bei der Umsetzung mit Schülerinnen.
Ausbringung durch externe Expertin (Gräsel & Parchmann, 2004b; Popova et al., 2022)	<i>Erfüllt:</i> Fortbildung durch in der Proteinchemie promovierte Projektkoordinatorin.	Durchwachsene Wahrnehmung der fachlichen Tiefe, meist ohne konkreten Bezug zur Dozentin, sondern mit Fokus auf die Darstellung der Inhalte während der Fortbildung.

<p>Teilnahme in Gruppen und Möglichkeit sich mit Kolleginnen auszutauschen (Holtappels et al., 2011; Spiteri & Chang Rundgren, 2017)</p>	<p><i>Erfüllt:</i> Teilnahmeempfehlung oder Durchführung der Fortbildung mit gesamter Fachschaft direkt an der Schule. Diskussionsrahmen während der praktischen Wartezeiten (PCR, Gelelektrophorese)</p>	<p>Der <i>Teilnahmemodus</i> an der Fortbildung (alleine vs. im Team) zeigt in meiner Stichprobe keine eindeutige Tendenz bezüglich anschließender Implementation.</p>
<p>Anregung zur Kooperation, bspw. durch die Teilnahme im Team oder mindestens zu zweit, um die Motivation zu erhöhen (Gräsel & Parchmann, 2004b; Lipowsky & Rzejak, 2021).</p>	<p><i>Erfüllt:</i> Teilnahmeempfehlung oder Durchführung der Fortbildung mit gesamter Fachschaft direkt an der Schule.</p>	<p>vgl. o. Teilnahmemodus. Einfluss ist uneindeutig in meiner Stichprobe, es gibt die jährliche Implementation sowohl von Einzelpersonen, als auch von gesamten Fachschaften. Allerdings scheint der Bedarf an Kooperation als Unterstützungsmöglichkeit individuell zu variieren, sowie die Persönlichkeitsmerkmale die Nutzung/Wahrnehmung von Kooperation als Unterstützungsmöglichkeit zu beeinflussen.</p>
<p>Umsetzung an den Schulen direkt zur Reduktion weiterer Implementationsbarrieren, z. B. Widerstand von der Schulleitung alle Lehrkräfte der Fachschaft für die LFB freizustellen (Gräsel & Parchmann, 2004b; Popova et al., 2022).</p>	<p><i>Teilweise erfüllt:</i> Angebot der Durchführung vor Ort ist abhängig von der Teilnehmerinnenzahl. Zusätzliche Fortbildungen an der Technischen Universität München.</p>	<p>Einfluss ist uneindeutig in meiner Stichprobe. Allerdings gibt es Hinweise, dass manche Schulleitungen eine gemeinsame Teilnahme an einer externen Fortbildung blockieren.</p>
<p>Dauer: nachhaltiger Kontakt über einen bedeutungsvollen Zeitabschnitt (Desimone, 2009; Popova et al., 2022; Timperley, 2007)</p>	<p><i>Nicht erfüllt:</i> Fortbildung ist als einmalige Veranstaltung geplant. Anschließender Kontakt nur, falls sich Lehrkräfte für eine Implementation entscheiden. Steigerung der Attraktivität einer wiederholten Teilnahme durch unterschiedliche Module mit anderen inhaltlichen und teilweise praktischen Schwerpunkten.</p>	<p>Einfluss ist uneindeutig in meiner Stichprobe: Einige Lehrkräfte implementieren regelmäßig ohne erneute Teilnahme an der Fortbildung. Einige nehmen erneut teil nach Implementation oder ohne zwischenzeitige Implementation. Einer Lehrkraft ist nach Teilnahme weiterhin unklar, dass es die Ausleihmöglichkeit gibt.</p>

<p>Übungsmöglichkeiten, bspw. Rollenspiel während der Fortbildung oder zwischengeschaltete Praxiseinheit mit eigenen Schülerinnen (Dunst et al., 2015; Popova et al., 2022).</p>	<p><i>Nicht erfüllt:</i> Kein Rollenspiel während der Fortbildung; nur pädagogischer Doppeldecker (vgl. o.). Eine fachdidaktische Begleitung der Implementation ist im Fortbildungskonzept nicht vorgesehen.</p>	<p>Für die Implementiererinnen meiner Stichprobe zeigt sich, dass diese entweder selbstständig üben und keine weitere Unterstützung durch das Fortbildungsprogramm benötigen oder ggf. an weiteren Fortbildungen teilnehmen, um aufgetretene Probleme zu besprechen. Inwieweit Nicht-Implementiererinnen von begleiteten Übungsmöglichkeiten profitieren würden ist unbekannt. Allerdings äußert keine Lehrkraft den Wunsch nach einem begleiteten Implementationsprozess.</p>
<p>Der Implementationsgrad der LFB-Inhalte in die Unterrichtspraxis hängt direkt mit der Werthaltung der Lehrkräfte zusammen (Rohrig et al., 2007).</p>	<p><i>Nicht erfüllt:</i> Die Werthaltung der Lehrkräfte wird während der Fortbildung nicht direkt adressiert.</p>	<p>Das bestätigt sich für meine Stichprobe. Alle Implementiererinnen halten Praxiseinheiten für wichtig und motivierend. Diese Einstellung wird dem eigenen Stress, der durch die Implementation ausgelöst wird, entgegengesetzt.</p>
<p>Lehrkräfte müssen die LFB-Inhalte als nützlich und relevant beurteilen, um sie für ihre eigene Unterrichtspraxis in Betracht zu ziehen (Gräsel & Parchmann, 2004b).</p>	<p><i>Teilweise erfüllt:</i> Die vorangegangene Studie bestätigte, dass die Teilnehmerinnen die Inhalte als relevant und nützlich bewerten (Nerdel & Schöppner, 2021).</p>	<p>Die meisten Lehrkräfte schätzen die LFB-Inhalte als nützlich und relevant ein, trotzdem ziehen sie nicht alle für ihre eigene Unterrichtspraxis in Betracht.</p>

Zum einen zeigt die **Tabelle 41**, dass i. d. R. die Merkmale der Fortbildungskonzeption wie intendiert von den Lehrkräften wahrgenommen wurden. Dazu gibt es zwei Ausnahmen: generelles Desinteresse an den Inhalten und Einschätzung als zu ausgeprägte fachliche Tiefe. Zum anderen verdeutlicht sie, dass die beiden fehlenden Qualitätskriterien *Dauer* und *Übungsmöglichkeiten* kein Hinderungsgrund für die Implementation sein müssen. Inwieweit sie für die Nicht-Implementiererinnen eine Implementationshürde darstellen ist unbekannt. Die meisten Nicht-Implementiererinnen geben an, sich gut auf die Implementation mit Schülerinnen vorbereitet zu fühlen und wünschen sich zum Großteil nicht explizit begleitete Unterstützung. Unter den Implementiererinnen wird die *Dauer* des Kontakts zum Fortbildungsprogramm und *Übungsmöglichkeiten* selbstständig

gesteuert. Dies zeigt, dass Lehrkräfte durchaus in der Lage sind Unterstützungsmöglichkeiten wahrzunehmen und für sich selbst in Anspruch zu nehmen.

Insgesamt verdeutlichen meine Ergebnisse, dass bei den postulierten Einflussgrößen die Wahrnehmung durch die Lehrkräfte entscheidet. Dies bestätigt den großen Einfluss der Werthaltung von Lehrkräften auf die Implementation (Roehrig et al., 2007). Für dieses Fortbildungskonzept scheinen die Einstellungen zu *Praxiseinheiten*, der *Lehrplanfülle* und *-flexibilität*, *Schülerinneninteresse*, sowie zu den eigenen Fähigkeiten und der Akzeptanz zu Fehlern entscheidend zu sein (vgl. **Abbildung 15**). Diese scheinen darüber hinaus stark voneinander abhängig zu sein und können sich basierend auf der wahrgenommenen Bedeutsamkeit gegenseitig überbieten.

Bei der Wirksamkeitsforschung von Fortbildungen steht häufig die Ermittlung von Einflussfaktoren im Vordergrund, die auf einem hohen Abstraktionsniveau berichtet werden, um allgemeingültige Empfehlungen für zukünftige Konzeptionen abzuleiten. Im Kontext meiner Daten kann ich anzweifeln, dass das Berichten von Einflussfaktoren auf einem hohen Abstraktionsniveau zielführend ist, obwohl sie die Übertragbarkeit in andere Kontexte ermöglicht. Wenn ich entsprechend für meine Ergebnisse vorgehe, bestätige ich den Großteil bekannter Einflussfaktoren (vgl. 8.2.1). Allerdings liegt der Kern meines Erkenntnisgewinns in der Wahrnehmung dieser Einflussfaktoren. Dabei beziehen sich Lehrkräfte nicht unbedingt auf den Einflussfaktor als Ganzes, sondern trennen diesen in verschiedene Attribute, bspw. bei Lehrplan in inhaltliche Fülle und Flexibilität der Themenblöcke. Das hohe Abstraktionsniveau von Einflussgrößen könnte ein inhärentes Problem dieses Forschungsfeldes sein; verdeutlicht durch folgendes Beispiel: Für die Implementation von praktischen DNA-Analysen im Unterricht scheint in meiner Stichprobe eine positive Einstellung zu Praxiseinheiten förderlich zu sein. Praxiseinheiten in Form von naturwissenschaftlichen Untersuchungen sind nicht für alle Fächer relevant, entsprechend könnte diese spezielle Überzeugung „Praxis ist wichtig“ in anderen Fächern und Implementationsvorhaben irrelevant sein. Praxiseinheiten gehören im naturwissenschaftlichen Unterricht zum methodischen Repertoire (Nerdel, 2017b, S. 115 ff.). Für die Übertragbarkeit in andere Fachkontexte könnte ich folgende Reihe mit steigendem Abstraktionsniveau erstellen: Praxis ist wichtig < naturwissenschaftliches Arbeiten ist wichtig < die Unterrichtsmethode ist wichtig < Beurteilung der Lehrkräfte über die Unterrichtsmethode hat einen Einfluss. Vergleichsweise ist das letzte Reihenglied etwas präziser als allgemein die *Beurteilung der Lehrkräfte* über die Fortbildung und den Innovationsgegenstand (Vgl. Gräsel & Parchmann, 2004b; Zech et al., 2000), da sie sich auf ein Attribut des Innovationsgegenstandes bezieht.

Dieser große Einfluss der Werthaltung bildet sich auch in den gewonnenen Einblicken in die Wechselwirkungen der von Lipowsky (2020) postulierten Wirkungsebenen ab. Zum einen bedingen die Werthaltungen der Lehrkräfte den Fortbildungserfolg teilweise bereits vor einer tatsächlichen Teilnahme an dieser. Zum anderen implizieren die Selbstberichte der Implementiererinnen, dass die zweite (Kognition) und dritte (unterrichtliches Handeln) Ebene nicht als kausale Kette zusammenhängen, sondern sich wechselseitig bedingen: Dabei kann die Kognition durch das Handeln verändert werden. Das ist im Einklang mit der von Guskey (2002) postulierten Reihung, in der die Kognition hinter dem Handeln steht. Außerdem zeigt es die Bedeutsamkeit der Empfehlung, Lehrkräften die Möglichkeit zu geben im Unterricht zu üben (Schrader & Hasselhorn, 2020). Allerdings scheint unter bestimmten Bedingungen das Üben ohne Expertenfeedback für

eine Kognitionsveränderung auszureichen, da erneute Implementationen mit angepasster Strategie stattfanden.

Trotz bestehender Limitationen (vgl. 8.1) werfen diese Daten ein erstes Licht auf die Komplexität des Implementierungsprozesses. Wir konnten herausfinden, dass die *jährliche Wiederholung* ein geeigneter Prädiktor für die Wirksamkeit der Fortbildung ist. Sie ist eine spezielle Form der Implementation und eröffnet die Chancen für die schulinterne Curriculumsentwicklung. Damit konnten wir zeigen, dass eine einzelne Fortbildung zu einer bestimmten Thema Schulentwicklung anstoßen kann, wenn bestimmte Bedingungen gegeben sind, wie z.B. eine gemeinsame Mission und kooperative Strukturen an der Schule. Im Sinne der Wirkungsebenen nach Lipowsky (2021) ergibt sich daraus eine komplexe Sicht auf die postulierte Kausalität, da höhere Ebenen, z. B. die Implementation in die Unterrichtspraxis, niedrigere Ebenen, z. B. die Teilnahme an einer Fortbildung, beeinflussen. So konnte zumindest für das vorliegende Fortbildungskonzept gezeigt werden, dass einmalige Fortbildungsangebote legitim sein können.

8.4 Ausblick

In meiner Studie wurde die Bedeutsamkeit der persönlichen Wahrnehmung von Einflussfaktoren deutlich. Dabei werden die Einflussfaktoren von Lehrkräften nicht nur gewichtet, sondern auch gegeneinander abgewogen und mit Attributen versehen. Die persönliche Wahrnehmung beeinflusst die Wirksamkeit dieser Fortbildung auf den ersten drei Ebenen nach Lipowsky (2021). Des Weiteren ist auffällig, dass Nicht- und Implementiererinnen einige Systemmerkmale gleichermaßen anmerken und bewerten. Entsprechend wirft das die neue Frage auf, wie Implementiererinnen zu der Entscheidung für die Implementation kommen, wenn sie die Hürden auf Systemebene gleichermaßen wahrnehmen. Vor diesem Hintergrund wäre es wünschenswert, dass sich Folgestudien zu Implementation weniger auf die Identifikation von Einflussfaktoren fokussieren, sondern wie diese von den Lehrkräften bewertet und priorisiert werden.

Außerdem könnten Folgestudien die Persönlichkeitsmerkmale von Lehrkräften stärker in den Fokus rücken. Gegebenenfalls gibt es bestimmte Selektionseffekte bei der Teilnahme an Fortbildungen und der Implementation, die auf Persönlichkeitsmerkmale zurückzuführen sind. Beispielsweise könnte die hier gezeigte Argumentation rund um *Aufwand* anschlussfähig an die Stressforschung sein, in der bereits bekannt ist, dass Stresswahrnehmung sehr individuell ist, fluktuiert und kontextabhängig ist (Borghi et al., 2024; Shalev et al., 2023; D. Wang et al., 2020). Insgesamt stellt sich hier die Frage, ob Lehrkräfte nicht die Freiheit haben sollten, sich mit den Inhalten auseinanderzusetzen, die sie auch persönlich interessieren und bei denen ihre Stärken liegen. Heterogenität innerhalb einer professionellen Lerngemeinschaft (Fachschaft) könnte ggf. gewinnbringend sein, wie das Beispiel von CHRO26 zeigt: Eine Lehrkraft führt als Unterrichtsbesuch die Praxiseinheit in Kursen durch, die von Lehrkräften unterrichtet werden, die sich das nicht zutrauen.

Des Weiteren könnte sich ein Blick in die Prozesse der Curriculumsentwicklung an Schulen lohnen. Fortbildungen sind eines der drei Hauptthemen, die zur Curriculumsentwicklung beitragen (Langelotz & Olin, 2022). Sie ist eine kollaborative Praxis und die Lehrkräfte sind die Hauptakteure in diesem Prozess (Langelotz & Olin, 2022). In den letzten Jahrzehnten hat ein konzeptioneller Wandel hin zu einer Verschmelzung von *top down* und *bottom up* Strategien die Entscheidungskompetenzen und Verantwortlichkeiten auf die Ebene der Einzelschule verlagert (Maier-Röseler & Maulbetsch, 2022). Einige Forscherinnen gingen noch einen Schritt weiter und erwarteten von den

Lehrkräften, dass sie Innovationen nicht nur umsetzen, sondern die jeweilige Entwicklung selbst gestalten und beeinflussen (Kneen et al., 2021). Das *best practice* Fallbeispiel verdeutlicht, dass Lehrkräfte dazu in der Lage sind, wenn sie unter bestimmten Bedingungen arbeiten. Außerdem zeigt dieses Beispiel, dass eine einzelne thematisch fokussierte Fortbildung diesen umfangreichen Prozess anregen kann. Curriculumsentwicklung auf Ebene der Einzelschule könnte im kleineren Rahmen, bspw. eng gesteckter fachlicher Inhalt oder einzelne Jahrgangsstufen, stattfinden, die bisher von der Forschung kaum berücksichtigt wurden (Vgl. Kaur et al., 2023). Hierbei sollten die unterschiedlichen Ausrichtungen von Fortbildungsangeboten beachtet werden: Während didaktisch ausgerichtete Fortbildungen, z. B. Feedback, potentiell in allen Unterrichtseinheiten umgesetzt werden können, sind Fortbildungen mit Fokus auf fachliche Innovation bei der Implementation zeitlich begrenzt, z. B. durch Themenvorgaben durch Lehrpläne.

Im Sinne der Weiterentwicklung des Fortbildungskonzepts könnte sich eine Veranstaltung konkret zur Materialentwicklung für Schülerinnen anbieten. Der Wunsch nach Material für Schülerinnen ist bereits häufiger an uns herangetragen worden und etwa die Hälfte meiner Stichprobe hätte Interesse an einer solchen Veranstaltung.

Konkret auf das Fortbildungskonzept bezogen bieten sich weiterführende Studien an, um den Zusammenhang der Implementationsstrategie mit den vorab definierten Variablen *Sekundarschultyp*, *Teilnahme an der LFB*, *Ort der LFB* und *Implementation der DNA-Untersuchungen* zu untersuchen. Dazu könnten zukünftige Studien größere Teile der gesamten Stichprobe untersuchen: Zum einen könnten dadurch die gefundenen Attribute der Einflussfaktoren und deren unterschiedliche Bewertung quantitativ bestätigt werden. Zum anderen könnte die Analyse der Implementation weiterer Lehrkräfte die Verteilung der Implementationsstrategien bestätigen bzw. weitere Zusammenhänge der Einflussfaktoren mit der gewählten Implementationsstrategie aufzeigen. Außerdem muss für die vorliegende Studie berücksichtigt werden, dass Unterrichtsqualität selbst ein vollumfängliches Forschungsfeld ist und nur anhand der existierenden Implementation nicht von einer Verbesserung *der Unterrichtsqualität* ausgegangen werden kann. Inwieweit sich die Implementation der praktischen DNA-Analysen auf das Lernen der Schülerinnen (Ebene 4) auswirkt, wäre ebenfalls in weiterführenden Studien zu untersuchen.

9 References

- Aaij, C., & Borst, P. (1972). The gel electrophoresis of DNA. *Biochimica Et Biophysica Acta*, 269(2), 192–200. [https://doi.org/10.1016/0005-2787\(72\)90426-1](https://doi.org/10.1016/0005-2787(72)90426-1)
- Abell, S. K., & Lederman, N. G. (Eds.). (2007). *Handbook of research on science education* (Reprinted.). Routledge Taylor & Francis Group. <https://www.taylorfrancis.com/books/9780203824696>
- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945–1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Ahlgrimm, F. (2010). „Für mich persönlich hat sich wahnsinnig viel geändert“ - Untersuchungen zur Kooperation in Schulen. RIS. https://www.db-thueringen.de/receive/dbt_mods_00019339
- Ajzen, I. (2012). Martin Fishbein's Legacy. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 640(1), 11–27. <https://doi.org/10.1177/0002716211423363>
- Albarracín, D., & Johnson, B. T. (Eds.). (2019). *The handbook of attitudes* (Second edition). Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/9781315178103>
<https://doi.org/10.4324/9781315178103>
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J [Julian], Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2015). *Molecular biology of the cell* (Sixth edition). Garland Science Taylor and Francis Group.
- Albornoz, F., Anauati, M. V., Furman, M., Luzuriaga, M., Podestá, M. E., & Taylor, I. (2020). Training to Teach Science: Experimental Evidence from Argentina. *The World Bank Economic Review*, 34(2), 393–417. <https://doi.org/10.1093/wber/lhy010>
- Allen, A. L., McGeary, J. E., Knopik, V. S., & Hayes, J. E. (2013). Bitterness of the non-nutritive sweetener acesulfame potassium varies with polymorphisms in TAS2R9 and TAS2R31. *Chemical Senses*, 38(5), 379–389. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjt017>
- Andres-Barquin, P. J., & Conte, C. (2004). Molecular basis of bitter taste: The T2R family of G protein-coupled receptors. *Cell Biochemistry and Biophysics*, 41(1), 99–112. <https://doi.org/10.1385/CBB:41:1:099>
- Arias, A. M., Smith, P. S., Davis, E. A., Marino, J.-C., & Palincsar, A. S [Annemarie S.] (2017). Justifying predictions: Connecting use of educative curriculum materials to students' engagement in science argumentation. *Journal of Science Teacher Education*, 28(1), 11–35.
- Ateş, Ö., & Eryılmaz, A. (2011). Effectiveness of hands-on and minds-on activities on students' achievement and attitudes towards physics. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 12.
- Attié, E., Guibert, J., & Polle, C. (2022). Promoting Student Self-Regulation and Motivation Through Active Learning. In J. Keengwe (Ed.), *Advances in Higher Education and Professional Development. Handbook of Research on Active Learning and Student Engagement in Higher Education* (pp. 203–226). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-9564-0.ch010>
- Baalman, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer, H., & Kattmann, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung—Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 10(1), 7–28.
- Baepler, P., Walker, J. D., & Driessen, M. (2014). It's not about seat time: Blending, flipping, and efficiency in active learning classrooms. *Computers & Education*, 78, 227–236. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.06.006>

- Bandura, A [A.] (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), 191–215. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.2.191>
- Bandura, A [Albert] (2000). Exercise of Human Agency Through Collective Efficacy. *Current Directions in Psychological Science*, 9(3), 75–78. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00064>
- Bastian, J., Combe, A., & Reh, S. (2002). Professionalisierung und Schulentwicklung. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 5(3), 417–435. <https://doi.org/10.1007/s11618-002-0059-x>
- Baum, E. (2014). *Kooperation und Schulentwicklung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19025-9>
- Beckett, E. L., Martin, C., Yates, Z., Veysey, M., Duesing, K., & Lucock, M. (2014). Bitter taste genetics--the relationship to tasting, liking, consumption and health. *Food & Function*, 5(12), 3040–3054. <https://doi.org/10.1039/C4FO00539B>
- Beerenwinkel, A., & Gräsel, C. (2005). Texte im Chemieunterricht: Ergebnisse einer Befragung von Lehrkräften. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 11, 21–39.
- Behrens, M., & Meyerhof, W. (2013). Bitter taste receptor research comes of age: From characterization to modulation of TAS2Rs. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 24(3), 215–221. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2012.08.006>
- Bell, R. L., Maeng, J. L., & Binns, I. C. (2013). Learning in context: Technology integration in a teacher preparation program informed by situated learning theory. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 50(3), 348–379. <https://doi.org/10.1002/tea.21075>
- Bentley, D. R. (2000). The Human Genome Project—An Overview. *Medicinal Research Reviews*, 20(3), 189–196. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-1128\(200005\)20:3<189::AID-MED2>3.0.CO;2-%23](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-1128(200005)20:3<189::AID-MED2>3.0.CO;2-%23)
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., Gatto, G. J., & Stryer, L. (2018). *Stryer Biochemie*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54620-8>
- Bergqvist, E., & Bergqvist, T. (2017). The role of the formal written curriculum in standards-based reform. *Journal of Curriculum Studies*, 49(2), 149–168.
- Bewersdorff, A., Seßler, K., Baur, A., Kasneci, E., & Nerdel, C. (2023). Assessing student errors in experimentation using artificial intelligence and large language models: A comparative study with human raters. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100177. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100177>
- Bhadra, U., Thakkar, N., Das, P., & Pal Bhadra, M. (2017). Evolution of circadian rhythms: From bacteria to human. *Sleep Medicine*, 35, 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2017.04.008>
- Bilgin, I. (2006). The effects of hands-on activities incorporating a cooperative learning approach on eight grade students' science process skills and attitudes toward science. *Journal of Baltic Science Education*, 1, 27–37.
- Binz, T. (2018). *Biologische Sicherheit im Labor*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-22895-8>
- Birman, B. F., Desimone, L., Porter, A. C., & Garet, M. S. (2000). Designing professional development that works. *Educational Leadership: Journal of the Department of Supervision and Curriculum Development, N.E.A.*, 57(8), 28–33.
- Block, S. (2022). Von der Schule in den Weltraum – Experimente mit dem P51™-Fluoreszenz-Viewer. Advance online publication. <https://doi.org/10.11576/biuz-5796> (238-240 Seiten / Biologie in unserer Zeit - Biuz, Bd. 52 Nr. 3 (2022): Fleischproduktion 2.0).

- Bloxham, C. J., Hulme, K. D., Fierro, F., Fercher, C., Pegg, C. L., O'Brien, S. L., Foster, S. R., Short, K. R., Furness, S. G. B., Reichelt, M. E., Niv, M. Y., & Thomas, W. G. (2024). Cardiac human bitter taste receptors contain naturally occurring variants that alter function. *Biochemical Pharmacology*, *219*, 115932. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2023.115932>
- Blumenfeld, P., Fishman, B. J., Krajcik, J., Marx, R. W., & Soloway, E. (2000). Creating Usable Innovations in Systemic Reform: Scaling Up Technology-Embedded Project-Based Science in Urban Schools. *Educational Psychologist*, *35*(3), 149–164. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3503_2
- Boer, H. de. (2012). Unterrichtsbezogene Kooperation und Organisation „Sie haben praktisch schon vorher mit dem Chef gesprochen“. In E. Baum, T.-S. Idel, & H. Ullrich (Eds.), *Kollegialität und Kooperation in der Schule* (pp. 91–104). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-94284-1_6
- Boesen, J., Helenius, O., Bergqvist, E., Bergqvist, T., Lithner, J., Palm, T., & Palmberg, B. (2014). Developing mathematical competence: From the intended to the enacted curriculum. *The Journal of Mathematical Behavior*, *33*, 72–87.
- Bonsen, M. (2016). Schulleitung und Führung in der Schule. In K. Maag Merki (Ed.), *Handbuch Neue Steuerung im Schulsystem* (pp. 301–323). Springer.
- Borgerding, L. A., Sadler, T. D., & Koroly, M. J. (2013). Teachers' Concerns About Biotechnology Education. *Journal of Science Education and Technology*, *22*(2), 133–147. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9382-z>
- Borghini, O., Voracek, M., & Tran, U. S. (2024). Day-to-day associations between mindfulness and perceived stress: Insights from random intercept cross-lagged panel modeling. *Frontiers in Psychology*, *15*, 1272720. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1272720>
- Borko, H [H.], Jacobs, J., & Koellner, K. (2010). Contemporary Approaches to Teacher Professional Development. In *International Encyclopedia of Education* (pp. 548–556). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00654-0>
- Borko, H [Hilda] (2004). Professional Development and Teacher Learning: Mapping the Terrain. *Educational Researcher*, *33*(8), 3–15. <https://doi.org/10.3102/0013189X033008003>
- Born, S., Levit, A., Niv, M. Y., Meyerhof, W., & Behrens, M. (2013). The human bitter taste receptor TAS2R10 is tailored to accommodate numerous diverse ligands. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, *33*(1), 201–213. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3248-12.2013>
- Bouteldja, N., & Timson, D. J. (2010). The biochemical basis of hereditary fructose intolerance. *Journal of Inherited Metabolic Disease*, *33*(2), 105–112. <https://doi.org/10.1007/s10545-010-9053-2>
- Brandt, P. (2003). Overview of the current status of genetically modified plants in Europe as compared to the USA. *Journal of Plant Physiology*, *160*(7), 735–742. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-01031>
- Brennan, R. L., & Prediger, D. J. (1981). Coefficient kappa: Some uses, misuses, and alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, *41*(3), 687–699.
- Breuer, J., Vogelsang, C., & Reinhold, P. (2018). Implementation fachdidaktischer Innovation am Beispiel des Münchener Unterrichtskonzepts zur Quantenmechanik. *PhyDid B-Didaktik Der Physik-Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung*, *1*.

- Breuer, J., Vogelsang, C., & Reinhold, P. (2022). Nutzungsverhalten von Lehrkräften bei der Implementierung einer physikdidaktisch innovativen Unterrichtskonzeption. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 28(1). <https://doi.org/10.1007/s40573-022-00138-5>
- Brinkmann, S., & Kvale, S. (2015). *Interviews: Learning the craft of qualitative research interviewing* (Third edition). Sage.
- Brookes, K. J. (2013). The VNTR in complex disorders: The forgotten polymorphisms? A functional way forward? *Genomics*, 101(5), 273–281. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2013.03.003>
- Brown, T. A. (2011). *Gentechnologie für Einsteiger* (S. Vogel, Trans.) (6. Auflage). Spektrum Akademischer Verlag.
- Brühwiler, C., Helmke, A., & Schrader, F.-W. (2017). Determinanten der Schulleistung. In M. K. Schweer (Ed.), *Lehrer-Schüler-Interaktion* (pp. 291–314). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-15083-9_13
- Bud, R. (1995). *Wie wir das Leben nutzbar machten*. Vieweg+Teubner Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-86431-4>
- Bufe, B., Hofmann, T., Krautwurst, D., Raguse, J.-D., & Meyerhof, W. (2002). The human TAS2R16 receptor mediates bitter taste in response to beta-glucopyranosides. *Nature Genetics*, 32(3), 397–401. <https://doi.org/10.1038/ng1014>
- Burger, K. (2020). Pflanzenzucht: Genetische Erosion. In K. Burger (Ed.), *Super-Food für Wissenshungrige!* (pp. 11–17). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61464-8_2
- Burkhardt, H., & Schoenfeld, A. H. (2016). Improving Educational Research: Toward a More Useful, More Influential, and Better-Funded Enterprise. *Educational Researcher*, 32(9), 3–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X032009003> (Educational Researcher, 32(9), 3-14).
- Butel, J., & Braun, K. L. (2019). The Role of Collective Efficacy in Reducing Health Disparities. *Family & Community Health*, 42(1), 8–19. <https://doi.org/10.1097/fch.0000000000000206>
- Butler, J. M. (2015). The future of forensic DNA analysis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 370(1674). <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0252>
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy — Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Eds.), *Scientific Literacy* (pp. 21–43). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-322-80863-9_2
- Carlson, L. M., & Vora, N. L. (2017). Prenatal Diagnosis: Screening and Diagnostic Tools. *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America*, 44(2), 245–256. <https://doi.org/10.1016/j.ogc.2017.02.004>
- Castaldo, A., Cerner, G., Iacotucci, P., Cimbalo, C., Gelzo, M., Comegna, M., Di Lullo, A. M., Tosco, A., Carnovale, V., Raia, V., & Amato, F. (2020). Tas2r38 is a novel modifier gene in patients with cystic fibrosis. *Scientific Reports*, 10(1), 5806. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62747-9>
- Chakarov, S., Petkova, R., Russev, G., & Zhelev, N. (2014). DNA damage and mutation. Types of DNA damage. *BioDiscovery*(11), 1. <https://doi.org/10.7750/BioDiscovery.2014.11.1>
- Charalambous, C. Y., & Hill, H. C. (2012). Teacher knowledge, curriculum materials, and quality of instruction: Unpacking a complex relationship. *Journal of Curriculum Studies*, 44(4), 443–466.

- Chaudhari, N., & Roper, S. D. (2010). The cell biology of taste. *The Journal of Cell Biology*, *190*(3), 285–296. <https://doi.org/10.1083/jcb.201003144>
- Chetty, R., Friedman, J. N., & Rockoff, J. E. (2014). Measuring the impacts of teachers I: Evaluating bias in teacher value-added estimates. *American Economic Review*, *104*(9), 2593–2632.
- Chrumbach, A., & Rodbard, D. (1971). Polyacrylamide gel electrophoresis. *Science*, *172*(3982), 440–451. <https://doi.org/10.1126/science.172.3982.440>
- Christensen, A. A. (2022). A Global Measure of Professional Learning Communities. *Professional Development in Education*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/19415257.2022.2065516>
- Clark, D. P., & Pazdernik, N. J. (2009). *Molekulare Biotechnologie: Grundlagen und Anwendungen*. Spektrum Akad. Verl.
- Cloppenburg, M., & Bensen, M. (2012). Führt die Anwesenheit einer zweiten Lehrkraft im Unterricht zu mehr Lehrerkooperation? Ein Vergleich von Lehreraussagen zur Kooperation mit Musikschullehrkräften und Fachlehrkräften in der Grundschule. *Musikpädagogisches Handeln. Begriffe, Erscheinungsformen, politische Dimensionen, Musikpädagogische Forschung*. <https://doi.org/10.25656/01:8756>
- Coştu, B., Ünal, S., & Ayas, A. (2007). A hands-on activity to promote conceptual change about mixtures and chemical compounds. *Journal of Baltic Science Education*, *6*.
- Cramer, C., Richter, D., & Röhl, S. (2023). Qualität im beruflichen Lernen von Lehrerinnen und Lehrern. In T. Betz, T. Feldhoff, P. Bauer, U. Schmidt, & B. Schmidt-Hertha (Eds.), *Handbuch Qualität in pädagogischen Feldern* (pp. 1–16). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-40471-0_38-1
- Crawford, B. A. (2014). From inquiry to scientific practices in the science classroom. In *Handbook of research on science education, volume II* (pp. 529–556). Routledge.
- Darling-Hammond, L., Wei, R. C., Andree, A., Richardson, N., & Orphanos, S. (2009). Professional learning in the learning profession. *Washington, DC: National Staff Development Council*, *12*(10).
- Dass, P. M. (2001). Implementation of instructional innovations in K-8 science classes: Perspectives of inservice teachers. *International Journal of Science Education*, *23*(9), 969–984. <https://doi.org/10.1080/09500690010025021>
- Davis, E. A., Palincsar, A. S [Annemarie Sullivan], Smith, P. S., Arias, A. M., & Kademian, S. M. (2017). Educative curriculum materials: Uptake, impact, and implications for research and design. *Educational Researcher*, *46*(6), 293–304.
- Dawson, V. (2007). An Exploration of High School (12–17 Year Old) Students' Understandings of, and Attitudes Towards Biotechnology Processes. *Research in Science Education*, *37*(1), 59–73. <https://doi.org/10.1007/s11165-006-9016-7>
- Dennesen, P. J., Bonten, M. J., & Weinstein, R. A. (1998). Multiresistant bacteria as a hospital epidemic problem. *Annals of Medicine*, *30*(2), 176–185. <https://doi.org/10.3109/07853899808999401>
- Derri, V., Vasiliadou, O., & Kioumourtzoglou, E. (2015). The effects of a short-term professional development program on physical education teachers' behaviour and students' engagement in learning. *European Journal of Teacher Education*, *38*(2), 234–262. <https://doi.org/10.1080/02619768.2014.947024>

- Desimone, L. M. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward Better Conceptualizations and Measures. *Educational Researcher*, 38(3), 181–199. <https://doi.org/10.3102/0013189X08331140>
- Dewey, J. (1938). The determination of ultimate values or aims through antecedent or a priori speculation or through pragmatic or empirical inquiry. *Teachers College Record: The Voice of Scholarship in Education*, 39(10), 471–485.
- Di Pizio, A., Waterloo, L. A. W., Brox, R., Löber, S., Weikert, D., Behrens, M., Gmeiner, P., & Niv, M. Y. (2020). Rational design of agonists for bitter taste receptor TAS2R14: From modeling to bench and back. *Cellular and Molecular Life Sciences : CMLS*, 77(3), 531–542. <https://doi.org/10.1007/s00018-019-03194-2>
- Dieli-Crimi, R., Cénit, M. C., & Núñez, C. (2015). The genetics of celiac disease: A comprehensive review of clinical implications. *Journal of Autoimmunity*, 64, 26–41. <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2015.07.003>
- Dizinger, V., Fussangel, K., & Böhm-Kasper, O. (2011). Lehrer/in sein an der Ganztagschule: Neue Kooperationsanforderungen – neue Belastungen? *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 14(S3), 43–61. <https://doi.org/10.1007/s11618-011-0227-y>
- Donohoo, J., Hattie, J., & Eells, R. (2018). The power of collective efficacy. *Educational Leadership*, 75(6), 40–44.
- Döring, N., Bortz, J., Pöschl, S., Werner, C. S., Schermelleh-Engel, K., Gerhard, C., & Gäde, J. C. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl. 2016). *Springer-Lehrbuch*. Springer Berlin Heidelberg. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1624548>
- Dresing, T., & Pehl, T. (2020). Transkription. In G. Mey & K. Mruck (Eds.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie: Band 2: Designs und Verfahren* (2., erw. u. überarb. Auflage 2020, pp. 835–854). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-26887-9_56
- Dunn, R., Hattie, J., & Bowles, T. (2018). Using the Theory of Planned Behavior to explore teachers' intentions to engage in ongoing teacher professional learning. *Studies in Educational Evaluation*, 59, 288–294. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2018.10.001>
- Dunst, C. J., Bruder, M. B., & Hamby, D. W. (2015). Metasynthesis of in-service professional development research: Features associated with positive educator and student outcomes. *Educational Research and Reviews*, 10(12), 1731–1744. <https://doi.org/10.5897/ERR2015.2306>
- Elston, D. M. (2021). Participation bias, self-selection bias, and response bias. *Journal of the American Academy of Dermatology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2021.06.025>
- Euler, D., & Sloane, P. F. E. (1998). Implementation als Problem der Modellversuchsforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 26(4), 312–326. <https://doi.org/10.25656/01:7777>
- Fang, L., Ahn, J. K., Wodziak, D., & Sibley, E. (2012). The human lactase persistence-associated SNP -13910*T enables in vivo functional persistence of lactase promoter-reporter transgene expression. *Human Genetics*, 131(7), 1153–1159. <https://doi.org/10.1007/s00439-012-1140-z>
- Fey, A., Gräsel, C., Puhl, T., & Parchmann, I. (2004). Implementation einer kontextorientierten Unterrichtskonzeption für den Chemieunterricht. *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), 238–256.
- Flick, U. (2006). *Qualitative Sozialforschung* (4th ed.). Rowohlt Taschenbuch Verlag.

- Francome, C. (2024). *Abortion freedom: A worldwide movement* (First edition). Routledge revivals. Routledge.
- Fryer, R. G. (2017). The Production of Human Capital in Developed Countries. In *Handbook of Economic Field Experiments* (Vol. 2, pp. 95–322). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.hefe.2016.08.006>
- Fussangel, K., Dizinger, V., Böhm-Kasper, O., & Gräsel, C. (2010). Kooperation, Belastung und Beanspruchung von Lehrkräften an Halb- und Ganztagschulen. *Unterrichtswissenschaft*, 38(1).
- Fussangel, K., & Gräsel, C. (2009). Die Kooperation in schulübergreifenden Lerngemeinschaften. Die Arbeit der Sets im Projekt „Chemie im Kontext“. *Kooperation Und Netzwerkbildung. Strategien Zur Qualitätsentwicklung in Schulen. Seelze*, 120–131.
- Gale, J., Alemdar, M., Lingle, J., & Newton, S. (2020). Exploring critical components of an integrated STEM curriculum: An application of the innovation implementation framework. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-0204-1>
- Gallo-Fox, J., & Scantlebury, K. (2016). Coteaching as professional development for cooperating teachers. *Teaching and Teacher Education*, 60, 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.08.007>
- Garet, M. S., Heppen, J. B., Walters, K., Parkinson, J., Smith, T. M., Song, M., Garrett, R., Yang, R., & Borman, G. D. (2016). Focusing on Mathematical Knowledge: The Impact of Content-Intensive Teacher Professional Development. NCEE 2016-4010. *National Center for Education Evaluation and Regional Assistance*.
- Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F., & Yoon, K. S. (2001). What Makes Professional Development Effective? Results From a National Sample of Teachers, 915–945. <https://doi.org/10.3102/00028312038004915> (American Educational Research Journal, 38(4)).
- Gassmann, C. (2012). *Erlebte Aufgabenschwierigkeit bei der Unterrichtsplanung: Eine qualitativ-inhaltsanalytische Studie zu den Praktikumsphasen der universitären Lehrerbildung*. Springer-Verlag.
- Gebhard, U. (1999). Alltagsmythen und Metaphern—Phantasien von Jugendlichen zur Gentechnik. *Biotechnologie Und Gentechnik: Neue Technologien Verstehen Und Beurteilen*, 99–115.
- Geijssel, F., Slegers, P., Leithwood, K., & Jantzi, D. (2003). Transformational leadership effects on teachers' commitment and effort toward school reform. *Journal of Educational Administration*.
- Gibson, A., & Koch, K. (2022). Der Übergang von der Grundschule in die weiterführenden Schulen. In *Handbuch Schulforschung* (pp. 1–20). Springer.
- Gilbertson, T. A., Damak, S., & Margolskee, R. F. (2000). The molecular physiology of taste transduction. *Current Opinion in Neurobiology*, 10(4), 519–527. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(00\)00118-5](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(00)00118-5)
- Giordano, C., & Barnini, S. (2024). Glycine restores the sensitivity to antibiotics in multidrug-resistant bacteria. *Microbiology Spectrum*, 12(8), e0016424. <https://doi.org/10.1128/spectrum.00164-24>
- Gräber, W., Nentwig, P., & Nicolson, P. (2002). Scientific Literacy — von der Theorie zur Praxis. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Eds.), *Scientific Literacy* (pp. 135–145). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-322-80863-9_8

- Graf, D. (2007). Die Theorie des geplanten Verhaltens. In D. Krüger (Ed.), *Springer-Lehrbuch. Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden ; mit 12 Tabellen* (pp. 33–43). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_4
- Gräsel, C. (2010). Stichwort: Transfer und Transferforschung im Bildungsbereich. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, *13*(1), 7–20. <https://doi.org/10.1007/s11618-010-0109-8>
- Gräsel, C., Fußnagel, K., & Pröbstel, C. (2006). *Lehrkräfte zur Kooperation anregen-eine Aufgabe für Sisyphos?* https://www.pedocs.de/frontdoor.php?source_opus=4453
- Gräsel, C., & Parchmann, I. (2004a). Die Entwicklung und Implementation von Konzepten situier-ten, selbstgesteuerten Lernens. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, *3*, 171–184.
- Gräsel, C., & Parchmann, I. (2004b). Implementationsforschung - oder: der steinige Weg, Unter-richt zu verändern. *Unterrichtswissenschaft*, *32*(3), 196–214. <https://doi.org/10.25656/01:5813>
- Gräsel, C., Schledjewski, J., & Hartmann, U. (2020). Implementation digitaler Medien als Schulent-wicklungsaufgabe. *Zeitschrift für Pädagogik*, *66*. <https://doi.org/10.25656/01:23629> (*Zeit-schrift für Pädagogik* 66 (2020) 2, S. 208-224).
- Gresshoff, P. M. (Ed.). (2010). *CRC series of current topics in plant molecular biology. Plant genome analysis*. CRC Press. <https://permalink.obvsg.at/>
- Gropengießer, H., Harms, U., Arnold, J., Bergmann-Gering, A., Bögeholz, S., Dannemann, S., Dittmer, A., Etschenberg, K., Gebhard, U., Groß, J., Kattmann, U., Krüger, D., Lang-let, J., Mayer, J [Jürgen], Meyfarth, S., Möller, A., Niebert, K., Neuhaus, B., Randler, C., . . . Zabel, J. (Eds.). (2023). *Unterricht Biologie. Fachdidaktik Biologie* (1. Auflage). Aulis.
- Großbruchhaus, S., Schöppner, P., & Nerdel, C. (2024). Implementation Processes: Sustainable Integration of Biotechnology Experiments into Schools. In K. Korfiatis, M. Grace, & M. Hammann (Eds.), *Contributions from Biology Education Research. Shaping the Future of Biological Education Research* (pp. 341–353). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44792-1_24
- Grünkorn, J., Klieme, E., & Stanat, P. (2019). Bildungsmonitoring und Qualitätssicherung. In O. Köller, M. Hasselhorn, F. W. Hesse, K. Maaz, & J. Schrader (Eds.), *UTB Pädagogik: Vol. 4785. Das Bildungswesen in Deutschland: Bestand und Potenziale* (pp. 263–282). Verlag Julius Klinkhardt.
- Guskey, T. R. (2002). Professional Development and Teacher Change. *Teachers and Teaching*, *8*(3), 381–391. <https://doi.org/10.1080/135406002100000512>
- Guskey, T. R., & Yoon, K. S. (2009). What works in professional development? *Phi Delta Kappan*, *90*(7), 495–500.
- Gutfleisch, T., & Kogan, I. (2022). Parental occupation and students’ STEM achievements by gen-der and ethnic origin: Evidence from Germany. *Research in Social Stratification and Mobility*, *82*, 100735. <https://doi.org/10.1016/j.rssm.2022.100735>
- Haas, C. (2005). *Laktose-Intoleranz Gentest: INFO - Deutscher Akkreditierungs Rat*. MVZ Clotten.
- Hagay, G., & Baram-Tsabari, A. (2011). A Shadow Curriculum: Incorporating Students’ Interests into the Formal Biology Curriculum. *Research in Science Education*, *41*(5), 611–634. <https://doi.org/10.1007/s11165-010-9182-5>
- Hammann, M. (2018). Biotechnology. In K. Kampourakis & M. J. Reiss (Eds.), *Teaching and learning in science series. Teaching biology in schools: Global research, issues, and trends* (1. Auflage, pp. 192–203). Routledge Taylor & Francis Group.

- Hanegan, N. L., & Bigler, A. (2009). Infusing Authentic Inquiry into Biotechnology. *Journal of Science Education and Technology*, 18(5), 393–401. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9155-5>
- Hartmann, M. D. (2024). Forschendes Lernen in der Ausbildung von Lehrkräften. In G. Spöttl & M. Tärre (Eds.), *Didaktiken der beruflichen und akademischen Aus- und Weiterbildung* (pp. 747–757). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-44727-4_58
- Hartmann, U., Richter, D., & Gräsel, C. (2021). Same Same But Different? Analysen zur Struktur kollegialer Kooperation unter Lehrkräften im Kontext von Schul- und Unterrichtsentwicklung. *Unterrichtswissenschaft*, 49(3), 325–344. <https://doi.org/10.1007/s42010-020-00090-8>
- Hazarika, G., Dutta, R., Saikia, D. P., Malakar, D., Hazorika, M., & Bora, M. (2024). A comprehensive exploration of restriction enzymes and their applications in molecular biology: A review. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 2399–2404. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.1.0269>
- Heine, R. G., AlRefaee, F., Bachina, P., Leon, J. C. de, Geng, L., Gong, S., Madrazo, J. A., Ngamphaiboon, J., Ong, C., & Rogacion, J. M. (2017). Lactose intolerance and gastrointestinal cow's milk allergy in infants and children - common misconceptions revisited. *The World Allergy Organization Journal*, 10(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s40413-017-0173-0>
- Heissel, J. A., & Norris, S. (2018). Rise and Shine. *Journal of Human Resources*, 53(4), 957–992. <https://doi.org/10.3368/jhr.53.4.0815-7346R1>
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts ; Franz Emanuel Weinert gewidmet* (1. Aufl.). Kallmeyer; Klett Kallmeyer. <http://www.socialnet.de/rezensionen/isbn.php?isbn=978-3-7800-1009-4>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2010). Lab Work and Learning in Secondary School Chemistry: The Importance of Teacher and Student Interaction. *Research in Science Education*, 40(4), 505–523. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9131-3>
- Höhn, C., Schmid, S. R., Plamberger, C. P., Bothe, K., Angerer, M., Gruber, G., Pletzer, B., & Hoedlmoser, K. (2021). Preliminary Results: The Impact of Smartphone Use and Short-Wavelength Light during the Evening on Circadian Rhythm, Sleep and Alertness. *Clocks & Sleep*, 3(1), 66–86. <https://doi.org/10.3390/clockssleep3010005>
- Hohoff, C., & Brinkmann, B. (1999). Human identity testing with PCR-based systems. *Molecular Biotechnology*, 13(2), 123–136. <https://doi.org/10.1385/MB:13:2:123>
- Holtappels, H. G., Lossen, K., Spillebeen, L., & Tillmann, K. (2011). Schulentwicklung und Lehrerkooperation in Ganztagschulen. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 14(S3), 25–42. <https://doi.org/10.1007/s11618-011-0226-z>
- Horne, J. A., & Ostberg, O. (1976). A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *International Journal of Chronobiology*, 4(2), 97–110.
- Houmark, M. A., Ronda, V., & Rosholm, M. (2024). The Nurture of Nature and the Nature of Nurture: How Genes and Investments Interact in the Formation of Skills. *American Economic Review*, 114(2), 385–425. <https://doi.org/10.1257/aer.20220456>
- Huang, A., Nguyen, P. Q., Stark, J. C., Takahashi, M. K., Donghia, N., Ferrante, T., Dy, A. J., Hsu, K. J., Dubner, R. S., Pardee, K., Jewett, M. C., & Collins, J. J. (2018). Biobits™ Explorer: A modular synthetic biology education kit. *Science Advances*, 4(8), eaat5105. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat5105>

- Hurd, P. D. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership*, 16(1), 13–16.
- Hwang, L.-D., Breslin, P. A. S., Reed, D. R., Zhu, G., Martin, N. G., & Wright, M. J. (2016). Is the Association Between Sweet and Bitter Perception due to Genetic Variation? *Chemical Senses*, 41(9), 737–744. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjw083>
- ISB (Ed.). (2015). LehrplanPLUS: Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung [Special issue], 2015. https://www.lehrplanplus.bayern.de/schulart/gymnasium/inhalt/fachlehrplaene?w_schulart=gymnasium&wt_1=schulart
- Jacob, A., & McGovern, K. (2015). The Mirage: Confronting the Hard Truth about Our Quest for Teacher Development. *TNTP*.
- Jacob, M., Iannelli, C., Duta, A., & Smyth, E. (2020). Secondary school subjects and gendered STEM enrollment in higher education in Germany, Ireland, and Scotland. *International Journal of Comparative Sociology*, 61(1), 59–78. <https://doi.org/10.1177/0020715220913043>
- Jacob, R., Hill, H., & Corey, D. (2017). The Impact of a Professional Development Program on Teachers' Mathematical Knowledge for Teaching, Instruction, and Student Achievement. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 10(2), 379–407. <https://doi.org/10.1080/19345747.2016.1273411>
- Jäger, M. (2004). *Transfer in Schulentwicklungsprojekten*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Jiao, J., Wang, Z., Guo, Y., Liu, J., Huang, X., Ni, X., Gao, D., Sun, L., Zhu, X., Zhou, Q., Yang, Z., & Yuan, H. (2021). Association between IL-1B (-511)/IL-1RN (VNTR) polymorphisms and type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *PeerJ*, 9, e12384. <https://doi.org/10.7717/peerj.12384>
- Jong, T. de, Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305–308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>
- Kalyuga, S. (2009). The Expertise Reversal Effect. In S. Kalyuga (Ed.), *Managing Cognitive Load in Adaptive Multimedia Learning* (pp. 58–80). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-048-6.ch003>
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Kaur, T., Kersting, M., Adams, K., Blair, D., Treagust, D., Popkova, A., Boubilil, S., Santoso, J., Ju, L., Zadnik, M., Wood, D., Horne, E., McGoran, D., Scott, S., & Venville, G. (2023). *Developing and implementing an Einsteinian science curriculum from Years 3 to 10: Part B Teacher upskilling: response to training and teacher's classroom experience*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.17344>
- Keller-Schneider, M., & Albisser, S. (2013). Kooperation von Lehrpersonen und die Bedeutung von individuellen und kollektiven Ressourcen. *Professionalität Und Kooperation in Schulen. Beiträge Zur Diskussion Über Schulqualität*, 33–56.
- Kennedy, M. M. (2016). How Does Professional Development Improve Teaching? *Review of Educational Research*, 86(4), 945–980. <https://doi.org/10.3102/0034654315626800>
- Keyserlingk, L. von, Becker, M., Jansen, M., & Maaz, K. (2020). Leaving the pond—Choosing an ocean: Effects of student composition on STEM major choices at university. *Journal of Educational Psychology*, 112(4), 751.

- Kidman, G. (2010). What is an 'Interesting Curriculum' for Biotechnology Education? Students and Teachers Opposing Views. *Research in Science Education*, 40(3), 353–373. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9125-1>
- Killus, D., & Gottmann, C. (2012). Schulübergreifende und schulinterne Kooperation in Schulnetzwerken. In E. Baum, T.-S. Idel, & H. Ullrich (Eds.), *Kollegialität und Kooperation in der Schule* (pp. 149–165). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-94284-1_10
- Kim, J.-J., Ha, B. J., Jeong, M.-S., Yang, G.-E., Yoon, S.-Y., Lee, Y.-S., Kim, M.-S., & Leem, S.-H. (2023). Novel strategy of multiple-locus variable number tandem repeats analysis for genetic fingerprinting of human. *Genes & Genomics*, 45(7), 887–899. <https://doi.org/10.1007/s13258-023-01386-6>
- King, F. (2014). Evaluating the impact of teacher professional development: an evidence-based framework. *Professional Development in Education*, 40(1), 89–111. <https://doi.org/10.1080/19415257.2013.823099>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Klieme, E., Schümer, G., & Knoll, S. (2001). Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I: "Aufgabenkultur" und Unterrichtsgestaltung. In *TIMSS-Impulse für Schule und Unterricht* (pp. 43–57). Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Kneen, J., Breeze, T., Thayer, E., John, V., & Davies-Barnes, S. (2021). Pioneer teachers: How far can individual teachers achieve agency within curriculum development? *Journal of Educational Change*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10833-021-09441-3>
- Knowles, M. S. (2015). *The adult learner: The definitive classic in adult education and human resource development* (Eighth edition). Routledge.
- Knudsen, B. E., Bergmark, L., Munk, P., Lukjancenko, O., Priemé, A., Aarestrup, F. M., & Pamp, S. J. (2016). Impact of Sample Type and DNA Isolation Procedure on Genomic Inference of Microbiome Composition. *MSystems*, 1(5). <https://doi.org/10.1128/msystems.00095-16>
- Köker, A. (2013). Das Autonomiebedürfnis von Lehrer/innen als Kooperationshindernis - ein Mythos? In M. Keller-Schneider, S. Albisser, & J. Wissinger (Eds.), *Professionalität und Kooperation in Schulen: Beiträge zur Diskussion über Schulqualität ; [Anlass ... dieser Beiträge bildete Tagung "Professionalität und Teamqualität in Schulen"* (pp. 152–166). Klinkhardt.
- Komar, A. A. (2009). *Single Nucleotide Polymorphisms* (Vol. 578). Humana Press. <https://doi.org/10.1007/978-1-60327-411-1>
- Kostić, J. O., & Ranđelović, K. R. (2022). DIGITAL DISTRACTIONS: LEARNING IN MULTITASKING ENVIRONMENT. In *Psychological Applications and Trends, Psychological Applications and Trends 2022* (pp. 301–304). inScience Press. <https://doi.org/10.36315/2022inact070>
- Krüger, D., Parchmann, I., & Schecker, H. (Eds.). (2018). *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer Berlin Heidelberg.

- Kucher, A. N. (2019). Association of Polymorphic Variants of Key Histamine Metabolism Genes and Histamine Receptor Genes with Multifactorial Diseases. *Russian Journal of Genetics*, 55(7), 794–814. <https://doi.org/10.1134/S102279541907010X>
- Kuckartz, U., Dresing, T., Rädiker, S., & Stefer, C. (2008). *Qualitative Evaluation: Der Einstieg in die Praxis* (2., aktualisierte Auflage). VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-91083-3>
- Kumar, K., Gambhir, G., Dass, A., Tripathi, A. K., Singh, A., Jha, A. K., Yadava, P., Choudhary, M., & Rakshit, S. (2020). Genetically modified crops: Current status and future prospects. *Planta*, 251(4), 91. <https://doi.org/10.1007/s00425-020-03372-8>
- Kunter, M., Baumert, J., & Blum, W. (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Waxmann Verlag.
- Kunz-Heim, D., Arnold, C., Eschelmüller, M., & Achermann, E. (2013). Einschätzung von Prozess- und Output-Qualität durch Leitungspersonen von neu gebildeten Unterrichtsteams. In M. Keller-Schneider, S. Albisser, & J. Wissinger (Eds.), *Professionalität und Kooperation in Schulen: Beiträge zur Diskussion über Schulqualität ; [Anlass ... dieser Beiträge bildete Tagung "Professionalität und Teamqualität in Schulen"*. Klinkhardt.
- Kuschel, J., Richter, D., & Lazarides, R. (2020). Wie relevant ist die gesetzliche Fortbildungsverpflichtung für Lehrkräfte? Eine empirische Untersuchung zur Fortbildungsteilnahme in verschiedenen deutschen Bundesländern. *Zeitschrift Für Bildungsforschung*, 10(2), 211–229. <https://doi.org/10.1007/s35834-020-00274-3>
- La Hoz, M. C. de, Solé-Llussà, A., Haro, J., Gericke, N., & Valls, C. (2022). Student Primary Teachers' Knowledge and Attitudes Towards Biotechnology—Are They Prepared to Teach Biotechnological Literacy? *Journal of Science Education and Technology*, 31(2), 203–216. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09942-z>
- Lane, J. M., Qian, J., Mignot, E., Redline, S., Scheer, F. A. J. L., & Saxena, R. (2023). Genetics of circadian rhythms and sleep in human health and disease. *Nature Reviews. Genetics*, 24(1), 4–20. <https://doi.org/10.1038/s41576-022-00519-z>
- Lang, M. (2009). Intensivierung von Lehrerkooperation durch schulische Innovationsvorhaben zum selbstgesteuerten Lernen?—Befunde aus dem BLK-Modellversuchsprogramm SKOLA. *Zeitschrift Für Evaluation*, 8(1), 87–106.
- Langelotz, L., & Olin, A. (2022). Action Research and Curriculum Development with Consideration of the Nordic Context. In L. Langelotz & A. Olin (Eds.), *Oxford Research Encyclopedia of Education*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190264093.013.1162>
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71–94. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200001\)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C)
- Lazarides, R., & Ittel, A. (2017). Entwicklung motivationaler Orientierungen in den MINT-Bereichen im mittleren Jugendalter. In B. Kracke & P. Noack (Eds.), *Handbuch Entwicklungs- und Erziehungspsychologie* (pp. 1–19). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54061-5_17-1
- le Plat, D., Henkel, R., Hickmann, T., & Tuckermann, R. (2018). Eisen-Chrom-Redox-Flow-Batterie für Schülerversuche. *CHEMKON*, 25(7), 269–277. <https://doi.org/10.1002/ckon.201800003>

- LeBuffe, J. R. (1994). *Hands-on science in the elementary school. Fastback: Vol. 376*. Phi Delta Kappa Educational Foundation.
- Lederman, N. G., Zeidler, D. L., & Lederman, J. S. (2023). *Handbook of Research on Science Education*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780367855758>
- Lee, H. J., Kim, J.-H., Lim, H. K., Cho, E. C., Huh, N., Ko, C., Park, J. C., Choi, J.-W., & Lee, S. S. (2010). Electrochemical cell lysis device for DNA extraction. *Lab on a Chip*, *10*(5), 626–633. <https://doi.org/10.1039/B916606H>
- Lewis, J [Jenny] (2014). From Flavr Savr Tomatoes to Stem Cell Therapy: Young People’s Understandings of Gene Technology, 15 Years on. *Science & Education*, *23*(2), 361–379. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9523-z>
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, *7*(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- Liou, P.-Y. (2021). Students' attitudes toward science and science achievement: An analysis of the differential effects of science instructional practices. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, *58*(3), 310–334. <https://doi.org/10.1002/tea.21643>
- Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf–Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. *Lehrerinnen Und Lehrer Lernen. Konzepte Und Befunde Zur Lehrerfortbildung*, *1*, 51–72.
- Lipowsky, F. (2019). Wie kommen Befunde der Wissenschaft in die Klassenzimmer? – Impulse der Fortbildungsforschung. In C. Donie, F. Foerster, M. Obermayr, A. Deckwerth, G. Kammermeyer, G. Lenske, M. Leuchter, & A. Wildemann (Eds.), *Grundschulpädagogik zwischen Wissenschaft und Transfer* (pp. 144–161). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-26231-0_18
- Lipowsky, F., & Rzejak, D. (2020). Was macht Fortbildung für Lehrkräfte erfolgreich? - Ein Update. In B. Groot-Wilken & R. Koerber (Eds.), *Beiträge zur Schulentwicklung. Nachhaltige Professionalisierung für Lehrerinnen und Lehrer: Ideen, Entwicklungen, Konzepte* (pp. 15–56). wbv.
- Lipowsky, F., & Rzejak, D. (2021). Welche Art von Fortbildung wirkt? *Was Lehrkräfte Lernen Müssen - Bedarfe Der Lehrkräftefortbildung in Deutschland, Netzwerk Bildung - Friedrich Ebert Stiftung*, 19–38.
- Lohmeier, L. (2023). *Bevölkerung in Deutschland nach Beliebtheit von deutschen Krimis, Krimiserien im Fernsehen in den Jahren 2020 bis 2023*. statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1168054/umfrage/interesse-an-deutschen-krimis-und-krimiserien-im-fernsehen/>
- Lomer, M. C. E. (2015). Review article: The aetiology, diagnosis, mechanisms and clinical evidence for food intolerance. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, *41*(3), 262–275. <https://doi.org/10.1111/apt.13041>
- Lord, T., & Orkwiszewski, T. (2006). Moving from Didactic to Inquiry-Based Instruction in a Science Laboratory. *The American Biology Teacher*, *68*(6), 342–345. <https://doi.org/10.2307/4452009>
- Lortie, D. C. (2020). *Schoolteacher: A Sociological Study*. University of Chicago Press.
- Löwe, B. (1987). Interessenverfall im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, *124*, 62–65.
- Lunenburg, F. (2010). Managing Change: The Role of the Change Agent. *International Journal of Management, Business, and Administration*(13).

- Lynch, M., Ackerman, M. S., Gout, J.-F., Long, H., Sung, W., Thomas, W. K., & Foster, P. L. (2016). Genetic drift, selection and the evolution of the mutation rate. *Nature Reviews. Genetics*, 17(11), 704–714. <https://doi.org/10.1038/nrg.2016.104>
- Ma, Y [Yue] (2022). Profiles of student science attitudes and its associations with gender and science achievement. *International Journal of Science Education*, 44(11), 1876–1895. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2101705>
- Maag Merki, K. (Ed.). (2009). *Kooperation und Netzwerkbildung: Strategien zur Qualitätsentwicklung in Schulen* (1. Aufl.). Klett / Kallmeyer.
- Maier-Röseler, M., & Maulbetsch, C. (2022). Schulentwicklung und Schulentwicklungsforschung im Dialog - Meta-Reflexion als Transferstrategie. *Bildungsforschung: Gemeinsam Mit Bildungspraxis? Wege, Dynamiken, Klärungen*(2), 1–14.
- Marques, G. N., Moreira, A. J., Nóbrega, E. T. D., Braga, S., Argentin, M. N., Da Cunha Camargo, I. L., Azevedo, E., Pereira, E. C., Bernardi, M. I. B., & Mascaro, L. H. (2024). Selective inhibitory activity of multidrug-resistant bacteria by zinc oxide nanoparticles. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 12(1), 111870. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.111870>
- Martin, D. K., Vicente, O., Beccari, T., Kellermayer, M., Koller, M., Lal, R., Marks, R. S., Marova, I., Mechler, A., Tapaloaga, D., Žnidaršič-Plazl, P., & Dundar, M. (2021). A brief overview of global biotechnology. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 35(sup1), S5-S14. <https://doi.org/10.1080/13102818.2021.1878933>
- Massenkeil, J., & Rothland, M. (2016). Kollegiale Kooperation im Lehrerberuf. *Überblick Und Systematisierung Aktueller Forschung. Schulpädagogik Heute*, 7(13), 1–28.
- Maxwell, J. A. (2013). *Qualitative research design: An interactive approach* (3rd edition). *Applied social research methods series: Vol. 41*. Sage. <http://books.google.de/books?id=DFZc28cayiUC&lpg=PP1&dq=9781412981194&hl=de&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>
- Mayer, J [J.] (Ed.) (2002). *Vom Schulversuch zum Forschenden Unterricht-Wissenschaftliches Arbeiten im Biologieunterricht am Beispiel der Fotosynthese*.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarb. Aufl.). Beltz. http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok_id/1875625
- Mayring, P. (2020). Qualitative inhaltsanalyse. In G. Mey & K. Mruck (Eds.), *Handbuch qualitative Forschung in der Psychologie* (pp. 495–511). Springer.
- Mayring, P., & Fenzl, T. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse. In N. Baur & J. Blasius (Eds.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (pp. 633–648). Springer VS, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21308-4_42
- McDonald, C., Taylor, D., & Linacre, A. (2024). Pcr in Forensic Science: A Critical Review. *Genes*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/genes15040438>
- McGill, B. C., Wakefield, C. E., Vetsch, J., Barlow-Stewart, K., Kasparian, N. A., af Patenaude, Young, M.-A., Cohn, R. J., & Tucker, K. M. (2019). Children and young people's understanding of inherited conditions and their attitudes towards genetic testing: A systematic review. *Clinical Genetics*, 95(1), 10–22.
- McNamara-Schroeder, K., Olanon, C., Chu, S., Montoya, M. C., Alviri, M., Ginty, S., & Love, J. J. (2006). Dna fingerprint analysis of three short tandem repeat (STR) loci for biochemistry and forensic science laboratory courses. *Biochemistry and Molecular Biology Education : A*

- Bimonthly Publication of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology*, 34(5), 378–383. <https://doi.org/10.1002/bmb.2006.494034052665>
- Meier, M., & Mayer, J [Jürgen] (2014). Selbständiges Experimentieren: Entwicklung und Einsatz eines anwendungsbezogenen Aufgabendesigns. *Der Mathematische Und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 67(1), 4–10.
- Merchie, E., Tuytens, M., Devos, G., & Vanderlinde, R. (2018). Evaluating teachers' professional development initiatives: towards an extended evaluative framework. *Research Papers in Education*, 33(2), 143–168. <https://doi.org/10.1080/02671522.2016.1271003>
- Meyer, H. (2004). *Was ist guter Unterricht ?* (10. Auflage). *Praxisbuch Meyer*. Verlag an der Ruhr.
- Meyerhof, W., Batram, C., Kuhn, C., Brockhoff, A., Chudoba, E., Bufe, B., Appendino, G., & Behrens, M. (2010). The molecular receptive ranges of human TAS2R bitter taste receptors. *Chemical Senses*, 35(2), 157–170. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjp092>
- Minden, J. S., Dowd, S. R., Meyer, H. E., & Stühler, K. (2009). Difference gel electrophoresis. *Electrophoresis*, 30 Suppl 1, S156-61. <https://doi.org/10.1002/elps.200900098>
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Mishra, A [Aditi], Nimbkar, P. H., & Chauhan, T. (2024). DNA Electrophoresis. In A. Puri, N. Mahalakshmi, T. Chauhan, A. Mishra, & P. Bhatnagar (Eds.), *Fundamentals of Forensic Biology* (pp. 227–243). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3161-3_17
- Mittal, A. (2024). CRISPR: A Futuristic Tool at the Intersection of Promise and Ethical Controversy in Biotechnology. *Intersect: The Stanford Journal of Science, Technology, and Society*, 17(2).
- Möller, K. (2010). Lehrmittel als Tools für die Hand der Lehrkräfte. Ein Mittel zur Unterrichtsentwicklung? *Beiträge Zur Lehrerinnen-Und Lehrerbildung*, 28(1), 97–108.
- Moosa, V., Salleh, S., & Hamid, L. (2024). Defining and operationalizing professional learning communities: what does the literature say? *Asia Pacific Journal of Education*, 44(2), 475–487. <https://doi.org/10.1080/02188791.2022.2070907>
- More, T. A., Shaikh, Z., & Ali, A. (2021). Artificial Sweeteners and their Health Implications: A Review. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 18(2), 227–237. <https://doi.org/10.13005/bbra/2910>
- Mottarella, K., Fritzsche, B., & Parrish, T. (2005). Who Learns More? Achievement Scores following Web-Based versus Classroom Instruction in Psychology Courses. *Psychology Learning & Teaching*, 4(1), 51–54. <https://doi.org/10.2304/plat.2004.4.1.51>
- Mühlemeier, T. (2017). *Gen- und biotechnologische Arbeitsweisen für den Biologieunterricht*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18836-8>
- Mullis, K., Faloon, F., Scharf, S., Saiki, R., Horn, G., & Erlich, H. (1986). Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: The polymerase chain reaction. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 51 Pt 1, 263–273. <https://doi.org/10.1101/SQB.1986.051.01.032>
- Neil, P., & Morgan, C. (2003). *Continuing professional development for teachers: From induction to senior management*. Kogan Page. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=198412>

- Nerdel, C. (2017a). Didaktische Rekonstruktion für den naturwissenschaftlichen Unterricht. In C. Nerdel (Ed.), *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik* (pp. 79–91). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7_5
- Nerdel, C. (Ed.). (2017b). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7>
- Nerdel, C., & Schöppner, P. (2021). Evaluation einer Lehrerfortbildung zum praktischen Einsatz von biotechnologischen Methoden im Unterricht. In S. Kapelari, A. Möller, & P. Schmiemann (Eds.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik: Band 9. "Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen": Internationale Jahrestagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO und der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Wien 2019* (pp. 292–305). StudienVerlag.
- Neuhaus, B. J. [Birgit J.] (2021). Unterrichtsqualität aus der Perspektive der Biologiedidaktik. *Unterrichtswissenschaft*, 49(2), 273–283. <https://doi.org/10.1007/s42010-021-00114-x>
- Neves, S. R., Ram, P. T., & Iyengar, R. (2002). G protein pathways. *Science*, 296(5573), 1636–1639. <https://doi.org/10.1126/science.1071550>
- Nordqvist, O., & Aronsson, H. (2019). It Is Time for a New Direction in Biotechnology Education Research. *Biochemistry and Molecular Biology Education: A Bimonthly Publication of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology*, 47(2), 189–200. <https://doi.org/10.1002/bmb.21214>
- Oakes, C. C., La Salle, S., Trasler, J. M., & Robaire, B. (2009). Restriction digestion and real-time PCR (qAMP). *Methods in Molecular Biology (Clifton, N.J.)*, 507, 271–280. https://doi.org/10.1007/978-1-59745-522-0_20
- OECD (Ed.). (2019). *PISA. PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. OECD. <https://doi.org/10.1787/19963777>
- OECD (Ed.). (2023). *PISA. PISA 2025 SCIENCE FRAMEWORK (DRAFT)*. OECD. <https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/>
- OECD, O. (2008). Encouraging Student Interest in Science and Technology Studies. *Encouraging Student Interest in Science and Technology Studies*, 1–130. <https://doi.org/10.1787/9789264040892-en>
- Ogbunugafor, C. B. (2024). The dose makes the poison and the lesson. *Evolution*, 78(2), 380–382. <https://doi.org/10.1093/evolut/qpad220>
- Ostermeier, C., Carstensen, C. H., Prenzel, M., & Geiser, H. (2004). Kooperative unterrichtsbezogene Qualitätsentwicklung in Netzwerken. Ausgangsbedingungen für die Implementation im BLK-Modellversuchsprogramm SINUS. *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), 215–237.
- Otsetov, A. G. (2020). Importance of Laboratory Techniques. *Journal of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 3(2).
- Pandi-Perumal, S. R., Saravanan, K. M., Paul, S., Namasivayam, G. P., & Chidambaram, S. B. (2024). Waking Up the Sleep Field: An Overview on the Implications of Genetics and Bioinformatics of Sleep. *Molecular Biotechnology*, 66(5), 919–931. <https://doi.org/10.1007/s12033-023-01009-1>
- Pang, R. T., & Ho, P. C. (2016). Designer babies. *Obstetrics, Gynaecology & Reproductive Medicine*, 26(2), 59–60. <https://doi.org/10.1016/j.ogrm.2015.11.011>

- Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R., & Ralle, B. (2006). “Chemie im Kontext”: A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1041–1062.
- Parchmann, I., & Kuhn, J. (2018). Lernen im Kontext. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 193–207). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_12
- Patke, A., Young, M. W., & Axelrod, S. (2020). Molecular mechanisms and physiological importance of circadian rhythms. *Nature Reviews. Molecular Cell Biology*, 21(2), 67–84. <https://doi.org/10.1038/s41580-019-0179-2>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., Jong, T. de, van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Pérez-Juárez, M. Á., González-Ortega, D., & Aguiar-Pérez, J. M. (2023). Digital Distractions from the Point of View of Higher Education Students. *Sustainability*, 15(7), 6044. <https://doi.org/10.3390/su15076044>
- Peruchet-Noray, L., Dimou, N., Cordova, R., Fontvieille, E., Jansana, A., Gan, Q., Breuer, M., Baurecht, H., Bohmann, P., Konzok, J., Stein, M. J., Dahm, C. C., Nogueira, N., Mellemkjær, L., Tjønneland, A., Kaaks, R., Katzke, V., Inan-Eroglu, E., Schulze, M., . . . Carreras-Torres, R. (2024). *Nature or Nurture: Genetic and Environmental Predictors of Adiposity Gain in Adults*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4898446>
- Pesole, G. (2008). What is a gene? An updated operational definition. *Gene*, 417(1-2), 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2008.03.010>
- Plomp, T. (2013). Educational design research: An introduction. *Educational Design Research*, 11–50.
- Popova, A., Evans, D. K., Breeding, M. E., & Arancibia, V. (2022). Teacher Professional Development around the World: The Gap between Evidence and Practice. *The World Bank Research Observer*, 37(1), 107–136. <https://doi.org/10.1093/wbro/lkab006>
- Praetorius, A.-K., & Gräsel, C. (2021). Noch immer auf der Suche nach dem heiligen Gral: Wie generisch oder fachspezifisch sind Dimensionen der Unterrichtsqualität? *Unterrichtswissenschaft*, 49(2), 167–188. <https://doi.org/10.1007/s42010-021-00119-6>
- Praetorius, A.-K., Herrmann, C., Gerlach, E., Zültdorf-Kersting, M., Heinitz, B., & Nehring, A. (2020). *Unterrichtsqualität in den Fachdidaktiken im deutschsprachigen Raum – zwischen Generik und Fachspezifik*. <https://doi.org/10.5167/uzh-197391>
- Prenger, R., Poortman, C. L., & Handelzalts, A. (2017). Factors influencing teachers’ professional development in networked professional learning communities. *Teaching and Teacher Education*, 68, 77–90. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.08.014>
- Prieto-Rodríguez, E., Sincok, K., & Blackmore, K. (2020). STEM initiatives matter: results from a systematic review of secondary school interventions for girls. *International Journal of Science Education*, 42(7), 1144–1161. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1749909>
- Putnam, R. T., & Borko, H [Hilda] (2000). What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning? *Educational Researcher*, 29(1), 4–15.
- Rabiei, M., Masoumi, S. J., Haghani, M., Nematollahi, S., Rabiei, R., & Mortazavi, S. M. J. (2024). Do blue light filter applications improve sleep outcomes? A study of smartphone users'

- sleep quality in an observational setting. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 43(1-2), 107–116. <https://doi.org/10.1080/15368378.2024.2327432>
- Reinfried, S., Mathis, C., & Kattmann, U. (2009). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. *Beiträge Zur Lehrerinnen- Und Lehrerbildung*, 27(3), 404–414. <https://doi.org/10.36950/bzl.27.3.2009.9826>
- Renneberg, R., Süßbier, D., Berkling, V., & Loroach, V. (2018). *Biotechnologie für Einsteiger* (5. Auflage). Springer Spektrum. <http://www.springer.com/de/book/9783662562833#about-Book>
- RiSU (Ed.). (2024). RICHTLINIE ZUR SICHERHEIT IM UNTERRICHT: Empfehlung der Kultusministerkonferenz [Special issue]. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1994/1994_09_09-Sicherheit-im-Unterricht.pdf
- Roehrig, G. H., Kruse, R. A., & Kern, A. (2007). Teacher and school characteristics and their influence on curriculum implementation. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 44(7), 883–907.
- Rogers E. M. (2003). *Diffusion of innovations*.
- Rzejak, D., & Lipowsky, F. (2019). Feedback durch Coaching – eine zentrale Komponente wirksamer Lehrkräftefortbildung. In M.-C. Vierbuchen & F. Bartels (Eds.), *Feedback in der Unterrichtspraxis: Schülerinnen und Schüler beim Lernen wirksam unterstützen* (pp. 161–177). Kohlhammer Verlag.
- Sancar, R., Atal, D., & Deryakulu, D. (2021). A new framework for teachers' professional development. *Teaching and Teacher Education*, 101, 103305. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103305>
- Sanger, F. (1975). The Croonian Lecture, 1975. Nucleotide sequences in DNA. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 191(1104), 317–333. <https://doi.org/10.1098/rspb.1975.0131>
- Say, Y.-H. (2017). The association of insertions/deletions (INDELs) and variable number tandem repeats (VNTRs) with obesity and its related traits and complications. *Journal of Physiological Anthropology*, 36(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s40101-017-0142-x>
- Schmitz, G. S., & Schwarzer, R. (2002). Individuelle und kollektive Selbstwirksamkeitserwartung von Lehrern. *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen, Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft*. <https://doi.org/10.25656/01:3936>
- Schneider, R. M., & Krajcik, J. (2002). Supporting science teacher learning: The role of educative curriculum materials. *Journal of Science Teacher Education*, 13(3), 221–245.
- Schöppner, P., Großbruchhaus, S., & Nerdel, C. (Eds.). (2023). *Biotechnologie praxisorientiert unterrichten: Aktuelle Kontexte für Schule und Lehrerfortbildung*. Springer Berlin Heidelberg.
- Schrader, J., & Hasselhorn, M. (2020). Implementationsforschung im Bildungsbereich. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 23(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s11618-020-00929-x>
- Schwanewedel, J., Höhle, C., & Kattmann, U. (2008). Vorstellung zur Rolle der Gene in Bezug auf die Gesundheit und Krankheit des Menschen. In U. Harms & A. Sandmann (Eds.), *Forschungen zur Fachdidaktik: Band 10. Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften: Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBiO, Essen 2007* (Vol. 3). Studien Verlag.

- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen, Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft*. <https://doi.org/10.25656/01:3930>
- Seidel, T., & Prenzel, M. (2006). Stability of teaching patterns in physics instruction: Findings from a video study. *Learning and Instruction, 16*(3), 228–240.
- Seidel, T., Prenzel, M., Rimmel, R., Dalehefte, I. M., Herweg, C., Kobarg, M., & Schwindt, K. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik, 52*. <https://doi.org/10.25656/01:4489> (Zeitschrift für Pädagogik 52 (2006) 6, S. 799-821).
- Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2007). Teaching effectiveness research in the past decade: The role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. *Review of Educational Research, 77*(4), 454–499.
- Sellen, P. (2016). Teacher workload and professional development in England's secondary schools: insights from TALIS. *Education Policy Institute*.
- Semanko, A. M., & Ladbury, J. L. (2020). Using the Reasoned Action Approach to Predict Active Teaching Behaviors in College STEM Courses. *Journal for STEM Education Research, 3*(3), 387–402. <https://doi.org/10.1007/s41979-020-00038-8>
- Seufert, S. (2015). Design Research für die Implementation von eLearning: ein vielversprechendes Paradigma für die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis? *HMD Praxis Der Wirtschaftsinformatik, 52*(1), 120–131. <https://doi.org/10.1365/s40702-014-0113-1>
- Shaji, C. S., & Saraswathy, R. (2023). Taste receptors influencing effective modalities in human health - A cutting edge update on TAS1R and TAS2R receptor polymorphisms in taste perception and disease risk. *Nutrition and Health, 26*01060231186865. <https://doi.org/10.1177/02601060231186865>
- Shalev, I., Eran, A., & Uzevovsky, F. (2023). Fluctuations and individual differences in empathy interact with stress to predict mental health, parenting, and relationship outcomes. *Frontiers in Psychology, 14*, 1237278. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1237278>
- Shetty, P. J. (2020). The Evolution of DNA Extraction Methods. *American Journal of Biomedical Science & Research, 8*(1), 39–45. <https://doi.org/10.34297/ajbsr.2020.08.001234>
- Shi, P., Zhang, J., Yang, H., & Zhang, Y.-P. (2003). Adaptive diversification of bitter taste receptor genes in Mammalian evolution. *Molecular Biology and Evolution, 20*(5), 805–814. <https://doi.org/10.1093/molbev/msg083>
- Siermann, M., Valcke, O., Vermeesch, J. R., Raivio, T., Tšuiiko, O., & Borry, P. (2024). "Are we not going too far?": Socio-ethical considerations of preimplantation genetic testing using polygenic risk scores according to healthcare professionals. *Social Science & Medicine (1982), 343*, 116599. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2024.116599>
- Sims, S., & Fletcher-Wood, H. (2021). Identifying the characteristics of effective teacher professional development: a critical review. *School Effectiveness and School Improvement, 32*(1), 47–63. <https://doi.org/10.1080/09243453.2020.1772841>
- Šimunović, M., & Babarović, T. (2020). The role of parents' beliefs in students' motivation, achievement, and choices in the STEM domain: a review and directions for future research. *Social Psychology of Education, 23*(3), 701–719. <https://doi.org/10.1007/s11218-020-09555-1>

- Singer, S. R. (2012). *Discipline-Based Education Research: Understanding and Improving Learning in Undergraduate Science and Engineering*. National Academies Press. <http://gbv.eblib.com/patron/FullRecord.aspx?p=3379024>
- Singh, S. K., & Sarma, M. S. (2022). Hereditary fructose intolerance: A comprehensive review. *World Journal of Clinical Pediatrics*, 11(4), 321–329. <https://doi.org/10.5409/wjcp.v11.i4.321>
- Snyder, J., Bolin, F., & Zumwalt, K. (1992). *Curriculum implementation. Teoksessa PW Jackson (Hrsg.): Handbook of Research on Curriculum*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Soltau, A., Berthe, S., & Mienert, M. (2012). Das Autonomie-Paritäts-Muster. Der Lehrer im Spannungsfeld von kollegialer Norm und Entwicklungsanspruch. In S. G. Huber & F. Ahlgrimm (Eds.), *Kooperation: Aktuelle Forschung zur Kooperation in und zwischen Schulen sowie mit anderen Partnern*. Waxmann.
- Soltau, A., & Mienert, M. (2009). Teamorientierung und Einstellungen zu Formen der Lehrerkoope-
ration bei Lehrkräften. *Psychologie in Erziehung Und Unterricht*, 56(3), 213–223.
- Sowersby, D. S., & Lewis, L. K. (2024). Sure gel electrophoresis: A method for improved detection and purification of dilute nucleic acid samples. *Analytical Biochemistry*, 684, 115373. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2023.115373>
- Spaan, W., Oostdam, R., Schuitema, J., & Pijls, M. (2024). Analysing teacher behaviour in synthesizing hands-on and minds-on during practical work. *Research in Science & Technological Education*, 42(2), 219–236. <https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2098265>
- Spiteri, M., & Chang Rundgren, S.-N. (2017). Maltese primary teachers' digital competence: implications for continuing professional development. *European Journal of Teacher Education*, 40(4), 521–534. <https://doi.org/10.1080/02619768.2017.1342242>
- Spiteri, M., & Chang Rundgren, S.-N. (2020). Literature Review on the Factors Affecting Primary Teachers' Use of Digital Technology. *Technology, Knowledge and Learning*, 25(1), 115–128. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9376-x>
- Staub, F. C., & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 344.
- Steele, F., & Aubusson, P. (2004). The Challenge in Teaching Biotechnology. *Research in Science Education*, 34(4), 365–387. <https://doi.org/10.1007/s11165-004-0842-1>
- Stegmann, K., Kastorff, T., Poluektova, I., Berger, S., Kosiol, T., Reith, S., Förtsch, C., Rutkowski, A., Mohr, M., Lindermayer, C., Aufleger, M., Traub, D., Haldenwang, V., Ufer, S., Neuhaus, B. J [Birgit Jana], Bannert, M., Oechslein, K., Lindner, M., Nerdel, C., . . . Gräsel, C. (2022). Digitaler Wandel des Schulunterrichts durch professionelle Lerngemeinschaften. *MedienPädagogik: Zeitschrift Für Theorie Und Praxis Der Medienbildung*, 49, 250–270. <https://doi.org/10.21240/mpaed/49/2022.07.01.X>
- Steinert, B., Klieme, E., Maag Merki, K., Döbrich, P., Halbheer, U., & Kunz, A. (2006). Lehrerkoope-
ration in der Schule: Konzeption, Erfassung, Ergebnisse. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52. <https://doi.org/10.25656/01:4452> (Zeitschrift für Pädagogik 52 (2006) 2, S. 185-204).
- Stich, J. M. (2024). *Untersuchung zur Wirksamkeit hybrider und virtueller Lernumgebungen zum naturwissenschaftlichen Arbeiten in der Biotechnologie* [Technische Universität München]. BibTeX. <https://mediatum.ub.tum.de/1725903>

- Strat, T. T. S., Henriksen, E. K., & Jegstad, K. M. (2024). Inquiry-based science education in science teacher education: a systematic review. *Studies in Science Education*, 60(2), 191–249. <https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2207148>
- Swallow, D. M. (2003). Genetics of lactase persistence and lactose intolerance. *Annual Review of Genetics*, 37, 197–219. <https://doi.org/10.1146/annurev.genet.37.110801.143820>
- Tam, J. C. W., Chan, Y. M., Tsang, S. Y., Yau, C. in, Yeung, S. Y., Au, K. K., & Chow, C. K. (2020). Noninvasive prenatal paternity testing by means of SNP-based targeted sequencing. *Prenatal Diagnosis*, 40(4), 497–506. <https://doi.org/10.1002/pd.5595>
- Tanhua-Piironen, E., Pystynen, J., & Raisamo, R. (2010). Haptic applications as physics teaching tools. In *2010 IEEE International Symposium on Haptic Audio Visual Environments and Games* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/HAVE.2010.5623972>
- Tariq, M. A., & Tahir, M. A. (2023). Optimization and Development of an Efficient 13 X-STRs Multiplex PCR System for Paternity Testing. *Pakistan Journal of Health Sciences*, 24–32. <https://doi.org/10.54393/pjhs.v4i07.931>
- Teo, T., Zhou, M., & Noyes, J. (2016). Teachers and technology: development of an extended theory of planned behavior. *Educational Technology Research and Development*, 64(6), 1033–1052. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9446-5>
- Timperley, H. (2007). *Teacher professional learning and development: Best evidence synthesis iteration (BES)*. Ministry of Education. <http://bibliotecadigital.mineduc.cl/handle/20.500.12365/17384>
- Tiselius, A. W. K. (1948). Electrophoresis and adsorption analysis as aids in investigations of large molecular weight substances and their breakdown products. *Nobelprize. Org.*
- Tuck, C. J., Biesiekierski, J. R., Schmid-Grendelmeier, P., & Pohl, D. (2019). Food Intolerances. *Nutrients*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/nu11071684>
- Turco, M., Biscontin, A., Corrias, M., Caccin, L., Bano, M., Chiaromanni, F., Salamanca, M., Mattei, D., Salvo, C., Mazzotta, G., Pittà, C. de, Middleton, B., Skene, D. J., Montagnese, S., & Costa, R. (2017). Diurnal preference, mood and the response to morning light in relation to polymorphisms in the human clock gene PER3. *Scientific Reports*, 7(1), 6967. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-06769-w>
- Turpin, T. J. (2000). *A study of the effects of an integrated, activity-based science curriculum on student achievement, science process skills, and science attitudes*. University of Louisiana at Monroe.
- Ünal, S. (2008). Changing students' misconceptions of floating and sinking using hands-on activities. *Journal of Baltic Science Education*, 7(3), 134–146.
- Urbach, T., & Lesch, H. (2018, November 9). Krimis: Zahlen und Fakten über das beliebte Genre. *FINK*, 2018. <https://fink.hamburg/2018/11/krimis-in-zahlen/>
- Ursavaş, Ö. F. (2022). Theory of Reasoned Action. In Ö. F. Ursavaş (Ed.), *Springer Texts in Education. Conducting Technology Acceptance Research in Education* (pp. 17–39). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-10846-4_2
- van der Heijden, H., Geldens, J., Beijaard, D., & Popeijus, H. L. (2015). Characteristics of teachers as change agents. *Teachers and Teaching*, 21(6), 681–699. <https://doi.org/10.1080/13540602.2015.1044328>
- Vollstädt, W., Tillmann, K.-J., Rauin, U., Höhmann, K., & Tebrügge, A. (2013). *Lehrpläne im Schulalltag: eine empirische Studie zur Akzeptanz und Wirkung von Lehrplänen in der Sekundarstufe I* (Vol. 18). Springer-Verlag.

- Vooren, M., Haelermans, C., Groot, W., & van den Brink, H. M. (2022). Comparing success of female students to their male counterparts in the STEM fields: an empirical analysis from enrollment until graduation using longitudinal register data. *International Journal of STEM Education*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00318-8>
- Voytas, D. (2001). Agarose gel electrophoresis. *Current Protocols in Molecular Biology*, Chapter 2, Unit2.5A. <https://doi.org/10.1002/0471142727.mb0205as51>
- Vries, S. de, & Roorda, G. (Eds.) (2016). *A Reasoned Action Approach to Participation in Lesson Study*.
- Wahl, D. (2013). *Lernumgebungen erfolgreich gestalten: Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln* (3. Auflage mit Methodensammlung, Online-Ausgabe). Verlag Julius Klinkhardt. <https://elibrary.utb.de/doi/book/10.35468/9783781552944>
- Wang, A. Y., & Newlin, M. H. (2000). Characteristics of students who enroll and succeed in psychology Web-based classes. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 137–143. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.92.1.137>
- Wang, D., Schneider, S., Schwartz, J. E., & Stone, A. A. (2020). Heightened Stress in Employed Individuals Is Linked to Altered Variability and Inertia in Emotions. *Frontiers in Psychology*, 11, 1152. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01152>
- Warren, C. M., Sehgal, S., Sicherer, S. H., & Gupta, R. S. (2024). Epidemiology and the Growing Epidemic of Food Allergy in Children and Adults Across the Globe. *Current Allergy and Asthma Reports*, 24(3), 95–106. <https://doi.org/10.1007/s11882-023-01120-y>
- Weidenauer, C., Täuber, L., Huber, S., Rimkus, K., & Randler, C. (2021). Measuring circadian preference in adolescence with the Morningness-Eveningness Stability Scale improved (MESSi). *Biological Rhythm Research*, 52(3), 367–379. <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1600268>
- Weinert, F. E. (Ed.). (2002). *Pädagogik. Leistungsmessungen in Schulen* (2. unveränd. Aufl.). Beltz.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112–143. <https://doi.org/10.1002/sci.10044>
- Winnacker, E.-L. (1987). *From genes to clones: Introduction to gene technology*. VCH.
- Wray, F. P., Fox, M. C., Huether, C. A., & Schurdak, E. R. (2001). Biotechnology for Non-Biology Majors: An Activity Using a Commercial Biotechnology Laboratory. *The American Biology Teacher*, 63(5), 363–367. <https://doi.org/10.2307/4451125>
- Yoon, K. S., Duncan, T., Lee, S. W.-Y., Scarloss, B., & Shapley, K. L. (2007). *Reviewing the evidence on how teacher professional development affects student achievement*. Issues & Answers Report, REL.
- Yoon, S. A., Miller, K., & Richman, T. (2020). Comparative Study of High-Quality Professional Development for High School Biology in a Face-to-Face versus Online Delivery Mode. *Educational Technology & Society*, 23(3), 68–80.
- Yurtseven Avci, Z., O'Dwyer, L. M., & Lawson, J. (2020). Designing effective professional development for technology integration in schools. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(2), 160–177. <https://doi.org/10.1111/jcal.12394>
- Zaporojan, N., Negrean, R. A., Hodişan, R., Zaporojan, C., Csep, A., & Zaha, D. C. (2024). Evolution of Laboratory Diagnosis of Tuberculosis. *Clinics and Practice*, 14(2), 388–416. <https://doi.org/10.3390/clinpract14020030>

- Zech, L. K., Gause-Vega, C. L., Bray, M. H., Secules, T., & Goldman, S. R. (2000). Content-based collaborative inquiry: A professional development model for sustaining educational reform. *Educational Psychologist, 35*(3), 207–217.
- Zhou, X., Wang, H., Huang, M., Chen, J [Jin], Chen, J [Jianle], Cheng, H., Ye, X., Wang, W., & Liu, D. (2024). Role of bitter contributors and bitter taste receptors: a comprehensive review of their sources, functions and future development. *Food Science and Human Wellness, 13*(4), 1806–1824. <https://doi.org/10.26599/FSHW.2022.9250151>
- Zhu, H., Zhang, H., Xu, Y., Laššáková, S., Korabečná, M., & Neužil, P. (2020). Pcr past, present and future. *BioTechniques, 69*(4), 317–325. <https://doi.org/10.2144/btn-2020-0057>
- Zhu, K., Jin, H., Ma, Y [Yijie], Ren, Z., Xiao, C., He, Z., Zhang, F., Zhu, Q., & Wang, B. (2005). A continuous thermal lysis procedure for the large-scale preparation of plasmid DNA. *Journal of Biotechnology, 118*(3), 257–264. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2005.05.003>
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 39*(1), 35–62. <https://doi.org/10.1002/tea.10008>

10 Anhang

10.1 Verzeichnisse

10.1.1 Abkürzungsverzeichnis

BOS	Berufsoberschule
BS	Berufsschule
DNA	Desoxyribonukleinsäure
dNTP	Desoxynukleosidtriphosphate
FOS	Fachoberschule
Jgst.	Jahrgangsstufe
kb	Kilobase
LFB	Lehrkräftefortbildung
LK	Lehrkraft/Lehrkräfte
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technologie
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PCR	Polymerase-Kettenreaktion
PISA	Programme for International Student Assessment
RAA	Reasoned Action Aproach
SNP	Single Nicleotide Polymorphism
TN	Teilnehmerinnen
VNTR	Variable Number of Tandem Repeats

10.1.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wirksamkeitsmodell	5
Abbildung 2: Modell zu <i>professional development</i>	7
Abbildung 3: RAA-Modell	14
Abbildung 4: PCR	17
Abbildung 5: Agarose-Gelelektrophorese	20
Abbildung 6: Restriktionsendonukleasen	22
Abbildung 7: Rekrutierte Stichprobe	39
Abbildung 8: Versionsupdate MAXQDA	46
Abbildung 9: Deduktives Kategoriensystem	85
Abbildung 10: Flussdiagramm Teilnahme an der Fortbildung	175
Abbildung 11: Flussdiagramm (Schul)interne Organisation	179
Abbildung 12: Flussdiagramm Implementation	181
Abbildung 13: Re-Evaluation des Kooperationsverhaltens	187
Abbildung 14: Die Entwicklung der Implementation an der Berufsoberschule	189
Abbildung 15: Referenzsystem der Lehrkräfte	206
Abbildung 16: Ermittlung der Implementationsstrategie	209
Abbildung 17: Bottlenecks der schulinternen Organisation	210
Abbildung 18: Wirkungsebenen	215

10.1.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: DNA-Replikation.....	18
Tabelle 2: Module der Fortbildung	35
Tabelle 3: Ausgangssituation Schulformen	37
Tabelle 4: Wiederholte Implementation:.....	37
Tabelle 5: Rekrutierte Stichprobe	40
Tabelle 6: Implementiererinnen.....	51
Tabelle 7: Nicht-Implementiererinnen:.....	52
Tabelle 8: Hauptkategorien.....	84
Tabelle 9: Hauptkategorie <i>Innovationsgegenstand</i>	86
Tabelle 10: Hauptkategorie <i>Innovationsgegenstand</i> induktiv	87
Tabelle 11: <i>Beurteilung durch Lehrkräfte</i> , Innovationsgegenstand	88
Tabelle 12: <i>Lehrplanpassung</i> , 2. Ordnung	91
Tabelle 13: <i>Praxisbezug</i> , 2. Ordnung.....	92
Tabelle 14: <i>Bewusstsein für didaktisches Potential</i>	95
Tabelle 15: Überblick der gegensätzlichen Argumente von Lehrkräften.....	97
Tabelle 16: <i>Ausleihe</i> induktiv	99
Tabelle 17: <i>Personenmerkmale</i>	105
Tabelle 18: <i>Überzeugung & Werte</i>	106
Tabelle 19: <i>Selbstwirksamkeit</i> induktiv.....	111
Tabelle 20: <i>Lehrkräftefortbildung</i>	117
Tabelle 21: <i>Lehrkräftefortbildung</i> induktiv	117
Tabelle 22: <i>Beurteilung durch Lehrkräfte</i> , Lehrkräftefortbildung.....	118
Tabelle 23: <i>Sehr gut</i> induktiv	119
Tabelle 24: <i>Praktisches Arbeiten</i> , 2. Ordnung	123
Tabelle 25: <i>Organisation der Schule</i>	127
Tabelle 26: <i>Systemmerkmale</i> induktiv	136
Tabelle 27: <i>Zeit</i> induktiv.....	137
Tabelle 28: <i>Lehrplan</i> induktiv	139
Tabelle 29: <i>Kooperation</i>	146
Tabelle 30: <i>Kooperation</i> induktiv.....	146
Tabelle 31: <i>Dissemination</i>	152
Tabelle 32: Dokumentenprofile der Nicht-Implementiererinnen.....	165
Tabelle 33: Dokumenten-Profile der Implementiererinnen	166
Tabelle 34: Argumentationsschwerpunkte.....	167
Tabelle 35: Argumentationsschwerpunkt <i>Innovationsgegenstand</i>	168
Tabelle 36: Argumentationsschwerpunkts <i>Systemmerkmale</i>	169
Tabelle 37: Argumentationsschwerpunkt <i>Personenmerkmale</i>	170
Tabelle 38: Argumente <i>Kooperation</i>	171
Tabelle 39: Modulwahl.....	182
Tabelle 40: Zusammenfassung der Argumente.....	194
Tabelle 41: Einflussfaktoren	216

10.2 Kurzfragebogen

Werden im Fragebogen keine Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung gestellt, handelt es sich um offene Antwort-Formate. LK, die den Datenschutzrichtlinien nicht zugestimmt haben, konnten den Kurzfragebogen nicht bearbeiten. Wenn LK die DNA-Analysen im Unterricht nicht praktisch durchgeführt haben, fiel der Teil des Kurzfragebogens automatisch weg.

- Bitte geben Sie an, wie lange Sie schon als naturwissenschaftliche Lehrkraft tätig sind (Referendariat eingeschlossen).
- Bitte geben Sie an, welche Fächerkombination Sie unterrichten.
 - Biologie
 - Chemie
 - Mathe
 - Informatik
 - Gesundheit und Pflege
 - Ernährung und Hauswirtschaft
 - Agrarwissenschaften
 - Sonstiges
- Bitte geben Sie an in welchen Klassenstufen die Inhalte der ABE Fortbildung in Ihrer Schulform curriculumsrelevant sind. Mehrfachnennungen sind möglich.
 - Klassenstufe: 5.
 - Klassenstufe: 6.
 - Klassenstufe: 7.
 - Klassenstufe: 8.
 - Klassenstufe: 9.
 - Klassenstufe: 10.
 - Klassenstufe: 11.
 - Klassenstufe: 12.
 - Klassenstufe: 13.
 - Klassenstufe: gar nicht
- Bitte geben Sie an in welchen Klassenstufen Sie biotechnologische bzw. molekularbiologische Aspekte unterrichten (würden). Mehrfachnennungen sind möglich.
 - Klassenstufe: 5.
 - Klassenstufe: 6.
 - Klassenstufe: 7.
 - Klassenstufe: 8.
 - Klassenstufe: 9.
 - Klassenstufe: 10.
 - Klassenstufe: 11.
 - Klassenstufe: 12.
 - Klassenstufe: 13.
 - Klassenstufe: gar nicht
- Bitte geben Sie Ihr Geburtsjahr an.
- Bitte geben Sie an, wie viel Zeit zwischen der Lehrkräftefortbildung und Ihrer ersten Ausleihe vergangen ist.

- Bitte geben Sie an wie oft Sie das ABE Pogramm bereits in Ihren Unterricht implementiert haben?
- Bitte geben Sie an in welchen Klassenstufen Sie die Inhalte der ABE Lehrkräftefortbildung praktisch durchgeführt haben. Mehrfachnennungen sind möglich.
 - Klassenstufe: 5.
 - Klassenstufe: 6.
 - Klassenstufe: 7.
 - Klassenstufe: 8.
 - Klassenstufe: 9.
 - Klassenstufe: 10.
 - Klassenstufe: 11.
 - Klassenstufe: 12.
 - Klassenstufe: 13.
 - Klassenstufe: gar nicht
- Bitte geben Sie an, wie Sie von der ABE Lehrkräftefortbildung erfahren haben.
- Bitte geben Sie an, wann Sie das erste Mal an einer ABE Lehrkräftefortbildung teilgenommen haben.
- Bitte geben Sie an, ob Sie an einer Advanced Fortbildung teilgenommen haben.
- Bitte geben Sie an, an welchem Schultyp Sie unterrichten.
 - Gymnasium
 - FOS
 - BOS
 - Realschule
 - Sonstige
- Bitte geben Sie an in welchem Landkreis Ihre Schule liegt.
- Bitte schätzen Sie den Anteil an Schüler*innen mit Migrationshintergrund an Ihrer Schule in Prozent.
- Bitte geben Sie an welches Profil bzw. welche Zweige Ihre Schule hat.
 - Naturwissenschaftlich
 - Technisch
 - Sprachlich
 - Musisch
 - Gestalterisch
 - Sonstige
- Bitte beurteilen Sie die Ausstattung Ihrer Schule...
 - ...im Allgemeinen (Mobiliar, Sammlungen, Equipment, Technik...).
 - ...molekularbiologische bzw. biotechnologische (Equipment, Reagenzien).
- Bitte geben Sie hier Ihren Personencode an.

10.3 Interviewleitfaden

Der Interviewleitfaden war für alle Interviews weitestgehend identisch. Bei LK, die biotechnologischen Untersuchungen praktisch an der Schule umgesetzt haben, kamen spezifischere Fragen hinzu, diese sind zum einen im Abschnitt „Implementation, falls ja“ gelistet und unter

„Kooperation“ markiert. Graue Anmerkungen kamen nach den ersten vier Interviews hinzu, um weitere Impulse für teilnehmende LK zu generieren.

10.3.1 Einleitung

Begrüßung: Hallo, schön, dass Sie sich die Zeit genommen haben mit mir zu sprechen.

Vorstellung: Sara Großbruchhaus, Promotion

Erläuterung Forschungsprojekt: Ziel: Einblick in die Implementation an Schulen Anpassen des Projekts an Bedürfnisse

Einverständnisabfrage: Sind Sie damit einverstanden, dass dieses Interview aufgenommen wird?

Personencode: Für die Zuweisung bräuchte ich zunächst Ihren Personencode.

10.3.2 Lehrkräftefortbildung

- Wo haben Sie an der LFB teilgenommen? (TUM, Schule, regional)
- Wenn Sie an die ABE Lehrkräftefortbildung zurückdenken, wie beurteilen Sie diese?
 - o Was hat Ihnen inhaltlich & praktisch am besten gefallen?
 - o Was hat Ihnen am LFB Konzept gefehlt?
- Haben Sie sich gut auf die Umsetzung im Klassenzimmer vorbereitet gefühlt? (Warum?)
 - o Was würden Sie sich als Verbesserung/ Ergänzung (bei positiver Bewertung) wünschen?
 - o bzw. Welche Vorschläge hätten Sie für eine Verbesserung?

10.3.3 Implementation, falls ja

- Was waren die ausschlaggebenden Gründe/Punkte weshalb Sie sich für die Umsetzung im Klassenzimmer entschieden haben?
 - o Sichtweise auf die Thematik geändert? (Widerstände? Lehrkraft, Schulleitung, Eltern, Schüler)
- Bitte beschreiben Sie, wie die Umsetzung in Ihrem Klassenzimmer / an Ihrer Schule ablief.
 - o Organisation, Einflussfaktoren, Schülerzahl, Kooperation
 - o nach Details fragen (Aufbau, Organisationsstruktur)
 - o Wie haben Sie die Vorbereitung des Equipments & Reagenzien gefunden? (Nützlich, Hilfreich)
 - o ggf. stärker strukturieren nach organisatorischen, inhaltlichen/curricular, personalen/sozial Aspekt)
- Was fanden Sie am herausforderndsten? Wo gab es Probleme? Vorbereitung/Nachbereitung auf unterschiedlichen Ebenen
 - o Gab es für die nächste Ausleihe Veränderungen? (Vorgehen, Material, Vorbereitung, Organisation)
 - o Haben Sie das geteilte didaktische Begleitmaterial verwendet? Vorgenommene Anpassungen? Warum? Lerngruppen spezifisch
 - o Würden Sie sich da noch Unterstützung wünschen? Materialverbesserung, LFB mit dem Schwerpunkt?

- Welche Beobachtungen konnten Sie währenddessen bei den Schüler*innen machen?
 - o Lernwirksamkeit, Selbstkonzept, Wissenserwerb
 - o Hat die praktische Umsetzung Ihrer Meinung nach, einen Mehrwert (welchen und von was abhängig)?
 - o Reaktionen, Emotionen, Interesse, Motivation

10.3.4 Implementation, falls nein

- Was waren die ausschlaggebenden Gründe/Punkte weshalb Sie sich gegen die Umsetzung im Klassenzimmer entschieden haben?
 - o Sichtweise auf die Thematik geändert? (Widerstände? Lehrkraft, Schulleitung, Eltern, Schüler)
- Was finden Sie am herausforderndsten?
- Wo erwarten Sie Probleme?"
 - o Organisation, Einflussfaktoren, Schülerzahl, Kooperation, Material, Vorbereitung
- Welche weitere Unterstützung würden Sie sich wünschen?
 - o Didaktische Begleitmaterial, Anpassungen, Lerngruppen spezifisch
- Hat die praktische Umsetzung Ihrer Meinung nach einen Mehrwert (welchen und von was abhängig)
 - o Schüler
 - o Lernwirksamkeit, Selbstkonzept, Wissenserwerb
 - o Reaktionen, Emotionen, Interesse, Motivation"

10.3.5 Kooperation

- *Nur bei Implementation:* Inwiefern spielt Kooperation in der Durchführung bei Ihnen eine Rolle? Wie & Warum? Gefühle?
- Haben mehre LK von Ihrer Schule an der LFB teilgenommen?
 - o neue LK eingebunden
 - o Absprache mit anderen Lehrkräften, Schulen
 - o organisatorisch, inhaltlich, in der Umsetzung
- Nein, aber Interesse? --> LFB Konzept?
- Was müsste sich Ihrer Meinung nach ändern um lokale Schlulnetzwerke zu etablieren bzw. besser zu adressieren und zu nutzen?

10.3.6 Ausblick

- Was würden Sie sich von dem Programm in Zukunft wünschen?
 - o ergänzende Inhalte oder Themen
 - o im gleichen Methodenspektrum oder mehr Techniken
 - o LFB Konzept? Wie viel Zeit bereit zu investieren?

10.4 Transkripte

Die Transkripte können online abgerufen werden. Das Passwort stelle ich auf Anfrage zur Verfügung: <https://syncandshare.lrz.de/getlink/fi5Lt52a3ZguDge4HHqUd6/>