

Untersuchung zur Wirksamkeit von
Gruppenreflexionen auf das
Wissenschaftsverständnis im Schülerlabor
Backstage Science

DISSERTATION zur Erlangung des Grades einer
Doktorin der Naturwissenschaften (Dr. rer.nat.)

vorgelegt von Julia Birkholz

Institut für Didaktik der Naturwissenschaften - Biologiedidaktik



Fachbereich 02 (Biologie/ Chemie)
Universität Bremen

Bremen, April 2019

Promotionsbetreuerin: Prof. Dr. Doris Elster
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, Leitung Abt. Biologiedidaktik
Universität Bremen

Prüfungskommission

Prof. Dr. Ingo Eilks
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, Abt. Chemiedidaktik
Universität Bremen

Prof. Dr. Doris Elster
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, Abt. Biologiedidaktik
Universität Bremen

Prof. Dr. Martin Diekmann
Institut für Ökologie, Universität Bremen

J-Prof. Dr. Jörg Großschedl
Institut für Biologiedidaktik
Universität zu Köln

Datum der Verteidigung: 24.05.2019

Ort: Universität Bremen

Danksagung

Mein Dank gilt vor allem meiner Doktormutter Prof. Dr. Doris Elster, die mir beratend, bereichernd und mit konstruktiver Kritik stets zur Seite stand. Für die Unterstützung, Rückhalt und Geduld bedanke ich mich bei meiner Familie, vor allem bei meinen Söhnen Linus und Alexander, die mich mal mehr, mal weniger klaglos ertrugen.

In besonderem Maße bin ich Sonja Eilers zu Dank verpflichtet für ihre organisatorischen Bemühungen, die meine Studie erst möglich machten. Danken möchte ich auch den vielen weiteren Lehrerinnen und Lehrern, die mein Projekt mit ihren Besuchen, ihrer Zeit und Expertise unterstützten sowie den vielen Lernenden, die motiviert und lernbereit teilnahmen.

Für die wichtige Unterstützung, die ich während meiner Studie durch Masterstudentinnen und -studenten, assoziierte Akademikerinnen und Akademiker sowie Mitdotorandinnen erfuhr, möchte ich mich herzlich bedanken. Insbesondere Dr. Tanja Barendziak bin ich dankbar für die Zeit und Kraft, die sie ohne Zögern bereitstellte. Ohne sie hätte ich das Projekt nicht stemmen können.

Bedanken möchte ich mich für die finale Revision der Arbeit bei MSc/-MA Barbara Wernicke und Dr. Roland Meyer, die mit ihrer Expertise eine unschätzbare Hilfe waren.

Danke, Barbara, dort, wohin Worte nicht reichen.

Bremen
April, 2019

Zusammenfassung

Das Verständnis über die Natur der Naturwissenschaften und ihre Wege der Wissensgenerierung ist ein komplexes, kontrovers diskutiertes Konstrukt. Trotz der mangelnden Übereinstimmung in spezifischen Feldern sind die Ansichten über Naturwissenschaft nicht beliebig. Vorstellungen, die naturwissenschaftlichem Wissen z.B. allumfassende und immerwährende Wahrheit unterstellen oder den Forschungsprozess als ausschließlich zielgerichtet und unwandelbar ansehen, gelten als wenig kritisch und reflexiv den Naturwissenschaften gegenüber und damit als unangemessen. Ein angemessenes Verständnis über Naturwissenschaften bietet Bürgerinnen und Bürgern die Möglichkeit, eine fundierte Meinung zu wissenschaftlichen Fragestellungen auszubilden. Diese ist für eine mündige Teilhabe unerlässlich. Auch im Kontext von *Responsible Research and Innovation* (RRI) steht die paritätische Beziehung zwischen Naturwissenschaften und Gesellschaft auf den Ebenen der Kommunikation, Bildung und verantwortungsvoller Handlung im Mittelpunkt. Das EU-Projekt STARBIOS2 fokussiert das Ziel, diese Ebenen der Beziehung zu fördern.

Die Entwicklung des dafür notwendigen Wissenschaftsverständnisses (WV) erfolgt auf kontinuierlich implizite Weise durch Kontakt mit Informationen über Naturwissenschaften, Darstellungen von Forschenden und ihren Tätigkeiten sowie durch das Erleben eigenen forschenden Handelns. Um jedoch angemessenes WV auszubilden, ist es förderlich, die zugrundeliegenden Absichten, Bedeutungen und Gründe durch reflexive Aktivitäten zu explizieren. Zur Reflexion eigenen forschenden Handelns bieten sich geleitete Diskussionen an, in denen die Aktivitäten untersucht, begründet und mit anderen diskutiert werden können. Im Schülerlabor Backstage Science (BaSci) der Universität Bremen muss eine reflexive Diskussion neben der WV-Förderung Eigenschaften besitzen, die selbstgesteuertes, sozial eingebundenes und Kompetenz-Erleben ermöglichen.

Besucherinnen und Besucher des BaSci Schülerlabors erforschen selbstständig arbeitend und in Kleingruppen betreut naturwissenschaftliche Inhalte, die sowohl den naturwissenschaftlichen Schulunterricht bereichern als auch gesellschafts- und persönlich relevant kontextualisiert sind. In Zusammenarbeit mit STARBIOS2 werden so Ziele des RRI-Ansatzes zur naturwissenschaftlichen Bildung für lebenslanges, interessiertes Lernen und Vernetzung von Forschungs- und gesellschaftlichen Bedürfnissen berücksichtigt. Zur Reflexion der ausgeübten Forschungsaktivitäten wird das *Reflectionscafé* (RC) durchgeführt. An drei Tischen können die Lernenden anhand der jeweiligen Leitfrage spezifische Aspekte ihres Tuns auf deren Gründe und Auswirkungen hin reflektieren und diese mit ihren Vorstellungen über naturwissenschaftliche Forschung, Forschende und naturwissenschaftliches Wissen in Beziehung setzen. Dabei gibt die Leitfrage des jeweiligen Tisches die Thematik vor, innerhalb der frei gearbeitet werden kann. Moderatorinnen und Moderatoren unterstützen die Lernenden dabei, indem sie zusammenfassen und abstrahieren, Ähnlichkeiten zwischen Vorstellungen herausstellen oder Gegenentwürfe aufbringen.

Um die Effektivität des *Reflexionscafés* als WV-Förderungsmethode zu untersuchen, besuchen 16 Schulklassen aus bremischen und niedersächsischen Oberschulen und Gymnasien das BaSci Labor. Diese Gruppe wird geteilt: 8 Schulklassen absolvieren nur ein Forschungsmodul, 8 Schulklassen besuchen dagegen drei Module. Innerhalb dieser zwei Gruppen führt jeweils die Hälfte der Schulklassen im Anschluss an das Forschungsmodul ein *RC* durch. Sieben weitere Schulklassen ohne BaSci-Besuch dienen als Kontrollgruppe. Das WV wird mittels Pre-Post-Fragebogen zu jedem Besuchszeitpunkt erhoben und auch anhand der *RC*-Gesprächsmitschnitte ermittelt. Eine tiefgehende Analyse dieser Gespräche soll mögliche Ursachen der *RC*-Wirkung aufdecken.

Die Ergebnisse der Fragebogenuntersuchung belegen einen positiven Effekt der *RCs* auf mehrere Aspekte des Wissenschaftsverständnisses der Lernenden, wenn das BaSci Labor mehrfach besucht wurde. Es existieren keine geschlechtsbedingten systematisch förderlichen oder hemmenden Effekte auf das WV. Damit kann von Gleichstellung der Geschlechter bezüglich der Bildungsmöglichkeiten innerhalb des BaSci-Angebots ausgegangen werden. Die *RC*-Dialoge weisen bei mehrmaligem Laborbesuch steigend angemessene reflexive Äußerungen über naturwissenschaftliches Wissen und Vorgehen auf. Um jedoch das *Reflexionscafé* für naturwissenschaftlichen Unterricht an Schulen aufzubereiten, sind strukturelle Änderungen, z.B. persönliche Moderation durch mehrere Leitfragen zu ersetzen, Fragen an konkrete Unterrichtssituationen anzupassen und ein sicherndes Endprodukt anzufertigen, notwendig, um den spezifischen Anforderungen an Personalschlüssel, unterrichtliche Relevanz und Bewertbarkeit begegnen zu können. Angemessenes WV als wichtige Voraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe im Sinne der „Bürger-Wissenschaft“ Schnittstelle des RRI-Konzepts wird durch das *RC* gefördert. Anpassung des *RCs* an die Bedürfnisse schulischer Bildungsinstitutionen kann eine Integration von RRI in Naturwissenschaftsunterricht ermöglichen und damit WV-Entwicklung frühzeitig unterstützen.

Als eine mögliche Ursache des förderlichen Effekts kann die Diskursivität des *RCs* ausgemacht werden. Durch die Notwendigkeit, das eigene Handeln und Denken argumentativ zu untermauern, können logische Fehlschlüsse entdeckt und Erfahrungen als Belege genutzt werden, die andernfalls nicht mit den eigenen Vorstellungen über Wissenschaft in Verbindung gebracht würden. Neben diesem existieren möglicherweise weitere förderliche Mechanismen. In zukünftigen Untersuchungen könnten diese ausgemacht und unterschiedlichen Lerntypen und Niveaustufen des WVs zugeordnet werden.

Stichworte: *Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry*, Wissenschaftsverständnis, Reflexion, Schülerlabor, Forschendes Lernen

Abstract

The understanding of the nature of the natural sciences and the way in which knowledge is generated therein (*Nature of Science* (NOS) and *Nature of Scientific Inquiry* (NOSI)) is a complex construct which is thoroughly debated. Herein, despite the lack of consensus in specific fields, the viewpoints are not arbitrary. The perception of scientific knowledge as, for example, holistic and eternally valid or perspectives that regard the scientific process as a narrow path towards a singular goal or as immutable are considered less than critical and reflexive and as inadequate in this context. An appropriate understanding of the sciences affords citizens the opportunity to cultivate a well-founded view regarding scientific issues. This is fundamental to enable informed participation. In the context of *Responsible Research and Innovation* (RRI), the equality of science and society concerning the levels of communication, education and responsible actions is also of the utmost importance. The EU project STARBIOS2 is tasked with the promotion of these levels and their interactions.

The development of sound concepts of NOS and NOSI (CON) takes place in a continuously implicit fashion via contact with information about science, the portrayal of scientists and their conduct as well as by personally experiencing scientific work. Explicating the underlying intentions, reasons and connotations via reflective actions facilitates the development of suitable CONs. As the most appropriate measure for the reflection of first-hand scientific activities, guided discussion, in which these activities are studied, justified and communicated to others, are chosen. In the outreach lab *Backstage Science* (BaSci) of the University of Bremen a reflective discussion has to, apart from CON advancement, have characteristics that enable self-regulation, social integration and experiencing competence.

Visitors of the BaSci outreach lab research scientific issues autonomously in small mediated groups that not only enrich the scientific education in school, but that are also societally and personally contextualized in a relevant manner. With this approach and in concert with the focus of STARBIOS2, the goals of the RRI approach for lifelong, interested learning and the interconnection of research and societal needs are met. For the reflection of the performed research, a *Reflective Reviewing Café* (RC) is conducted. At three tables the students can reflect, regarding a guiding question, the reasons for specific aspects of their actions cognizant of their concepts of scientific research, researchers themselves and scientific knowledge and interrelate them. The guiding questions of each of the tables delineates the theme that is then explored freely. Moderators support the students in this by summarizing and abstracting, highlighting similarities of opinions or by raising alternative views.

To determine the efficacy of the *Reflective Reviewing Café* as a method to enhance CONs, 16 classes visit the BaSci outreach lab from schools in Bremen and Niedersachsen. This group is then subdivided, 8 classes visit only one of the scientific modules, the other 8 visit three of them. Within these two groups half will participate in the RC afterwards. Seven

additional classes are used as the control group. The CONs are determined with Pre-Post surveys during each visit as well as by the *RC* dialogue recordings. A thorough analysis of the recordings should reveal possible causes of the *RC*-effect.

The results of the surveys reveal a positive effect of the *RCs* regarding several aspects of the students' CONs if the BaSci outreach lab was visited more than once. There have been no indicators for a gender-specific supporting or obstructing effect on the CONs. Therefore, equality of the genders regarding the education possibilities of the BaSci lab offer can be assumed. After recurring visits, the recorded *RC* dialogues show an increase in appropriate reflective expressions regarding scientific knowledge and conduct. In order to process the *Reflective Reviewing Café* for the scientific education in school, structural changes would be required, i.e. replacing the personal moderation with multiple guiding questions, tailoring them to specific content and enabling the assessment of a generated product to allow specific requirements, e.g. staffing ratio, relevance to the classes taken and student grading, to be met. Appropriate CONs, a prerequisite for societal engagement in respect to the RRI interface „citizen-science“, is facilitated by the *RC*. Tailoring the *RC* in regard to the needs of school education can allow an integration of RRI in the science curriculum and support the development of CONs early on.

The discursivity of the *RC* could be a cause for the positive effect observed. The necessity to substantiate personal thoughts and actions and verbally express them allows to perceive logical fallacies and to use personal experience not necessarily connected with personal concepts regarding science otherwise. Apart from this, other beneficial mechanisms might exist. Future research will enable their identification and allow the classification of CON levels and of different educative types within them.

Keywords: *Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry*, Concepts of *Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry*, Reflective activities, Outreach lab, Inquiry Based Learning

Inhaltsverzeichnis

1	Gesellschaftliche Teilhabe an Naturwissenschaften	1
1.1	<i>Responsible Research and Innovation</i> (RRI)	3
1.1.1	Education	3
1.1.2	Public Engagement	3
1.1.3	Gender	4
1.2	Qualitative und quantitative Zugänge	4
1.3	Überblick	6
2	Über Naturwissenschaften	7
2.1	Naturwissenschaftliches Wissen generieren	8
2.1.1	Wissenschaftliche und andere Theorien	10
2.1.2	Methoden, Forschungswege und Rechtfertigungen	12
2.1.3	Philosophische Ausgangslage der Studie	14
2.2	Vorstellungen zu Charakteristika der Naturwissenschaften	15
2.2.1	Gesellschaftsrelevante WV-Aspekte	17
2.2.2	WV-Fokus im Schülerlabor	22
2.3	Wie Lernende Wissenschaft verstehen	25
2.3.1	Die Kompetenz Wissenschaftsverständnis	25
2.3.2	Epistemologische Überzeugungen	27
2.3.3	Bewertung von Wissenschaftsverständnis	28
2.4	NOS/I und WV im BaSci Schülerlabor	29
2.4.1	Implizites Handlungswissen als Basis	30
2.4.2	Forschend Lernen	32
2.4.3	NOS/I-Anknüpfungen an Forschendes Lernen	37
2.5	Zusammenfassung: Verständnisse von Naturwissenschaft	40
3	Wege zu angemessenem Wissenschaftsverständnis	43
3.1	Reflexion über Forschungsaktivitäten	44
3.1.1	Erfahrungen reflektieren	45
3.1.2	Wirkung von Reflexionen auf das Wissenschaftsverständnis	47
3.2	Wie sich Wissenschaftsverständnis-Konzepte verändern	48
3.2.1	WV-Konzepte und epistemische Überzeugungen	50
3.2.2	Förderliche Umgebungsvariablen	52

3.3	WV-Förderung im BaSci Schülerlabor	55
3.3.1	„Wicked“ gesellschaftlich-wissenschaftliche Kontexte	56
3.3.2	Interesse an Biologie erhalten	58
3.4	Zusammenfassung: Effekte auf das Wissenschaftsverständnis	62
4	Forschungsfragen	63
4.1	Implizite Förderung des WV im BaSci Schülerlabor	63
4.2	Explizite Förderung des WV durch Gruppenreflexionen	64
4.3	Wirkung von Gruppenreflexionen auf das Interesse an Biologie	66
4.4	Zusammenfassung: Untersuchungsplan	66
5	Forschung und Reflexion im Schülerlabor Backstage Science	69
5.1	Die Forschungsmodule des BaSci Schülerlabors	70
5.1.1	Gesellschaftlich-wissenschaftliche Kontextualisierung zur Förderung gesellschaftlicher Teilhabe	71
5.1.2	Offenheitsgrade der Forschungsmodule	78
5.1.3	Bezug der Forschungsmodule zu NOS/I	82
5.2	Das <i>Reflexionscafé</i>	86
5.2.1	Der Ablauf eines <i>Reflexionscafés</i>	87
5.2.2	Leitfragen zur Explizierung von NOS/I-Vorstellungen	88
5.2.3	Moderierte Atmosphäre	90
5.3	Zusammenfassung: Forschung, das <i>Reflexionscafé</i> und NOS/I	92
6	Forschungsdesign und Methoden	93
6.1	Stichprobenbeschreibung	94
6.1.1	Teilnehmende der Experimentalgruppe	95
6.1.2	Zusammensetzung der Kontrollgruppe	97
6.2	Das Forschungsdesign der Studie	98
6.3	Die Fragebogenerhebung	100
6.3.1	Struktur und Funktion des Fragebogens	102
6.3.2	Die Fragebogen-Skalen	103
6.4	Methoden zur Fragebogenauswertung und -überprüfung	114
6.4.1	Skalenbildung	114
6.4.2	Mittelwertvergleiche	116
6.5	Reflexionsdialoge	119
6.5.1	Datensammlung und -aufbereitung	120
6.5.2	Strukturierende Inhaltsanalyse	121
6.5.3	Messung der Kodier-Übereinstimmung	125
6.6	Zusammenfassung: Design und Methoden	126
7	Ergebnisse	129
7.1	Können die Schülerlabormodule WV implizit fördern?	130
7.1.1	WV-Förderung durch einmaligen Besuch ohne <i>Reflexionscafé</i>	130

7.1.2	WV-Förderung durch mehrmaligen Besuch ohne <i>Reflexionscafé</i>	133
7.1.3	Ergebnisse der Kontrollgruppe ohne Schülerlaborbesuch und ohne <i>Reflexionscafé</i>	134
7.2	Können reflexive Gruppengespräche über Forschungsaktivitäten das WV fördern?	136
7.2.1	WV-Förderung durch einmaligen Besuch mit <i>Reflexionscafé</i>	136
7.2.2	WV-Förderung durch mehrmaligen Besuch mit <i>Reflexionscafé</i>	139
7.3	Ergebnisse zu den Inhalten der Reflexionsgruppengespräche . .	140
7.3.1	WV-Inhaltskategorien	140
7.3.2	Veränderungen der Äußerungsinhalte	152
7.4	Das WV der Lernenden zwölf Monate nach dem letzten BaSci-Labor-Besuch	155
7.5	Beeinflussen die Gruppengespräche das Interesse der Lernenden?	160
7.5.1	Interessenentwicklung bei einmaligem Besuch	160
7.5.2	Interessenentwicklung bei mehrmaligem Besuch	161
7.5.3	Interesse nach Klassenstufen	163
7.6	Veränderungen im WV betrachtet nach Geschlecht	164
7.6.1	Ergebnisse zum geschlechtsspezifischen Wissenschaftsverständnis	165
7.6.2	Das dispositionale Interesse nach Geschlecht	178
7.7	Zusammenfassung	182
8	Diskussion	185
8.1	Diskussion der Forschungsergebnisse	185
8.1.1	Kann die Teilnahme an einem forschend-lernend konzipierten Forschungsmodul des BaSci Schülerlabors ausgewählte WV-Aspekte fördern?	185
8.1.2	Können reflexive Gruppengespräche über Forschungsaktivitäten das WV in ausgewählten Aspekten fördern? . .	187
8.1.3	Beeinflussen die Gruppenreflexionen das Interesse der Lernenden?	191
8.1.4	Beeinflusst das Geschlecht die WV-Förderung?	192
8.2	Grenzen der Studie - Der Fragebogen	193
8.2.1	Test, Pretest und Posttest	193
8.2.2	Beantwortung beeinflussende Merkmale der Probandinnen und Probanden	198
8.3	Grenzen der Studie - Personenbezogene Einflüsse	200
8.3.1	Durchführung der Fragebogenerhebung	200
8.3.2	Durchführung der Forschungsmodule	201
8.3.3	Durchführung der <i>Reflexionscafés</i>	201
8.4	Zusammenfassung: Bisherige Erkenntnisse	202

9 Vertiefende Analyse der RC-Gespräche	205
9.1 Wie kann das <i>Reflexionscafé</i> förderlich wirken?	205
9.2 Dialog-Eigenschaften mit WV-Förderungspotenzial	207
9.3 Analyse ausgewählter Diskursverläufe	208
9.3.1 Fundstellenauswahl	209
9.3.2 Durchführungsschritte der Analyse	209
9.4 Ergebnisse der dokumentarischen Analyse	211
9.4.1 Diskursbeschreibung	213
9.4.2 Kontrastierung der Fälle	218
9.5 Diskussion der Falluntersuchungen	220
9.6 Zusammenfassung: Merkmale der <i>Reflexionscafé</i> -Dialoge	223
10 Zusammenfassung, Empfehlung und Ausblick	225
10.1 RRI-Betrachtungen	226
10.2 Ausblick	227
Literatur	229
Anhang	249

Abbildungsverzeichnis

1.1 Eingebettetes Mixed Method Design	5
2.1 Schema zur Beziehung zwischen Wissenschaft und Welt	8
2.2 Schematische Darstellung eines Forschungsverlaufs	13
2.3 Schema zur Einteilung der Vorstellungen zu naturwissenschaftlichem Wissen und Forschen	18
2.4 Kontinuum der Naturwissenschaftscharakteristika	19
3.1 Interesse-Konstrukt nach Krapp	60
5.1 IBSE-Offenheitsgrade der Forschungsmodule	82
5.2 <i>Reflexionscafé</i> -Ablauf	87
6.1 Zusammensetzung der Experimentalgruppe nach Klassenstufe und Alter	96
6.2 Zusammensetzung der Kontrollgruppe nach Klassenstufe	97
6.3 Zusammensetzung der Kontrollgruppe nach Alter	97

6.4	Zusammensetzung der Kontrollgruppe nach biologischem Geschlecht	98
6.5	Studiendesign	99
6.6	<i>Nature of Science</i> (NOS) und <i>Nature of Scientific Inquiry</i> (NOSI)	105
6.7	$C\alpha$ der WV-Skalen in der Gesamtstichprobe	110
6.8	Explorative Faktorenanalyse der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“	113
6.9	Ablaufschema der <i>Inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse</i>	122
7.1	Pre-Post-Vergleich der EM-nRC-Gruppe, Forschungsmodul 1, WV-Skalen	131
7.2	Pre-Post-Vergleich der EM-nRC-Gruppe, Forschungsmodul 2, WV-Skalen	132
7.3	Pre-Post-Vergleich der EM-nRC-Gruppe, Forschungsmodul 3, WV-Skalen	132
7.4	Pre-Post-Vergleich der EM-nRC-Gruppe, gesamt, WV-Skalen	133
7.5	Posttest-Vergleich der MM-nRC-Gruppe, WV-Skalen	134
7.6	Erhebungszeitpunkt-Vergleich der Kontrollgruppe, WV-Skalen	135
7.7	Pre-Post-Vergleich der EM-RC-Gruppe, Forschungsmodul 1, WV-Skalen	137
7.8	Pre-Post-Vergleich der EM-RC-Gruppe, Forschungsmodul 2, WV-Skalen	137
7.9	Pre-Post-Vergleich der EM-RC-Gruppe, Forschungsmodul 3, WV-Skalen	138
7.10	Pre-Post-Vergleich der EM-RC-Gruppe, gesamt, WV-Skalen	138
7.11	Posttest-Vergleich der MM-RC-Gruppe, WV-Skalen	140
7.12	WV-Beurteilungsschema	152
7.13	Nennungshäufigkeiten der Kategorien PRAXIS NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG und (UN)SICHERHEIT IN DEN NATURWISSENSCHAFTEN	153
7.14	Nennungshäufigkeiten der Kategorien VERÄNDERLICHKEIT NATURWISSENSCHAFTLICHER ERKENNTNISSE und ZWECKE DES FORSCHENS	154
7.15	Post-Follow up-Vergleich der EM-nRC- und EM-RC-Gruppe, SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS	156
7.16	Post-Follow up-Vergleich der EM-nRC- und EM-RC-Gruppe, ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHER ERKENNTNISSE	157
7.17	Post-Follow up-Vergleich der EM-nRC- und EM-RC-Gruppe, NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS	158
7.18	Post-Follow up-Vergleich der EM-nRC- und EM-RC-Gruppe, ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG	159
7.19	Pre-Post-Vergleich der Einmaligen Besuchsgruppen (EM), Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“	161
7.20	Pre-Post-Vergleich der Mehrmaligen Besuchsgruppen (MM), Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“	162

7.21 Erhebungszeitpunkt-Vergleich der K-Gruppe (E1/E2/E3 N=159/156/127); Mittelwerte der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test	163
7.22 Klassenstufenvergleich der Mehrmaligen Besuchsgruppen, Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“	164
7.23 Geschlechter-Vergleich der Gruppen Einmaliger Besuch (EM), Forschungsmodul 1, WV-Skalen	166
7.24 Geschlechter-Vergleich der Gruppen Mehrmaliger Besuch (MM), Forschungsmodul 1, WV-Skalen	167
7.25 Geschlechter-Vergleich der Gruppen Einmaliger Besuch (EM), Forschungsmodul 2, WV-Skalen	169
7.26 Geschlechter-Vergleich der Gruppen Mehrmaliger Besuch (MM), Forschungsmodul 2, WV-Skalen	170
7.27 Geschlechter-Vergleich der Gruppen Einmaliger Besuch (EM), Forschungsmodul 3, WV-Skalen	172
7.28 Geschlechter-Vergleich der Gruppen Mehrmaliger Besuch (MM), Forschungsmodul 3, WV-Skalen	173
7.29 σ/φ -getrennter Posttest-Vergleich der Mehrmaligen Besuchsgruppen (MM), SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS	174
7.30 σ/φ -getrennter Posttest-Vergleich der Mehrmaligen Besuchsgruppen (MM), ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS	175
7.31 σ/φ -getrennter Posttest-Vergleich der Mehrmaligen Besuchsgruppen (MM), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS	176
7.32 σ/φ -getrennter Posttest-Vergleich der Mehrmaligen Besuchsgruppen (MM), ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG	177
7.33 φ/σ -Vergleich der Kontrollgruppe, E1 und 2, WV-Skalen	178
7.34 Kontrollgruppe Erhebung 3: φ/σ -Vergleich der WV-Skalen	179
7.35 φ/σ -Vergleich der Kontrollgruppe, E3, WV-Skalen	179
7.36 Pre-Post-Vergleich der geschlechtergetrennten EM-Gruppen; Forschungsmodule 1, 2, 3 und gesamt; Mittelwerte der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“	180
7.37 Geschlechter-Vergleich der MM-Gruppen; Forschungsmodule 1, 2 und 3; Mittelwerte der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“	181
7.38 Erhebungszeitpunkt-Vergleich der geschlechtergetrennten K-Gruppe; Erhebungszeitpunkt 1, 2 und 3; Mittelwerte der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“	182

Tabellenverzeichnis

2.1	NOS/I-Kerndimensionen für die Anwendung im Unterricht	24
2.3	Offenheitsgrade im forschend-lernenden Unterricht	35
2.4	NOS/I-Elemente innerhalb schulischer Forschungsaktivitäten	38
3.1	Interaktionsmodi, deren Lerntätigkeiten und Integration des Gelernten	52
5.1	Forschungsmodul-Ablauf	70
5.2	Forschungsmodul 1: „Bauer sucht Ernte“	74
5.3	Forschungsmodul 2: „Flusskrebse - Einwanderer oder Invasoren?“	76
5.4	Forschungsmodul 3: „Eine Ringautobahn für Teneriffa?“	78
5.5	Offenheitsgrade der BaSci Forschungsmodule	80
5.6	NOS/I-Elemente in den BaSci Forschungsmodulen	83
6.1	2-faktorieller Versuchsplan	93
6.2	Verteilung der Stichprobe auf die Experimentalgruppen	95
6.4	Verteilung der Experimentalgruppe nach biologischem Geschlecht	96
6.6	Verwendete WV-Skalen und ihre Reliabilitäten	106
6.6	Fortsetzung WV-Skalen	107
6.7	Skala „Dispositionales Interesse“	111
6.9	Reliabilitätskoeffizienten der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“	112
7.1	Reliabilitätskoeffizienten $C\alpha$ der EM-nRC-Gruppe, WV-Skalen	130
7.2	Reliabilitätskoeffizienten $C\alpha$ der MM-nRC-Gruppe, WV-Skalen	133
7.3	Reliabilitätskoeffizienten $C\alpha$ der Kontrollgruppe, WV-Skalen	135
7.4	Reliabilitätskoeffizienten $C\alpha$ der EM-RC-Gruppe, WV-Skalen	136
7.5	Reliabilitätskoeffizient $C\alpha$ der MM-RC-Gruppe, WV-Skalen	139
7.6	Kategoriensystem der <i>Reflexionscafé</i> -Gespräche	141
7.7	Anzahl Lernender je Gruppe, Modul und biologischem Geschlecht	165
7.8	Forschungsmodul 1: Signifikante Veränderungen zu WV-Aspekten innerhalb der Geschlechtergruppen	168
7.9	Forschungsmodul 2: Signifikante Veränderungen zu WV-Aspekten innerhalb der Geschlechtergruppen	171
7.10	Forschungsmodul 3: Signifikante Veränderungen zu WV-Aspekten innerhalb der Geschlechtergruppen	171

7.11	Kontrollgruppe: Signifikante Mittelwertveränderungen innerhalb der Geschlechtergruppen von E1 zu E3	179
7.12	Signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Geschlechtergruppen in der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“	182
9.1	Themen der ausgewählten Transkript-Fundstellen	213

Abkürzungsverzeichnis

BaSci	Backstage Science
κ	Cohen's κ
Cα	Cronbach's α
IBSE	Inquiry Based Science Education
NOS	<i>Nature of Science</i>
NOSI	<i>Nature of Scientific Inquiry</i>
NOS/I	<i>Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry</i>
RC	<i>Reflexionscafé</i>
nRC	nicht <i>Reflexionscafé</i>
RRI	Responsible Research and Innovation
WV	Wissenschaftsverständnis

Gesellschaftliche Teilhabe an Naturwissenschaften 1

„Jede dem Fortschritt des Denkens förderliche Tradition muß deutlich machen, daß ihre heute gültigen Ideen als Etappen zu verstehen sind, die zu noch unbekanntem Wahrheiten führen, welche nach ihrer Entdeckung durchaus in Widerspruch zu den Lehren treten können, aus denen sie entstanden sind.“ —*Michael Polanyi (Polanyi, 1985: 76)*

„Wenn Schülerinnen und Schüler verstehen, dass naturwissenschaftliches Wissen nicht für alle Zeit sicher ist, wenn sie begreifen, dass auch sie mit ihren Ideen etwas zur Erkenntnisbildung beitragen können, haben sie grundlegende Einsichten für ein lebenslanges Lernen in den Naturwissenschaften gewonnen.“ —*Detlef Urhahne (Urhahne, Kremer & Mayer, 2008: 89)*

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse sind wichtige Basis für Fortschritt, Technologie und Innovationen. Doch sind sie keineswegs uneingeschränkt sicher, wahr oder gültig. Jede wissenschaftliche Erkenntnis steht im Kontext der Theorie, mit Hilfe derer sie gewonnen wurde, begrenzt durch methodische, kreative und technologische Möglichkeiten der jeweiligen Zeit. Naturwissenschaften bieten einen systematischen Zugang zur beobachtbaren Welt, eine empirisch-logische Betrachtungsweise, die den daraus gewonnenen Erkenntnissen spezifische Charakteristika verleiht. Naturwissenschaftlich Tätige, Wissenschaftstheoretikerinnen und -theoretiker als auch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Epistemologie, Philosophie, Naturwissenschaftsdidaktik und Historik erforschen aus verschiedenen Blickwinkeln diese Charakteristika, auf einer allgemeinen Ebene - etwa die Unsicherheit betreffend - gewissen Konsens erreichend (Lederman, 2007), in vielen Bereichen jedoch weiterhin diskutierend (Wiltsche, 2013).

Gerade die Vielfältigkeit der Blickwinkel macht es notwendig, dass nicht eine „richtige“ Natur der Naturwissenschaften gelehrt wird, sondern vielmehr Schülerinnen und Schüler, Bürgerinnen und Bürger in die Lage versetzt werden, über Naturwissenschaft reflexiv nachdenken, sie hinterfragen zu können (Urhahne *et al.*, 2008). Dies ist nicht nur unabdingbar für lebenslanges Lernen in den Naturwissenschaften (s. Zitat *Detlev Urhahne*), sondern ebenso Voraussetzung für eine mündige gesellschaftliche Teilhabe. Wie Wissenschaft und Gesellschaft zueinander stehen, wandelt sich immer mehr von Verstehen, als positiv Wahrnehmen und Akzeptieren wissenschaftlicher Informationen durch die nichtwissenschaftliche Bevölkerung hin zu einer „[...] Fokussierung auf Dialog, Partizipation und Governance [...]“ (Felt, 2008: 35). Dabei stehen nicht

mehr die wissenschaftlichen Informationen selbst im Vordergrund, sondern Nichtwissenschaftlerinnen und Nichtwissenschaftler sollen die Möglichkeit erhalten, ihre eigene fundierte Position innerhalb wissenschaftlicher Fragestellungen beziehen zu können (Felt, 2008). McComas *et al.* nehmen an, „[...] that science education will be a richer discipline and our students will be more adequately prepared for their lives as citizens when they are afforded a fuller understanding of the nature of this thing called science“¹ (McComas, Clough & Almazroa, 2002: 33).

Öffentliche Finanzierung für Forschung geht in Europa und der Welt zurück, während private Förderung, vor allem aus der Industrie, weiter zunimmt. Diese „*knowledge economy*“ (Bauer, 2008: 8), eine Forschungswirtschaft, die ähnlichen Gesetzen unterliegt wie die allgemeine Wirtschaft, muss auch ähnliche Strategien der Profitmaximierung (z.B. Werbung) einsetzen. „Public vigilance and debate are urgently required“².“ (Bauer, 2008: 13). Wenn wissenschaftliche Informationen durchgesetzt werden von Public Relations-Gedanken und Werbestrategien, ist sogar eine kritische, weniger ehrfurchtsvolle als misstrauische Haltung notwendig, um „mündige“ Entscheidungen für die private Person und den öffentlichen Raum treffen zu können.

Mittels einer wissenschaftlichen Grundbildung (*~ Scientific Literacy*) können Bürgerinnen und Bürger neuen (und alten) Anforderungen an politische Entscheidungsfindung und Risikoabschätzung begegnen. Im Sinne der OECD ist mit wissenschaftlicher Grundbildung in der Schule vermittelte Bildung gemeint, die „[...] *Anwendbarkeit* für die jetzige und die spätere, nachschulische Teilhabe an einer Kultur sowie die *Anschlussfähigkeit* im Sinne kontinuierlichen Weiterlernens [...]“ (Sälzer & Reiss, 2016: 17) ermöglicht. Die Lernenden sollen in die Lage versetzt werden, naturwissenschaftliche Informationen kritisch zu untersuchen und als Hilfe für die begründete Entscheidung zu eigenem Handeln heranzuziehen (Schiepe-Tiska *et al.*, 2016). Innerhalb der Niedersächsischen und Bremischen Bildungspläne werden entsprechend wissenschaftliche Aktivitäten und ihre Kritik, Reflexivität, Wissenschaftstheorie und -historie als Unterrichtsinhalte gefordert (KM, 2007; SBW, 2006; SBW, 2010).

Vorstellungen zu Wissenschaftstheorie und -historie sowie reflexive und kritische Vorstellungen Naturwissenschaften gegenüber, im Folgenden Wissenschaftsverständnis genannt, liegen selbst bei deutschen Schülerinnen und Schülern der Mittelstufe teils unangemessen und keineswegs vollständig informiert vor (Kremer, 2010; Urhahne *et al.*, 2008). Da es sich um ein sehr vielfältiges Konstrukt handelt, kann es kaum implizit durch Lernende angemessen entwickelt werden (Polanyi, 1985). Die Inhalte müssen expliziert werden.

¹Übers.d.A.: [...] dass die Disziplin Naturwissenschaftliche Bildung bereichert wird und Lernende besser auf ihr Leben als Mitbürger vorbereitet werden, wenn ihnen ein weiter gefasstes Verstehen der Sache, die man Naturwissenschaft nennt, geboten wird.

²Übers. d. A.: Öffentliche Wachsamkeit und Diskussion sind dringend erforderlich.

1.1 *Responsible Research and Innovation (RRI)*

Angemessenes Wissenschaftsverständnis kann sich nur ausbilden, wenn Wissenschaft „angemessen“ ausgeübt wird. Verantwortungsvolle Forschung wird zur Zeit international im Rahmen des EU-Projekts STARBIOS2 (Structural change to Attain Responsible BIOSciences) beforscht und gefördert. Als Kernaspekte verantwortungsvoller Forschung werden die Schlüsselemente *Public Engagement, Education, Gender, Open Access* und *Ethics*³ einzeln betrachtet (Elster, Barendziak & Birkholz, 2017). Das Schülerlabor *Backstage Science* (BaSci) nutzt Forschungsmodule, die Schlüsselaspekte des RRI-Konzepts auf der Ebene der Vermittlung naturwissenschaftlichen Wissens (Education, Public Engagement) und der wissenschaftlichen Auswertung (Gender) umsetzen.

1.1.1 Education

Im Rahmen des Konzepts RRI umfasst Education bzw. Bildung die Lehre naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und der Vorgehensweisen, mit denen sie erlangt werden. Dazu gehört auch die kritische Reflexion von Aussagekraft und Wahrheitsgehalt der Erkenntnisse (Meijer *et al.*, 2016).

Die Forschungsmodule des BaSci Schülerlabors integrieren die Vermittlung von Fachwissen und naturwissenschaftlichen Methoden, indem Schülerinnen und Schüler selbst forschend biologische Inhalte erarbeiten und miteinander diskutieren. Um die kritische Auseinandersetzung mit Naturwissenschaft zu fördern, werden zudem im Rahmen der vorliegenden Studie angeleitete Gruppenreflexionen durchgeführt und ihr Effekt auf spezifische Aspekte des Wissenschaftsverständnisses untersucht.

Lernende sollen ein umfassendes, kritisches und realistisches Bild von biologischer Arbeit und den Leistungen der Biowissenschaften erlangen. Durch die selbständige Erforschung von Sachverhalten erfahren sie den naturwissenschaftlichen Zugang zur Welt, seine Vorzüge und Schwächen. Die möglicherweise resultierende veränderte Wahrnehmung von Wissen und Wissensproduktion kann eine mündige Teilhabe am gesellschaftlichen Leben unterstützen.

1.1.2 Public Engagement

Gesellschaft und Naturwissenschaft sind eng miteinander verzahnt. Forschende sind immer auch Bürgerinnen und Bürger und naturwissenschaftliche Erkenntnisse beeinflussen das gesellschaftliche Leben teils in größtem Maße. Ein wertschätzender offener Dialog zwischen Forschenden und Öffentlichkeit kann die gegenseitige Unterstützung fördern (Schiele, 2008). Durch die Zusammenarbeit kann Naturwissenschaftliches Wissen nicht nur verlässlich, sondern auch gesellschaftlich relevant sein (Trench, 2008).

³Übers.d.A.: Gesellschaftliche Teilhabe, Bildung, Geschlecht, Freier Zugang und Ethik

Um die zur Teilhabe nötige Verständigung zwischen Laien und Forschenden zu fördern, werden im Rahmen des STARBIOS2 Projekts gesellschaftlich-wissenschaftliche Kontextualisierungen untersucht und im BaSci Schülerlabor erprobt. Für Lernende bieten sich so Anknüpfungen der bearbeiteten Inhalte mit Problembereichen ihrer Lebenswelt. Indem die Lernenden Chancen und Grenzen naturwissenschaftlicher Herangehensweisen an gesellschaftliche Probleme erfahren, können sie Naturwissenschaft schätzen und einschätzen lernen, sodass eine emanzipierte Teilhabe an gesellschaftlich-wissenschaftlichen Themen unterstützt wird.

1.1.3 Gender

Die Unterrepräsentation weiblicher Forschender in Führungspositionen, geschlechtsbedingt verursacht, führt dazu, dass Fähigkeiten und Talente ungenutzt bleiben. Aus der mangelnden Diversität ergibt sich auch eine Einseitigkeit der Perspektiven, die den Betrachtungen von Fragen und Antworten aus vielen verschiedenen Blickwinkeln entgegensteht (Blickenstaff, 2005). Zudem zeigt sich hier eine Ungleichheit, die mit dem Bild einer offenen, fairen Gesellschaft nicht in Einklang zu bringen ist (Meijer *et al.*, 2016).

Daher ist es wichtig, Bildungsangebote die Naturwissenschaften betreffend für beide Geschlechter gleichermaßen zugänglich zu machen. Dazu zählt sowohl die Durchführung des Bildungsangebots, als auch eine geschlechtersensible Auswertung der Effektivität.

Die vorliegende Studie wird durchgeführt von einer Forschenden und, organisatorisch begründet, vermehrt Personen weiblichen Geschlechts. Um jedoch keine Ungleichheit in Vorbildhaftigkeit oder Vermittlung zu erzeugen, ist zu jedem Zeitpunkt mindestens eine männliche Person in die Durchführung involviert. Die Ergebnisse des eingesetzten Fragebogens werden neben der Gesamtauswertung auch nach Geschlecht stratifiziert durchgeführt, um systematische Unterschiede in Ausgangslage und Veränderungen aufzufinden. Aufgrund der möglichst wenig invasiven Erhebung der qualitativen Daten (Reflexionsdialoge) - gesicherte Anonymität steht hier an erster Stelle - ist eine solche Auswertung auf qualitativer Ebene nicht möglich.

1.2 Qualitative und quantitative Zugänge

Die vorliegende Studie untersucht den Einfluss von Reflexionsdialogen über vollzogene Forschungstätigkeiten auf Vorstellungen zu Charakteristika naturwissenschaftlichen Wissens und Forschung im BaSci Schülerlabor. Dabei werden dreimaliger und einmaliger Besuch des Schülerlabors mit Reflexionsdialogen und ohne sie untersucht. Für die Auswertung werden sowohl quantitative Daten aus Fragebögen als auch qualitativ die Dialoge selbst herangezogen.

Die Studie ist als Mixed Methods Studie angelegt. Die ausschließliche Berufung auf quantitative Daten bei der Untersuchung des WVs kann die

Konvergierendes und eingebettetes Mixed Methods Design

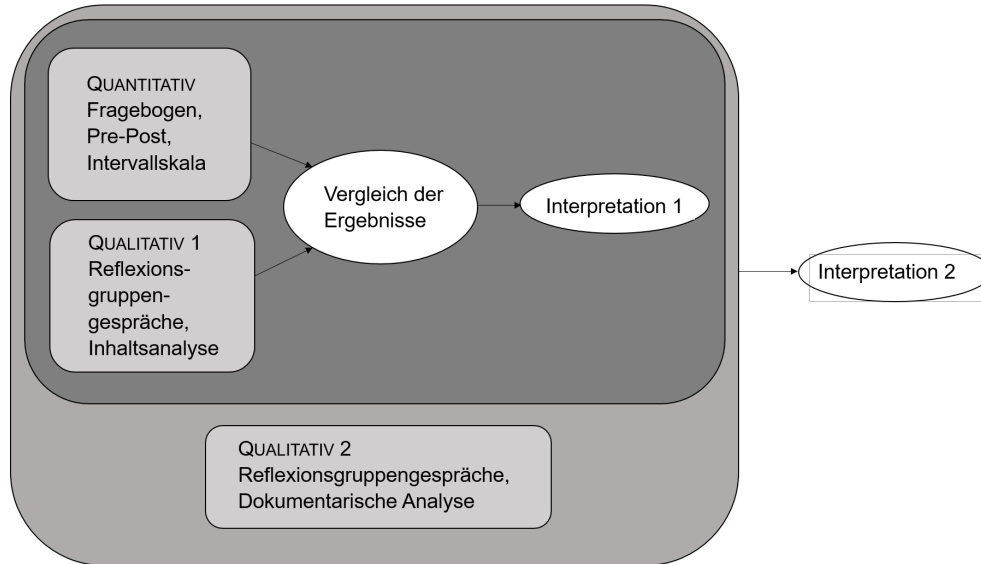


ABBILDUNG 1.1: Beziehung der qualitativen und quantitativen Daten innerhalb eines Mixed Method Designs

Aussagekraft eines Ergebnisses stark einschränken, da das Gemessene teils schwierig zu validieren ist. Die mit größerer Validität messbaren Daten zum WV besitzen oft nur geringe Relevanz (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002). Eine Kombination mit zusätzlich erhobenen qualitativen Daten kann Ergebnisse stützen - oder stürzen. In beiden Fällen besitzen die Erkenntnisse aus konvergierten quantitativen und qualitativen Daten größere Aussagekraft.

Zudem sind quantitative Daten zwar gut geeignet, um deutliche Effekte zu messen, z.B. die etwaige Lernwirkung einer Intervention. Sie können aber kaum Hinweise darauf liefern, wie es zu dem Effekt kam, wie z.B. der Lernprozess im Einzelnen stattfand. Qualitative Daten bieten hierzu Erklärungsmöglichkeiten oder Hinweise bzw. Hypothesen, auf denen Folgeforschung aufbauen kann. So entsteht eine durch Tiefe erweiterte Perspektive auf die quantitativen Daten. Diese stehen dabei im Vordergrund, da sowohl Stützung als auch Erklärung eines Effekts erst zielführend durchgeführt werden können, wenn ein Effekt gemessen wurde.

Der Mixed Methods Ansatz vereint die Vorteile quantitativer Datenarbeit (einfachere Effektmessung, schnelle und objektivere Auswertung) mit denen qualitativer Datenarbeit (größere Informationsdichte und Tiefe, näher am Subjekt). Die Durchführung bedarf der Methodenkompetenzen beider „Welten“: Sowohl statistische Berechnungen, als auch Äußerungs-Interpretationen müssen geleistet werden. Die Autorin selbst bietet sowohl eine naturwissenschaftlich-sozialwissenschaftliche, als auch eine sprachlich-geisteswissenschaftliche Ausbil-

dung. Als Ressourcen für weiterführende Statistikberatung, Zweitkodierungen und insbesondere die Tandembildung zur objektivierten Interpretation werden Natur- und Sozialwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler (Promovierte, MSc, MEd) der Biologie, Biochemie, Biologiedidaktik und Psychologie konsultiert.

Sowohl die quantitativen Daten (geschlossener Fragebogen mit Intervallskala), als auch die qualitativen (Audiotranskripte der Experimentalintervention) werden zum Zeitpunkt des Experiments erhoben: Erstere vor und nach dem Experiment, zweitere währenddessen. Die qualitativen Daten werden auf zwei Weisen analysiert. Mittels einer strukturierten Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) werden die Äußerungen in Kategorien eingeteilt und quantifiziert, um sie mit den quantitativen Ergebnissen konvergieren zu können. In einer folgenden dokumentarischen Analyse (Bohnsack, 2014) werden Dialoge aus quantitativ ermittelt ergiebigen Kategorien auf mögliche Veränderungsprozesse hin untersucht, die Erklärungsmöglichkeiten für den Effekt bieten können.

Abb. 1.1 stellt die Beziehungen zwischen den verschiedenen Daten-Auswertungen dar. Die Kapitälchen-, Groß- und Kleinschreibung markiert die Hierarchie der Daten, die Umrandungen grenzen die Teile der Studie voneinander ab. Das konvergierende Design (dunkel unterlegt) führt qualitative Daten zu den quantitativen, um die Ergebnisse in ihrer Sicherheit und Validität zu stärken. Eingebettet in diese Studie bilden die weiteren qualitativen Ergebnisse eine erweiterte Perspektive und ermöglichen eine vertiefende Interpretation.

1.3 Überblick

Zunächst werden im theoretischen Abschnitt die Charakteristika der Naturwissenschaften und ihre Bedeutung für naturwissenschaftlichen Unterricht betrachtet (Kapitel 2) und im Anschluss Möglichkeiten der Messung, Bewertung und Förderung von angemessenen Vorstellungen über die Charakteristika von Naturwissenschaften vorgestellt (Kapitel 3). Im methodischen Abschnitt wird die für die Studie entwickelte Gruppenreflexionsmethode *Reflexionscafé* vorgestellt sowie Forschungsdesign und Erhebungsinstrumente zu ihrer Untersuchung dargelegt (5, 6). Für die Auswertung werden zunächst die Ergebnisse der quantitativen Befragung und die qualitative Untersuchung mittels strukturierter Inhaltsanalyse präsentiert und diskutiert (Kapitel 7, 8). Vertiefend folgt die Dokumentarische Analyse spezieller Textstellen (Kapitel 9) und abschließend Zusammenfassung, Fazit und Ausblick (Kapitel 10).

Naturwissenschaften bilden einen festen Bestandteil unserer westlichen Welt. Sie sind eng verzahnt mit technologischen Entwicklungen, dem Bildungssystem und der politischen Struktur unserer Gesellschaft. Unser kulturelles Sein und unsere Art und Weise Naturwissenschaften zu betreiben sind unauflösbar ineinander verwickelt. Diese Beziehungen zwischen Naturwissenschaften und Gesellschaften werden sozialwissenschaftlich und philosophisch untersucht und es wird um Definitionen gerungen (Felt, 2008; Khishfe, 2012; Wilsche, 2013). Erschwerend tritt hinzu, dass bereits die Grundlage „Natur“ oder „Welt“, auf der jedes Konzept von Naturwissenschaft aufbaut, ungewiss scheint, wenn es nicht möglich ist, sie objektiv oder sogar überhaupt wahrzunehmen (Nagel, 1974; Roth, 1996).

Das durch Naturwissenschaften erlangte Wissen über unsere wahrnehmbare Umwelt wird generiert, indem ausgewählte beobachtbare Phänomene untersucht und logische Schlüsse aus diesen Untersuchungen gezogen werden (s. Abb. 2.1). Dabei bilden die gewählten Forschungsgegenstände einen Bruchteil dessen, was beforscht werden könnte und die Auswahl ist von kulturellen, sozialen und individuellen Faktoren abhängig.

Die Auswahl eines Forschungsgegenstandes besteht aus einem kleinen Teil aller möglichen Konstellationen für ein gewähltes Phänomen. Die Schlüsse werden auf einen größeren als den untersuchten Bereich, eine angenommene Grundgesamtheit, angewendet. Dabei hängen der Gültigkeitsbereich und die Aussagekraft der Untersuchungsergebnisse von den gewählten Hypothesen und Vorgehensweisen, den Untersuchungsobjekten und -subjekten sowie den beteiligten Forschenden und Gemeinschaften in ihrem Kulturkreis, ihren Fähigkeiten, Einschätzungen und logisch-kritischen Überlegungen ab.

Diese Bestandteile von „Naturwissenschaft“ und ihre Beziehungen untereinander bestimmen die Charakteristika, die Wissenschaften, ihre Errungenschaften und Vorgehensweisen auszeichnen. Diese werden in Kapitel 2.1 (s. S. 8) beschrieben. Die Bedeutsamkeit angemessener Vorstellungen über „Naturwissenschaft“ für Bürgerinnen und Bürger wird skizziert (s. Kap. 2.2, S. 15) und folgend für schulischen Unterricht und das Schülerlabor BaSci eingegrenzt (s. Kap. 2.2.2, S. 22).

Lernende besitzen eigene Alltags- und Arbeitsdefinitionen von Naturwissenschaft, erworben durch Erfahrungen im privaten Lebensumfeld und Schule. Die Berücksichtigung solcher Vorstellungen (s. Kap. 2.3, S. 25) ist notwendig, um die Differenzen zu vom Schülerlabor vertretenen Vorstellungen zu verringern, zu thematisieren und im Sinne didaktischer Rekonstruktion (vgl. Kattmann, 2007) zu nutzen.

Die Arbeit mit Lernenden im Schülerlabor fußt auf dem genuinen Interesse

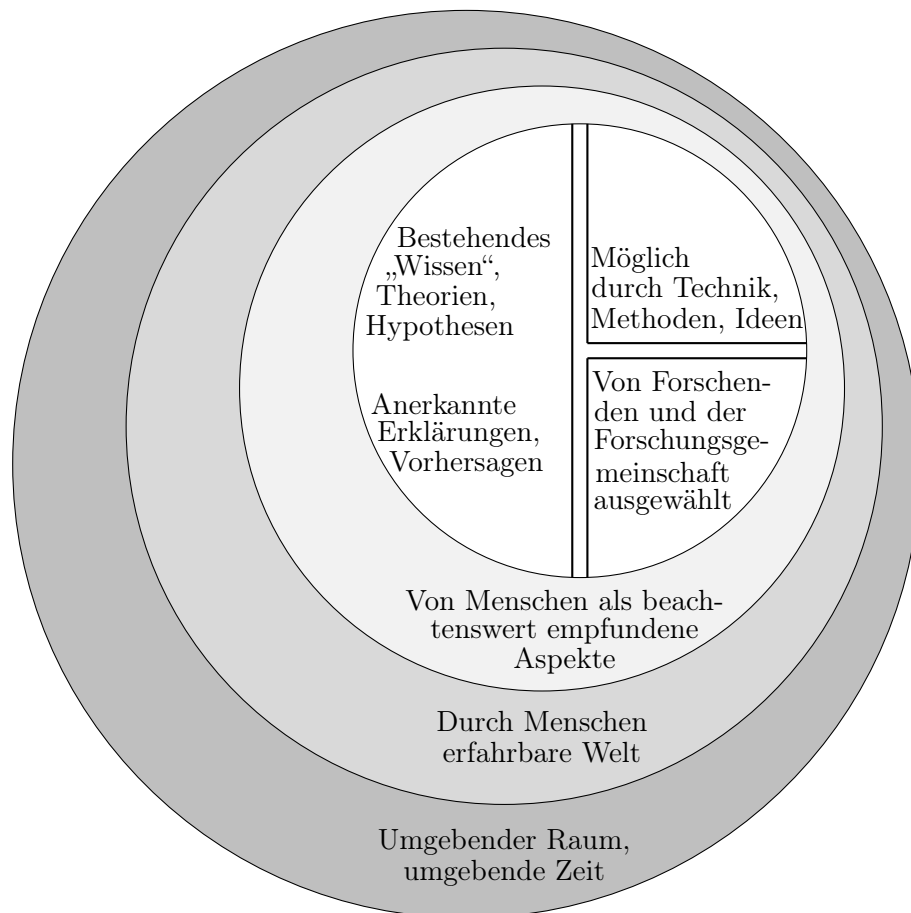


ABBILDUNG 2.1: Der Studie zugrunde liegendes Schema zur Beziehung zwischen existierenden, beforschbaren und beforschten „Dingen“

der Lernenden am entsprechenden biologischen Thema, den Lebenswissenschaften an sich oder auch den praktischen Tätigkeiten, die im Labor ausgeführt werden können. Verknüpfungsmöglichkeiten von Wissenschaftsverständnis-Aspekten und Forschungsaktivitäten werden in Kapitel 2.4 (S. 29) dargelegt.

2.1 Naturwissenschaftliches Wissen generieren

„We must accustom ourselves to an age in which one man never knows more than just enough to use for a given purpose¹“

E. Boring in persönlicher Kommunikation mit R. Rosenthal (Rosenthal & Rosnow, 1969a: ix).

¹Übers.d.A.: Wir müssen uns daran gewöhnen in einer Zeit zu leben, in der man gerade genug weiß, um es für einen bestimmten Zweck einzusetzen.

Naturwissenschaften, ihre Geschichte(n), Wege und Errungenschaften werden als Wissenschaftstheorie von Philosophie, Geschichtswissenschaft, den Naturwissenschaften selbst und deren Didaktiken diskutiert (vgl. Wiltsche, 2013). Problematisch ist nicht nur die Fülle an Wissen in den verschiedenen natur- und geisteswissenschaftlichen Disziplinen. „Science is so rich and so dynamic and scientific disciplines are so varied that there seems to be no set of features that is common to all of them and shared only by them²“ (Irzik & Nola, 2011). Vor allem die Fragen nach dem Wesen von Wissen, seiner Organisation und Generierung und damit zusammenhängend das Wesen unserer Umwelt und unserer Wahrnehmung liegen im Zentrum des Diskurses.

Zu welchem Grad ist wissenschaftliches Wissen von der empirischen Umwelt abgeleitet, im Verstand der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler konstruiert, teilobjektiv oder subjektiv? Kann eine Hypothese verifiziert oder nur falsifiziert werden (Matthews, 2002)? Relativ gesichert scheint lediglich, „*dass wissenschaftlich relevante (empirische) Erfahrungen [...] immer schon interpretierte, und d.h. sprachlich fassbare und formulierte, Sachverhalte [...]*“ sind (Bohnsack, 2014: 15; hervorgeh. im Original). Ebenfalls nachvollziehbar ist die Annahme, dass solche Erfahrungen, als Belege für oder gegen eine Theorie ausgelegt, die Wahrscheinlichkeit einer Theorie stärken und stützen, jedoch nicht ihre Wahrheit beweisen können (McComas, 2002). Denn neben der aus der Theorie abgeleiteten Hypothese, die als Erklärung für eine Beobachtung z.B. mit Hilfe eines Experiments „bestätigt“ wurde, existieren (theoretisch) unendlich viele weitere Erklärungsmöglichkeiten (Campbell, 1969), von denen einige statt eines Effekts Artefakte³ verursachen können (Tourangeau *et al.*, 2000).

Die Eigenschaften der Naturwissenschaften, besonders des naturwissenschaftlichen Wissens, werden als *Natur der Naturwissenschaften* bzw. aus dem angelsächsischen Raum stammend - und in der vorliegenden Arbeit - als *Nature of Science* bezeichnet (Höttecke, 2001). Je Kulturkreis und Disziplin werden teils unterschiedliche Inhalte, Gewichtungen oder Ansichten dazu vertreten (vgl. McComas, Almazroa & Clough, 1998, Wiltsche, 2013) sowie Grenzen, z.B. zwischen Wissen und Forschung, gezogen. Für die vorliegende Studie werden die Naturwissenschafts-Schwerpunkte „Charakteristika naturwissenschaftlichen Wissens“ (*Nature of Science* (NOS)) und „Charakteristika naturwissenschaftlicher Forschung“ (*Nature of Scientific Inquiry* (NOSI)) gemeinsam skizziert. Die Skizze bezieht sich auf die empirisch basierten Naturwissenschaften und innerhalb dieser vor allem auf die Lebenswissenschaften, die wegen ihrer großen Heterogenität in Forschungsgegenständen, Methoden und Scientific Commu-

²Übers.d.A.: Wissenschaft ist so reichhaltig und in Bewegung und die Disziplinen sind so vielfältig, dass es anscheinend keine Merkmalsgruppe gibt, die ihnen allen und nur ihnen gemein ist.

³Damit gemeint sind hier durch methodische Fehler entstandene oder von Stichproben- und anderen Verzerrungen stammende Schein-Kausalzusammenhänge (Tourangeau, Rips & Rasinski, 2000).

nities viele verschiedene Aspekte naturwissenschaftlicher Disziplinen vereinen. Da die Forschungsprozesse Art und Qualität der Erkenntnis (des gewonnenen Wissens) und umgekehrt der Forschungsgegenstand und seine Theorien (das Ausgangswissen) den Forschungsweg bedingen, bestehen zwischen NOS und NOSI große thematische Überschneidungsbereiche. Sie werden daher gemeinsam als *Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry* (NOS/I) betrachtet.

2.1.1 Wissenschaftliche und andere Theorien

Naturwissenschaftliche Theorien über die Welt, die uns umgibt, bieten Beschreibungen und Erklärungen dieser Welt (Schwegler, 1992; Vosniadou, 1995). Sie werden mithilfe bestimmter Regeln errichtet: Die Theorie soll möglichst einfach sein und mit möglichst wenigen Zusatzannahmen auskommen; Sie ist logisch aus empirischen Belegen abgeleitet und erklärt möglichst viele Phänomene schlüssig. Solange eine solche Theorie nicht durch Beobachtungen widerlegt wurde, besteht sie als eine mehr oder weniger gute mögliche Erklärung neben anderen. Und selbst wenn eine Beobachtung der Theorie widerspricht, bestimmen die Güte der Beobachtungskontrolle und das Vorhandensein von Alternativtheorien, wie viele Vorhersageverstöße „verziehen“ werden (Campbell, 1969: 353).

Eine Theorie entsteht aus Beobachtungen, logischen Schlüssen und Zweifel, aber auch aus der Kreativität der Wissenschaftlerin und des Wissenschaftlers. Ideen für Interpretationen entwickeln Forschende durch eigene Überlegungen und Schlussfolgerungen, aber auch in Diskussion und Austausch. Dabei besteht das Bewusstsein, dass später andere Theorien, besser passende Ideen entwickelt werden können (Heisenberg, 1959). Dass Theorien erdacht und erprobt, aber nicht „in Stein gemeißelt“ werden können (Feyerabend, 1978: 41).

Theorien werden nicht nur von naturwissenschaftlich Forschenden entwickelt. Die Fähigkeit, Annahmen über die Qualität einer Situation zu treffen, um mögliche Konsequenzen voraussehen zu können, besitzen viele Lebewesen: In Konditionierungsexperimenten konnte gezeigt werden, dass z.B. Tauben teils sehr interessante Hypothesen testen, wie die Futtergabe ausgelöst werden kann, was auf zumindest rudimentäre theoretische Repräsentation der Situation (Wenn-Dann-Beziehung) schließen lassen kann (Skinner, 1948). Erklärungen für Naturphänomene, Krankheiten liegen überliefert vor, von unterschiedlichen Volksgruppen und zu verschiedenen Zwecken entwickelt. Auch in unseren Köpfen existieren Vorstellungen über unsere Umwelt. Sie fußen auf Beobachtungen oder, allgemeiner, auf gewonnenen Informationen, anhand derer Theorien entworfen werden, z.B. um Konsequenzen des eigenen Verhaltens vorhersehen zu können.

Im Gegensatz zu individuellen „Alltagstheorien“ werden naturwissenschaftliche Theorien durch die wissenschaftliche Gemeinschaft systematisch und wiederholt geprüft. Phänomene, bei denen die Theorie greifen müsste, werden aufgesucht oder experimentell erzeugt und Hypothesen über den Verlauf, Reaktion oder Ergebnis generiert, die bei stimmiger Theorie eintreten werden.

Trifft die Hypothese zu, kann diese Beobachtung die Wahrscheinlichkeit der Theorie stärken. Neben der aufgestellten Hypothese sind jedoch viele weitere Hypothesen möglich, auf z.B. noch nicht bekannten Theorien fußend. Daher besitzt gemäß des Falsifikationismus eine widerlegte Hypothese deutlich stärkere Aussagekraft über die beforschte Theorie als eine belegte (Popper, 1970). Diese Betrachtungsweise, von Karl Popper und anderen vertreten, wird kontrovers diskutiert (Tambolo, 2015), z.B. bezüglich der tatsächlich möglichen Aussagekraft (vgl. Hume, 1748), Bestätigung und Beweis, „wahr“ und „falsch“, wann eine Theorie verworfen werden muss oder ob bzw. wie viele Zusatzannahmen erlaubt sind (Tambolo, 2015; Wiltsche, 2013). Die Diskussion der Forschenden über die Bedeutung „ihrer“ bestätigten oder abgelehnten Hypothese muss sehr sorgfältig, schlüssig und kritisch erfolgen, um den Grad der Aussagekraft im Kontext ihrer Daten, Methoden und der zugrunde liegenden Theorie deutlich machen zu können.

Bereits die Annahme oder Ablehnung der Hypothese beinhaltet Unsicherheiten und Raum für Diskurs. Getätigte Beobachtungen sprechen nicht von sich aus. Die gewonnenen Daten werden bereits im Zuge der Beobachtung „übersetzt“, in einen anderen Rahmen (Strichliste, Tonbandaufnahme, Worte, Zahlen) transportiert und auf die Hypothese bezogen interpretiert. Die Interpretation der Daten ist aus mehreren Gründen notwendig: Bedeutungsgehalt besitzen Daten erst, wenn sie auf einen Referenzrahmen, einen Vergleich oder ein Verhältnis bezogen werden (Boring, 1969). Darüber hinaus ist „our relationship with the outside world [...] always mediated by signs and artifacts. We do not encounter the world as it exists in any neutral and objective sense outside the realm of human experience“⁴ (Säljö, 1995: 84). Das bedeutet, dass „auch Wissenschaft [...] nur in den subjektiven Erlebniswelten der einzelnen Wissenschaftler [stattfindet]“ (Schwegler, 1992: 257). Jedoch kann nicht bestritten werden, dass bei aller Subjektivität sowohl in Alltag als auch Wissenschaft Verständigung zwischen Individuen stattfindet. Solche interindividuelle geschaffenen Handlungswelten werden durch gemeinsamen Sprachgebrauch und stetes gemeinsames Handeln erzeugt. Sie bieten keine absolute Kongruenz von Bedeutungen, Wahrnehmungen und Ausdruck, jedoch ein praktisches Verstehen, das immer wieder anhand der intern ausgebildeten Kriterien getestet und durch die Handelnden aktualisiert werden muss (Schwegler, 1992).

Die aus diesem Kontext gewonnenen und in Referenzrahmen gesetzte Daten werden zur Überprüfung der Hypothese gruppiert, um als Argumente zu dienen. Diese Vorgehensweise muss sorgfältig dokumentiert werden, damit die wissenschaftliche Gemeinschaft kritisch nachvollziehen, wiederholen und überprüfen kann.

Solche Belege können weder für alle möglichen Situationen noch für alle

⁴Übers.d.A.: unsere Beziehung zur Außenwelt ist immer vermittelt durch Zeichen und Artefakte. Wir treten der Welt nicht im neutralen und objektiven Sinne, außerhalb der Ebene menschlicher Wahrnehmung, entgegen.

Zeiten gesammelt werden. Daher ist eine umfassende Gültigkeitsgarantie, eine abgesicherte, universelle Wahrheit, unmöglich zu erreichen (McComas, 2002). „Not only are scientific truths *logically* unproven, they also lack certainty in any other sense - inductive, empirical, scientific, or implicative. Yet they are in some sense 'established'. The best of theories if not 'confirmed' are at least 'corroborated'⁵ “ (Campbell, 1969: 352). Wissen wird durch Subjekte, menschliche Forschende, gewonnen und von Subjekten, Menschen, gewusst. Daher kann „Wissen“ kein unbewegliches Ding sein, das ist, sondern bewegt sich gewissermaßen in den Köpfen der Wissenden, wird formuliert und interpretiert, geäußert und übersetzt, entwickelt und verändert. Statt „das Wissen“ nur als Objekt zu betrachten, sollte „zu wissen“ und dessen unsichere, subjektive Natur berücksichtigt werden. Werden beide Perspektiven verbunden, ist nicht eines richtig oder alles, sondern aus mehreren genügend plausiblen Meinungen kann die am besten untermauerte als „am richtigsten“ gelten (Kuhn & Weinstock, 2002: 123).

2.1.2 Methoden, Forschungswege und Rechtfertigungen

Unwegsam ist die Suche nach grundlegenden Strukturen in den naturwissenschaftlichen Vorgehensweisen, Rechtfertigungswegen oder im Umgang mit Irrtum und Wahrheitsgehalt (Wiltsche, 2013). Einigkeit zwischen den Vertreterinnen und Vertretern der involvierten Disziplinen über einen solch komplexen Sachverhalt kann kaum bestehen (Lederman, 2006). Jedoch könnte z.B. das Problemlösen als Basis, als grundlegende Forschungsaktivität gelten, wenn es definiert wird als „die Überwindung einer Diskrepanz zwischen einem Ausgangszustand und einem angezielten Endzustand mittels logischer Operationen“ (Mayer, 2007: 178). Der Prozess verläuft systematisch: Das Problem wird als Ausgangssituation wahrgenommen, im persönlichen Erfahrungsraum verortet und umrissen. Nun folgt der Entwurf eines Lösungsplans, die Ausführung und zuletzt die Evaluation der Ergebnisse. Dem Prozess liegt eine Kausalitätsannahme (Mayer, 2007) zugrunde: „Wenn wir also erfahren, daß etwas geschieht, so setzen wir dabei jederzeit voraus, daß irgend etwas voraus gehe, worauf es nach einer Regel folgt“ (Kant, 1781: 171). Nur in der Annahme, dass Vorangegangenes Nachfolgendes regelhaft verursacht, werden deduktive und induktive Problembearbeitungen möglich.

Der Zirkel, der in ähnlicher Weise zur schulischen Vermittlung von Forschungsprozessen genutzt wird (s. Abb. 2.2), zeigt abstrahiert mögliche Aktivitäten, die zur Lösung einer Forschungsfrage, eines Problems, herangezogen werden. Auswahl und Anordnung bilden keine statische Reihenfolge, eine gewisse Sequenziertheit ergibt sich jedoch aus der Natur der Handlungen: Hypothesen

⁵Übers.d.A.: Wissenschaftliche Wahrheiten sind nicht nur logisch unbewiesen, sondern es fehlt ihnen auch an Sicherheit in jeder anderen Beziehung - schließend, empirisch, wissenschaftlich oder implizierend. Aber sie sind in gewisser Weise 'etabliert'. Die besten Theorien sind, wenn auch nicht 'bestätigt', zumindest 'untermauert'

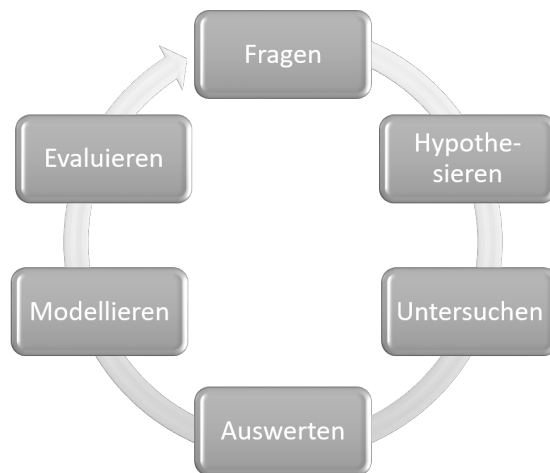


ABBILDUNG 2.2: Schematische Darstellung eines Forschungsverlaufs (White, Shimoda & Frederiksen, 1999: 154)

werden erst aufgestellt, wenn das Problem bekannt ist und Methoden können erst gewählt werden, wenn eine Hypothese „steht“. Ergebnisevaluation wird zwangsläufig später durchgeführt als Ergebnisgenerierung. Doch kann ein Gegenstand auch erfordern, dass Schritte übersprungen, wiederholt oder Zusatzschleifen eingebaut werden, z.B. wenn neue Recherchen betrieben werden oder passendere Methoden entwickelt werden müssen (White, Shimoda & Frederiksen, 1999).

Vorgehensweisen in den Naturwissenschaften sind teils disziplin-spezifisch, sie hängen von Notwendigkeiten und Möglichkeiten ab. Innerhalb einer wissenschaftlichen Gemeinschaft existieren anerkannte, übliche Methoden und Strategien, um Ergebnisse weiter abzusichern und als Artefakte (durch Messfehler oder zufällige, vom Forschungsgegenstand unabhängige, Gegebenheiten entstandene Effekte) auszuschließen. Dabei besteht ein enger Zusammenhang zwischen dem zu Messenden und dem Messinstrument. Das Instrument soll so genau wie möglich, d.h. so „nah“ wie möglich an das zu Messende heran treten, ohne selbst einen Messeffekt auszulösen. Hierbei ist es besonders schwierig, Informationen unterschiedlicher Art zu gewinnen, da das Fokussieren des Einen das Andere beeinflussen kann, z.B. Messung von Ort und Geschwindigkeit eines Teilchens⁶. Durch Kenntnismangel am Forschungsgegenstand und Ungenauigkeit der Beobachtung folgt eine Unbestimmtheit, die in Unsicherheit resultiert (Heisenberg, 1959). In einem iterativen Prozess muss geklärt, untersucht und

⁶„Man kann nie die beiden für die Bewegung entscheidenden Bestimmungsstücke eines solchen kleinstens Teilchens - etwa seinen Ort und seine Geschwindigkeit - gleichzeitig genau kennen. [...] Wenn man ein Experiment macht, das genau angibt, wo es sich im Augenblick befindet, so wird die Bewegung in solchem Grade gestört, daß man das Teilchen nachher gar nicht mehr wiederfinden kann. Umgekehrt wird bei einer genauen Messung der Geschwindigkeit das Bild des Ortes völlig verwischt“ (Heisenberg, 1949: 29).

reflektiert werden, auf welche Weise Messinstrument und zu Messendes verbunden sind, wie sie sich beeinflussen und welche Art von Gültigkeit die Messung besitzt.

Doch Beeinflussung durch die Forschenden geschieht nicht nur auf der Messebene. Vielmehr ist der gesamte Wissenschaftsprozess ein menschliches Unterfangen, von menschlichen Zielen, Wünschen und Vorstellungen geprägt. „Die Naturwissenschaft beschreibt und erklärt die Natur nicht einfach, so wie sie 'an sich' ist. Sie ist vielmehr ein Teil des Wechselspiels zwischen der Natur und uns selbst. Sie beschreibt die Natur, die unserer Fragestellung und unseren Methoden ausgesetzt ist“ (Heisenberg, 1959: 66). Innerhalb der Scientific Community bestehen Methoden der Überprüfung (peer reviewing) und des kritischen Diskurses, mit Hilfe derer Vorgehensweisen, Ergebnisse und Schlüsse eines Forschungsunternehmens in den Kontext seiner Disziplin, weiterer Erkenntnisse auf dem spezifischen Gebiet und teils interdisziplinärer Ansätze gestellt werden können. Logischer Skeptizismus der Forschenden ihrer eigenen Forschung gegenüber und daraus folgend fortwährendes In-Fragestellen von Vorgehensweisen, Ergebnissen und Schlüssen können Erkenntnisse, ihren Gültigkeitsbereich und die Aussagekraft vergrößern.

Aus den genannten Aufgaben, Möglichkeiten und Einschränkungen von Theorien, Methoden und den Akteuren sowie der Art und Weise, wie sie zueinander stehen, ergeben sich Charakteristika, die Naturwissenschaften als komplexe Interaktionsgebilde ausmachen.

2.1.3 Philosophische Ausgangslage der Studie

Den philosophischen Ansichten über Wissen, Wahrheit und Sicherheit liegen konstruktivistische Annahmen zugrunde: Wahrnehmung ist Konstruktion und Interpretation (Schmidt, 1992). „Wirklichkeit ist damit immer kognitiv konstruierte Wirklichkeit“ (Gerstenmaier & Mandl, 1995: 868). Menschen konstruieren ihre Sicht, ihr Verstehen, ihr Wissen durch Interpretation ihrer Erlebnisse und Erfahrungen (Baxter Magolda, 2002). Diese Konstruktionen werden als stabil und zugleich wandelbar angenommen, sodass sie sich über die Zeit entwickeln und verändern können (Kegan, 1994). Diese moderat konstruktivistischen Annahmen implizieren unumgängliche Subjektivität in allem menschlichen Handeln, Denken und Wahrnehmen. Durch Annäherungen über Symbole, deren Bedeutungsabgleich und -übertragung ist es Individuen aber möglich, ähnliche Erfahrungsräume zu errichten und in ihnen intersubjektive Erfahrungen zu machen.

Für die vorliegende Studie wird also keine Beliebigkeit - da vollkommene Subjektivität - naturwissenschaftlichen Wissens angenommen, sondern ein vermittelnder Standpunkt eingenommen: Naturwissenschaftliches Wissen ist vorläufig und veränderbar, aber auch stabil und (mehr oder weniger) wahrscheinlich (McComas *et al.*, 2002). Die Theorien über unsere Welt können über ihre Absichten, z.B. Erklärungen zu bieten oder Vorhersagen zu treffen, beschrie-

ben werden. Ihre Aussagekraft und ihre Verlässlichkeit können unterschiedlich bewertet werden. Eine Theorie kann als mehr oder weniger vorläufig gelten, als nicht verifizierbar; und mit ihrer Forschung versuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, sie zu falsifizieren (Popper, 1970). Man kann sie auch als stabil, „benutzbar“ betrachten, solange keine Alternative zur Verfügung steht und Vorhersagen möglich sind (Feyerabend, 1978). Die Beziehungen zwischen Theorie und Methoden sind hiervon aber nicht betroffen, solange der Zweck der Forschung, ob Falsifikation oder Vorhersage, als Ausgangspunkt genommen wird: Eine Methode wird dann daraufhin bewertet, wie gut sie ihren Zweck erfüllt. Ihre Passung zur Hypothese und zum Forschungsgegenstand bestimmt die Aussagekraft, welcher Art diese auch sein mag. Die Beziehungen zwischen Theorien, Methoden und den Forschenden sind ebenfalls davon abhängig, welcher Zweck verfolgt wird. Logik, Kreativität, Skeptizismus und weitere Eigenschaften werden in dem Maße benötigt, in dem sie gefordert sind. Die Passung zwischen Anforderungen an die Forschende und ihren Fähigkeiten bestimmen die Beziehung zwischen der Person und der Theorie bzw. den Methoden.

Eine einseitige Fokussierung auf die Unsicherheiten wissenschaftlichen Wissens wird der Tragweite wissenschaftlicher Erkenntnisse nicht gerecht. Und ebenso wenig nützt eine stark positivistische Betrachtung wissenschaftlicher „Wahrheiten“. Wissenschaft als kulturelle Art und Weise der Erkenntnisgewinnung kann uns nützlich sein, „if we will only treat it as a servant and be its conscientious master⁷“ (Kegan, 1994: 9). Den Forschenden sollte bewusst sein, mit welchen möglichen Vorgehensweisen welche Aussagestärken und Gültigkeiten erreicht werden können und welche Beschränkungen ihren wissenschaftlichen Aussagen ineliegen. Wo Uneinigkeit zwischen Disziplinen oder innerhalb dieser nicht aufgelöst werden kann, bietet eine Pluralität der Sichtweisen und Streitpunkte die Möglichkeit, die Komplexität und Tragweiten des Gegenstands *Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry* abzubilden (Clough, 2006).

2.2 Vorstellungen zu Charakteristika der Naturwissenschaften

Die konkreten Sichtweisen eines Individuums bezüglich NOS/I werden als *Wissenschaftsverständnis* (WV) bezeichnet. Sie aktualisieren sich in Äußerungen über naturwissenschaftliche Inhalte und Vorgänge sowie in forschenden Handlungen und werden so beobachtbar.

Für Nichtwissenschaftler spielt die Ausprägung des WVs z.B. eine Rolle, wenn naturwissenschaftlichen Erkenntnissen eine gesellschaftliche Bedeutung zukommt und diese bestimmt werden muss (Felt, 2008; McComas *et al.*, 2002). Wissen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung führt oft zu einer

⁷wenn wir sie uns zu Diensten machen und ihre verantwortungsbewussten Herren sind (Kegan, 1994: 9).

skeptischen Haltung den Naturwissenschaften gegenüber (Bauer, 2008: 19), aber „a critical public is not a problem but an asset with (yet) undetermined value⁸“ (Bauer, 2008: 21).

Ein angemessenes Wissenschaftsverständnis ist notwendig:

- wenn Menschen Wissenschaft verstehen, ihre Technologien und Prozesse handhaben müssen (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996).
- um gesellschaftlich-wissenschaftliche Themen zu verstehen und an Entscheidungsprozessen teilnehmen zu können (Driver *et al.*, 1996).
- weil es eine wichtige Facette zur Argumentation für Entscheidungsprozesse darstellt, die es zu berücksichtigen gilt (Khishfe, 2012; Khishfe, Alshaya, BouJaoude, Mansour & Alrudiyan, 2017).
- als Grundlage für Anerkennung von Wissenschaft als großen Teil der heutigen westlichen Kultur (Driver *et al.*, 1996).
- für das Verstehen der Normen der wissenschaftlichen Gemeinschaft, welche allgemeingültig wertvolle moralische Verpflichtungen darstellen (Driver *et al.*, 1996).
- weil es den Wissenserwerb naturwissenschaftlicher Inhalte unterstützt (Driver *et al.*, 1996; vgl. Songer & Linn, 1991).

Vorstellungen über die Charakteristika von Naturwissenschaften werden durch den Kontakt mit Forschung entwickelt, etwa durch die Betrachtung, wie Beweise gesammelt werden, wie sie ihre unterschiedliche Belastbarkeit erhalten und wie man sie benutzen kann (Harlen, 2001: 87). Nach Prenzel *et al.* (2001) gehören „Vorstellungen über die Besonderheit der Naturwissenschaft (Verständnis von NOS, epistemologische Vorstellungen, Wissen über die Grenzen der Naturwissenschaft)“ zu den Kernbereichen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (Prenzel, Rost, Senkbeil, Häußler & Klopp, 2001: 195). Lernende sollen diese und die weiteren aufgeführten Kompetenzen auf neue Situationen und gestellte Probleme anwenden sowie sie im Anschluss an die Schule - als Bürgerinnen und Bürger - weiter ausbauen können (Prenzel *et al.*, 2001). Aus der Betrachtung der Prozesse von Erkenntnisproduktion - nicht bloßer naturwissenschaftlicher Fakten - wird es möglich, „[...] neue Fragen zu stellen, die [...] den Prozess der Innovation, also diese Vermengung von Wissenschaft und Gesellschaft an sich hinterfragen“ (Felt, 2008: 40).

Während forschende Aktivitäten in naturwissenschaftlichen Bildungsplänen und Curriculae fest verankert sind, bleiben Reflexionstätigkeiten und selbständiges kritisches Urteilen vage Zielsetzungen in bremischen (vgl. Sek.I Gy SBW, 2006; OS SBW, 2010) und niedersächsischen (vgl. KM, 2007; KMK, 2004)

⁸Übers.d.A.: eine kritische Öffentlichkeit ist kein Problem, sondern eine Bereicherung mit (bislang) unbestimmtem Wert

Bildungsplänen, Kerncurriculae und Standards. Konkrete Übersetzungen der Zielvorgaben in prozessbezogene Kompetenzen finden sich lediglich auf der Ebene der Reflexion gewählter Untersuchungsmethoden und der Diskussion über ihre Aussagekraft (KM, 2007). Als Ziele naturwissenschaftlicher Grundbildung werden das Verstehen von Wissenschaftsgeschichte sowie das Auseinandersetzen mit „ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen [...]“ (SBW, 2010: 6) aufgeführt. Die kritisch-reflexive Beurteilung eines naturwissenschaftlichen Sachverhalts ist ebenso eine an Gesellschaft gestellte Anforderung, wenn es um informierte Partizipation geht. Weniger das eigenständige Forschen, sondern die mündige Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse, gewonnen durch andere, ist für Bürgerinnen und Bürger relevant.

Damit naturwissenschaftlicher Schulunterricht Lernende auf diese Aufgabe vorbereiten kann, müssen Lerngelegenheiten zu Wissenschaftskritik und -reflexion verstärkt integriert werden. Dabei steht der Umgang mit dem Konzept *Nature of Science* stärker im Vordergrund als deklaratives Wissen (Clough, 2006). Das dabei angewandte Konstrukt der Natur der Naturwissenschaften muss für Lernende (und später Bürgerinnen und Bürger) relevant und zugänglich sein als auch genügend genau der vorzufindenden Realität entsprechen (Lederman, 2006), sodass sich angemessenes WV dazu ausbilden kann. Das Konstrukt Wissenschaftsverständnis wird im Rahmen der vorliegenden Studie als eine moderat konstruktivistische Haltung den Naturwissenschaften gegenüber aufgefasst (s. Abb. 2.3). Eine Darlegung des Konstruktes erfolgt in Kap. 2.2.1 und die Entwicklung eines Arbeitsmodells in Kap. 2.2.2. Das Modell dient als Ausgangspunkt, um das WV von Lernenden im Schülerlabor BaSci zu untersuchen.

2.2.1 Gesellschaftsrelevante WV-Aspekte

Nicht auf harmonischer Einigkeit, sondern eher auf vorsichtig formulierten teil-übereinstimmenden Überschneidungsbereichen - oder einem akzeptalen Grad an Übereinstimmung - (Clough, 2006) basiert der in der vorliegenden Studie genutzte Theorierahmen der Charakteristika der Naturwissenschaften.

Die folgenden Aspekte der *Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry*, übernommen von McComas, Clough & Almazroa (2002) aus acht internationalen naturwissenschaftlichen Bildungsstandards, bilden nicht die Gesamtheit oder Komplexität des Gegenstands NOS/I ab. Vielmehr vermitteln sie ein robustes Bild von Wissenschaft, Lernenden angemessen, das naturwissenschaftlich Lehrenden Sicherheit in Ihrer Vermittlung geben kann (McComas *et al.*, 2002):

1. Naturwissenschaftliches Wissen ist beständig, aber dennoch vorläufig.
2. Naturwissenschaftliches Wissen basiert stark, aber nicht vollständig, auf Beobachtungen, experimentellen Hinweisen, rationalen Argumenten und Skepsis.

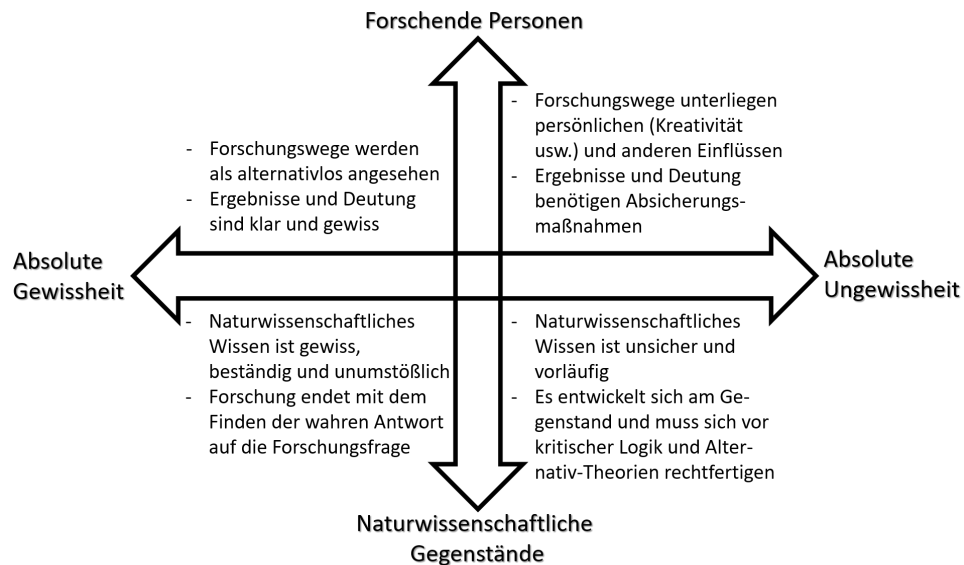


ABBILDUNG 2.3: Schema zur Einteilung der Vorstellungen zu naturwissenschaftlichem Wissen und Forschen

3. Es existiert nicht nur ein Weg, Wissenschaft zu betreiben (d.h. es gibt keine Schritt-für-Schritt-Methode der Naturwissenschaft).
4. Naturwissenschaften versuchen, natürliche Phänomene zu erklären.
5. Gesetze und Theorien haben unterschiedliche Funktionen in den Naturwissenschaften, daher sollten Lernende wissen, dass Theorien nicht zu Gesetzen werden, auch nicht durch weitere Belege.
6. Menschen aller Kulturen tragen zu den Naturwissenschaften bei.
7. Neue Erkenntnisse müssen klar und offen berichtet werden.
8. Naturwissenschaftler müssen sorgfältig protokollieren, von anderen Wissenschaftlern überprüft werden und ihre Arbeit muss repliziert werden können.
9. Beobachtungen sind theoriegeleitet.
10. Naturwissenschaftler sind kreativ.
11. Die Geschichte der Naturwissenschaften zeigt sowohl den Entwicklungs- als auch den revolutionären Charakter.
12. Naturwissenschaften sind ein Teil der sozialen und kulturellen Traditionen.
13. Naturwissenschaften und Technologien verstärken sich gegenseitig.

14. Naturwissenschaftliche Ideen werden durch ihr soziales und geschichtliches Milieu beeinflusst.

Auch weitere Studien formulieren ähnliche Charakteristika der Natur der Naturwissenschaften (McComas & Olson, 2002; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl, 2003) - im Folgenden als Aspekte bezeichnet - wobei auch dort kein Anspruch auf Vollständigkeit besteht. Um klar umrissene Aspekte für die Bearbeitung im naturwissenschaftlichen Unterricht zu erlangen, nehmen Lederman et al. (2002) an, dass „at one point in time and at a certain level of generality, there is a shared wisdom (even though no complete agreement) about NOS [...]“⁹ (Lederman *et al.*, 2002: 499). Über einige Aspekte besteht weitgehende Einigkeit, etwa dass eine Beobachtung beeinflusst ist durch die an die Situation getragene Theorie oder dass naturwissenschaftlich generiertes Wissen auf empirischen Daten fußt (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002).

Die Definition von Aspekten auf diesem Level der Generalität und Einigkeit kombiniert mit der Berücksichtigung von Verstehbarkeit der Aspekte durch Schülerinnen und Schüler als auch ihre Relevanz für die Lebenswelt der Lernenden (Lederman *et al.*, 2002; Lederman, 2006) führt zur Aufstellung eines klar umrissenen Konstrukts, das nicht die Realität von Wissenschaftstheorie einfangen, sondern Charakteristika von Naturwissenschaften für Unterricht und Unterrichtsforschung eröffnen soll.

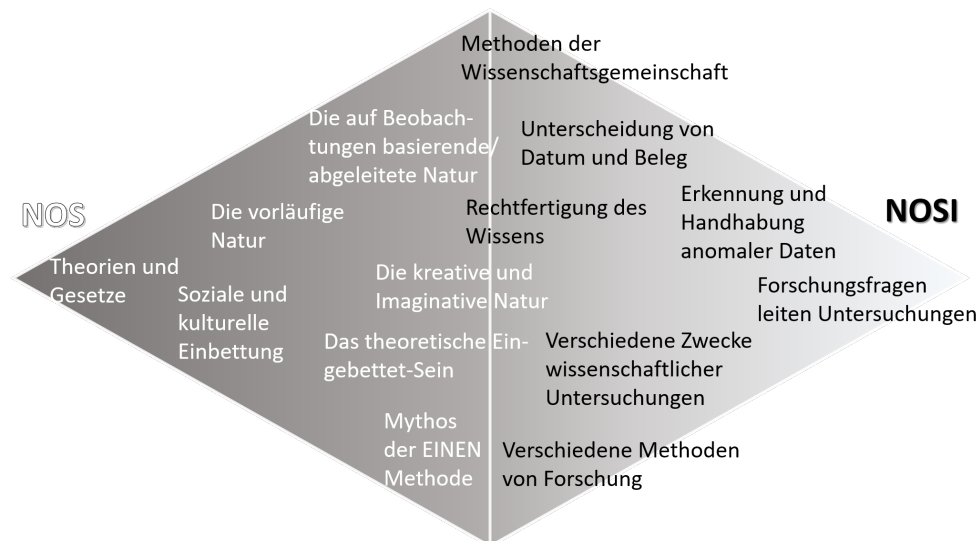


ABBILDUNG 2.4: Kontinuum der Naturwissenschaftscharakteristika: NOS Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002; NOSI Schwartz, Lederman & Lederman, 2008; aufgetragen nach vorhandenen Überschneidungsflächen der Aspekte

⁹Übers. d. A.: zu einem Zeitpunkt und auf einem bestimmten Generalitätslevel eine geteilte Weisheit besteht (wenn auch keine vollständige Einigkeit) über NOS [...].

Die abgebildeten Aspekte (s. Abb. 2.4) von *Nature of Science* (Lederman *et al.*, 2002) sind auf der linken Seite der Raute gruppiert nach der Nähe zu den Prozessaspekten der *Nature of Scientific Inquiry* (Schwartz, Lederman & Lederman, 2008), die auf der rechten Rautenseite nach demselben Prinzip verortet wurden. An den beiden äußeren Spitzen liegen diejenigen Aspekte, die am wenigsten Überschneidungsflächen mit den Aspekten des anderen aufweisen.

„Typically, NOS refers to the epistemology and sociology of science, science as a way of knowing, or the values and beliefs inherent to scientific knowledge and its development¹⁰“ (Lederman *et al.*, 2002: 499). Während NOS also das Wissen und seinen Entstehungskontext fokussiert, umfasst das Konstrukt NOSI „aspects [...] that pertain most on the *processes* of inquiry, the „how“ the knowledge is generated and accepted¹¹“ (Schwartz *et al.*, 2008: 3).

Am deutlichsten das Wissen fokussierend und mit wenig Verbindung zu Forschungsprozessen ist die Unterscheidung zwischen Theorien und Gesetzen. Es ist die Unterscheidung zwischen aus Beobachtung formulierter Regel und Erklärungsidee. Vor allem in der Physik existieren Gesetze (z.B. Gravitationsgesetz, Massenerhaltungsgesetz): Allaussagen, die Zusammenhänge so formulieren, dass sie als wahr akzeptiert werden können, logisch allgemein und notwendig sind. In den Lebenswissenschaften beziehen sich solche Allaussagen auf lebende Systeme, die aufgrund der hohen Komplexität der Zusammenhänge Ausnahmen besitzen, sodass sie eher als Regeln (z.B. Allensche Proportionsregel, Bergmannsche Regel) bezeichnet werden (Spektrum, 1999). Die Mendelschen Regeln oder Gesetze etwa beschreiben das Verhältnis des Auftretens bestimmter Merkmale je Generation. Als Erklärung entwickelte Gregor Mendel Annahmen zur Vererbung von Merkmalen, zu Rezessivität und Dominanz (Mendel, 1911). Diese beiden Arten naturwissenschaftlichen Wissens - 1. die Formulierung beobachtbarer Zusammenhänge und 2. ihre Erklärungsannahmen - werden von Lernenden teils als verschiedene Level von Gewissheit angenommen: Gesetze seien sicherer als Theorien, entstünden dadurch, dass genügend Beweise gesammelt wurden (Lederman *et al.*, 2002).

Nicht berücksichtigt wird (nicht nur von Lernenden) die kulturelle und gesellschaftliche Einbettung von wissenschaftlichem Wissen, die Interpretationen in spezifische Richtungen lenkt, die durch den gesellschaftlichen Rahmen als „heimlichen“ Referenzrahmen geprägt sind. Die Kenntnis dieses Einflusses kann zu besseren Einschätzungen von Wahrheitsgehalt und Wahrscheinlichkeit naturwissenschaftlicher Theorien beitragen ebenso wie Kenntnis von der Vorläufigkeit des Wissens. Naturwissenschaftliches Wissen gilt zwar als verlässlich und beständig, ist aber keineswegs absolut oder sicher (Lederman *et al.*, 2002). Die

¹⁰Übers.d.A.: Generell bezieht sich NOS auf die Erkenntnisgewinnung und Soziologie von Naturwissenschaft, Wissenschaft als eine Möglichkeit des Wissens, oder auf die Werte und Überzeugungen, die wissenschaftlichem Wissen und dessen Entwicklung innewohnen.

¹¹Übers.d.A.: [...] Aspekte, die hauptsächlich die *Prozesse* von Forschung betreffen, das „wie“ das Wissen generiert und angenommen wird.

folgenden Aspekte hängen mit Forschungsprozessen zusammen, geben diesen bestimmte Qualitäten oder beziehen umgekehrt Charakteristika aus ihnen.

Naturwissenschaftliches Wissen ist empiriebasiert: Es besteht aus Ableitungen und Schlussfolgerungen, die auf Beobachtungen bzw. Wahrnehmungen, Messungen, ersten Interpretationen der Umwelt basieren (Schwartz *et al.*, 2008). Dies beeinflusst sowohl die Aussagekraft von wissenschaftlichem Wissen als auch die Durchführung, Auswahl und Konzeption wissenschaftlicher Forschungsprozesse. Kreative und imaginative Fähigkeiten der Forschenden und ihr theoretischer Hintergrund bilden zwei weitere Einflussfaktoren auf Forschungsprozesse, deren Kenntnis auch für eine fundierte Einschätzung des entstandenen Wissens unabdingbar sind (vgl. McComas, 2002: 58-60). Damit einher geht auch die Akzeptanz, dass es keinen garantierten Weg zur sicheren Erkenntnis oder DIE eine Methode wissenschaftlichen Arbeitens gibt (Schwartz *et al.*, 2008).

Die NOSI-Aspekte sind mit NOS-Aspekten teils eng verquickt. Die *Unterscheidung von Datum und Beleg* beschreibt den Unterschied zwischen dem, was beobachtet, gemessen, registriert wird und der Information, die Forschende durch Bezugnahme auf Theorie und Hypothese daraus generieren (Schwartz *et al.*, 2008). Hier stehen die Forschungsgegenstände im Fokus. Die Empiriebasierung des naturwissenschaftlichen Wissens (*Die auf Beobachtungen basierende/ abgeleitete Natur von Wissen*) bezieht sich auf den selben Aspekt aus der Perspektive der agierenden Forschenden: Wahrgenommene Phänomene sind zunächst mehr oder weniger nah am „Wirklichen“ liegende Daten mit einem Interpretationsgehalt, der vom Messinstrument, der Methode, den Forschenden und ihren zugrunde liegenden Theorien abhängt. Als „Beleg“, „Beweis“ oder „Argument“ für eine Hypothese genutzt, werden die Daten weiteren Interpretationsschritten unterzogen, sodass zwischen „Datum“ und „Beleg“ ein großer, durch die Forschenden vollzogener, interpretativer Unterschied besteht. Alles entstandene Wissen gilt demnach als hoch interpretativ und muss gerechtfertigt werden. Dies geschieht mittels anerkannter wissenschaftlicher Vorgehensweisen wie logisch konsistenter Argumentation und der Berücksichtigung von Erklärungsalternativen. Dabei kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass zu unterschiedlichen Interpretationen gelangt wird (Schwartz *et al.*, 2008), sodass die unter anderem durch die Interpretiertheit des Wissens verursachte Vorläufigkeit und Nicht-Sicherheit durch Rechtfertigungsschritte verringert, aber nicht verhindert werden kann. Die Wissenschaftsgemeinschaft stellt je nach Disziplin anerkannte und erprobte Methoden zur Verfügung und dient als weitere Absicherung wissenschaftlichen Wissens, indem sie kritisch-logisch die Arbeit der Mitglieder überprüft (Schwartz *et al.*, 2008). Neben diesen Prozessaspekten, die deutlich in Verbindung mit Hervorrufen oder Eindämmen von Unsicherheit einhergehen, besitzen Forschungsprozesse auch Eigenschaften, die sekundär oder in der gesetzten Begrenzung gar nicht mit Charakteristika des entstehenden Wissens zusammenhängen: Forschung wird aus vielfältigen Gründen betrieben, sei es Neugier und der Wunsch der Wissensmehrung, Lösung wirtschaftlicher

oder sozialer Probleme, oder etwas ganz anderes (Schwartz *et al.*, 2008). Die daraus generierten Forschungsfragen leiten den Prozess, aus dem wiederum neue Fragen entstehen können. Vor allem bei Daten, die nicht den Erwartungen entsprechen existieren verschiedene Vorgehensweisen (Schwartz *et al.*, 2008: 5), die offen gelegt werden müssen, um gerechtfertigtes Wissen produzieren zu können.

Die zu Beginn des Kapitels angeführten als gesellschaftlich relevant angesehenen Aspekte von Naturwissenschaft (s. S. 17; McComas *et al.*, 2002) und die Auswahl (s. Abb. 2.4, S. 19), aufgespannt zwischen den Polen NOS (Lederman *et al.*, 2002) und NOSI (Schwartz *et al.*, 2008), finden sich auch in den von Urhahne, Kremer & Mayer (2008) entwickelten Kerndimensionen (s. Tab. 2.1, Urhahne *et al.*, 2008: S. 77-79). Dabei erfolgt auch eine Bezugnahme auf das Ordnungsschema nach Osborne *et al.* (2003: 701-704), das NOS/I-Aspekte einteilt in Aspekte zu naturwissenschaftlichem Wissen, zu naturwissenschaftlichen Methoden und zu institutionellem und gesellschaftlichem Umgang mit Naturwissenschaft. Diese Kerndimensionen bilden für die vorliegende Studie das theoretische Gerüst zur thematischen Einteilung, Beurteilung und Messung von WV.

2.2.2 WV-Fokus im Schülerlabor

Die oben dargestellten Kerndimensionen (Urhahne *et al.*, 2008) bilden die theoretische Grundlegung des Konstrukts WV, doch wird für die Studie eine Auswahl für die Reflexion von Forschungsaktivitäten passender Aspekte vorgenommen und in eine kausale Beziehung gesetzt.

Zunächst wird der Mittelpunkt dessen, was Lernende im BaSci-Schülerlabor (s. Kap. 2.4, S. 29) über Naturwissenschaft erfahren sollen und können, bestimmt. Dieser Mittelpunkt wird mit weiteren Aspekten auf Zusammenhänge hin untersucht und mit den bestehenden Auswahlen und Einteilungen in Beziehung gesetzt.

Im Mittelpunkt steht die UNSICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS, die vorläufige, nicht absolute oder unumstößlich beweisbare Natur des Wissens. „Wissenschaftliche Befunde gelten eben immer nur vorläufig, und auch gegenwärtig perfekt erscheinende Untersuchungen können schon morgen zweifelhaft sein.“ Klauer, 1973: 57. Drei Quellen für Unsicherheit¹² sind hier fokussiert: (1) Die Qualität unserer Umwelt und auch unseres Wahrnehmungsvermögens führen zu ungewisser Kongruenz zwischen den Informationen, die wir über unsere Umwelt sammeln und wie diese Umwelt tatsächlich ist (SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS). Die Umwelt „gibt“ keine Antworten, sondern wir bringen mehr oder weniger direkt gewonnene Daten nach eigener Auswahl und Wahrnehmung zusammen und interpretieren sie. Nicht der beobachtete Umstand an sich gilt als Beweis für etwas, sondern erst die Ableitung

¹²Hier ist NICHT das Phänomen der Unbestimmtheit gemeint, sondern Unsicherheit des Wissens hervorgerufen durch die Unbeweisbarkeit seiner Kongruenz mit der Realität.

oder Interpretation der Forschenden lassen aus dem Datum einen Beleg werden (ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS). Diese Interpretationen können nicht vollständig oder absolut gültig sein. (2) Zudem werden sie durch individuelle Faktoren wie die Kreativität der Forschenden (KREATIVITÄT UND VORSTELLUNGSKRAFT) oder ihre theoretischen Überzeugungen beeinflusst (NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS). Diese Einflüsse bestimmen zu einem großen Teil, welche Richtung ein Forschungsprozess verfolgt und welche Erkenntnisse daraus entstehen. (3) Auch kontextuelle Faktoren, der Kulturkreis etwa (vgl. McComas, 2002) oder der Zweck der Forschung, wirken auf den Forschungsprozess und sein Ergebnis ein, z.B. auf den Gegenstandsfokus und die Interpretationsrichtungen (ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG).

Dieser Unsicherheit des naturwissenschaftlichen Wissens wird durch Absicherungs-, Prüfungs- und Reflexionsinstanzen entgegengewirkt: Rechtfertigung und Absicherung naturwissenschaftlichen Wissens erfolgt mittels (a) anerkannter Methoden, zu denen auch der logische Skeptizismus zu zählen ist, und der (b) Wissenschaftlichen Gemeinschaft als Kontrollinstanz. Die Eignung der gewählten direkten und indirekten Forschungsmethoden werden ebenso geprüft wie die Stichhaltigkeit von Argumentation, Interpretation und der Ausschluss von Alternativen. Dennoch ist eine Wissens-Gewissheit nicht erreichbar, unabhängig von Sorgfalt der Durchführung und Prüfung oder Störgrößenfreiheit des Prozesses (NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS).

Die oben dargelegte Fokussierung bezieht sich nicht auf neue Aspekte, sondern arrangiert die zuvor aufgeführten in Ursache-Wirkung-Beziehungen und gruppiert sie um das Kernthema: die wissenschaftliches Wissen maßgeblich prägende Wirkung UNSICHERHEIT. Diese Schwerpunktsetzung liegt im Wesen der „Wissenschaftsgesellschaft“ und ihren Anforderungen an Bürgerinnen und Bürger begründet (s. Kap. 2.1, S. 8). Weder eine Über- noch Unterschätzung naturwissenschaftlicher Ergebnisse ist hier von Nutzen. Von jedem bestimmten Punkt aus ist das jeweilige betrachtete naturwissenschaftliche Wissen begrenzt und unsicher. Besteht innerhalb der Gesellschaft eine solche Wahrnehmung von Wissenschaft und Wissen, ist dies nicht zwangsläufig von negativer Konsequenz. Im Gegenteil kann diese Wahrnehmung zur Forderung nach weiterer Forschung führen, die der Unsicherheit und Begrenztheit begegnet (Peters, Heinrichs, Jung, Kallfass & Petersen, 2008).

2. ÜBER NATURWISSENSCHAFTEN

Tabelle 2.1: NOS/I-Kerndimensionen für die Anwendung im Unterricht

<i>Kern- dimension</i>	<i>Einteilung und Beschreibung</i>
Naturwissenschaftliches Wissen	
Sicherheit des Wissens	Naturwissenschaftliches Wissen ist nicht absolut sicher und die endgültige „Wahrheit“, aber bis zu einem bestimmten Grad verlässlich und durchaus dauerhaft.
Entwicklung des Wissens	Das nicht vollkommen sichere Wissen ist vielmehr als vorläufig zu betrachten. Es kann z.B. durch neue Erkenntnisse verändert werden.
Einfachheit des Wissens	Naturwissenschaftliche Theorien werden so aufgestellt, dass sie mit möglichst wenigen Konzepten und Annahmen arbeiten und dabei möglichst viele Phänomene erklären können.
Rechtfertigung des Wissens	Experimentell oder auf anderem Wege gewonnene Daten können herangezogen werden, um Hypothesen und damit die zugehörigen Theorien zu stützen. Dabei muss aus den Daten geschlussfolgert werden, wobei Rationalität und kritische Reflexion eine tragende Rolle spielen.
Herkunft des Wissens	Die Quellen naturwissenschaftlichen Wissens müssen ebenso kritisch hinterfragt werden wie das vorläufige Wissen selbst. Die Verlässlichkeit des Wissens ist nicht geknüpft an Autorität.
Naturwissenschaftliche Methoden	
Zweck der Naturwissenschaften	Naturwissenschaftliche Theorien sollen Phänomene erklären, zu Vorhersagen genutzt werden können und zu anwendbaren Lösungen führen.
Theorien und Gesetze	Gesetze beschreiben Phänomene und Abhängigkeiten, Theorien versuchen, diese zu erklären.
Naturwissenschaftliche Methode	Der Forschungsweg ist nicht durch eine vorgeschriebene Methode bestimmt und auch nicht zwangsläufig linear. Das zu lösende Problem, die zu beantwortende Frage und die Gegebenheiten sind bestimmend für die Methodenwahl.
Kreativität und Vorstellungskraft	Die Entstehung naturwissenschaftlichen Wissens geschieht rational und logisch, unterliegt jedoch ebenso den Fähigkeiten, Einfallsreichtum und Kreativität, der Entwickelnden.
Institutioneller und gesellschaftlicher Umgang	
Soziale und kulturelle Einflüsse	Naturwissenschaftliche Forschung ist immer in den jeweiligen kulturellen Kontext eingebunden, unterliegt den Maßstäben der entsprechenden Werte und kann mit diesen in Konflikt stehen.

2.3 Wie Lernende Wissenschaft verstehen

„Students typically consider theories not as provisional solutions to problems, but rather as facts that are simply gathered from nature by scientists¹³.“ Jansen & Voogt, 2002: 151

Als statisch und gewiss wird hier ein Lernendenverständnis beschrieben, das in vielerlei Hinsicht als problematisch gelten kann. Wird naturwissenschaftliches Wissen als absolut sicher angesehen, werden Erkenntnisse vielleicht unkritisch als Wahrheit angenommen und darauf fußend ungünstige Entscheidungen z.B. in persönlichen Lebensbereichen wie Ernährung oder allgemeinem Konsum getroffen. Eine Veränderung von Erkenntnissen durch neue Einsichten könnte zu einem Vertrauensverlust führen, wenn die bisherigen Kenntnisse als „Falsche Wahrheit“ verstanden werden. Folgend könnte die Beziehung zu naturwissenschaftlichen Erkenntnissen durch starkes Misstrauen geprägt sein, das ebenfalls einem sinnvollen Nutzen im Wege steht. Daher ist es von Vorteil, eine realistische Einschätzung der Sicherheit naturwissenschaftlichen Wissens zu besitzen.

Zunächst wird WV als Kompetenz nachgezeichnet (s. Kap. 2.3.1) und epistemologische Überzeugungen darin verortet (s. Kap. 2.3.2, S. 27). Die Beurteilung von angemessenem WV fußt auf den zuvor getroffenen Grundannahmen bezüglich NOS/I, besitzt jedoch thematische und methodische Unschärfen sowie inhärente Grenzen (s. Kap. 2.3.3, S. 28).

2.3.1 Die Kompetenz Wissenschaftsverständnis

Kompetenzen in einer spezifischen Domäne stehen in Verbindung mit komplexen Denkprozessen, der Fähigkeit Probleme zu erkennen und kreativ zu lösen. Kompetenzen integrieren aber auch zwischenmenschliche Fähigkeiten und Einstellungen (vgl. Merriënboer, 1999; Weinert, 2001) sowie instand zu sein, all dies in neuen Situationen auf neue Sachverhalte anzuwenden (Kirschner, 2002). Auf beobachtbares Verhalten bezogen können Kompetenzen auch als Kenntnisse, Fertigkeiten und Handlungsrountinen charakterisiert werden (Hartig & Klieme, 2006). Kompetenzen beziehen sich in der vorliegenden Arbeit auf die kognitiven „kontextspezifischen Leistungsdispositionen“ (Hartig & Klieme, 2006; Klieme & Leutner, 2006; Klieme, Maag-Merki & Hartig, 2007), die das Beobachten individuellen Lernens und die Beschreibung von Lernprozessen im Allgemeinen zulassen.

Die *Charakteristika der Naturwissenschaften* bilden nach Mayer (2007) eine Dimension im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“, hierarchisch über *Wissenschaftlichen Erkenntnismethoden* und den basalen *Praktischen Arbeitstechniken* (Mayer, 2007). Als kognitionspsychologisches Konstrukt (Kompetenz)

¹³Übers.d.A.: Lernende halten Theorien normalerweise nicht für Lösungsvorschläge zu Problemen, sondern sehen sie als Fakten, die einfach von Forschenden der Natur entnommen wurden.

dazu führt Mayer (2007) den Wissenschaftsverständnis-Begriff. Mittels dieser Kompetenz sollen Lernende befähigt sein, naturwissenschaftliches Vorgehen als einen Weg der Erkenntnisgewinnung zu sehen und zugleich ihn hinterfragen und Kritik üben zu können (Bybee, 1997).

Dieses normative Stufenmodell (vgl. Schecker & Parchmann, 2006), dessen Spitze das WV bildet, ist theoretisch anwendbar auf die Naturwissenschaften und auch auf Geisteswissenschaften. Die Fähigkeit zur Reflexion über Wissens-Charakteristika, über Methoden und Forschungswege, über Messgenauigkeit, Unschärfe und indirekte Untersuchung bildet den Indikator für die Vervollkommnung der entsprechenden Kompetenz (Klieme *et al.*, 2003). Damit bildet WV als Fähigkeit zur reflexiven Betrachtung und Verknüpfung von Wissenschaftskomponenten die jeweils höchste Kompetenzstufe. Wissen um Planung, Durchführung und Auswertung eines Experiments müssen bekannt sein, um daraus Schlüsse ziehen und im nächsten Schritt diese Schlüsse kritisch hinterfragen, mit wissenschaftlichen Erkenntnissen generell in Beziehung setzen und Handlungsalternativen entwerfen zu können.

Die anspruchsvolle Tätigkeit der reflexiven Auseinandersetzung erfordert die Einnahme einer fremden, neuen Perspektive und die Loslösung der betrachteten Erinnerungen von der erinnernden Person (Minnameier, 2000). Ein so beschriebener Denkprozess weist Ähnlichkeit mit den Fähigkeiten der Bewusstseinsstruktur der 3. Ordnung nach Kegan (1994) auf. Kegan postuliert eine auch im Erwachsenenalter fortschreitende Entwicklung unserer Denkstrukturen und beschreibt diese anhand von Stufen, die durchlaufen werden, sich überschneiden, in verschiedenen Kontexten unterschiedlich vorliegen und in konkreten Bereichen auch übersprungen werden können. Die 1. Ordnung des Bewusstseins ist strukturiert durch die Selbstwahrnehmung des Subjektes als direktes, unmittelbar einzelnes Geschöpf, das mit der Außenwelt und sich selbst über gegenständliche und soziale Wahrnehmungen, Fantasie und Impulse als auch Bewegung und Manipulation in Beziehung steht. Ein Bewusstsein der 2. Ordnung besitzt ein Konzept vom Selbst in einem stabilen Umfeld und kann darauf bauend konkrete Daten und Kausalitätsbeziehungen über die Außenwelt sammeln sowie ein stabiles Selbst- und Rollenkonzept entwickeln. Ein Bewusstsein der 3. Ordnung nimmt nicht nur sich selbst innerhalb eines sozialen Gefüges wahr, sondern geht davon aus, dass auch andere Individuen in eigenen sozialen Gefüges existieren. Auf dieser Stufe werden Generalisierungen und Idealisierungen, Hypothesen und Deduktionen, Ideale und Werte ausgebildet. Die eigene Position wird als eine Perspektive unter vielen bewusst und dem Gegenüber können fremde dauerhafte Dispositionen, Bedürfnisse und Vorlieben, fremde Perspektiven zugeschrieben werden (Kegan, 1994). Die Wahrnehmung fremder Perspektiven ist eine notwendige Voraussetzung für die Reflexion eigenen Handelns, da nur durch das Verlassen des eigenen Standpunkts ein wirkliches „Betrachten von allen Seiten“ der Handlung geschehen kann. Die reflexive Ausprägung von Kompetenzen hängt dann nicht nur von Lerngelegenheiten und Lernprozessen ab, sondern auch von individuellen Reifungsverläufen, sodass

wahrscheinlich neben durch Tätigkeiten induziertem auch altersabhängiger Kompetenzerwerb beobachtet werden kann (Kuhn & Weinstock, 2002).

2.3.2 Epistemologische Überzeugungen

Durch die Art und Weise wissenschaftlicher und allgemein menschlicher Wissensgenerierung erhält Wissen seine beschreibenden und rechtfertigenden Charakteristika. Individuelle Überzeugungen über die Natur von Wissen und Wahrheit sowie die Wandlung solcher Überzeugungen im Lauf einer menschlichen Entwicklung werden innerhalb der Epistemologie untersucht und beschrieben (Bendixen, 2002; Hofer & Pintrich, 1997).

Nach dem *Epistemological Reflection Model*¹⁴ (Baxter Magolda, 2002: 93-96) können sich die Annahmen über die Sicherheit von Wissen zwischen dem 18. und dem 30. Lebensjahr verändern: Die Stufe des *Absolute knowing*¹⁵ bildet den Ausgangspunkt. Es bestehen Vorstellungen über Gewissheit und Wahrheit von Wissen, das von entsprechenden Autoritäten generiert wird und solchen bekannt ist. Diese Vorstellungen werden erweitert, indem verschiedene Interpretationsmöglichkeiten, wenn damit konfrontiert, als Quelle von Ungewissheit angegeben werden. Auf dieser *Transitional knowing*¹⁶ Stufe gelten meist „harte“ Wissenschaften unverändert als sichere Wissensquellen, für andere aber öffnet sich eine neue Sichtweise. Auf der folgenden Stufe des *Independent knowing*¹⁷ wird angenommen, dass „most, if not all, knowledge [is] uncertain¹⁸“ (Baxter Magolda, 2002: 95) und wird abgelöst durch *Contextual knowing*¹⁹, bei dem Vorstellungen vorherrschen, die Wissen als im Kontext konstruiert und im Kontext beurteilbar betrachten. Die Beurteilungen erfolgen evidenzbasiert (Baxter Magolda, 2002).

Als zugrundeliegende Entwicklungsrichtung, basale Änderung im Verständnis kann die Koordination der objektiven und subjektiven Dimensionen von Wissen gelten (Kuhn & Weinstock, 2002). „Initially, the objective dimension dominates to the exclusion of subjectivity. Subsequently, in a radical shift, the subjective dimension assumes an ascendant position and the objective is abandoned. Finally, the two are coordinated, with a balance achieved in which neither overpowers the other²⁰“ (Kuhn & Weinstock, 2002: 123). Diese postulierte Standpunktveränderung stützt Kegans (1994) Theorie der „Ordnungen“, auch die empirischen Befunde (höchste Stufe hauptsächlich gefunden in

¹⁴Übers.d.A.: Modell der Epistemologischen Reflexivität

¹⁵Übers.d.A.: Vollkommenes Wissen

¹⁶Übers.d.A.: Übergangswissen

¹⁷Übers.d.A.: Unabhängiges Wissen

¹⁸Übers.d.A.: [...], dass das meiste, wenn nicht alles Wissen unsicher [ist]

¹⁹Übers.d.A.: Kontextabhängiges Wissen

²⁰Übers.d.A.: Zu Beginn dominiert die objektive Dimension und Subjektivität ist ausgeschlossen. In einem folgenden radikalen Wechsel erlangt Subjektivität eine aufsteigende Position und Objektivität wird aufgegeben. Zuletzt werden beide in einer Balance koordiniert, in der keines das andere überwiegt.

akademischer Elite) legen nahe, dass es sich bei epistemischen Überzeugungen und allgemeinen Denkstrukturen um verbundene Aspekte handelt.

Epistemische Überzeugungen betreffen „Wissen“ an sich und sind nicht auf naturwissenschaftlich generiertes beschränkt. Wissenschaftsverständnis andererseits umfasst nicht nur Vorstellungen vom Wissen, sondern auch von Handlungen, Absichten und Strategien. Die Überschneidungsfläche der Konstrukte bildet das naturwissenschaftlich generierte Wissen:

1. Naturwissenschaftlich generiertes Wissen besitzt bestimmte Charakteristika durch die Art und Weise der Gewinnung, durch das Subjekt-Sein der Generierenden und durch die Charakteristika der uns (wahrscheinlich) umgebenden Welt.
2. Menschen haben bestimmte Vorstellungen von den Charakteristika naturwissenschaftlich generierten Wissens, begründet in bisherigen Erfahrungen, kultureller Bedeutung des Wissens und der Wissenschaft sowie individuellem Reifungsstand.

Innerhalb dieser inhaltlichen Überschneidungsfläche können Erkenntnisse der Epistemologie die Untersuchungen zum WV bereichern. Die teils sehr subtilen Unterschiede zwischen den Theorierahmen, die sich aus den unterschiedlichen Forschungsfoki ergeben (naturwissenschaftsdidaktisch vs. entwicklungs- und kognitionspsychologisch), lassen kaum scharfe Abgrenzung zu, müssen jedoch für die konkret untersuchten Bereiche definiert werden (Neumann & Kremer, 2013).

2.3.3 Bewertung von Wissenschaftsverständnis

Besitzen Lernende abweichende Vorstellungen von naturwissenschaftlichem Wissen oder von Forschungspraxis, wird von naivem WV gesprochen, im Gegensatz zum informierten WV (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; zur Herkunft der Begriffe s. Lederman, 1992). Khishfe und Abd-El-Khalick (2002) entdecken Äußerungen, die keiner der beiden Kategorien zweifelsfrei zugeordnet werden können (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002), und Khishfe (2008) teilt in ihrer qualitativen Studie Vorstellungen dieser heterogenen Kategorie ein in *Coexistierende Vorstellungen, Instabile Vorstellungen* und *Übergangsvorstellungen*²¹ (Khishfe, 2008: 483f). Sie bilden häufig den Übergang von einer naiven zu einer informierten Vorstellung in einem NOS/I-Aspekt eines Probanden, was nach Khishfe (2008) eine Entwicklung der Vorstellungen entlang eines Kontinuums nahe legt, während der die intermediäre Kategorie „durchquert“ wird auf dem Weg zum informierten WV (Khishfe, 2008).

Die Vorstellungen Lernender über naturwissenschaftliches Wissen und Forschen basieren oft auf Annahmen von Wahrheit und Objektivität: Wissenschaftliches Wissen wird als wahr und bewiesen, daher unveränderlich und allseits

²¹Übers.d.A.; im Original: *Multiple Views, Unstable Views, Transitional Views*

anerkannt angenommen. Forschung wird demnach mit feststehenden objektiven Vorgehensweisen betrieben und die gewonnenen Daten sind Fakten, deren „richtige“ Zusammenstellung das Bild der wahren Realität ergeben (Baumert *et al.*, 2000; Höttecke, 2001; Zusammenfassung bei Kruse & Denz, 2016).

Während naive Vorstellungen also hauptsächlich absolutistischer und inkomplexer Natur sind, zeichnen sich informierte Vorstellungen durch eine relativistisch-komplexe, verschiedene Standpunkte und Kontexte berücksichtigende Haltung aus (Bady, 1979; Kuhn & Weinstock, 2002). Hierzu gehört auch die Akzeptanz von Unsicherheit naturwissenschaftlichen Wissens, was im Lernende-Lehrende-Verhältnis spezifische Unsicherheit z.B. bezüglich der Autorität, der Überlegenheit im Wissensstand bergen kann. Eine gewisse „Respektlosigkeit“ Lernender dem anerkannten Schulwissen gegenüber ist jedoch durchaus gefragt, wenn Medien spektakulären, aber fragwürdigen, Erkenntnissen huldigen. Dadurch verlieren wissenschaftliche Erkenntnisse nicht an Verbindlichkeit, sondern Lernende erlangen die Fähigkeit und Motivation, selbst die Gewichte anzulegen und selbständig nach weiteren Informationen und gesicherteren Standpunkten zu suchen.

Es liegt in unser aller eigener Verantwortung, uns eine eigene Meinung bilden zu können. Begründete Differenz zu Lehrenden, Eltern, Forschungsautoritäten bildet das höchste Ziel: selbst zu denken (Siegel, 1989) und sich selbst (gerechtfertigt) als Maß zu nehmen.

2.4 NOS/I und WV im BaSci Schülerlabor

In Bremen existieren mindestens 11 Schülerlabore, deutschlandweit sind etwa 350 gemeldet (LernortLabor, 2017). Die vielfältigen Einrichtungen können sehr unterschiedlich charakterisiert werden, sind jedoch immer außerschulische Lernorte. „Ein außerschulischer Lernort ist eine Einrichtung, die Lernangebote zur Verfügung stellt und im öffentlichen Bildungswesen anerkannt ist“ (Gaedtker-Eckardt, 2007). Die Vielfalt solcher Lernorte und auch speziell der Schülerlabore ist nicht auf unterschiedliche thematische Bereiche beschränkt, sondern umfasst auch die konzeptionellen Ansätze und Methodik. Im Folgenden wird konkret das Biologie-Schülerlabor „Backstage Science“ der Universität Bremen fokussiert. Für dieses Lehr-Lern-Labor konzipierte Forschungsaktivitäten sind zielgerichtet auf die Klärung von Fragen durch Informationsgenerierung ausgelegt, die anhand biowissenschaftlicher Labortätigkeiten durchgeführt wird.

Inhaltlich sind in den Forschungsmodulen Themen der Ökologie und Nachhaltigkeit aufbereitet (Elster, Glade, Herrmann & Schultz-Siatkowski, 2011; Elster, 2018) und strukturieren die Wissensvermittlung, sodass schulisches, formelles Lernen stattfinden kann. Durch die forschend lernende Struktur und den weit gefassten gesellschaftlichen Kontext (s. Kap. 5.1.1, S. 71) wird auch Raum für eigene Handlungs- und Denkmöglichkeiten geschaffen, die dem informellen, dem nicht angebahnten Lernen zugerechnet werden (vgl. Guderian, 2006). Diese

Vorgehensweise kombiniert prüfbareren Wissenszuwachs mit den weiteren Zielen des Schülerlabors, z.B. Interessenförderung oder Wissensvernetzung (s. Kap. 3.3, S. 55).

Die Ergebnisse aus einzelnen Handlungen (z.B. Mikroskopieren verschiedener Kiefernadeln und Beobachten der klimatischen Bedingungen auf Teneriffa) werden zusammengetragen und Erkenntnisse daraus geschlussfolgert. Mit Hilfe der Erkenntnisse (z.B. tenerfinische Kiefern scheinen speziell an die Wassergewinnung aus Nebel angepasst) können Fragen geklärt, Konsequenzen diskutiert und Entscheidungen abgewogen werden (z.B. ob die tenerfinischen Pflanzen-Endemiten eine besondere Rolle für die Insel spielen und daher geschützt werden sollten). Auf diese Weise sind Handlungen wie Messen, Mikroskopieren oder Beobachten für die Lernenden verbunden mit den dahinter stehenden Forschungsaktivitäten Daten sammeln, analysieren und Schlussfolgerungen ziehen. Die Lernenden können selbst entscheiden, welche Handlungen zielführend sind, welche Informationen benötigt werden und wann eine Erkenntnis genügend sicher erzielt wurde.

Auf diesem „Forschend Lernenden“ Vorgehen basieren alle Forschungsmodule des BaSci Schülerlabors. Es ermöglicht sowohl das implizite Erfahren fachwissenschaftlicher Charakteristika, als auch Reflexionsbasis für explizierende Überlegungen.

2.4.1 Implizites Handlungswissen als Basis

Während Studierende und Jungwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler ihre impliziten Wissensschätze aus dem reichen Fundus tatsächlicher Forschung aufbauen können, verknüpfen Schülerinnen und Schüler Einzelheiten aus z.B. Laboraktivitäten im Unterricht (Überblick bei Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007), Schulbuchtexten und Lehrkraftsprache (Überblick bei McComas *et al.*, 2002), außerschulischen Sachmedien (Nachrichten, didaktisch aufbereitete Filme, Kindersachmedien) und Wissenschaftsfiguren in Filmen und Serien zu einer Entität „Naturwissenschaft“ (vgl. Bell & Linn, 2002; Clough, 2006), die der Realität kaum gerecht werden kann. Denn Wissen über Wissenschaft „[...] exists in the language, practices and semiotic systems used within specific communities to account for aspects of the material worlds. Learners will not stumble upon the formalisms, theories and practices that form the content of science curricula [...]”²² (Leach & Scott, 2002: 121). Sollten Lernende Verständnis über die Natur von Naturwissenschaften und ihrer Forschung implizit erwerben, wäre eine dem wissenschaftlichen Schaffen authentisch nachempfundene Lernumgebung zu konzipieren, in der Forschung „gelebt“ werden könnte.

²²Übers.d.A.: Wissen über Wissenschaft liegt in der Sprache, den Gepflogenheiten und semiotischen Systemen vor, die in spezifischen Gemeinschaften benutzt werden, um sich über Aspekte der natürlichen Welt auszutauschen. Schülerinnen und Schüler können die Formalismen, Theorien und Vorgehensweisen, die den Inhalt der Wissenschaftscurricula formen, nicht zufällig erkennen [...]

Am Anfang steht die konjunktive Erfahrung mit einem Gegenstand, die sich durch eine persönliche Perspektiveneinnahme und damit allein subjektive Betrachtung auszeichnet. Der konjunktive Erfahrungsraum und das daraus resultierende „Eingestelltsein auf Sinngehalte“ (Mannheim, 1980: 267) sind zu unterscheiden von der reflexiv theoretischen Erkenntnis der Sinngehalte (Mannheim, 1980). Es besteht z.B. ein großer Unterschied zwischen Forschung betreiben („[...] und das ist auch alles nicht so schwer, wenn man sich an die Regeln hält.“ (8M1F1_328-331)) und dem reflexiven Wissen darum, weshalb Forschung wie betrieben werden kann, sollte oder muss. Vom übergeordneten Regelsystem aus ist es schwierig, auf die konkrete Ausführung zu schließen (Polanyi, 1985). Auch die Ableitung eines komplexen Regelsystems aus Handlungen kann schwierig sein.

Eine Hilfestellung sollte sich jedoch an den konkreten Handlungen orientieren, denn theoretisch angeeignetes Wissen bestimmt kaum die Praktiken während selbst durchgeführter Forschung. Die Bedeutung von Kontrollansatz, Hypothesenformulierung auf Grundlage einer zu testenden Theorie oder der Gefahr des Experimentatoren-Bias mag theoretisch bekannt sein. Experimente im Schülerinnen- und Schüleralltag zeigen jedoch, dass Lernende oft Experimente Hypothesen-bestätigend konzipieren (Hammann, 2007), Hypothesen aus dem „Herum-Experimentieren“ generieren statt aus einer theoretischen Grundlegung (Hammann, 2007: 191) oder sogar den eigenen Erwartungen entgegenstehende Ergebnisse falsch auswerten oder ignorieren (Hammann, Thi, Ehmer & Bayrhuber, 2006). Diese Handlungen fußen auf Wissen einer anderen Art, das implizit innerhalb der sozialen Gruppe angeeignet und nicht expliziert wird.

Der konjunktive Erfahrungsraum, den eine Gesellschaft teilt, enthält Wissen über die Gegenstände auf zwei Ebenen: 1. Im Handeln vorreflexiv und ausgedrückt in der Aktualisierung, 2. im theoretisch-reflexiv auf das Wissen gerichteten Denken (Mannheim, 1980). Der Theorie Michael Polanyis (1985) nach wird Wissen über Forschung implizit erworben, d.h. „in Aktion“ gelernt. Der Grund für diese Notwendigkeit der Aktion, für die Schwierigkeit, Forschen aus Literatur zu erlernen, kann nach Schön (1987) mit der Art der Situationen zusammenhängen: Wie das Befassen mit Gesetzen, Management oder Lehre müssen Forschende sich oft mit Ungewissheit, Einzigartigkeit und komplexen Abhängigkeitsnetzen auseinandersetzen, sodass kaum Routinen bestehen, die „einfach“ erlernt werden können.

Das implizite Wissen ist umfangreicher, als der vom Wissenden formulierbare Teil, da die von unserem Verständnis gebildete „kohärente Entität“ (Polanyi, 1985: 25), unsere konstruierte Vorstellung des Wissensgegenstandes, in unserer Aufmerksamkeit liegt. Die beobachteten Einzelmerkmale, aus denen die Entität gebildet wurde, werden gewöhnlich nicht oder nicht mehr wahrgenommen und können daher oft nicht verbalisiert werden (Polanyi, 1985: 25). Implizites Wissen besteht aus den Annahmen und Theorien, den Regeln, Abläufen und Mustern, die kompetentem Verhalten und auch kompetenten Äußerungen zugrunde liegen (Neuweg, 2004: 131). Das implizite Wissen steht damit nicht

im Gegensatz zu explizitem Wissen. Das Ausgesprochene, Verbalisierte an sich enthält kein Wissen, sondern die gesprochenen Wörter und Sätze „become meaningful through a tacit act of 'sense-reading', performed by someone who sees *beyond* the symbols to that which they refer (and who may soon forget the words while still keeping their content in mind)²³“ (Neuweg, 2004: 130).

Während Studierende der Naturwissenschaften ihr implizites Verständnis durch unmittelbare Erfahrungen erweitern können, muss WV im Naturwissenschaftsunterricht auf vermittelten Erfahrungen fußen, auf Tätigkeiten, die großteils nicht zum Zweck der Wissensgenerierung ausgeführt werden, sondern als Lernunterstützung oder der Motivation dienen. Eigens zum Zweck der WV-Förderung entwickelte Lernumgebungen und -inhalte können dem entgegen wirken (z.B. durch naturwissenschaftlichen Schulunterricht oder Forschungsprojekte: Meichtry, 1992, McComas, 1993, Moss, Abrams & Kull, 1998, Moss, 2001, Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002, Lunetta, Hofstein & Clough, 2007, Kremer, 2010, für Lehrende Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a)

So ist es zu verstehen, weshalb Studien Lernenden immer wieder unangemessenes WV attestieren, das im Laufe der Entwicklung an Angemessenheit gewinnt, jedoch selbst ins Erwachsenenalter hinein einem informierten Verstehen nicht gerecht wird (vgl. Kuhn & Weinstock, 2002; Lederman, 2007).

2.4.2 Forschend Lernen

Der Begriff „Forschung“ in den Naturwissenschaften beschreibt den Prozess bzw. die vielfältigen Prozesse, mit denen Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler vorgehen, um ihre verschiedenen Ziele zu erreichen (NRC, 1996; Überblick bei Asay & Orgill, 2010). Diese sind „nonlinear, sometimes messy, pathways that should not be confused with a formulaic scientific method²⁴“ (Asay & Orgill, 2010: 58).

Im Schulunterricht ist mit Forschung ein aktiver Lernprozess gemeint, der den naturwissenschaftlichen Forschungsprozessen nachempfunden ist (Anderson, 2002). Dabei kann „Forschen“ sowohl Lernprozess als auch Lerngegenstand sein (Asay & Orgill, 2010), Forschung durchführende Schülerinnen und Schüler können über das Forschen oder durch das Forschen - oder sowohl als auch - lernen.

Forschendes Lernen besitzt in Deutschland eine lange Tradition (Schwab, 1958), wobei der Begriff vielfältige Verwendung findet und daher Aussagen zu „allgemeinem“ forschendem Lernen schwierig sind (Anderson, 2002). Die für das BaSci Schülerlabor entwickelten Forschungsmodule fokussieren das Lernen in einem Problemzusammenhang und orientieren sich in der Struktur

²³Übers.d.A.: erhalten Bedeutung durch einen impliziten/ stillen Akt des 'Sinn-Lesens', ausgeführt von einer Person, die über die Symbole hinweg das sieht, auf das sie verweisen (und die vielleicht die Wörter bald vergessen hat, aber deren Inhalt im Gedächtnis behält).

²⁴Übers.d.A.: nichtlineare, manchmal verworrene, Wege, die nicht mit einer formelhaften Wissenschaftlichen Methode verwechselt werden sollten.

der ablaufenden Forschungsprozesse an dem in US-Bildungsstandards (NRC, 2000) entwickelten Ansatz der *Inquiry Based Science Education* (IBSE):

1. Relevante naturwissenschaftlich orientierte Fragen nehmen die Lernenden in die Pflicht, „ihr“ Thema anhand der Forschungsfrage selbst zu strukturieren.
2. Naturwissenschaftliche Ergebnisse und Erkenntnisse werden als Bewertungsgrundlage für Erklärungen zur Forschungsfrage herangezogen.
3. Die Lernenden formulieren selbst Erklärungen, basierend auf Belegen, für ihre Forschungsfragen.
4. Eigene Erklärungen werden mit Alternativerklärungen verglichen und im Hinblick auf das Verständnis von Naturwissenschaft reflektiert.
5. Die erbrachten Erklärungen werden anderen vorgestellt, dabei angemessen kommuniziert und naturwissenschaftlich gerechtfertigt.

Aufgrund praktischer Überlegungen, Vernetzung mit Stoffplänen und dem weiteren Schulunterricht wird die Forschungsfrage meist vorgegeben sein. Dabei ist besonders wichtig, dass sie genügend weit gefasst ist, um mehrere Aspekte des Forschens zu bemühen. Zudem sollte sie naturwissenschaftlich interessant sein (Mayer & Ziemek, 2006).

Für Lernende kann das Forschen, das zielgerichtete Experimentieren und tatsächlich „Machen“, im Gegensatz zum Nachvollzug und „Darüber-Lesen“, Theorie und Praxis von Wissenschaft miteinander verbinden. Es werden nicht nur Fähigkeiten und Fertigkeiten trainiert, sondern ebenso die Art und Weise, wie in den Naturwissenschaften gedacht, geschlossen und geprüft wird. Als Gruppenarbeit durchgeführt, wird die Entwicklung sozialer Kompetenzen unterstützt: Die Lernenden kooperieren, handeln Ansichten und Meinungen aus, verteilen Aufgaben und diskutieren über Fachwissen, Interpretationen und Vorgehensweisen. Bei einer Beeinflussung der sozialen Fähigkeiten und der Art und Weise des Denkens kann auch von Unterstützung der Persönlichkeitsentwicklung ausgegangen werden (Mayer & Ziemek, 2006).

Die tatsächlich stattfindenden Forschungsprozesse sind sehr komplex und durch den Versuch der Abbildung dieser Prozesse im forschend-lernenden Unterricht überträgt sich die Komplexität auf die Lern-Lehr-Strategie (Bodzin & Beerer, 2003). Mittels unterschiedlicher Hilfestellung durch die Lehrkraft kann die komplexe Situation aufgefangen oder eingeübt werden. Solche Hilfestellungen können z.B. anspruchsvolle Abläufe vorstrukturieren, exemplarisch vorführen oder mit Impulsen die Lernenden hindurch manövrieren, wodurch eine unterschiedliche Öffnung der Situation für die Selbständigkeit der Lernenden entsteht. Die Festlegung dieser - auch im BaSci Labor eingesetzten - Offenheitsgrade orientiert sich wiederum an den vom NRC (2000) definierten Graden

Open, *Guided* und *Structured* (NRC, 2000: 29), sind jedoch weiter unterteilt und können so konkrete Lehrsituationen innerhalb umfassender Forschungsabläufe beschreiben (s.u. 2.3).

Beim **Offenen Forschen** entscheiden die Lernenden selbst, wie sie vorgehen wollen. Sie entwickeln Hypothesen und Pläne, finden eigene Darstellungs- und Interpretationswege. Da diese Form des Forschenden Lernens sehr anspruchsvoll ist und eingeübt werden muss, kann durch *Hilfestellungen* eine Abstufung erfolgen. Die Selbständigkeit wird durch diese Hilfestellungen unterstützt, indem bei Schwierigkeiten (und nur dann) ein passender Tipp eingeholt werden kann.

Das **Gelenkte Forschen** bietet den Lernenden Hilfestellungen durch Vorschläge und Hinweise, die die Arbeit erleichtern und Schwierigkeiten im Vorfeld begegnen sollen. Dabei bleibt die Freiheit der eigenständigen Bearbeitung bestehen. Die Vorschläge und Formulierungshilfen können genutzt oder ein eigenes Vorgehen entwickelt werden. Durch die Eingabe von alternativen Vorgehensweisen, aus denen gewählt werden kann, wird der Forschungsweg *stärker gelenkt*, wobei durch die Möglichkeit der Abwandlung auch Freiheiten bestehen.

Strukturiertes Forschen geleitet die Lernenden durch den Forschungsprozess und eignet sich daher besonders zum Einüben schwieriger Vorgehensweisen oder zur Entlastung komplexer Forschungssachverhalte. Die Lernenden erhalten konkrete Vorgaben bezüglich der Bearbeitung und erledigen diese. Die Vorgaben können aber auch erweitert oder leicht abgewandelt werden. Wird *stark strukturiert*, sind Abwandlungen nicht möglich, sondern eine detaillierte Anleitung soll genau befolgt werden.

Tabelle 2.3: Offenheitsgrade im forschend-lernenden Unterricht

IBSE-Element	Offen		Gelenkt		Strukturiert	
	Offenes Forschen	Offen mit Hilfen	Gelenktes F.	Stark gelenkt	Strukturiertes F.	Stark strukturiert
Fragen stellen	Lernende stellen selbst die Forschungsfrage auf.	Es werden Formulierungen als Hilfen bei Bedarf geboten.	Es werden Formulierungen und Hinweise geboten.	Lernende können aus formulierten Fragen auswählen.	Die Frage wird vorgegeben, kann aber verändert oder erweitert werden.	Die Frage wird vorgegeben.
Hypothesen nennen	Lernende stellen selbst die Hypothesen auf.	Es werden Formulierungen als Hilfen bei Bedarf geboten.	Es werden Formulierungen und Hinweise gegeben.	Lernende können aus formulierten Hypothesen auswählen.	Es werden Hypothesen vorgegeben, die verändert oder erweitert werden können.	Die Hypothesen werden vorgegeben.
Daten sammeln	Die Lernenden entscheiden selbst, welche Daten sie erheben wollen.	Es werden Vorschläge als Hilfen bei Bedarf geboten.	Es werden Vorschläge und Hinweise geboten.	Die Lernenden können aus vorgegebenen Möglichkeiten auswählen.	Daten, Materialien und Ergebnisse werden bereitgestellt, weitere Materialien können angefordert werden.	Daten, Materialien und Ergebnisse werden bereitgestellt.
Analisieren	Die Lernenden entscheiden, wie sie ihre Daten analysieren.	Es werden Vorschläge als Hilfen bei Bedarf geboten.	Es werden Vorschläge und Hinweise geboten.	Die Lernenden können aus vorgegebenen Möglichkeiten auswählen.	Es wird vorgegeben, wie die Lernenden ihre Daten analysieren sollen, Abwandlungen sind möglich.	Es wird vorgegeben, wie die Lernenden ihre Daten analysieren sollen.

Tabelle 2.3: Fortsetzung Offenheitsgrade

IBSE- Element	Offen		Gelenkt		Strukturiert	
	Offenes Forschen	Offen mit Hilfen	Gelenktes F.	Stark gelenkt	Strukturiertes F.	Stark strukturiert
Erklären	Die Lernenden entscheiden, wie sie ihre Ergebnisse interpretieren.	Es werden bei Bedarf Vorgehensweisen vorgeschlagen.	Es werden Vorschläge und Hinweise geboten.	Die Lernenden können aus vorgegebenen Möglichkeiten auswählen.	Die Lernenden erhalten einen groben Rahmen, innerhalb dessen sie Ergebnisse erklären können.	Die Lernenden erhalten ein Vorgehensraster, nach dem sie Ergebnisse erklären.
Verbinden	Die Lernenden handeln frei und ziehen selbstständig weitere Ressourcen heran.	Weitere Ressourcenvorschläge können eingeholt werden.	Es werden weitere Handlungs- und Ressourcenvorschläge gegeben.	Es werden Ressourcen geboten, aus denen die Lernenden auswählen können.	Es werden Ressourcen vorgegeben, weitere können gewählt werden.	Es werden Ressourcen vorgegeben.
Kommunizieren	Die Lernenden entscheiden, wie sie Ergebnisse kommunizieren und rechtfertigen.	Es können Vorschläge/ Hilfestellungen eingeholt werden.	Die Lernenden erhalten Vorschläge/ Hilfestellungen für die Kommunikation der Ergebnisse.	Es werden konkrete Richtlinien geboten.	Die Lernenden bekommen eine genaue Anleitung für ihr Vorgehen, kleinere Abweichungen/ Anpassungen sind möglich.	Die Lernenden bekommen eine genaue Anleitung für ihr Vorgehen.
Reflektieren	Die Lernenden entscheiden, wie sie reflektieren wollen.	Es können Vorschläge/ Hilfestellungen eingeholt werden.	Die Lernenden erhalten Vorschläge/ Hilfestellungen zur Reflexion.	Es werden konkrete Richtlinien geboten.	Die Lernenden bekommen einen strukturierten Rahmen für die Reflexion, Erweiterungen sind möglich.	Die Lernenden bekommen einen strukturierten Rahmen.

2.4.3 NOS/I-Anknüpfungen an Forschendes Lernen

Um konkrete Berührungspunkte zwischen schulischen Forschungsaktivitäten und Ideen zur Natur der Naturwissenschaften aufzudecken, untersuchte das Forschungs- und Praxistandem Bianchini & Colburn 20h Videomaterial aus Colburns „General Sciences“-Kurs für Grundschullehramt. In diesem führte Colburn drei Lerneinheiten zu physikalischen Phänomenen durch, wobei das forschend-lernende Vorgehen und die Fokussierung von NOS/I-Themen im Vordergrund standen. Das Forscherteam konnte mehrere Schnittpunkte zwischen Handlungen und NOS/I-Eigenschaften herausarbeiten (Bianchini & Colburn, 2000).

Als konkrete, ausführbare Aktivitäten, die einen erleichterten Zugang zu NOS/I-Vorstellungen bieten, können sie WV-Förderung unterstützen (vgl. für Lehramtsstudierende: Mesci & Schwartz, 2017). Zur Konzeption solcher Lerngelegenheiten und im Lehrprozess sind ein angemessenes und aspektübergreifendes WV sowie umfassendes Fachwissen seitens der Lehrenden notwendig (Schwartz & Lederman, 2002). In den beobachtbaren Vordergrund treten NOS/I-Charakteristika bei den folgend beschriebenen Handlungen (s. Tab. 2.4), die mit den in Kap. 2.1 (Kerndimensionen, S. 24) beschriebenen Eigenschaften verbunden werden.

Ohne eine geplante Ausrichtung auf NOS/I-Themen wird kaum diskutierbarer Anlass entstehen bzw. gesehen werden (Bianchini & Colburn, 2000). Die Forschungsaktivitäten müssen für individuelle Wege der Lernenden offen sein, da andernfalls die Grundlage, die Verschiedenartigkeit der Möglichkeiten in Ausführung, Ergebnis und Interpretation für NOS/I-Betrachtungen entfällt. Für andere NOS/I-Aspekte, die ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS etwa, müssten Lernende zunächst auf falsche bzw. veraltete Fährten angesetzt werden. Hier bietet sich eher die historische Aufarbeitung eines Sachverhaltes als Diskussionsgrundlage an.

Tabelle 2.4: NOS/I-Elemente innerhalb schulischer Forschungsaktivitäten

Aktivität	Charakteristikum	Kerndimension
Entwurf von Experimenten in der Gruppe, Abweichungen in den Entwürfen oder Ergebniserklärungen (Bianchini & Colburn, 2000)	Es gibt mehrere Wege, um ein wissenschaftliches Problem zu lösen	NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS
	Man kann zu abweichenden Ergebnissen gelangen, ohne einen Durchführungsfehler begangen zu haben.	SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS
Durchführung von Experimenten in der Gruppe, deren Ergebnisse Streuung aufweisen und Forderung, die Gruppen-Schlussfolgerungen durch Ergebnisse zu belegen (Bianchini & Colburn, 2000)	Experimentwiederholungen und Heranziehen weiterer Ergebnisse sind notwendig, damit Ergebnisse genügend vertrauenswürdig sind, um die Basis wissenschaftlichen Wissens sein zu können.	NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS
Durchführung von Experimenten mit unterschiedlichen Zielvorgaben und/oder Hypothesen, sodass unterschiedliche Ergebnisse durch z.B. spezifisches Suchen entstehen (Bianchini & Colburn, 2000)	Die Vorab-Annahmen²⁵ können sich auf die Methodenwahl, erhaltene Ergebnisse und die Interpretation auswirken.	NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS; SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS

²⁵Im schulischen Kontext kann nur begrenzt von Theoriegeleitetheit gesprochen werden, obgleich der beobachtbare Effekt ein sehr ähnlicher ist.

Tabelle 2.4: Fortsetzung NOS/I-Elemente in Forschungsaktivitäten

Aktivität	Charakteristikum	Kerndimension
Rückbezug auf falsifizierbare Hypothese, um zu zeigen, dass fehlendes Zurückweisen einer Hypothese diese nicht verifiziert, aber sich mit jedem Einzelfall des Nicht-Zurückweisens der Grad der Zuverlässigkeit erhöht (Mayer & Ziemek, 2006)	Naturwissenschaftliches Wissen wird mittels verschiedener Strategien und Methoden abgesichert.	NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS
Auswertung von Experiment-Ergebnissen und Herausstellen des Grades an Gewissheit und Ausschließlichkeit der Schlussfolgerungen (Bianchini & Colburn, 2000)	Wissenschaftliches Wissen kann durch Belege untermauert werden, ist verlässlich und beständig, aber nicht über jeden Zweifel gewiss, in der Geltung limitiert.	SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS
Entwicklung unterschiedlicher Theorien/ Erklärungen zum selben naturwissenschaftliche Sachverhalt aufgrund z.B. verschiedenen Wissensstands oder Kontexts unterschiedliche Theorien/ Erklärungen; Methodendiskussion über die Genauigkeit der Ergebnisse und die Sicherheit ihrer Deutung (Mayer & Ziemek, 2006)	Die Forschenden-Person kann sich auf die Interpretation auswirken	SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS
Vergleich und Evaluation von Kleingruppen-Erkenntnissen und Schlussfolgerungen untereinander, Herausstellen und Ergründen der Unterschiede und Gemeinsamkeiten in Ausgangspunkt, Herangehensweise und Ziel	Der Zweck einer Untersuchung kann Forschungswege, Interpretationen und Schlussfolgerungen daraus beeinflussen.	ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG

Bei einer Thematisierung von NOS/I-Aspekten mit Lernenden müssen nicht nur die Aspekte und ihre Anwendung gesehen und angesprochen werden. Allen Beteiligten muss bewusst sein, dass auch die *Wissenschaftstheorie*, die sich mit der Natur der Naturwissenschaften und von Forschungsprozessen auseinandersetzt, ebenfalls eine wissenschaftliche Theorie ist. „[...] science scholars and educators do not always agree on what the nature of science is, that our understanding of the nature of science is as tentative as scientists' understanding of the universe²⁶“ (Bianchini & Colburn, 2000: 203).

2.5 Zusammenfassung: Verständnisse von Naturwissenschaft

- Naturwissenschaftliches Forschen ist eine kulturelle Handlung mit dem Ziel, zu verschiedenen Zwecken Erkenntnisse über uns und unsere Welt zu erhalten.
- Wissenschaftliche Theorien dienen als Erklärungsvorschläge, die erprobt werden oder sich als nützlich erweisen, aber nicht „in Stein gemeißelt“ werden können.
- Die Verlässlichkeit wissenschaftlichen Wissens verringert sich durch Einflüsse auf den Forschungsprozess, denen mittels verschiedener Strategien begegnet wird.
- Um die Komplexität des Konstruktes NOS/I abzubilden, werden verschiedene auf konstruktivistischen Sichtweisen basierende Perspektiven integriert.
- WV bildet eine der Grundlagen für mündige Teilhabe an einer technologischen und wissenschaftsfokussierten Gesellschaft.
- Für Lernende wichtige WV-Aspekte sind relevant für sie, sind wissenschaftlich anerkannt und können verstanden werden.
- Der Fokus der Studie liegt auf dem Aspekt der *Unsicherheit naturwissenschaftlichen Wissens*, den inhärenten Ursachen sowie der Beeinflussung durch individuelle und kontextuelle Faktoren.
- WV bildet als kritisch-reflexive Fähigkeit zur Betrachtung wissenschaftlicher Komponenten eine übergeordnete Kompetenzstufe.

²⁶Übers.d.A.: Wissenschaftler und Pädagogen sind sich nicht immer einig darüber, was die Natur der Naturwissenschaften ist, dass unser Verständnis von der Natur der Naturwissenschaften genauso vorläufig ist wie das Verständnis der Naturwissenschaftler über das Universum.

- Epistemologische Überzeugungen und WV besitzen die Überschneidungsfläche „Verlässlichkeit wissenschaftlichen Wissens“, innerhalb der Erkenntnisse aus dem einen für den anderen Bereich herangezogen werden können.
- Angemessenes (informiertes) WV zeichnet sich durch eine relativistisch-komplexe, Perspektivität und Kontextualität berücksichtigende Haltung aus.
- WV wird aus Erfahrungen erworben und liegt als implizites Handlungswissen im Individuum vor.
- Forschungsaktivitäten, sowohl als Lernprozess als auch als Lerngegenstand konzipiert, können Erfahrungen für eine implizite Wissenserweiterung ermöglichen.
- Forschendes Lernen bietet durch die große Variabilität in Offenheit und Autonomie besonders viele inhärente Elemente von NOS/I.

Wege zu angemessenem Wissenschaftsverständnis 3

Vorstellungen über Naturwissenschaften und naturwissenschaftliche Forschung bilden sich durch Erfahrungen mit Wissenschaft, sei es im direkten Erlebnis, durch Medien oder formelle und informelle Bildungsanlässe. Diese Vorstellungen können angemessen sein, den allgemein anerkannten Annahmen zu Vorläufigkeit, empirischer Basis und Rechtfertigungsnotwendigkeit folgend (s. Kap. 2.1, S. 8). Gelten in solchen Vorstellungen Wissen, Forschende und Methoden als unwandelbar oder unfehlbar, gelten sie als unangemessen und können zu einer ungünstigen Haltung zu Naturwissenschaften als solchen, naturwissenschaftlichem Wissen und Erkenntnissen führen. Mündige Bürgerinnen und Bürger sollen naturwissenschaftliche Erkenntnisse zur Entscheidungsfindung nutzen und auch den Stellenwert einschätzen können. Ein angemessenes WV bietet hier Unterstützung.

Das Wissenschaftsverständnis Jugendlicher kann sich im Laufe ihrer Entwicklung positiv verändern (Solomon, Scott & Duveen, 1996; Urhahne *et al.*, 2008). Dennoch zeigen Lernende verschiedener Altersstufen (Moss, 2001; Hofer & Pintrich, 1997; Songer & Linn, 1991) und selbst Naturwissenschaften Lehrende (Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998; Lederman, 2007; Demirdogen & Uzuntiryaki-Kondakçi, 2016) in verschiedenen Studien unangemessenes oder doch ausbaufähiges WV.

In langer Tradition wurden und werden Wege untersucht, das Verständnis von der Natur der Naturwissenschaften zu beeinflussen. Die Richtung dieser Wege (vgl. Lederman, 1992; Crumb, 1965; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a) und die genauen von den Lernenden zu entwickelnden Vorstellungen stehen wie das Konstrukt selbst (s. Kap. 2.1, S. 8) im Zentrum lebhafter Diskussion. Für jede Form der Evaluation von Lernendenvorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften werden grundlegende Einigkeit über die Gültigkeit (s. Kap. 2.2) sowie Kompetenzstufen und -grenzen (s. Kap. 25, S. 25; Kap. 2.3.3, 28) speziell für Lernende benötigt. Solche angemessenen Vorstellungen zu vermitteln bedarf expliziter Wege, denn wie jahrzehntelange Forschung auf dem Gebiet zeigt, werden Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften nur unter bestimmten Voraussetzungen angemessen implizit erworben (s. Kap. 2.4.1, S. 30).

Um die passenden Einzelheiten für ein angemessenes Verständnis von Naturwissenschaften aufzubauen, kann es förderlich sein, Charakteristika von Naturwissenschaft zu explizieren. NOS/I als expliziertes Thema im naturwissenschaftlichen Unterricht kann auf vielfältige Weise bearbeitet werden, etwa im Nachvollzug historischer Entwicklungen (Klopfer & Cooley, 1963; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b), als erklärende Information zu ausgeführten oder nachvollzogenen Abläufen, mittels eigens entworfener Aktivitäten (Lederma

& Abd-El-Khalick, 2002) oder im sokratischen Fragegespräch (De Schrijver, 2016). Ein solcher philosophischer Dialog kann explizierende Reflexion unterstützen, indem kritisch-kreatives argumentatives Denken hervorgerufen wird (De Schrijver, Tamassia, Van de Keere, Vervaeke & Cornelissen, 2016). Explizierende Reflexion komplexer wissenschaftlich-sozialer Kontexte kann ebenfalls förderlichen Einfluss haben (Lederman, Antink & Bartos, 2014).

Kombiniert mit dem Vollzug von passenden Forschungsaktivitäten kann die reflexive Aufarbeitung selbiger fruchtbar sein (s.u. Kap. 3.1) und ähnlich vielversprechende Ergebnisse vorweisen (Burgin & Sadler, 2016; Fouad, Masters & Akerson, 2015). So kann nach einer Forschungsaktivität den dahinter liegenden Abläufen auf den Grund gegangen werden, wobei die Aktivitäten nicht mit speziellen - NOS/I-Charakteristika verdeutlichenden - Elementen entworfen werden müssen, da sie in Retrospektive herausgearbeitet werden. Dabei können Elemente des sokratischen Fragegesprächs unterstützend für den Reflexionsprozess eingeflochten werden, wenn die Explikation im Gespräch stattfindet. Da NOS/I-Inhalte stark kontext- bzw. beispielgebunden sind, ist es dabei wichtig „to study NOS ideas more as discussion themes rather than as „truths“ to be memorized¹“ (Tala & Vesterinen, 2015: 451).

Die Art und Weise der WV-Förderung muss an die Lern-Lehr-Situation mit ihren spezifischen weiteren Zielen angepasst sein (s. Kap. 3.3, S. 55). Im BaSci Schülerlabor werden curriculare Inhalte vertieft, verknüpft und handelnd erforscht, sodass die Lernenden neue Einblicke mit Aktivität und positiven Eindrücken verknüpfen können. Die Art und Weise der Wissensvermittlung durch Forschendes Lernen (s. Kap. 2.4.3), die problemorientierte Kontextualisierung (s. Kap. 3.3.1) oder die interaktive Weise der Lerninhaltsverarbeitung (s. Kap. 3.2.2.1) kann die Ausbildung angemessenen WVs unterstützen.

Im Folgenden werden Forschungsansätze für gelingende WV-Förderung mittels Reflexionsaufgaben beschrieben, die dahinter stehenden Annahmen zu Lernen, Konzeption und Interaktion dargelegt, sowie der vermutete Zusammenhang zu langfristigen Maßnahmen erläutert. Abschließend wird das Interesse der Lernenden als Einflussfaktor und zu beeinflussender Faktor beleuchtet.

3.1 Reflexion über Forschungsaktivitäten

Um das implizite, handlungsleitende Wissen über Charakteristika von Naturwissenschaft und Forschung als nutzbares Wissen über Handlungen und Zusammenhänge zu explizieren, können diese Handlungen reflektiert und das implizite Wissen darin beschrieben werden (Neuweg, 2004). Nach Duschl & Osborne (2002) legen die neueren Entwicklungen in Wissens- und Lerntheorien ebenfalls nahe, „that the focus of student’s work should transcend the declarative to include procedural and strategic knowledge - that is to enable students’

¹Übers.d.A.: [Es ist notwendig, dass] NOS-Aspekte mehr als Diskussionsthemen denn als auswendig zu lernende „Wahrheiten“ bearbeitet werden sollten.

abilities to reason and reflect metacognitively on their own learning and the construction and evaluation of scientific knowledge²“ (Duschl & Osborne, 2002: 39). Da Diskurse über Theorien und Methoden zentrale Aktivitäten der Wissenschaftsgemeinschaft sind, sollte Naturwissenschaftsunterricht Möglichkeit zu 1. Erfahrungen mit Forschungsaktivitäten und 2. reflexive Betrachtung selbiger auch im Sinne einer Fachmethoden-Vermittlung bieten (Duschl & Osborne, 2002).

3.1.1 Erfahrungen reflektieren

Lernen ist eine grundlegende Aktivität, bei der handelnd Wissen oder Fertigkeiten erworben werden. Dabei wird die Lernsituation kognitiv bearbeitet und bereits vorhandene Wissensbestände analysiert (Saitta *et al.*, 1995). Der Beginn einer Lernerfahrung besteht darin, mit dem Lerngegenstand zu handeln. Im Handeln bildet die Lernende mit dem Gegenstand einen Erfahrungsraum, setzt sich durch Text oder Sprachhandlungen, in Artefakten oder Ideen mit ihm auseinander und macht so persönlich bedeutsame Erfahrungen (Asbrand & Nohl, 2013).

Lernen bedeutet hier, „dass ein konjunktiver Erfahrungsraum verlassen, modifiziert oder erweitert wird“ (Asbrand & Nohl, 2013: 160). Mit einem neuen Gegenstand wird gehandelt, er wird untersucht, verstanden und interpretiert. Dabei kann er auf den ihm zugehörigen Erfahrungsraum zurückwirken, diesen verändern und in Frage stellen (Asbrand & Nohl, 2013). Verstehen, sowohl das Erfassen von Realitäten als auch von Sinn, geschieht durch das Einbinden des Gegenstands in einen Erfahrungsraum mit zugehörigen Bedeutungszusammenhängen und deren realer Grundlage. Interpretation hingegen fußt auf dem Verstandenen und expliziert es theoretisch-reflexiv innerhalb der subjektiven Grenzen und Perspektive (Mannheim, 1980).

Bei einer Erfahrung mit einem Wissenschaftsgegenstand, z.B. einer Experimentdurchführung, werden die Handlungen in den entsprechenden Erfahrungsraum, z.B. „Experimentieren“ mit dem Sinn der Beschäftigung, gesetzt und in ihm erlebt. Neue Handlungen werden dabei untersucht und innerhalb der Grenzen des Subjekts verstanden und interpretiert. Handelt es sich z.B. um einen Kontrollansatz, der als neues Element erlernt werden soll, kann die Handlung im Erfahrungsraum „Experimentieren“ gehandhabt werden und diesen Raum durch den Aspekt der Effektkontrolle erweitern oder gar dem „Experimentieren“ einen veränderten Sinn, z.B. Prüfen oder Kontrollieren, zuweisen. Diese Veränderungen können einen expliziten theoretisch-reflexiven Zugang zur Handlung sowie zu ihrer Bedeutung erfordern, damit eine Interpretation glückt. Wird die Handlung jedoch nicht als neu oder in ihrem Sinnzusammenhang verstanden,

²Übers.d.A.: „dass der Fokus schülerischer Tätigkeiten deklaratives Wissen übersteigen, prozedurales und strategisches Wissen einschließen sollte - um Lernende zu befähigen, auf metakognitiver Ebene ihr eigenes Lernen und die Konstruktion und Beurteilung naturwissenschaftlichen Wissens zu rechtfertigen und zu reflektieren.“

wird keine Veränderung des Erfahrungsraums, bzw. nicht die intendierte, und damit kein diesbezügliches Lernen stattfinden.

In Bezug auf Erfahrungen steht Reflexion in engem Zusammenhang mit der Zuweisung von Bedeutung im konkreten Handlungskontext. Die als Entität wahrgenommene Bedeutung wird in der Reflexionshandlung auseinander genommen, um sie in ihren Einzelheiten betrachten zu können. Die Entität wird in ihre Einzelteile und kontextualen Bezüge getrennt und aufgelöst. Stattdessen werden die Einzelteile in ihrem thematischen Umfeld betrachtet, beurteilt und zu einander in Beziehungen gesetzt. Nach dem erneuten Zusammenfügen kann das Produkt, die „neue“ Entität, die ursprüngliche Bedeutung übertreffen (Polanyi, 1985), wenn neue Beziehungen, neue Komponenten oder neue Blickwinkel gefunden und integriert wurden.

Doch Reflexion kann auch als überspannender Prozess des Perspektivenwechsels angesehen werden, in dem die Erkenntnis eines Gegenstands den Anfang bildet und über Selbsterkenntnis in Bezug auf diesen Gegenstand und die Bewertung der eigenen Handlung hin zur möglichen Handlungsänderung verläuft. Dabei muss zunächst die zu reflektierende Handlung, der zu reflektierende Gegenstand aus dem Gedächtnis reproduziert werden. Im Weiteren verändert sich die Perspektive dem Gegenstand, der Handlung gegenüber: Bei der Selbstbetrachtung während der Handlung, während möglicher Erklärungsversuche „steht“ die Reflektierende noch in ihrem Handeln. Werden Überlegungen zu Sinnhaftigkeit oder Gültigkeit der Handlungen getroffen oder Alternativen überlegt, nimmt die Reflektierende eine übergeordnete Position ein und betrachtet die Handlung, den Gegenstand, „von außen“ als ein Kontinuum an Alternativhandlungen, ähnlichen Gegenständen zugehörig, mit der Möglichkeit der Optimierung und Veränderung. Wird eine solche außenstehende Perspektive eingenommen, kann bestehendes Wissen über die Handlung, den Gegenstand in anderen Anwendungsbereichen verwendet und mit weiterem Wissen verknüpft werden (Minnameier, 2000).

Allgemein beschreibt Kegan (1994) Reflexives Denken ebenfalls als von einem entfernten Punkt ausgehend einem Faktum, Gedanken, einer Idee oder Beschreibung gegenüber. Der entsprechende Gegenstand wird nun einem übergeordneten Prinzip oder einer allgemeineren Grundlegung untergeordnet, was zu einem höheren Abstraktionsgrad führt. Um eigene Handlungen und die anderer reflexiv bearbeiten zu können, ist es notwendig, genügend Abstand zu eigenen Meinungen, Regeln, Werten und Definitionen einnehmen zu können (Kegan, 1994).

Eine neu entstandene Entität als Gedanken-„Produkt“, der Prozess der Handlungsreflexion und -veränderung sowie Abstraktionsgraderhöhung als ein Ziel von Reflexion werden hier fokussiert. Gemeinsam ist allen Betrachtungen die Perspektive als Schlüsselmoment. Die Trennung einer Erfahrung, Erinnerung aus dem Selbst in eine betrachtbare und handhabbare Form bildet demnach die Grundlage einer glückenden Reflexionshandlung. Als Voraussetzung muss ein Erfahrungsraum, ein irgendwie geartetes Wissen über die fragliche Hand-

lung oder den Gegenstand vorliegen, um reflexive Prozesse daran vollziehen zu können. Die Reflektierenden benötigen dann Raum und Zeit sich zu positionieren und mit den Gegenständen zu hantieren, sie hervorrufen, bewerten und optimieren zu können. Umfang und Bereich der Reflexion können als Orientierungsrahmen eingegeben werden, doch die glückende Durchführung ist allein von den Reflektierenden abhängig. Einwirkung von außen kann die Prozesse behindern (Hatton & Smith, 1995).

3.1.2 Wirkung von Reflexionen auf das Wissenschaftsverständnis

Um die Wirksamkeit einer explizierenden und reflexiven Methode auf die Förderung von WV zu untersuchen, fokussieren Khishfe & Abd-El-Khalick vier durch die amerikanischen Bildungsstandards beschriebene Aspekte der Charakteristika von Naturwissenschaften³ und entwickeln eine acht-wöchige forschungsbasierte Intervention für Sechstklässler, in der die Aspekte zum Tragen kommen. Die 62 Probanden teilen sich auf in eine implizite „Nur-Intervention“-Gruppe und eine explizite Gruppe, in der nach den jeweiligen Forschungsaktivitäten Schüler-Lehrkraft-Gespräche zu den fokussierten NOS-Aspekten geführt werden. Die ersten Gespräche werden durch die Lehrkraft mittels an die Interventionsinhalte angelehnter Leitfragen eng in ihrer Erfahrungsreflexion geleitet. Nach einigen Durchführungen kann weniger Lenkung zum Einsatz kommen, und die Probanden beginnen teils selbständig mit der reflektierenden Untersuchung (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002).

Zur Feststellung des Lernenden-WV in den fokussierten Aspekten wird zu Beginn und nach Abschluss der Intervention ein offener Fragebogen benutzt und zusätzlich acht teilstrukturierte Interviews je Gruppe geführt. Während sich das WV der Probanden vor der Intervention nicht voneinander unterscheidet und großteils dem naiven WV zuzuordnen ist, differiert dasjenige der „explizit-reflexiv“ instruierten Gruppe nach der Intervention vom Ausgangswert und von dem der „implizit“ instruierten Gruppe, deren WV sich nicht verändert. 35%-52% (abhängig vom WV-Aspekt) der „explizit-reflexiv“ instruierten Probanden sind nach der Intervention in der Lage, informierte Äußerungen zu tätigen (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Explikation der Aspekte in vollzogenen Forschungsaktivitäten zu deutlichen Verbesserungen des WVs führen kann.

Um diesen Prozess der WV-Förderung besser zu verstehen und damit Förderungsmaßnahmen noch effektiver zu gestalten, untersucht Khishfe (2008) die Entwicklung des WV von 18 Lernenden der siebten Klassenstufe. In einer Intervention über zwölf Wochen hinweg vollführen die Probanden forschungsbasierte Tätigkeiten und werden anschließend im Klassengespräch zur Reflexion

³*Scientific knowledge is tentative, Scientific knowledge is empirical, Scientific knowledge is partly the product of human imagination and creativity, Distinction between observation and inference* (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002)

über verknüpfte Aspekte⁴ angeleitet. Vor der Intervention, zu einem Zeitpunkt währenddessen und im Anschluss an die Intervention wird das WV der Probanden per offenem Fragebogen erhoben und zusätzlich sechs Lernende zufällig mittels teilstrukturierter Interviews befragt. Während sich naive Äußerungen im Verlauf verringern, nehmen informierte und (zunächst) unkategorisierte Beiträge zu, die Khishfe (2008) zu intermediären Vorstellungen zusammenfasst. Demnach „durchqueren“ Lernende während ihrer Entwicklung angemessenen WVs von naiven zu informierten Vorstellungen diesen zwischengelagerten Bereich, der sich durch Kontextgebundenheit von Konzeptniveaus, Inkonsistenzen und Instabilität auszeichnet (Khishfe, 2008).

Nach einer Intervention geäußertes angemessenes WV ist jedoch nicht verlässlich verändert, sondern Lernende können zu vorhergehenden naiven Vorstellungen zurück kehren (Khishfe, 2014). Durch angeleitete Reflexion können die spezifischen Charakteristika für viele der Lernenden so herausgestellt werden, dass sie sie in ihre Vorstellungen integrieren können. Dies gelingt jedoch nicht allen, nicht immer nachhaltig und nicht zu jedem bearbeiteten Aspekt. Mögliche hemmende und fördernde Faktoren werden folgend beleuchtet.

3.2 Wie sich Wissenschaftsverständnis-Konzepte verändern

Lernen basiert auf der Aufnahme von Informationen, die dann mittels unterschiedlicher mentaler Prozesse bearbeitet werden können (Clough, 2006: 467). Hieraus entstehende Konzepte⁵ zu Themen oder Tätigkeiten können inter- und sogar intraindividuell differieren, in konzeptionelle Strukturen geordnet sein oder um charakteristische Attribute eines Gegenstands herum (Vosniadou, 1995). Die Organisation der Konzepte geschieht vermutlich auf Grundlage von Alltagstheorien, die auf Alltagserfahrungen basieren (Saitta *et al.*, 1995).

Lernen innerhalb solcher Strukturen kann sich äußern durch das Löschen oder Zufügen von Konzeptattributen oder durch Veränderungen von Beziehungen zwischen diesen. Strukturelle Reorganisation, selbst Wechsel eines Konzepts in einen anderen Bereich kann, z.B. während der Professionalisierung, im Lernprozess notwendig sein (Vosniadou, 1995). Dabei wird die wahrgenommene Realität anders geordnet, sodass andere Bedeutungszusammenhänge entstehen (Saitta *et al.*, 1995). Neu entstandenes Wissen wird aus dem bereits bestehenden Wissen konstruiert (Bransford, Brown & Cocking, 2004). Damit wird Saitta *et al.* (1995) und Bransford *et al.* (2004) folgend nicht von „Conceptual change“ als „Konzeptwechsel“, von Austausch einer Vorstellung durch eine andere (Strike & Posner, 1992), ausgegangen, sondern von konstruktiven Ver-

⁴Die Aspekte sind dieselben wie in der Studie aus 2002: *tentative, empirical, and creative aspects of NOS, distinction between observation and inference.* (Khishfe, 2008)

⁵Konzepte können in diesem Kontext sowohl konkrete Vorstellungen von realen Gegebenheiten, als auch Theorien und Ideen, Glaube - allgemein abstraktes Wissen sein.

änderungen in Zusammensetzung und Vernetzung von Konzepten. Im Fokus steht der Versuch, „die Schülerinnen und Schüler ein Stück auf dem Weg von ihren vorunterrichtlichen Vorstellungen zu den wissenschaftlichen Vorstellungen voranzubringen“ (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997: 6). Die bestehenden Lernenden-Vorstellungen werden mit den wissenschaftlichen in Beziehung gesetzt. Gemeinsam bilden sie die Grundlage zur Konzeption von Lerngelegenheiten (Kattmann, 2007).

Das auf Konzepten basierende mentale Modell für eine konkrete Situation wird „constructed on the spot to deal with the implicit demands and expectations that flow from unique situations⁶“ (Vosniadou, 1995: 29). In diesen aktuellen mentalen Modellen geschehen die notwendigen Veränderungen, wobei teils das darunter liegende Konzept unberührt bleiben und Inkonsistenzen beinhalten kann (Vosniadou, 1995). Werden neue Informationen mit dem bestehenden Wissen verglichen, verknüpft oder darin integriert, kann ihre Interpretation durch die bereits vorhandenen Vorstellungen auch so beeinflusst werden, dass sie in das bestehende Verstehensgefüge hineinpassen. Auch solche Modifikationen führen dazu, dass bestehendes Wissen sich in hohem Maße resistent Veränderungen gegenüber zeigen kann (Clough, 2006). Auch Tyson *et al.* (1997) finden bei Lernenden parallel existierende Konzepte zu einem Gegenstand vor, deren In-Erscheinung-Treten kontextabhängig ist (Tyson, Venville, Harrison & Treagust, 1997).

Im Idealfall erreichen Lernende innerhalb eines Lernarrangements eine Vorstellung vom Lerngegenstand, die sowohl der konkreten Situation mit diesem Gegenstand gerecht wird, als auch in wissenschaftstheoretischer Hinsicht als akzeptabel gilt. Es ist aber auch möglich, dass die Vorstellung vom Gegenstand nur scheinbar passt, z.B. zwar in der konkreten Situation angewendet werden kann, aber in größerem Kontext benutzt das inakzeptable wissenschaftliche Verständnis zeigen würde. Die Vorstellung kann auch als genügend passend empfunden und damit weitere Bearbeitung abgebrochen werden oder die Passung wird als nicht ausreichend wahrgenommen, sodass über das Lernarrangement hinaus Informationen gesucht werden (Clough, 2006).

Das implizit entwickelte und damit als Alternativkonzept zu betrachtende Wissenschaftsverständnis von Lernenden der Mittel- und Oberstufe wird zum großen Teil vom naturwissenschaftlichen Schulunterricht bearbeitet. Die typischen Schulbuchtexte und Lehrgänge, kleinschrittige, auf eindeutige Effekte ausgelegte Ablaufschemata und die Art und Weise, Wissenschaft, Forschungsprozesse und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler darzustellen, schaffen ein spezielles Portrait von Wissenschaft, das den Alternativkonzepten der Lernenden sehr nahe steht und sie immer wieder implizit bestätigt. Selbst wenn ein Lernarrangement darauf abzielt, diese Alternativvorstellungen mit Erlebnissen in Dissonanz zu bringen, können Lernende durch die bisherigen Erfahrungen

⁶Übers.d.A.: „aus dem Stand“ entworfen, um mit den inhärenten Anforderungen und Erwartungen einzigartiger Situationen umgehen zu können.

unbewusst Informationen einpassen und uminterpretieren (Clough, 2006). Auch wenn Diskrepanzen zwischen eigenem WV und benötigten Vorstellungen auffallen, muss dies nicht in eine Konzeptanpassung resultieren, sondern kann auch dazu führen, dass WV als spezielles Konzept wahrgenommen wird, das in seltenen Schulkontexten benötigt und auch nur dann bemüht wird. Dem kann durch verschiedene Instruktionsstrategien während eines Lernarrangements begegnet werden, z.B. Aufmerksamkeitslenkung auf übersehene Aspekte oder das Nutzen von Lernenden-Vorstellungen in Diskussionen. Diese Maßnahmen können Lernende veranlassen, ihr WV zu untersuchen, anstatt Diskrepanzen zu ignorieren (Bransford *et al.*, 2004; Clough, 2006). Lernende besitzen häufig ein umfangreiches WV-„Gerüst“, das implizit belassenen, aber auch WV explizierenden und reflexiv angelegten Lernarrangements widerstehen kann (Clough, 2006).

3.2.1 WV-Konzepte und epistemische Überzeugungen

Die Entwicklung epistemischer Überzeugungen (s. Kap. 2.3.2, S. 27) kann zum Teil beobachtet werden, wenn Menschen versuchen, „ill-structured problems“⁷ (s. *wicked problem* Kap. 3.3.1, S. 56) zu lösen. Das *Reflective Judgement Model*, entwickelt von King und Kitchener (2002), besteht aus drei Stufen, die in zwei bis drei „Stages“ unterteilt sind. Die erste Stufe, das *Pre-Reflective Thinking*⁸, umfasst Herangehensweisen der Problemlösung, in denen sicheres, wahres Wissen angenommen wird und anerkannte Autoritäten dieses Wissen besitzen und verbreiten. Solche Vorstellungen können auf der *Epistemological Reflection Model*-Stufe des *Absolute knowing* verortet werden. Auf der mittleren Stufe, dem *Quasi-Reflective Thinking*⁹, wird Wissen als von Subjekten generiert und beeinflusst beschrieben, wodurch - wie auf der *Epistemological Reflection Model*-Stufe *Transitional/Independent knowing* - die grundsätzliche Wandlung der Annahme von Sicherheit zur Annahme von Unsicherheit des Wissens vollzogen wird. Zur dritten Stufe *Reflective Thinking*¹⁰ werden Vorstellungen zusammengefasst, die Wissen und Evidenz nicht anhand absoluter Kriterien beurteilen, sondern - der *Epistemological Reflection Model*-Stufe *Contextual knowing* entsprechend - im jeweiligen Kontext betrachten und auf dieser Basis eine möglichst vollständige, plausible Einschätzung erlangen (vgl. King & Kitchener, 2002: 41f). Reflexives Beurteilen könnte somit eine hohe erreichbare Stufe epistemologischer Vorstellungen darstellen, wobei das entsprechende *Reflective Judgement Model* (King & Kitchener, 2002) anhand von „ill-structured problems“ untersucht wurde und der Vergleich zu Wissens einschätzungen in anderen Bereichen fehlt (Hofer & Pintrich, 1997).

⁷Übers.d.A.: schlecht strukturierte Probleme

⁸Übers.d.A.: Vorreflexives Denken

⁹Übers.d.A.: Reflexionsähnliches Denken

¹⁰Übers.d.A.: Reflexives Denken

Das *Reflective Judgement Model* kann als Ausgangspunkt dienen, um Argumentations- und Schlussfolgerungsfähigkeiten zu diagnostizieren und auch zu fördern (King & Kitchener, 2002). Um eine Entwicklung epistemischer Überzeugungen auszulösen, benötigt das Individuum Situationen, in denen Erwartungen und tatsächliche Erfahrungen nicht zusammenpassen. So kann ein Individuum angeregt werden, Überzeugungen zu überdenken, reflektieren oder sogar zurückzuweisen (King & Kitchener, 1994). King und Kitchener (2002) stellen sieben Empfehlungen für Lehr-Lern-Situationen aus verschiedenen Projekten, die eine Förderung angemessener epistemischer Überzeugungen zum Ziel haben, zusammen:

1. Die epistemischen Lernenden-Annahmen sollten respektvoll behandelt werden, unabhängig von der gezeigten Stufe. Sie sind Schritte eines Entwicklungsweges, bei dem Lernende eigene Ansichten erproben dürfen müssen, um sie auszubauen oder zu verändern.
2. Diskussionsgrundlagen sollten kontrovers, „ill-structured“, sein, damit Lernende im Diskursverlauf Wissensbasis und Argumentationslinien aus verschiedenen Perspektiven kennenlernen können.
3. Viele Möglichkeiten, die beweisbasierte, argumentative Kraft fremder Standpunkte zu analysieren, können die Entwicklung ebenso unterstützen wie das Entwickeln und Verteidigen eines eigenen Standpunktes.
4. Entscheidend ist auch das Erlernen systematischer Datensammlung, der Bewertung ihrer Relevanz und der Beurteilung der Datenquellen sowie Interpretation und Beurteilung aufgrund einer vorhandenen Datenlage.
5. Es ist wichtig, Lernenden Strategien zu vermitteln, um systematisch Daten zu sammeln, ihre Relevanz und Herkunft zu beurteilen als auch sie interpretieren zu können.
6. Lernende benötigen regelmäßiges Feedback und sowohl kognitive als auch emotionale Unterstützung.
7. Unsicherheiten bei Beurteilungen sollten expliziert und die Annahmen über das zugrunde liegende Wissen und seine Herkunft untersucht werden.
8. Auch in anderen Unterrichtssituationen, Fächern und Kontexten sollten Lernende ihre Fähigkeiten des Schlussfolgerns und Argumentierens ausprobieren, um Übung und Vertrauen in ihre Fähigkeiten zu erlangen.

Auf diese Weise können Vorstellungen über Wissen, aber auch Ansichten über Forschungscharakteristika thematisiert, konkretisiert und reflektiert werden mit dem Ziel, angemesseneres Verständnis zu entwickeln.

3.2.2 Förderliche Umgebungsvariablen

Als Lerngegenstand unterliegt angemessenes WV denselben Faktoren, die auch den Erwerb anderer Gegenstände fördern oder hemmen, wie Verständlichkeit und Klarheit der Inhalte oder methodisch-didaktische Passung des Arrangements (Gropengießer, Kattmann & Krüger, 2012; Spörhase, 2012). Interaktivität (s.u. Kap. 3.2.2.1), Frequenz bzw. Dauer der Darbietung (s.u. Kap. 3.2.2.2) sowie Wissen und Haltung der Lehrenden zu Naturwissenschaftscharakteristika und NOS/I als Lerngegenstand (s.u. Kap. 3.2.2.3) werden als besonders wichtige Faktoren bzw. wegen der großen Erwartungshaltung, die ihnen entgegengebracht wird, eingehend betrachtet.

3.2.2.1 Einfluss sozialer Interaktion

Vygotsky (1981) zufolge treten mentale Aktionen und die zugrunde liegenden bzw. resultierenden Repräsentationseinheiten (z.B. Kategorien, Symbole) zunächst im zwischenmenschlichen - diskursiven - Handeln auf und werden dann als individuelle Denkstrategien integriert (Vygotsky, 1981). Verstehen geschieht dann nicht ausschließlich oder hauptsächlich auf individuell-psychischer Prozessebene, „sondern als ein komplexes *soziales und kognitives* Geschehen zwischen Interaktions- bzw. Kommunikationspartnern [...]“ (Rusch, 1992: 216). In einem solchen Miteinander werden Gedanken nicht nur ausgetauscht, sondern auch weiterentwickelt, entworfen oder in andere Zusammenhänge gebettet. Wird Denken generell als Sprechakt betrachtet, kann es sowohl intra-, als auch interindividuell vollzogen werden. Dialogisches Handeln und Denkhandlungen besitzen ähnliche Prozessverläufe und kreative Komponenten: Bei beiden werden Teile von Gesagtem/Gedachtem produktiv genutzt, um neue Objekte zu entwickeln, z.B. um ein Problem zu lösen (Säljö, 1995).

Verschiedene Denkprozesse wie z.B. Erinnern, Verknüpfen oder Weiterentwickeln von Wissen benötigen unterschiedliche Grade an z.B. Aktivität oder Aufmerksamkeit. Dabei wird auch unterschiedlich viel, nachhaltig, schnell oder zielgerichtet gelernt. Das von Chi & Wylie entwickelte ICAP-Framework verbindet Tätigkeiten beim Lernen mit Lernmodi, die zunehmend zugängliches und vernetztes Gelerntes produzieren, wobei sozial interaktive Denkprozesse die Stufe höchster Effektivität bilden (Chi & Wylie, 2014).

Tabelle 3.1: Interaktionsmodi, deren Lerntätigkeiten und Integration des Gelernten (Chi & Wylie, 2014)

Modus	Tätigkeiten	Veränderungen im Lernendenwissen ⇒ Beobachtbare Fähigkeit
Passiv	Empfangen: zuhören, lesen	Lagern (Store): Isolierte Verwahrung von Wissen ⇒ Erinnern (Recall)

Tabelle 3.1: Fortsetzung Interaktionsmodi

Modus	Tätigkeiten	Veränderungen im Lernendenwissen ⇒ Beobachtbare Fähigkeit
Aktiv	Hantieren: wiederholen, unterstreichen	Integrieren (Integrate): Neue Informationen werden in bestehendes Wissen integriert ⇒ Anwenden (Apply)
Konstruktiv	Generieren: verknüpfen, fragen, erklären	Ableiten (Infer): Neue Informationen und vorhandenes Wissen werden konstruktiv verknüpft, neues Wissen abgeleitet ⇒ Übertragen (Transfer)
Interaktiv	Dialogisieren: verteidigen, anfechten, vergleichen, bewerten	Gemeinsames Ableiten (Co-Infer): Partner nehmen neue Informationen vom anderen auf, verknüpfen es mit dem eigenen; beide generieren neues Wissen ⇒ Gemeinsam erschaffen (Co-create)

Die Grenzen der dargestellten Stufen (s. Tab. 3.1) sind fließend und die Aktivitäten erlauben Überschneidungen, sodass beim Schluss vom beobachtbaren Verhalten zu mentalen Lernaktivitäten von mehr oder weniger wahrscheinlichen Vorgängen gesprochen wird. Die Lernaktivitäten sind vielfältig und auch teils innerhalb einer Stufe sehr verschieden, führen jedoch mit hoher Wahrscheinlichkeit zu denselben Veränderungsprozessen. Sie verlaufen zusätzlich zu den speziellen einer bestimmten Aufgabe zugehörigen Prozessen, z.B. Zeichen dekodieren beim Lesen (Chi & Wylie, 2014).

Für das Arrangement von Lernanlässen kann der ICAP-Rahmen als Entscheidungshilfe dienen: Ist das Lernziel die Nutzung neuer Informationen zur Konstruktion eines stimmigeren Konzepts, können Lernaktivitäten eingegeben werden, die zu aktivem und konstruktivem Umgang mit den angebotenen Inhalten anregen. Vor allem solche Aktivitäten, die interaktive Auseinandersetzung unterstützen, können gleichzeitig das individuelle Wissen der Lernenden integrieren. Das Gegenüber stellt nicht nur neue Informationen, sondern wirkt ebenso als Reflektor der eigenen Gedanken. Mit der Konstruktion eines neuen Konzepts, das die ausgehandelten Aspekte der Partner integriert, erhalten die Beteiligten möglicherweise ein umfassenderes, stimmigeres Konzept, das dem gemeinsamen Kenntnisstand und Bedarf gerecht werden kann (Baker, 1992). Werden dialogische Denkprozesse angestoßen, ist die Entstehung neuer Konzepte oder Zusammenhangsnetze möglich.

Als gewinnbringende Struktur sozialer Interaktion gilt die Argumentation, da die Argumentierenden aktiv und konstruktiv in ihr agieren. „The construction of an explanation requires students to clarify their thinking, to generate examples, to recognise the need for additional information and to monitor and

repair gaps in their knowledge¹¹“ (Duschl & Osborne, 2002, S. 44). Dabei kann derselbe Stimulus für Individuen mit unterschiedlichen mentalen Werkzeugen Unterschiedliches bedeuten (Säljö, 1995), sodass jede Lernende sich auf ihrer eigenen Lernstufe in der Argumentation bewegt und von den Eingaben anderer profitieren kann.

3.2.2.2 Zeit für Veränderungen

Impliziter Wissenserwerb findet relativ ungesteuert statt und die Dauer bis zu einem Lernerfolg ist daher schwierig zu beurteilen. Wird implizites Wissen expliziert, kann es sich beobachtbar manifestieren. Über mehrere Wochen expliziten Inhalten ausgesetzt zeigen Lernende im WV deutliche Lernzuwächse (s. Kap. 3.1.2, S. 47). Werden die Inhalte innerhalb weniger Schulstunden angeboten, verringert sich der Lernerfolg deutlich.

Hierzu entwickeln Leach et al. (2003) zwei Unterrichtsstunden (je 45 Min.) zu Charakteristika von Naturwissenschaften. Die Inhalte sind physikalisch bzw. biologisch kontextualisiert, d.h. verbunden mit einem Forschungsweg, fokussierenden Fragen und Anwendungsbeispielen. Die Unterrichtsstunden werden mit 70 Studierenden durchgeführt: Je 35 werden mittels entweder des physikalischen oder biologischen Themas instruiert und bearbeiteten vorher und hinterher eine Fragenreihe (Probe), die physikalisch kontextualisiert, aber unabhängig vom Stundenthema ist. Einige der Studierenden zeigen Verbesserungen darin, die unterrichtsbezogenen NOS-Basisideen zu artikulieren und können eine breitere Perspektivität im Bereich „NOS-Inhalte des Unterrichts“ darlegen. Viele jedoch können den Unterrichtsgegenstand NOS nicht ausmachen und zeigen keinerlei Veränderungen (Leach, Hind & Ryder, 2003).

Die Autoren selbst nennen die Erwartung naiv, durch einen 45 minütigen Lehrgang radikale Veränderungen im Denken über Wissenschaftstheorien zu verursachen. Fließen Überlegungen zu Konzeptänderungen ein, können nicht nur die geringe Zahl der erfolgreichen Studierenden (diese besaßen bereits angemessenes WV) und die signifikante Menge unbeeinflusster Studierender erklärt werden. Überraschend können die weniger erfolgreichen Teilnehmenden dennoch dem Unterricht insgesamt folgen und auch die Aufgaben erfolgreich bearbeiten (Leach *et al.*, 2003), sodass hier Parallelkonzepte oder eine Umdeutung in das eigene Theoriegerüst geschehen sein kann. Allerdings ist hier, wie in jeder WV messenden Studie, zu bedenken, dass „*successful performance is neither a sufficient criterion for, nor a necessary consequence of, understanding*“¹² (kursiv im Original, Ohlsson, 1995: 50). All unsere Messungen haben zu einem gewissen Teil damit zu kämpfen, dass Lernende ohne Verstehen eine gestellte

¹¹Übers.d.A.: Zur Konstruktion einer Erklärung müssen Lernende klären, was sie genau denken, müssen Beispiele finden, erkennen, wenn weitere Informationen benötigt werden und Lücken in ihrem Wissen begutachten und schließen

¹²Übers.d.A.: erfolgreiche Ausführung ist weder ein genügendes Kriterium für, noch eine notwendige Konsequenz von, Verständnis.

Aufgabe lösen können oder umgekehrt trotz angemessenen Verständnisses in einer konkreten Situation keine passende Handlung ableiten können.

3.2.2.3 Das Wissenschaftsverständnis der Lehrenden

Auch Lehrende weisen vielfach unangemessenes WV auf (Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; Lederman, 2007; Demirdogen & Uzuntiryaki-Kondakçi, 2016). Und auch ihr WV kann durch authentische Forschungssettings mit Reflexionsgelegenheiten (Crawford, Capps & Ross, 2009) bzw. ein explizierend-reflexives Vorgehen (Cofré *et al.*, 2014; Demirdogen & Uzuntiryaki-Kondakçi, 2016) gefördert werden. Dabei können konkrete Beispiele, z.B. „of the distinctions between observation and inference, various investigative methods, and how perspective, knowledge, and creativity influence how scientific questions are answered [...]“¹³, als besonders hilfreich empfunden werden (Mesci & Schwartz, 2017: 9).

Empirische Studien, die den Einfluss der Lehrenden-Vorstellungen zu Charakteristika von Naturwissenschaft auf das WV der jeweiligen Lernenden untersuchen (vgl. McComas *et al.*, 2002), zeigen ein uneindeutiges Bild: Brickhouse (1990) z.B. erhebt Daten aus ausführlichen Interviews und Beobachtungen dreier naturwissenschaftlicher Lehrpersonen und schließt daraus auf einen Einfluss des Lehrenden-WV auf die Vorgehensweisen (Instruktionen, Nutzung von Demonstrationsversuchen) und Ziele des Unterrichts. Lederman & Zeidler (1987) finden in einer Studie mit 18 Biologielehrenden keine direkten Verbindungen zwischen Verhalten im Unterricht und ihrem WV (Lederman & Zeidler, 1987), weitere Studien kommen zu ähnlichen Ergebnissen (McComas *et al.*, 2002).

Unterrichtsgestaltung beinhaltet vielfältige Komponenten und verlangt von der Lehrenden eine Vielzahl an Fähigkeiten und die Berücksichtigung unzähliger Faktoren. Um den Lernenden ein angemessenes WV vermitteln zu können, gilt angemessenes WV der Lehrenden als „a necessary, but insufficient condition, for purposeful teaching to facilitate student understanding of the nature of science“¹⁴ (McComas *et al.*, 2002: 20).

3.3 WV-Förderung im BaSci Schülerlabor

Schulklassen besuchen das BaSci Schülerlabor für eine ganztägige Unterrichtsintervention, um dort problemorientiert forschen zu können und den Blick auf Unterrichtsinhalte zu erweitern, verschiedene Perspektiven einzunehmen und miteinander zu verbinden. Das BaSci Labor bietet gegenüber naturwissenschaftlichem Unterricht an Schulen eine anregende Laborumgebung mit wissenschaftlichen Geräten und Verfahren, teils in enger Kooperation mit

¹³[konkrete Beispiele] der Unterscheidung von Beobachtung und Inferenz, vielfältiger Untersuchungsmethoden und wie Perspektive, Wissen und Kreativität die Art und Weise, wie naturwissenschaftliche Fragen beantwortet werden, beeinflussen können [...].

¹⁴eine notwendige, aber unzureichende Bedingung für zielgerichtete Lehre, die Lernenden das Verstehen der Natur der Naturwissenschaften ermöglicht

Fachwissenschaftsinstituten und -arbeitsgruppen der Universität. In betreuten Kleingruppen außerhalb des 45-Minutentakts kann selbstgesteuerte und selbsttätige Forschungsarbeit stattfinden (vgl. Pawek, 2009). Entwicklung und Erhalt von Interesse an Biologie als Wissenschaft und biologischen Themen (s. Kap. 3.3.2, S. 58) stehen hier im Vordergrund (Aufschnaiter, Dudzinska, Hauenschild & Rode, 2007). Als Interesse fördernde Lernumgebung bietet das BaSci Schülerlabor viele Anlässe zu quasi-authentischen Aktivitäten mit unterstützter Selbststeuerung. Dies wird möglich durch 1. die Kontextualisierung der Themen in ein für Lernende relevantes - da lebensnahes und authentisches oder glaubhaftes - *wicked problem* (s. Kap. 3.3.1, S. 56) und 2. ein forschend-lernendes Vorgehen (s. Kap. 2.4.2, S. 32), bei dem den Lernenden sowohl Freiräume geboten werden, als auch Hilfestellungen für die Lernenden bereit stehen.

Für die Lehrenden ist ein BaSci Laborbesuch eine Möglichkeit, ihren Schülerinnen und Schülern die vielfältigen Vorteile von forschungsbasiertem Unterricht zu bieten, ohne mit eventuellen schul- oder klassenspezifischen Problemen kämpfen zu müssen. Die Verbindlichkeit eines Schulbuchs besitzt im Schülerlabor genauso wenig Relevanz wie elterliche Bedenken bezüglich Vergleichbarkeit und Benotung oder mangelnde Ressourcen an der Schule (für weitere Faktoren s. Anderson, 2002).

Die vorliegende Studie legt einen weiteren Fokus auf die Erweiterung des Lernenden-WV, da sowohl Forschungsaktivitäten als auch die Beschäftigung mit gesellschaftlich-wissenschaftlichen Themen vielversprechende Ansatzpunkte für diese Thematik bieten.

3.3.1 „Wicked“ gesellschaftlich-wissenschaftliche Kontexte

Gesellschaftliche oder lebensweltliche Kontexte bieten den Vorteil, Faktenwissen „[...] symbolisch 'aus dem Labor' in 'den gesellschaftlichen Raum' zu verlegen“ (Felt, 2008: 40), wodurch die hierarchische Überordnung wissenschaftlichen Wissens aufgebrochen, hinterfragt und mit eigenem Wissen aktiv verknüpft werden kann (Felt, 2008). So kann Faktenwissen gelehrt und gleichzeitig Naturwissenschaft relevant und interessant für Lernende dargeboten werden (Sadler, Romine & Topçu, 2016).

Eine solche Kontextualisierung kann durch ein *wicked problem* realisiert werden. Solche Probleme im gesellschaftlich-sozialen Kontext sind schwierige, „verzwickte, fiese“ oder auch „ill-structured“ Probleme¹⁵. Sie sind schlecht zu definieren, in ihren Variablen unüberschaubar und besitzen keine abschließende Lösung bzw. eine Lösung ist nicht wahr oder falsch, sondern lediglich besser oder schlechter. Die Art und Weise des Lösungsversuchs solcher Probleme hängt mit dem vertretenen Weltbild der Lösungswilligen, dem wissenschaftlichen, politischen usw., zusammen. Lösungsansätze können weder vorab getestet noch

¹⁵Als „ill-structured“, schlecht und unübersichtlich strukturiert, gelten Probleme z.B., wenn bei ihrer Lösung „reasonable people reasonably disagree (Übers.d.A.: wenn vernünftige Leute begründet uneins sind“ (King & Kitchener, 2002: 37)).

im Versuch-und-Irrtum-Verfahren entwickelt werden, da jeder Versuch die Situation wieder verändert (Rittel & Webber, 1973). Lösungsansätze für *wicked problems* bedürfen der Berücksichtigung von Evidenzstärken und Angemessenheiten von Argumenten bei der Beurteilung (King & Kitchener, 2002). Die für die Bearbeitung notwendigen Informationen sind nicht einfach verfügbar und der Weg zur Lösung ist weder bekannt noch gewiss. Zu keinem Zeitpunkt können die Lernenden sicher sein, den „richtigen“ Weg eingeschlagen zu haben, müssen jedoch, wie in der realen Welt, eine mehr oder weniger gute Entscheidung treffen. Durch diese vertrackte, inhärent interdisziplinäre Situation erfahren die Lernenden z.B., wozu sie sich Wissen und Methoden aneignen und wie verschiedene Wissenschaftsdisziplinen (häufig) zusammen arbeiten (Gallagher, Sher, Stepien & Workman, 1995).

Während das Interesse Jugendlicher an Naturwissenschaften generell von der 5. zur 10. Schulstufe kontinuierlich abnimmt, besitzt z.B. das biologische Thema „Umwelt“ als inhärent gesellschaftlich interessante Fragen betreffend (Gehlhaar, Klepal & Fankhänel, 1999) einen „Interessensbonus“ (Elster, 2010: 5). Eine entsprechende Kontextualisierung kann an diese Lernenden-Interessen anknüpfen. Die Einbettung naturwissenschaftlicher Inhalte in ihre jeweilige gesellschaftliche Relevanz kann auch lernunterstützend wirken (Sadler *et al.*, 2016). Zudem bieten sich solche Kontextualisierungen zur WV-Förderung an (Eastwood *et al.*, 2012; Khishfe & Lederman, 2006), ebenfalls kombiniert mit Explizierungen der NOS/I-Inhalte (Khishfe, 2014). Für explizierende Reflexion bieten die Forschungsmodule im Schülerlabor verschiedene Anlässe: das Erleben eigenen Forschens, selbst Wege zur Lösung zu finden und diese als solche anhand der eigenen Daten zu belegen. Die naturwissenschaftlichen Inhalte bieten zudem geeignete Anlässe für fachinhaltsbezogene NOS/I-Explizierungen.

Gesellschaftlich-wissenschaftliche Kontexte eignen sich besonders, um Charakteristika der Naturwissenschaften zu untersuchen und von verschiedenen Standpunkten aus zu beleuchten, da sie keinen einfachen und vorgegebenen Lösungsweg besitzen und Lernende darauf angewiesen sind, Informationen zu sammeln oder zu generieren und auf deren Basis zu argumentieren. Dabei werden sie z.B. mit der unterschiedlichen Belastbarkeit von Informationen und der Problematik des subjektiven Einflusses auf Interpretationen und Ableitungen konfrontiert. So können naturwissenschaftliche Aktivitäten, der Beitrag der Naturwissenschaften und ihre Grenzen so dargestellt werden, dass die Vielschichtigkeit und Komplexität annähernd adäquat präsentiert und verstanden werden (Karisan & Zeidler, 2016). Eine einmalige Kontextualisierungs-„Aktion“ kann vermutlich von diesen vielfältigen Vorteilen nicht profitieren. NOS/I-Alternativvorstellungen können sich in einem Kontext zu angemessenen wandeln und in neuen, unbekanntem Kontexten wieder hervortreten. Erklärung hierfür kann sein, dass bei der Interpretation einer Situation ein „Modell“ dieser Situation von persönlichen Standpunkt aus konstruiert wird. Eine tiefer liegende Theoriestruktur beeinflusst die Konstruktion, Annahmen, Bestandteile und Ordnung, wirkt jedoch nicht situationsungebunden (Säljö, 1995: 115). Lernende

benötigen vermutlich WV-Lerngelegenheiten in unterschiedlichen Kontexten, um ihre beharrlichen Parallelvorstellungen nachhaltig zu verändern (Khishfe, 2008).

Khishfe & Lederman (2006) untersuchten an 42 Probanden der neunten Klassenstufe die Effektivität von in Inhalte integrierte NOS-Explizierungsaufgaben im Vergleich zu von Inhalten losgelösten Aufgaben (Khishfe & Lederman, 2006: 398). Dazu führten sie eine Intervention durch, in der NOS¹⁶ und Klimawandel über sechs Wochen gelehrt wurden. Die beiden Versuchsgruppen unterschieden sich hinsichtlich der Anknüpfung der NOS-Inhalte an das Thema Klimawandel bzw. deren Fehlen (Khishfe & Lederman, 2006: 400). Vor und nach Abschluss der Intervention wurde das WV mittels offenen Fragebogens erhoben und zusätzlich jeweils je fünf Probanden der beiden Gruppen per teilstrukturierten Interviews befragt. Die Ergebnisse zeigen, dass die explizierende Herangehensweise zu einer Erweiterung des WVs führt, die Einbettung in einen Fachinhalt aber kaum ins Gewicht fällt (Khishfe & Lederman, 2006). Wenn jedoch nach Clough (2006) bei dekontextualisierten Ansätzen die Möglichkeit besteht, dass für „Forschung betreiben“ und „Denkaufgaben über Forschung im Allgemeinen erledigen“ unterschiedliche WV-Konzepte errichtet werden (Clough, 2006), sollten hier weitere Untersuchungen stattfinden und Kontextualisierung nicht gänzlich vernachlässigt werden. Eine Verknüpfung von NOS-Inhalten mit Fachinhalten scheint also wünschenswert, aber nicht unbedingt notwendig, zumindest, wenn die Explizierungsmethode genügend effektiv ist.

Berechtigt könnte eingewendet werden, dass auch authentische Forschung betrieben werden könnte, wenn Wegunsicherheit und Ergebnisoffenheit entscheidende Kriterien für Forschendes Lernen darstellen. Und auch die Autorin ist der Meinung, dass dies ein überlegenswerter Schritt sein kann. Doch müsste dann eingehende Literaturarbeit, wohl gekoppelt an eine Qualifizierungsarbeit oder anders geartetes Forschungsprojekt, vorausgehen und mit den Lernenden besprochen werden, wobei das Thema einen passenden Schwierigkeitsgrad und Umfang, als auch Bearbeitbarkeit in chemisch-toxischer, technologisch-ausstattungsmaßiger und zeitlicher Dimension besitzen muss. Diese Voraussetzungen sollten auch im Vorfeld bekannt sein, was das Feld möglicher Forschung drastisch einschränkt. Für Schülerlabore, die viele Module anbieten möchten, wird das Angebot authentischer Forschung daher vermutlich Einzelfallcharakter behalten.

3.3.2 Interesse an Biologie erhalten

Empirische Studien belegen, dass das Interesse an den naturwissenschaftlichen Fächern insgesamt über die Schulzeit hinweg abnimmt (Daniels, 2008). Bestehendes Interesse bezieht sich vor allem auf Anwendungsbereiche und

¹⁶Die fokussierten Aspekte waren *Tentativeness, Empirical Nature, Distinction between Observation and Inference, Creative/ Imaginative Nature, Subjectivity* (Khishfe & Lederman, 2006: 406-412).

Gebiete mit lebenspraktischem Nutzen. Die Ergebnisse der ROSE-Studie für die Sekundarstufe 1 zeigen, dass humanbiologische Themen wie Körperfunktionen, Krankheiten oder Fortpflanzung einen vergleichsweise hohen Stellenwert bei Lernenden besitzen. Aber auch das Weltall, Naturphänomene und ihre Erforschung gelten als interessante Gegenstände (Elster, 2010; Holstermann & Bögeholz, 2007).

Lernende begegnen Schülerlaboren meist mit gesteigertem Interesse, das sich durch die aktive und anregende Arbeit im Labor weiter steigert. Dieses erhöhte Interesse ist jedoch nicht nachhaltig und weitere Schülerlaborbesuche zeigen oft einen Gewöhnungseffekt und damit sinkende Interessenswerte (Engeln & Euler, 2004; Guderian, 2006; Pawek, 2009). Durch die aktive forschende Herangehensweise und relevante Kontextualisierung in variierenden Strukturen und Inhalten wird im BaSci Labor dem Interessensverlust entgegengesteuert und eine Steigerung bei uninteressierten Lernenden angestrebt (Amplewski & Poerschke, 2014).

3.3.2.1 Dispositionales und aktiviertes Interesse

Als „person-object-theory of interest“ (POI) bzw. Subjekt-Gegenstands-Beziehung wurde das Konstrukt „Interesse“ ausgiebig entwickelt und beschrieben (Schiefele, 1991, Schiefele, 2001, Krapp, 1992, Krapp, 2002, Prenzel, 1992; Zusammenfassung s. Pawek, 2009). Interesse ist damit eine spezielle Beziehung zwischen einer Person und einem Gegenstand und die Beschäftigung der Person mit dem entsprechenden Gegenstand wird als besonders erlebt. Mit „Beschäftigung“ kann die Akkumulation weiteren Wissens über den Gegenstand, aber auch andere Aktivitäten mit oder durch den Gegenstand ausgedrückt sein (Krapp, 2002).

Wird nicht mit Gegenständen des Interesses hantiert, liegt das jeweilige Interesse inaktiv vor, bis es wieder aktiviert wird und eine handlungsleitende Rolle einnimmt. Das der Person inhärente individuelle Interesse ist also in dispositionales (inaktiv, aber vorhanden) und aktualisiertes („aufgewecktes“) Interesse unterteilbar (Schiefele, 2000). Davon unterschieden wird das situationale Interesse (Interessantheit der Situation), das besteht, wenn prädispositionales Interesse dem Gegenstand gegenüber ausgeschlossen werden kann und dennoch Handlungsanregung erfolgt (s. Abb. 3.1). Die Nutzung entsprechender Anreize, genannt Catch-Faktoren (Mitchell, 1993), um solches Interesse an einen bestimmten (Lern-) Gegenstand zu knüpfen, wird unterschieden vom gegenstandsbeliebigen Einsatz Anreiz bietender Tätigkeiten oder Kontexte. Steht nicht die Person-Gegenstand-Beziehung im Vordergrund, sondern allgemeine Abwechslung, Spannung oder Unterhaltung, wird das Interesse der Lernenden an bestimmten Inhalten eher nicht beeinflusst (Schiefele, 2000).

Von Krapp (1992; 2002) aus großteils psychologischen empirischen Studien und theoretischen Überlegungen zusammengetragen ergeben sich für die erlebte Besonderheit eines Interessegegenstandes zwei Dimensionen (s. Abb. 3.1): Die

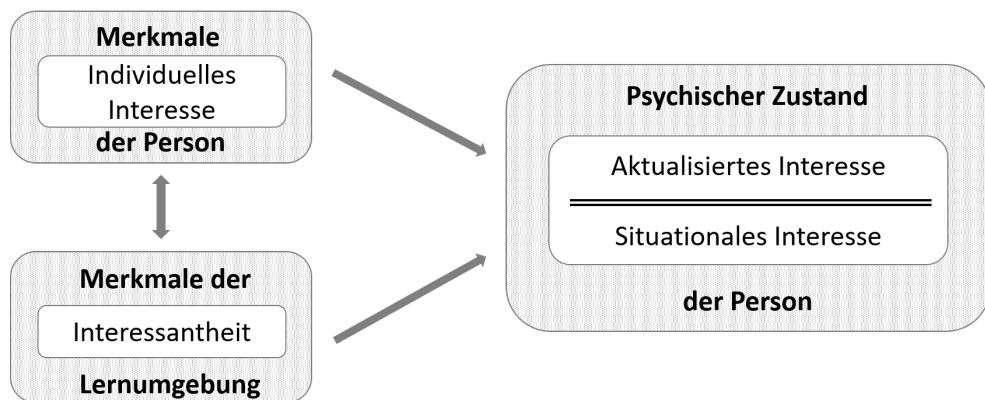


ABBILDUNG 3.1: Interesse-Konstrukt nach Krapp (1992: 15)

wertbezogene Dimension bezieht sich auf eine erlebte persönliche Bedeutsamkeit, die durch „[...] a person’s experienced relevance and the degree of identification with the object of interest“¹⁷ (Krapp, 2002: S. 388) entsteht. Positive emotionale Zustände wie Freude, Involviertheit und Erregung werden als Bestandteile der *emotionsbezogenen* Dimension im Umgang mit Interessegegenständen bezeichnet. Diese Dimensionen können auch als duales Regulationssystem betrachtet werden (Krapp, 2005), in dem kognitiv-rationale Bedeutungszuschreibungen und positives emotionales Feedback eine interessengeladene Bindung an den Gegenstand ermöglichen oder verstärken.

Eng verknüpft sind die Komponenten dieses Feedbacksystems mit der Erfüllung der *basic needs* (innerhalb der Self-Determination Theory SDT, Deci & Ryan, 1985; Ryan & Deci, 2000). Die Bedeutung, die Individuen einem Ereignis oder einem Gegenstand zusprechen, hängt davon ab, inwiefern die Handhabung der Gegenstände, die Teilhabe an den Ereignissen die grundlegenden „basic“ Bedürfnisse nach 1. Kompetenzerleben, 2. Autonomie und 3. sozialem Eingebundensein erfüllt (Ryan & Deci, 2000). Der jeweils vom Individuum geforderte Grad an Kompetenzerleben und Autonomie sowie die Beurteilung der sozialen Situation können sehr unterschiedlich sein, sodass die Berücksichtigung der *basic needs* in einer vielschichtigen Lern-Lehr-Situation eine sehr komplexe Komponente darstellt. Neben diesen Zusammenhängen besitzen weitere Faktoren wie der konkrete Gegenstand des Interesses, das Lernenden-Alter oder die Fähigkeit, das Lernen für sich zu organisieren, einen großen Einfluss (Krapp, 2005).

Im Umkehrschluss bilden Begegnungen mit Gegenständen, die keinerlei positive Emotionen hervorrufen, nicht rationale Bedeutsamkeit oder in der Handhabung Kompetenzerleben und dergleichen bieten, keine Interessengrundlage. Individuen, die Desinteresse zeigen, besitzen eine emotionslose oder leicht

¹⁷Übers.d.A.: [...] die von einer Person wahrgenommene Relevanz und den Grad der Identifikation mit dem Interessegegenstand

negative Haltung dem Gegenstand gegenüber. Bei Abneigung besteht eine Personen-Gegenstandsbeziehung, jedoch ist sie negativ konnotiert. Umgang mit dem Gegenstand wird aktiv verhindert und Informationsaufnahme vermieden (Upmeyer zu Belzen & Vogt, 2001). Begegnungen, die Abneigung hervorrufen, müssen verhindert werden, wenn eine Basis für Interesse erzeugt werden soll.

3.3.2.2 Interesse beeinflussen

Interesse und Lernprozesse stehen in einem engen Zusammenhang. Zwar ist Interesse vermutlich nicht zwingend notwendig, um zu lernen. Lernwille kann sich aus anderen Quellen, aus externen oder zukünftigen Anreizen entwickeln. Doch kann das Interesse am Lerngegenstand Lernen unterstützen: Werden vor allem qualitative Kriterien, z.B. Tiefe des Verständnisses für einen Lerngegenstand, betrachtet, führt ein interessegeleitetes Lernen häufig zu besseren Lernergebnissen (Krapp, 2002). Und das Unterrichten nach Interessegegenständen kann zu deutlich größeren Lernerfolgen führen (Hoffmann, 2002).

Wenn Interesse sich signifikant auf Lernen auswirken kann, sollte Unterricht dies berücksichtigen und die Ausprägung und Richtung von Interessen initiieren und fördern. Auch die Berücksichtigung von Lernendeninteressen ist dann eine wichtige Aufgabe von Lern-Lehr-Arrangements (Upmeyer zu Belzen & Vogt, 2001). Da das dispositionale Interesse als schwierig veränderlich gilt, kann ein Ziel eher sein, ein situationales Interesse hervorzurufen (Pawek, 2009) oder vorhandene Interesseanlagen aktualisierend zu verstärken, sodass Lernende in ihrer weiteren Schullaufbahn von einem breiteren Feld potenziell interessanter Unterrichtsgegenstände, mit denen sie sich freudvoll auseinandersetzen, profitieren können.

Neben der Trägheit des dispositionalen Interesses steht einem interesseförderlichen Unterricht auch im Wege, dass Ergebnisse aus der psychologischen Interessenforschung nur schwierig in den Lehr-Lern-Alltag übersetzt werden können. Die Situationen und Lerngegenstände sind sehr komplex (Schiefele, 2000) und besitzen unzählige Wechselwirkungen untereinander und mit einer Vielzahl weiterer Faktoren.

Dennoch kann mit Hilfe geeigneter Strukturen eine Lernumgebung geschaffen werden, die annähernd selbstbestimmtes und dabei bewältigbares Arbeiten gleichermaßen ermöglicht, relevante abwechslungsreiche Tätigkeiten bietet und die Lerngegenstände in als interessant geltende Kontexte einbindet. Dabei bietet sich die Struktur des forschenden Lernens mit ihren variablen Offenheitsgraden besonders an (s. Kap. 2.4.2, S. 32). Dadurch werden Lerngelegenheiten adaptiv, können mittels kleiner Stellschrauben an verschiedene Lerngruppen und -situationen angepasst werden. Eine gelungene Passung zwischen Lernenden und Lernsituation ist möglicherweise ein Grund für die positive Wirkung forschend-lernenden Unterrichts auf die Interessensentwicklung der Lernenden (Mayer & Ziemek, 2006).

3.4 Zusammenfassung: Effekte auf das Wissenschaftsverständnis

- Forschungserfahrungen können implizit ihre Erfahrungsräume verändern oder expliziert neue Bedeutungen erlangen und so auf die Erfahrungsräume wirken.
- Angeleitete Reflexionen über Forschungserfahrungen können effektiv Lernende unterstützen, angemessenes WV zu erlangen.
- Implizit gebildete Konzepte von Wissenschaft können sehr stabil sein und benötigen oft sowohl eine Explizierung von Unstimmigkeiten des Konzepts als auch der Notwendigkeit, es anzupassen.
- Veränderungen epistemischer Überzeugungen benötigen ebenfalls explizierte Diskrepanzen, um absolutistische Vorstellungen über Wissen zu relativieren.
- Soziale Interaktion, Zeit und das Lehrenden-WV können Konzeptveränderungen von Lernenden beeinflussen.
- Im BaSci Schülerlabor ist die WV-Förderung ein Ziel neben der Vertiefung und Vernetzung von Fachwissen und der Interessenförderung.
- Komplexe gesellschaftlich-wissenschaftliche Problemkontexte eignen sich durch die Möglichkeit des authentischen Forschungsnachvollzugs besonders, um angemessenes WV zu fördern.
- Im BaSci Labor kann durch an Lernenden-Interessen orientierte Kontexte und eine *basic needs* berücksichtigende Lern-Lehr-Organisation dispositionales Lernenden-Interesse aktualisiert sowie situationales Interesse erzeugt werden, sodass dem für die Altersgruppe typischen Interessenabfall entgegengesteuert wird.

Die Leistungen und Grenzen von Naturwissenschaft, d.h. naturwissenschaftlichem Wissen und seinen Schaffensprozessen, zu kennen, die speziellen Charakteristika und ihre Ursachen zu verstehen, ist für die Teilhabe am wissenschaftlichen, aber auch am gesellschaftlichen und politischen Diskurs integraler Bestandteil (s. Kap. 2.2, S. 15). Auch wenn Uneinigkeit, besonders philosophischer Natur, in vielen Bereichen besteht, können für die naturwissenschaftliche Bildung konkrete Aspekte abgegrenzt werden. Durch Gültigkeit und Bedeutsamkeit sowie Messbarkeit kann die Eignung als Unterrichts- und Forschungsgegenstand sichergestellt werden (s. Kap. 2.2.1, S. 17).

Das vorgefundene WV von Schülerinnen und Schülern ist oft nicht angemessen und nur schwierig während fachlicher Vermittlungen implizit zu fördern (s. Kap. 3.1, S. 44). Eine Explizierung von Wissenschaftscharakteristika besitzt Potenzial zur Förderung angemessener Vorstellungen. Führen Lernende Forschungsaktivitäten durch, kann ein Herausstellen und reflexives Bearbeiten der inhärenten Charakteristika effektiv WV beeinflussen (s. Kap. 3.1, S. 44).

Um das Lernenden-WV im BaSci Schülerlabor zu fördern, werden Reflexionsgruppengespräche im Anschluss an die forschend-lernend entwickelten Forschungsmodule. Eine reflexive Bearbeitung geleisteter Forschungsaktivitäten kann als Gruppengespräch zum Einen durch die Interaktivität der Lernprozesse besonders ergiebig sein (s. Kap. 3.2.2.1, S. 52). Zum Anderen bieten Gruppengespräche die Möglichkeit einer sozial eingebundenen Teilhabe, die, wertschätzend angeleitet und mit gedanklichen Freiräumen versehen, zu einer vom Schülerlabor angestrebten ansprechenden und damit motivierenden Atmosphäre beitragen kann. Da das BaSci Labor Forschungsaktivitäten (Experimente vom Entwurf zur Rechtfertigung), entspannteres Lernen als im Schulunterricht (Zeittaktung nach Bedarf, den Gegenständen angepasst) und größere soziale Interaktion (betreute Kleingruppen) anbietet, benötigen eingebundene Maßnahmen vergleichbare Eigenschaften.

4.1 Implizite Förderung des WV im BaSci Schülerlabor

Nach Polanyi (1985) wird Verständnis von Naturwissenschaft erworben über das „[...] Sammeln beobachtbarer Tatsachen, von deren Richtigkeit sich jedermann überzeugen kann“ (Polanyi, 1985: 60). Vor allem Laien müssen sich dabei auf die Autorität der Forschenden verlassen (Polanyi, 1985: 60). Sind die beobachtbaren Tatsachen authentischen Forschungsgegebenheiten nachempfunden und die Betreuenden als Wissenschaftsautoritäten einem angemessenen

Bild von Forschung verpflichtet, können Lernende aus den aufgenommenen Informationen WV ausbilden oder verändern.

Eine implizite Verbesserung kann möglich sein, wenn das Lernarrangement darauf ausgerichtet ist (s. Kap. 2.4.1, S. 30). Die Forschungsmodule des BaSci Schülerlabors werden nach Prinzipien des forschenden Lernens (s. Kap. 2.4.2, S. 32) entwickelt und können als authentische Forschung angelehnt, und damit NOS/I-Inhalte transportierend, gelten. Ob dies genügt, um WV zu fördern, wird anhand der ersten Forschungsfrage überprüft.

FORSCHUNGSFRAGE 1: KANN DIE PARTIZIPATION AN EINEM
FORSCHEND-LERNEND KONZIPIERTEN FORSCHUNGSMODUL DES
BASCI SCHÜLERLABORS AUSGEWÄHLTE WV-ASPEKTE FÖRDERN?

H1.1: Wenn ein Schülerlabormodul besucht wurde, verbessert sich das WV in den ausgewählten Aspekten signifikant.

H0: Es wird keine signifikante Veränderung im WV festgestellt.

Da die implizite Bildung von Vorstellungen nicht von außen induziert, lediglich die Gelegenheit dazu geschaffen wird, ist eine größere Zeitspanne für einen beobachtbaren Effekt zu erwarten, als bei einer Instruktion.

H1.2: Je öfter die Lernenden mit einem forschend-lernend aufgebauten Schülerlabormodul konfrontiert werden, desto stärker verbessert sich das WV in den ausgewählten Aspekten.

H0: Auch nach dreimaligem Besuch kann bei der Laborbesuchsgruppe keine signifikante Verbesserung festgestellt werden.

Veränderungen im WV sind kaum zweifelsfrei auf die Arbeit im Modul zurückzuführen, sodass eine Kontrollgruppe ohne Labormodulbesuch als Vergleichsgröße hinzugezogen wird.

H1.3: Nach dreimaligem Schülerlaborbesuch verändert sich das WV signifikant stärker als das der Kontrollgruppe.

H0: Auch nach dreimaligem Besuch kann bei der Laborbesuchsgruppe kein signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe im WV oder dessen Veränderung festgestellt werden.

4.2 Explizite Förderung des WV durch Gruppenreflexionen

Reflexive Explizierung von NOS/I-Aspekten innerhalb vollzogener Forschungsaktivitäten kann bei vielen Schülerinnen und Schülern zur Entwicklung angemessenerer WVs beitragen (s. Kap. 3.1, S. 44). Eine vergleichbare Wirkung

kann die Explizierung im Gruppengespräch zeigen, da die Lenkung des Gesprächs durch die Moderatoren Freiräume gibt, aber einen festgelegten Bereich reflektierter Aspekte sicherstellt. Gruppengespräche bieten Berücksichtigung eines *basic need* in Form von sozialem Eingebundensein (s. Kap. 3.3.2.1, S. 59) und können zudem eine Plattform für gemeinsames Erschaffen neuen Wissens (s. Kap. 3.2.2.1, S. 52) darstellen.

FORSCHUNGSFRAGE 2: KÖNNEN REFLEXIVE GRUPPENGESPRÄCHE
ÜBER FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN DAS WV IN AUSGEWÄHLTEN
ASPEKTEN FÖRDERN?

H2.1: Wenn Lernende am Schülerlabormodul und dem folgenden reflexiven Gruppengespräch teilnehmen, verbessert sich ihr WV von Pre- zum Posttest signifikant.

H0: Das WV der Lernenden verändert sich von Pre- zu Posttest nicht signifikant.

H2.2: Wenn Lernende am Schülerlabormodul und dem folgenden reflexiven Gruppengespräch teilnehmen, verbessert sich ihr WV stärker als das der Schülerlaborbesuchsgruppe ohne Gruppenreflexion.

H0: Die Veränderungen im WV der Lernenden mit und ohne Gruppenreflexion unterscheiden sich nicht signifikant.

Mit Veränderungen im WV gehen Umstrukturierungen von - teils grundlegenden - Konzepten einher, sodass eine einmalige Instruktionsmaßnahme, die zudem große Freiheit in Thema und Pensum zugesteht, nur bei wenigen oder erst nach mehrmaliger Anwendung wirkt (s. Kap. 3.2.2.2, S. 54; Leach *et al.*, 2003). Erst mit mehrfacher Reflexion lassen sich Vorstellungen mit großer Wahrscheinlichkeit verändern und festigen (Clough, 2006; Khishfe, 2008).

H2.3: Je öfter die Gruppenreflexion durchgeführt wird, desto stärker verbessert sich das WV.

H0: Das WV, erhoben im ersten Modul, verändert sich nicht signifikant zu dem im 3. Modul erhobenen WV.

Entwicklungsbedingt ist es möglich, dass sich das WV der Probandinnen und Probanden über das Schuljahr hinweg ohne geplante Einflüsse verbessert (vgl. Kremer, 2010), sodass die Reflexionsgruppen mit den Nicht-Reflexionsgruppen und einer Nicht-Besuchs-Kontrollgruppe verglichen werden.

H2.4: Wenn die Lernenden alle drei Module und danach die Gruppenreflexionen durchgeführt haben, ist das erhobene WV stärker verbessert, als bei den Lernenden, die die Module ohne Gruppenreflexion besucht haben und denen der Kontrollgruppe.

H0: Das WV der dreimaligen Besuchsgruppe mit Gruppenreflexion verändert sich über das Schul- und Interventionsjahr hinweg nicht signifikant.

4.3 Wirkung von Gruppenreflexionen auf das Interesse an Biologie

Sowohl in den Forschungsmodulen der Schülerlabore als auch während der Reflexionsgespräche werden die grundlegenden Bedürfnisse nach der Selbstbestimmungstheorie (Deci & Ryan, 2010; s. Kap. 3.3.2.1, S. 59) berücksichtigt. Von bestehendem situationalem Interesse oder einer Aktualisierung dispositionalen Interesses wird ausgegangen. Es ist nicht zu erwarten, dass die Reflexionsgespräche das Interesse negativ beeinflussen.

Da die Gruppenreflexionen jedoch eine weitere anstrengende Aktivität an einem ereignisreichen Tag bedeuten und dem Schülerlabor grundsätzlich großes Interesse entgegengebracht wird, ist nicht mit einem höheren Interesse zu rechnen, wenn Gruppenreflexionen durchgeführt werden.

FORSCHUNGSFRAGE 3: BEEINFLUSSEN DIE GRUPPENREFLEXIONEN DAS INTERESSE DER LERNENDEN AN BIOLOGIE?

H3.1: Wenn die Lernenden das Schülerlabor besucht haben, unterscheidet sich das Interesse der Gruppenreflexions- und Nichtreflexionsgruppe nicht signifikant von einander.

H0: Nach dem Schülerlaborbesuch sinkt das Interesse der Reflexionsgruppe signifikant stärker als das der Nichtreflexionsgruppe.

Wie die bisherige Interessenforschung an Schülerlaboren zeigt (Pawek, 2009, Engeln & Euler, 2004, Guderian, 2006), steigt das erhobene Interesse teils an, kehrt jedoch nach einiger Zeit und auch nach mehreren Durchführungsintervallen auf das ursprüngliche Niveau zurück. Ein solcher Verlauf wird auch hier erwartet.

H3.2: Wenn das Schülerlabor, mit und ohne Gruppenreflexion, mehrfach besucht wird, liegen der erste erhobene Interesse-Wert und der letzte auf einem ähnlichen Niveau.

H0: Nach dem Besuch dreier Schülerlabormodule weicht das Niveau des erhobenen Interesse-Wertes vom zu Beginn vorgefundenen signifikant ab.

4.4 Zusammenfassung: Untersuchungsplan

- Die Forschungsfragen 1 und 2 gehen der Veränderung der abhängigen Variable Wissenschaftsverständnis nach.

- Es ist möglich, dass bereits die forschend-lernende Instruktionsumgebung zu einer WV-Verbesserung führen kann.
- Die An- oder Abwesenheit der unabhängigen Variable „Explikation durch Gruppenreflexion“ steht im Zentrum der Studie.
- Eine Verbesserung des WV durch Gruppenreflexion als Explizierungsmethode wird erwartet.
- Möglicherweise werden mehrere Durchläufe von Forschungsmodul und Gruppenreflexion oder besonders authentische Modulanteile benötigt, um bestehende Vorstellungen zu verändern.
- Forschungsfrage 3 untersucht die Einflussnahme von Gruppenreflexionsgesprächen auf das Interesse der Lernenden an biologischen Themen und Forschung.
- Durch die zusätzliche Arbeit für die Lernenden wird keine Verstärkung des Interesses erwartet, aber durch die Lernenden-gerechte Konzeption der Methode auch keine Minderung des Interesses.

Die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen geschieht im Schulunterricht, aber auch im gesellschaftlichen Diskurs, vorwiegend durch Vermittlung ausgewählter Fakten. Soll jedoch Naturwissenschaft selbst, ihr Facettenreichtum, sollen ihre Unsicherheiten und Leistungen zum Gegenstand gemacht werden, muss ein komplexeres als ein vorauswählendes Vermittlungsmodell greifen. „Dies bedeutet, dass es nicht darum geht, Wissenschaft, also fertiges, abgeschlossenes Wissen zu präsentieren [...]“ (Felt, 2008: 41), sondern Forschung muss befragt, untersucht und hinterfragt werden können. Nicht das resultierende Wissen, sondern der Weg dahin steht dann im Fokus. An jedem Punkt der Wissensentstehung, sei es die Datensammlung oder Interpretation, werden Entscheidungen getroffen, die durch die Forschenden zu rechtfertigen sind. Und diese Punkte der Entstehung müssen sichtbar gemacht und zur Diskussion gestellt werden.

Dies erfordert eine offene Herangehensweise, die im *Backstage Science* (BaSci) Schülerlabor mittels modular aufgebauter Forschungsaktivitäten - Experimente vom Entwurf zur Rechtfertigung - umgesetzt wird. Als Kontext der Module dienen soziale, politische oder fachliche Problemfelder, deren Bearbeitungsweise und Lösung nicht vorgegeben sind. Durch das eigenständige Erleben von Forschung, ihrer Entscheidungen auf dem Weg zu Wissen und ihrer Möglichkeiten der Rechtfertigung kann Forschung als Prozess verstanden und untersucht werden. Die den Lerngegenständen und Lernenden angepasste Zeittaktung und die Betreuung in Kleingruppen gewährleisten dabei sowohl selbst gesteuertes als auch sozial eingebundenes Lernen. Die für die vorliegende Studie entwickelten drei Forschungsmodule sind in diesem Sinne konzipiert und werden in Kap. 5.1 (S. 70) beschrieben.

Neben diesem impliziten WV-Förderungsansatz wird eine explizierende Methode eingesetzt, die die reflexive Bearbeitung der Forschungsaktivitäten ermöglicht. Für glückende Reflexionsprozesse benötigen Lernende gedankliche Freiräume, die ihnen Zeit lassen, ihre Erfahrungen zu untersuchen und mit neuen Ideen in Verbindung zu bringen (s. Kapitel 3.1, S. 44). Das im Anschluss an die Module beschriebene *Reflexionscafé* (RC) verbindet diese notwendige gedankliche Freiheit mit sozialer Interaktion und Forschungsaktivitätsbezug mit reflexiver Explizierung (s. Kap. 5.2, S. 86).

5.1 Die Forschungsmodule des BaSci Schülerlabors

Die Schülerlabormodule sind einheitlich strukturiert, sodass Planungs- und qualitative Sicherheit sowie Vergleichbarkeit und Überprüfbarkeit mittels Begleitforschung möglich sind (Leitfaden zur Modulerstellung im Anhang S. 249). Das Thema eines jeden Moduls wird als *wicked problem* präsentiert (s. Kapitel 3.3.1, S. 56), als Problem, das keine einfache Lösung, dafür ein hohes Maß an öffentlicher oder privater Relevanz besitzt. Um sich dem Problem zu nähern, werden die Lernenden dazu angehalten, verschiedene Perspektiven von Betroffenen zu übernehmen, um aus diesen heraus Fragen zu stellen, die dann verfolgt werden. Nach Forschungs- und Recherchearbeiten werden die Fakten zusammengetragen, eine begründete Stellung zum Problem bezogen und diese mit Hilfe der Fakten als Belege und Argumente im abschließenden „Forscherkongress“ verteidigt.

Tabelle 5.1: Forschungsmodul-Ablauf

Beginn	Die Schülerinnen und Schüler werden im Labor begrüßt, in die Laborordnung eingeführt, über den Ablauf des Forschungstages informiert und füllen den Pretest aus.
Einführung	Mittels Impulsvortrag wird das Thema des Forschungsmoduls vorgestellt und in den Kontext des <i>wicked problem</i> gesetzt. Das Vorwissen der Lernenden wird geweckt und sie bekommen Informationen zum Problem, sodass Forschungsfragen gestellt werden können.
Forschungsphase	An verschiedenen Stationen werden in Kleingruppen kooperativ anhand von Experimenten, Texten und Filmen Informationen gesammelt und ausgewertet. Abschließend soll Stellung zum Problem bezogen und die Informationen als Argumentationshilfe genutzt werden.
Aushandlungs- und Rechtfertigungsphase	Abschließend werden die Erkenntnisse und Lösungsvorschläge der Gruppen im „Forscherkongress“ diskutiert und nach einem für alle akzeptablen Lösungsweg gesucht. Dabei stellt jede Kleingruppe eine Abgesandte zur Verfügung, die im Sinne der Gruppe argumentiert und jederzeit abgelöst werden kann ¹ .

ggf. Durchführung des *Reflexionscafés*

Abschluss	Der Forschungstag wird kurz zusammengefasst, die Lernenden um Feedback gebeten und der Posttest ausgefüllt.
-----------	---

Die feste Struktur, der stets ähnliche Ablaufrahmen (s.u. Tab. 5.1) und die Hilfestellung bei Bedarf durch die Betreuenden (Leitfaden zur Modulbe-

¹ *Fishbowl*-Methode: Im Kreis sitzen Abgesandte der Gruppen und Moderation, in einem größeren Kreis dahinter das Plenum. Möchte jemand sprechen, löst sie ihr Gruppenmitglied ab und nimmt deren Platz im inneren Kreis ein.

treuung im Anhang S. 250) geben den Lernenden die nötige Orientierung und Unterstützung, um das Problem, vor das sie gestellt werden, zu bearbeiten und innerhalb der Möglichkeiten zu bewältigen.

Anders als der einheitliche Aufbau bieten die inhaltliche Fokussierung und die methodische Umsetzung Abwechslung für die Lernenden, die das BaSci Labor mehrfach besuchen. Die Kontexte entstammen dem Fachbereich Ökologie, sind innerhalb dieses Rahmens jedoch sehr unterschiedlich angesiedelt (s. Kap. 5.1.1). Durch die sich daraus ergebenden unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade im Forschungsprozess sind einzelne IBSE-Elemente, aber auch die Modulkonzeption insgesamt unterschiedlich offen angelegt (s. Kap. 5.1.2, S. 78). Die für jedes Modul eigenen Verschränkungen der Forschungsaktivitäten mit NOS/I werden in Kap. 5.1.3 (S. 82) beleuchtet.

5.1.1 Gesellschaftlich-wissenschaftliche Kontextualisierung zur Förderung gesellschaftlicher Teilhabe

Die im Schülerlabor durchgeführten Module sind kontextorientiert entwickelt. Der Begriff „Kontext“ wird hier sowohl konkret im Zusammenhang mit Gesellschaft und Technologie, als auch generell als Einbettung eines Themas verwendet (vgl. Haugwitz, 2009). Zur Beschreibung der Kontexte werden das Thema, z.B. Ökologie, und darin der Relevanzgrad, z.B. persönlich betroffen oder global, angegeben (vgl. OECD, 2007). Als *wicked problems* (s. Kap. 3.3.1, S. 56) und gesellschaftlich-wissenschaftliche Problemstellungen angelegt bieten die Kontexte Komplexität und Ergebnisoffenheit sowie mögliche persönliche Bezugspunkte. Die Lernenden bekommen dadurch Gelegenheit, eigenständig Fragen zu entwickeln, sie auf eigenen Wegen zu überprüfen und die eigenen Handlungen als relevant zu erleben. Dabei wird ein Bild von Wissenschaft erfahren, das geprägt ist von individuellen Forschungswegen, vielfältigen Einflüssen und Unsicherheiten.

Für diese Studie wurden Kontexte entwickelt, die mindestens einen Bezug zur Lernenden-Lebenswelt aufweisen und darüber hinaus gesellschaftsproblematische und/oder wirtschaftliche Aspekte enthalten. Gemeinsam ist ihnen der ökologische Umwelt-Themenschwerpunkt (s. Kap. 5.1, S. 70), der den curricularen Vorgaben entspricht, als konkretes Thema im schulischen Unterricht der Probandinnen und Probanden bisher jedoch wenig oder nicht thematisiert wurde.

In einem gesellschaftlich-wissenschaftlichen Kontext, der an Alltagssituationen oder lokale Gegebenheiten anknüpft, nehmen die Lernenden unterschiedliche, teils kontroverse Perspektiven ein und beforschen das Initialproblem aus verschiedenen Blickwinkeln. Abschließend diskutieren und reflektieren die Lernenden ihre Ergebnisse und Erkenntnisse aus den Perspektiven heraus auf „Forscherkongressen“, wobei mögliche Lösungsansätze bezüglich nachhaltigen Denkens und Handelns abgewogen werden (Birkholz & Elster, 2016). Ökologische Themen die Globalisierung und Nachhaltige Entwicklung betreffend

eignen sich besonders. Die Ökologie bildet ein Netz aus Verknüpfungen vieler verschiedener naturwissenschaftlicher Disziplinen². Mit gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Aspekten gemeinsam betrachtet ergeben sich hochkomplexe Gegenstände, denen sich auf vielfältige Weisen genähert werden kann.

Im Rahmen von Masterarbeiten wurden Forschungsmodul 1 (Konjevic & Yaman, 2014) und Forschungsmodul 3 (Henning, 2014) durch Master-Studierende entwickelt, Modul 2 von der Autorin. Die Module fokussieren authentische ökologische Sachverhalte, die Berührungspunkte zur lokalen Lebenswelt der Lernenden, zu gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Aspekten besitzen. „Die Schülerinnen und Schüler sollen die Komplexität der Biosphäre erkennen. Das ist die Voraussetzung dafür, dass sie einen verantwortungsbewussten, naturverträglichen und nachhaltigen Umgang mit den Ressourcen der Erde pflegen. Der Mensch als Teil der lebendigen Natur ist in dieses System der Biosphäre eingebunden. Deshalb kann der Biologieunterricht zum Verständnis der Eigenart des Menschen als Teil und Gegenüber der Natur beitragen“ (SBW, 2006: 20; vgl. SBW, 2010: 33). Zudem kann eine Auseinandersetzung mit solchen Problemstellungen, ihren verschiedenen Perspektiven und Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen „[...] das Denken in Zusammenhängen förder[n]“ (SBW, 2010: 28).

Bei der Modulentwicklung wurde der für die Studie entworfene grundlegende Aufbau der Module (s. Tab. 5.1, S. 70) bei allen Entwicklungsschritten berücksichtigt und wird im Folgenden auf das konkrete Forschungsmodul angewandt beschrieben.

5.1.1.1 Forschungsmodul 1: Nachwachsende Rohstoffe und ihr Anbau

Die Verwendung von Agrarprodukten als Industrie-Rohstoffe bildet eine Alternative zur Nutzung der aus fossilen Brennstoffen erzeugten „Kunststoffe“. Letztere sind schwieriger abbaubar und belasten die Luft stärker. Zudem gelten die fossilen Rohstoffe als begrenzt verfügbar, wohingegen nachwachsende Rohstoffe als quasi unbegrenzt zur Verfügung stehend (Schrader 1994) gelten. Auch im Bildungsplan der Bremischen Sekundarstufe I (Oberschule) ist verankert, „[...] dass nur nachhaltige Nutzung der Ressourcen die Lebensgrundlagen sichert“ (SBW, 2010: 13). Nachwachsende Rohstoffe werden vorliegend definiert als „heimische Produkte der Land- und Forstwirtschaft sowie deren Nebenprodukte und Reststoffe, sofern diese nicht dem Abfallrecht unterliegen sowie Algen“ (FNR, 2014: 3).

Mit Blick auf die Integration des Nachhaltigkeitsgedankens³ ist das Thema des Forschungsmoduls interdisziplinär zwischen Politik, Geografie und Biologie

²Einflüsse abiotischer Faktoren etwa werden unter Betrachtung chemischer und physikalischer Prozesse bestimmt. Um den biotische Faktor „Konkurrenz“ zu betrachten, werden z.B. Verhaltensbiologie oder Parasitologie benötigt, um nur wenige zu nennen.

³Nachhaltigkeitsdreieck: Ökologie, Ökonomie, Gesellschaft (von Hauff, 2014: 159)

aufgespannt. Die Lernenden werden in die Rolle von Beratenden versetzt, die als interdisziplinäres Wissenschaftsteam einen Agrarökonomem hinsichtlich des Anbaus geeigneter nachwachsender Rohstoffe beraten sollen. So erkunden sie mit relevanten Fragestellungen die Rohstoffe, ihren Nutzen, wirtschaftliche und ökologische Probleme sowie die gesetzliche Lage. Die komplexe Sachlage, die standpunktabhängige Bewertung einzelner Argumente sowie die Ergebnisoffenheit lassen den Kontext als *wicked problem* (s.Kap. 3.3.1, S. 56) erkennen. Um sich darin dennoch zurechtzufinden, werden differenzierte und sorgfältig didaktisch reduzierte Materialien gereicht sowie die Kleingruppen einzeln betreut.

Die ausgewählten nachwachsenden Rohstoffe Raps (Pflanzenöle), Flachs und Hanf (Pflanzenfasern), Mais, Weizen und Kartoffel (Stärke) sowie Holz (Baumaterial, Pellets) bilden für Deutschland relevante Pflanzen aus den Hauptkategorien der nachwachsenden Rohstoffe.

- Pflanzenöle können in der Oleochemie verstärkten Einsatz finden, um aus den daraus gewonnenen Basisprodukten z.B. Tenside, Schmierstoffe oder Beschichtungen herzustellen. Der Anbau vielfältiger Ölpflanzen und effizienzsteigernde Züchtung kann zunehmenden Anbau und Nutzung ölhaltiger nachwachsender Rohstoffe unterstützen (Biermann, Bornscheuer, Meier, Metzger & Schäfer, 2011).
- Pflanzenfasern können als biologisch abbaubare Materialien z.B. für Pflanztöpfe oder auch Kreditkarten genutzt werden (Frick, Guthapfel & Hebeisen, 2004). Durch Pflanzenfasern verstärkter Leichtbeton wird eingesetzt und stetig weiter entwickelt (FraunhoferIRB, 2017-2019). Durch mechanische Verarbeitung gewonnene Kurzfasern können Glasfasern und andere Dämm- und Füllstoffe ersetzen, die aufwendiger hergestellten Langfasern dienen hauptsächlich als Rohstoff für die Textilindustrie (Frick *et al.*, 2004).
- Aus Stärkepflanzen wie Kartoffel oder Mais gewonnene Stärke wird z.B. zur Herstellung kompostierbarer Einweggüter wie Einweg-Geschirr oder Verpackungsmaterial genutzt (Frick *et al.*, 2004). Daraus hergestellte Bio-Kunststoffe und Misch-Kunststoffe können in ihren Eigenschaften z.B. bezüglich der Reißfestigkeit den Anforderungen angepasst werden (Firus, Meißner & Bernhardt, 2002). Zur Gewinnung werden spezielle Extraktionsanlagen benötigt (Frick *et al.*, 2004).
- Holz wird als Baumaterial und für die Papierherstellung sowie als Energieträger genutzt. Seine günstigen Eigenschaften wie Zug- und Druckfestigkeit, einfache Bearbeitung und Instandhaltung lassen dem Rohstoff eine bedeutende Rolle im Bauwesen zukommen. Durch den hohen Energiegehalt und die einfache Weiterverarbeitung von Holzresten und Sägespänen

zu Pellets dient Holz auch als wichtiger erneuerbarer Energieträger (Benz, Scharf & Weber, 2001).

Die Konkurrenz zwischen der industriellen Nutzung von Agrar- und Forstwirtschaftsprodukten und der Nahrungsmittelnutzung muss immer wieder eingehend diskutiert (Biermann *et al.*, 2011) und aus energetischer und moralischer Sicht bewertet werden (Karafyllis, 2012).

Tabelle 5.2: Forschungsmodul 1: „Bauer sucht Ernte“ (Konjevic & Yaman, 2014)

Einführungsvortrag	Zunächst wird das Vorwissen zu fossilen Ressourcen, nachwachsenden Rohstoffen und unseren Energieerzeugungsproblemen mit einem Werbespot (Tetrapack mit Biber) und folgendem Plenums-Gespräch geweckt. Folgend werden „Bauer Manfred“ und sein zu bestellendes Feld vorgestellt. Per Los werden die Kleingruppen bestimmt, die sich mit unterschiedlichen nachwachsenden Rohstoffen (Holz, Stärke, Flachs-/Hanffasern, Rapsöl) auseinandersetzen.
Forschungsphase	Ackererde und Rohstoffe werden auf ihre Passung hin untersucht. Zudem sammeln die Lernenden Informationen und erforschen experimentell oder durch Beobachtung die Leistungen der Rohstoffe. Neben den erkenntnistheoretisch gewonnenen Fakten werden auch aus zusammengestellten Materialien Hintergrundinformationen recherchiert und gemeinsam in eine Argumentationslinie für die beforschte Rohstoffsorte gebracht.
Forscherkongress	Mittels der <i>Fishbowl</i> -Methode findet der „Forscherkongress“ statt. Jede Kleingruppe stellt eine Abgesandte zur Verfügung, die im Sinne der Gruppe argumentiert und jederzeit abgelöst werden kann. Jede Gruppe soll sachlich und unter Einbezug experimenteller und anderer Fakten für den eigenen Rohstoff überzeugen.

Modul-Lernziele: Die Lernenden sollen anhand einer der Rohstoffgruppen ökologische Zusammenhänge erarbeiten und mit ökonomischen und gesellschaftlichen Faktoren verknüpfen. Zunächst wird der Ackerboden untersucht und das biologische Wissen zu Pflanzenwachstum und Bodenökologie aktiviert. Die Pflanzen der entsprechenden Gruppe werden in Struktur und Funktion untersucht und Recherchen zu Lebensgrundlagen und Verwendungsmöglichkeiten angestellt. Wachstumsgeschwindigkeit und Energieaufwand werden den Verwendungsmöglichkeiten, ihrem Energieertrag und der Marktlage gegenübergestellt, sodass die Lernenden einen umfassenden Überblick über die jeweilige Rohstoffgruppe erhalten. Die für und gegen einen Anbau sprechenden Aspekte werden von der Lernendengruppe diskutiert, hinterfragt und gewichtet. Ab-

schließlich wird im Diskurs abgewogen, welcher der Rohstoffe für das betreffende Ackerland, die ökologische und soziale Umgebung sowie bäuerliche nachhaltige Bewirtschaftung sich besonders eignen könnte. Nicht ein eindeutiges Ergebnis steht hier im Vordergrund, sondern die Erfahrung, dass ein Ergebnis davon abhängen kann, welches Gewicht den verschiedenen Komponenten zugemessen wird.

5.1.1.2 Forschungsmodul 2: Bioinvasion der Flusskrebse

Der in Deutschland heimische Süßwasserflusskrebs *Astacus astacus* (Edelkrebs) gehörte lange zum alltäglichen Leben von Flusssanrainern und galt bei Hungerkrisen als „Arme-Leute-Essen“. „Damals, vor hundert Jahren, oder vielleicht auch noch länger, gab es so viele Krebse, daß sie durchs ganze Bruch hin, wenn sich im Mai das Überschwemmungswasser wieder verlief, von den Bäumen geschüttelt wurden, zu vielen Hunderttausenden.“ (Fontane, 1998: 7. Kapitel)

Ab etwa der 1860er Jahre wurden vermehrt nordamerikanische Flusskrebse eingeschleppt. Sie brachten die *Krebspest* mit sich, der der Edelkrebs nichts entgegenzusetzen hatte. Der Erreger *Aphanomyces astaci* aus der Familie der Oomyceten⁴ entstammt den Gewässern Nordamerikas. Bei den dort einheimischen Krebsarten kann *A. astaci* meist nur in die obere Hautschicht eindringen, wird dort von einer Melaninschicht umhüllt und bei der nächsten Häutung abgestoßen. Europäische und asiatische Arten besitzen diese Abwehrstrategie nicht, sodass die Krebspest unter ihnen eine sehr hohe Mortalität aufweist. Da der Erreger sowohl bei Abwurf des Panzers als auch bei Tod des Wirtstieres widerstandsfähige Zoosporen bildet, um einen neuen Wirt zu finden, ist die Krankheit stark verbreitet und kaum einzudämmen (Oidtmann & Hoffmann, 1998). Heute leben hauptsächlich nordamerikanische Krebse in unseren Gewässern, eine Wiederansiedlung des Edelkrebses in Seen und Fließgewässern wurde vielfach versucht (vgl. Dümpelmann, Kremer & Gimpel, 2009; Michel, Dienstbier, Tilly & Beinlich, 2010), jedoch selten mit Erfolg.

Problematisch gilt das Einbringen von Neozoen⁵, wenn sie durch z.B. Predation oder das Fehlen eines natürlichen Feindes, Konkurrenz oder Einschleppung von Krankheiten negative Auswirkungen auf bestehende Ökosysteme und deren Artendiversität haben. Neben der Verschleppung im Zuge von Import-Export-Aktivitäten und absichtlicher Einbringung von Neozoen, z.B. zur Schädlingsbekämpfung (Kowarik, 2003), sind es auch private Tierhaltende (Copp, Wesley & Vilizzi, 2005), deren Haustiere entkommen, ausgesetzt werden oder mit Aquariumwasser, Einstreu etc. in die Umwelt gelangen. Um einen beliebten exotischen „Haustierkrebs“ handelt es sich beim Louisiana-Sumpfkrebs (*Procambarus clarkii*), einer sehr generalistischen Art, die zudem Überträger der

⁴Pseudopilze, vermutlich näher mit Algen verwandt (Spektrum, 1999).

⁵Als Neozoen gelten vereinfacht diejenigen Tierarten, die nach 1492 durch direkte oder indirekte menschliche Einwirkung in ein ihrem ursprünglichen Lebensraum fremdes Gebiet gelangten und dort frei leben (Neozoen, 1996).

Krebspest sein kann. In einigen südlichen Gegenden Europas bestehen vermutlich Freiland-Populationen⁶, in Deutschland wurde diese Art aktuell z.B. in Berlin als Neozoon dokumentiert⁷.

Für das Forschungsmodul (Materialien s. Anhang S. ??) wird ein Edelkrebs-Wiederansiedlungsprojekt und der Fund einiger Louisiana-Sumpfkrebse in der Wümme (heimischer Fluss) angenommen. Die Lernenden werden von verschiedenen Interessenvertretern beauftragt, die Wahrscheinlichkeit einer Bioinvasion und mögliche Auswirkungen auf das Ansiedlungsprojekt zu untersuchen. Im abschließenden „Forscherkongress“ wird über das weitere Vorgehen, Praktikabilität und Erfolgswahrscheinlichkeiten aus verschiedenen Perspektiven diskutiert und die Forschungsergebnisse als Argumente herangezogen. Da ein abschließendes Ergebnis nicht eindeutig zu ermitteln und vielmehr von der Schwerpunktsetzung der Interessengemeinschaften abhängig ist, stellt die Situation ein *wicked problem* dar.

Tabelle 5.3: Forschungsmodul 2: „Flusskrebse - Einwanderer oder Invasoren?“

Einführungsvortrag	Zunächst wird in die Bioinvasoren-Thematik eingeführt, das Ökosystem der Wümme im Zusammenhang mit Flusskrebsen vorgestellt und mit dem Fund der Aquariumkrebse in Beziehung gesetzt. Das Vorwissen der Lernenden wird geweckt und sie bekommen notwendige Informationen, mittels derer erste Fragen gestellt werden können.
Forschungsphase	Per Los werden die Lernenden den Kleingruppen zugeordnet, die im Auftrag einer Interessengemeinschaft den Aquarium-Süßwasserkrebs beforschen. An verschiedenen Stationen sammeln die Kleingruppen kooperativ Informationen zu Gemeinsamkeiten und Unterschieden von Edelkrebs und Sumpfkrebs in Verhalten, Lebensweisen und Gestalt, stellen für ihre Auftraggeber relevante Fragen und bearbeiten sie. Abschließend wird Stellung zum Problem bezogen und die Ergebnisse und Erkenntnisse als Argumente vorbereitet.
Forscherkongress	Im <i>Fishbowl</i> findet der „Forscherkongress“ statt. Die Lernenden argumentieren mit Blick auf die Perspektive ihrer Auftraggeber, gestützt durch ihre Erkenntnisse, für oder gegen die Wiederansiedlung des Edelkrebses und ob gegen den Einwanderer etwas unternommen werden muss/ kann. Die Moderation bemüht sich um einen Konsens aller Parteien.

Modul-Lernziele: Die Lernenden sollen anhand eigener Ökosystem- und Organismen-Untersuchungen eine fundierte Prognose zu möglicher Wiederan-

⁶Die Quellen hierzu sind anekdotischer Natur und wenig verlässlich. Allerdings ist es gut vorstellbar, dass der Krebs in europäischen Ökosystemen stabile Populationen bilden kann.

⁷<https://www.tagesspiegel.de/berlin/ausbreitung-in-berlin-tiergarten-sumpfkrebse-kommen-auf-die-speisekarte/21248812.html> (04.04.2019, 11:00 Uhr)

siedlung bzw. Verdrängung des Edelkrebses durch den Louisiana-Sumpfkrebs erstellen. Zunächst wird der Lebensraum, Wasserqualität und Zusammensetzung untersucht und mit den Anforderungen der Krebsarten verglichen. Folgend bestimmen die Lernenden experimentell das Verhalten des möglichen Invasors in verschiedenen Situationen. Die Krankheit Krebspest wird anhand aktueller Studien und Informationstexte recherchiert und ihre mögliche Beeinflussung einer Besiedlung beurteilt. Im abschließenden Diskurs beleuchten die Lernenden aus verschiedenen Perspektiven den Sachverhalt und argumentieren mit Hilfe ihrer wissenschaftlichen Erkenntnisse begründet für oder gegen eine Ansiedlung des Edelkrebses.

5.1.1.3 Forschungsmodul 3: Ökosystemdienstleistungen endogener Pflanzen

Anthropogene Einflüsse auf Ökosysteme, sei es zur Ressourcengewinnung, für Infrastrukturausbau etc., kann Verlust von Biodiversität zur Folge haben. Die Veränderung oder Zerstörung von Lebensräumen, Ausrottung tausender Arten und Dezimierung von Genpools sind nicht nur aus naturromantischer Perspektive bedauerlich oder betreffen ein fehlendes Verantwortungsgefühl zukünftigen Generationen gegenüber. Biodiversitätsverlust wirkt auch zurück auf die gegenwärtige und zukünftige Lebensqualität der Menschen. Als Lebewesen unter vielen anderen Lebewesen profitieren Menschen von den Leistungen der anderen, z.B. Produktion von Heilmittelwirkstoffen, Schadstoffabbau, Filterfunktion, Bodenbewässerungs- oder Haltevermögen. Solche Ökosystem-Dienstleistungen (Bastian, Syrbe, Rosenberg, Rahe & Grunewald, 2013) verringern sich, wo Vielfalt abnimmt (vgl. Hooper *et al.*, 2012).

„Besonders Pflanzen werden in ihrer Bedeutung für die ökosystemaren Prozesse unterschätzt, weshalb sie häufig zuerst von der Zerstörung betroffen sind. Zudem sind sie aufgrund ihrer Immobilität besonders durch Landschaftsveränderungen gefährdet“ (Henning, 2014: VII). Daher sollen für die Vermittlung der inhaltsbezogenen Kompetenz bezüglich der Angepasstheit von Pflanzen⁸ solche Arten verwendet werden, deren Adaptionen an den Lebensraum überraschend, gut überprüfbar und dem Menschen nützlich sind.

Auf Teneriffa besteht eine besonders vielfältige endemische Flora, geformt durch die spezifischen klimatischen und geografischen Bedingungen der Vulkaninsel (Pott, de la Torre & Hüppe, 2003). Wichtige der von ihnen geleisteten Ökosystem-Dienstleistungen betreffen die Wassergewinnung bzw. -rückhaltung sowie Bodenhaltung. Die Kanarische Kiefer z.B. mit einem Wuchs bis 60 m Höhe besitzt Nadeln, an denen Nebelwasser besonders gut kondensiert, das dann zu Boden tropft und die Kiefer selbst als auch Nachbarnpflanzen versorgt und so Dürrestress entgegenwirkt. Die Nadeln am Boden oder andernorts Moose verhindern Austrocknung des Bodens, während die Durchwurzelung

⁸„Schülerinnen und Schüler können an ausgewählten Beispielen die Angepasstheiten von Pflanzen oder Tieren an die Lebensbedingungen beschreiben“ (SBW, 2010: 38)

generell vor Erosionen schützt (vgl. Henning, 2014). Diese Dienstleistungen, von denen die Bewohnenden direkt oder indirekt profitieren, stehen im Zentrum des Forschungsmoduls, in dem die Lernenden als Forschende unterschiedlicher Disziplinen die Besonderheiten der Insel untersuchen. Im Kontext der (zu jenem Zeitpunkt aktuellen) Diskussion über die Erweiterung der tenerfinischen Autobahn zu einem Ring, durch ein Naturschutzgebiet verlaufend, werden soziale, wirtschaftliche, ökologische und geografische Aspekte Teneriffas erforscht und eine Empfehlung für oder gegen den Bau formuliert.

Tabelle 5.4: Forschungsmodul 3: „Eine Ringautobahn für Teneriffa?“ (Henning, 2014)

Einführungsvortrag	Die Thematik „Nachhaltige Entwicklung“ wird eingeführt, mit den Gegebenheiten Teneriffas verknüpft und in den Kontext des umstrittenen Autobahnbaus gesetzt. Das Vorwissen der Lernenden wird geweckt und sie bekommen weitere notwendige Informationen, mittels derer erste Fragen gestellt werden können.
Forschungsphase	An verschiedenen Stationen werden in Kleingruppen mit unterschiedlichem Forschungsschwerpunkt kooperativ Informationen gesammelt, Fragen gestellt und bearbeitet. Die Informationen unterstützen eine eigene Entscheidungsfindung bezüglich des Autobahnbaus und liefern Argumentationshilfen für die abschließende Diskussion.
Forscherkongress	Im „Forscherkongress“ (<i>Fishbowl</i> -Methode) argumentieren die Abgesandten im Sinne der Gruppe, wobei die eigenen Erkenntnisse zur Stützung angeführt und gerechtfertigt werden. Die Moderation verbindet die verschiedenen beforschten Aspekte und versucht, einen Konsens zu erreichen.

Modul-Lernziele: Die Lernenden sollen anhand eigener Forschungsergebnisse und Rechercharbeit eine fundierte Position zur ökonomisch-ökologisch-gesellschaftlichen Frage des Autobahnausbaus auf Teneriffa bilden, sie begründen und zu weiteren Positionen in Beziehung setzen. Die Lernenden untersuchen Struktur und Funktion von Moosen, Flechten und Kiefernadeln, analysieren die Erosion verschiedener Bodenarten, werten Land- und Klimakarten aus und recherchieren zu tenerfinischen Vulkantätigkeiten. Anhand der Auswertung von Audiobeiträgen und Recherchen werden soziale und ökonomische Aspekte untersucht.

5.1.2 Offenheitsgrade der Forschungsmodule

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse, anhand derer die Lernenden zu einer Lösung bzw. einem Diskurs darüber gelangen sollen, werden anhand der IBSE⁹

⁹Der Begriff des Forschenden Lernens wird in Anlehnung an die Kriterien der *Inquiry Based Science Education* (IBSE) verwendet (NRC, 2000: 29)

Forschungsaktivitäten (s. Tab. 2.3, S. 35) entwickelt, angepasst oder verfeinert. Dabei liegen den Aktivitäten Ergebnis- und Weg-Offenheit mit unterschiedlicher Ausprägung zugrunde (s. Tab. 5.5).

In Modul 1 „Bauer sucht Ernte“ sind die Forschungsfragen und zu untersuchende Hypothesen ebenso vorgegeben wie die Art und Weise, Daten zu sammeln, zu analysieren und zu interpretieren. Auch weitere Informationsquellen sind vorbereitet und die Art und Weise der Kommunikation strukturiert. Abweichungen oder Auswahl unter mehreren Möglichkeiten sind nicht vorgesehen, sodass hier insgesamt stark strukturiertes Forschendes Lernen vorliegt.

Modul 2 „Flusskrebse“ beinhaltet den vorgegebenen Themenbereich *Flusskrebse in der Wümmen* und die übergeordnete Frage „Sollen wir den Edelkrebs bei uns wieder ansiedeln?“. Die Themen der Stationen, „Anatomie“, „Wasserchemie“, „Habitat“, „Verhaltensbiologie“ und „Immunbiologie“, untergliedern die Tagesfrage überschaubar für die Lernenden, sodass sie eigene Fragen entwickeln können, die ihrem persönlichen Interesse, aber auch den Zielsetzungen ihrer Auftraggeber entsprechen. Die zugehörigen Hypothesen und Vorgehensweisen können selbst konzipiert oder aus Vorschlägen gewählt werden. Die Wahl des Forschungsweges findet daher geleitet und teils durch Hilfen unterstützt statt. Datenanalyse und Interpretation bleiben den Lernenden überlassen, wobei die Stationen betreuende Tutoren bei Bedarf Hilfestellungen geben, sodass die Forschungsaktivitäten als eher offen kategorisiert werden. Die Verbindung der Erkenntnisse mit weiteren Quellen und die Darstellungen der Ergebnisse den übrigen Gruppen gegenüber wird strukturiert begleitet und ist als geleitet bzw. strukturiert mit Wahlmöglichkeiten angelegt. Insgesamt ist dieses Forschungsmodul am offensten angelegt und bietet den Lernenden vielfältige Möglichkeiten, autark oder tutoriert eigene Forschungserfahrungen von der Fragenentwicklung bis zur Präsentation und Verteidigung zu machen.

In Modul 3 „Autobahn für Teneriffa?“ werden die Forschungsfragen an den einzelnen Stationen vorgegeben, die Hypothesenbildung aber den Lernenden überlassen. Die Datensammlung geschieht gelenkt durch das an den Stationen zur Verfügung stehende Material und die begleitenden Tutoren, die Datenanalyse- und Interpretationswege sind vorgegeben. Durch die Interdisziplinarität der Thematik wurde ein vorwiegend stark gelenkter Zugang gewählt, um Selbststeuerung zu ermöglichen und gleichzeitig ein Gelingen der Aufgaben zu gewährleisten.

Tabelle 5.5: Offenheitsgrade der BaSci Forschungsmodule

Kriterium	Modul 1: Bauer sucht Ernte	Modul 2: Flusskrebse - Einwanderer oder Invasoren?	Modul 3: Eine Ringautobahn für Teneriffa?
Frage stellen	Die Forschungsfragen sind vorgegeben und werden nicht verändert.	Je nach Perspektive können die gebotenen Vorschläge zu unterschiedlichen Fragen entwickelt werden.	Die Forschungsfragen sind vorgegeben und werden nicht verändert.
Hypothesen aufstellen	Die Hypothesen sind vorgegeben.	Die Hypothesen werden aus den bereitgestellten Informationen entwickelt. Es werden bei Bedarf Denkanstöße zur Verfügung gestellt.	Die Hypothesen werden aus den bereitgestellten Informationen entwickelt.
Daten sammeln	Die Materialien werden bereitgestellt.	Die Lernenden entscheiden aus vorgegebenen Möglichkeiten, welche Daten gesammelt werden. Abwandlungen sind möglich.	Die Lernenden entscheiden aus vorgegebenen Möglichkeiten, welche Daten gesammelt werden. Abwandlungen sind möglich.
Daten analysieren	Die Analyse der Daten ist vorgegeben.	Die Analyse der Daten ist den Lernenden überlassen, aber Hilfen können eingefordert werden.	Die Analyse der Daten ist vorgegeben.
Daten erklären	Die Interpretation und Darstellung der Ergebnisse erfolgt nach vorgegebenem Raster.	Die Form der Datenerklärung bleibt den Lernenden überlassen.	Die Interpretation und Darstellung der Ergebnisse erfolgt nach vorgegebenem Raster.

Tabelle 5.5: Fortsetzung Offenheitsgrade Forschungsmodule

Kriterium	Modul 1: Bauer sucht Ernte	Modul 2: Flusskrebse - Einwanderer oder Invasoren?	Modul 3: Eine Ringautobahn für Teneriffa?
Erkenntnisse verbinden	Es werden Ressourcen vorgegeben, die mit dem erlangten Wissen verknüpft werden sollen.	Verschiedene Ressourcen werden zur individuellen Auswahl angeboten.	Verschiedene Ressourcen werden zur individuellen Auswahl angeboten.
Erkenntnisse kommunizieren	Die Lernenden bekommen genaue Anweisungen, wie sie ihre Erkenntnisse kommunizieren.	Die Anleitung zur Kommunikation kann verändert und angepasst werden.	Die Anleitung zur Kommunikation kann verändert und angepasst werden.
Erkenntnisse reflektieren	In allen drei Modulen werden in den Kleingruppen mit der Betreuerin Fehlerdiskussionen durchgeführt. Weitergehende Reflexionen bezüglich Bedeutung, Sicherheit usw. werden nicht gefordert, sondern finden bei Bedarf innerhalb der Kleingruppen während der Vorbereitung auf den „Forscherkongress“ statt.		

Im Vergleich der Offenheitsgrad-Abstufungen (s. Kap. 2.4.2, S. 32) treten deutliche Unterschiede zwischen den Forschungsmodulen hervor (s. Abb. 5.1). Modul 1 wurde weitgehend geschlossen konzipiert, Forschungsinhalte und -wege sind vorgegeben. Modul 2 weist eine große Offenheit auf, selbst Inhaltsgewichtungen sind selbständig wählbar. Modul 3 bildet den leicht geöffneten Mittelweg, auf viele Aspekte kann eingewirkt werden, jedoch wird das Forschungsgerüst vorgegeben. Dies ist vor allem den Themen und möglichen Herangehensweisen an die jeweilige Forschung geschuldet. Experimente mit komplizierten Apparaturen, Chemikalien oder dem Bunsenbrenner bedürfen größerer Betreuung und Planung, die der Offenheit oft im Wege stehen. Auch spielt die Einschätzbarkeit der Lerngruppen eine Rolle.

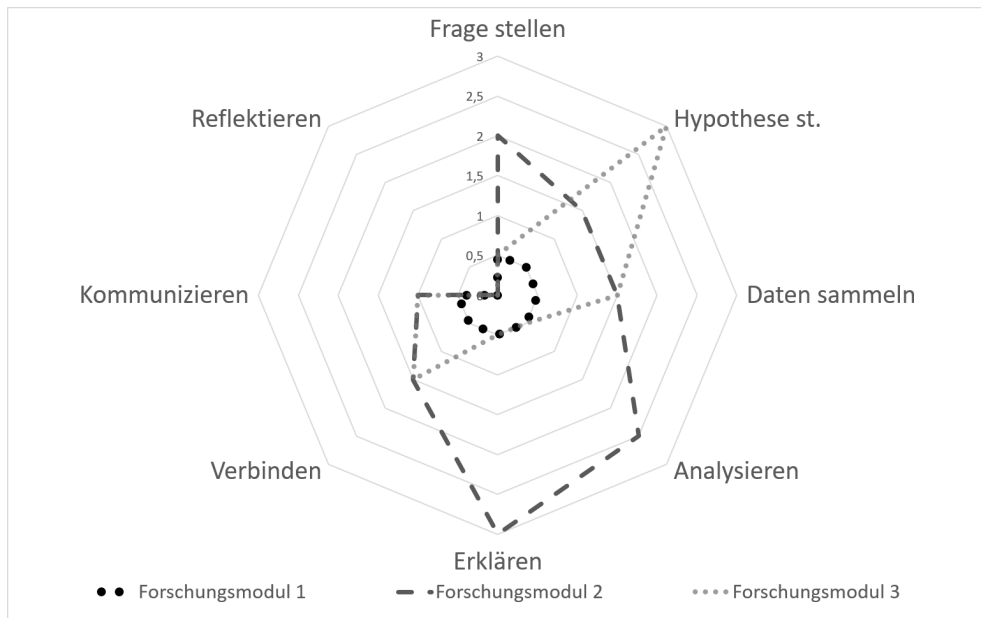


ABBILDUNG 5.1: IBSE-Offenheitsgrade der Forschungsmodule; 0 = fehlend, 0,5 = stark strukturiert, 1,5 = stark gelenkt bis 3 = offen

5.1.3 Bezug der Forschungsmodule zu NOS/I

Wie Bianchini & Colburn (2000) zeigten (s. Kap. 2.4.3, S. 37), kann eine auf die Explikation von NOS/I-Elementen angelegte forschend-lernende Unterrichtseinheit zu ergiebigen Diskussionen und nachhaltigen Einsichten in die Natur der Naturwissenschaften führen. Die Forschungsaktivitäten dieser Studie sind größtenteils ebenfalls auf diese Explikation hin ausgelegt. Inwiefern die Selbständigkeit der Lernenden im Forschungsprozess, also der Offenheitsgrad, auf die Ergiebigkeit solcher Diskussionen und die Nachhaltigkeit daraus resultierender Einsichten wirkt, bedarf einer weitergehenden Untersuchung mit größeren

Probandengruppen und in Inhalt, Umfang und Methoden vergleichbarem Lerninhalt.

In der folgenden Tabelle (s. Tab. 5.6) sind den Aktivitäten der drei Module die inhärenten Charakteristika von Naturwissenschaft zugeordnet. Einige Aktivitäten können unabhängig vom WV vollzogen werden, doch viele andere, z.B. Datenanalyse und -interpretation werden durch die Annahmen der Forschenden über NOS/I, Charakteristika von Daten, Wahrheit und Umwelt, implizit (s. Kap. 2.4.1, S. 30) bestimmt.

Tabelle 5.6: NOS/I-Elemente in den BaSci Forschungsmodulen

NOS/I-Aspekt	Inhalt	Forschungstätigkeiten
SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS	Unsicherheit des Wissens auch ohne Fehler oder Sorgfaltsvernachlässigung	Diskussion über unterschiedliche mögliche Interpretationen innerhalb der Kleingruppen oder im Plenum
	Wissenschaftliches Wissen ist nicht für alle Zeit gültig	Unterschiedliche Ergebnisse und mangelnde Übertragbarkeit durch unkontrollierbare und unvorhersagbare Variablen
ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS	Veränderung bestehenden Wissens	Folgeuntersuchungen, Kombination mehrerer Gruppenergebnisse, Experimentabwandlungen führen zu Erkenntnisveränderungen
NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS	Unterschied zwischen Daten und Erkenntnissen	Untersuchungen durchführen und Erkenntnisse ableiten (Wasserhaltevermögen aus Humusgehalt; Stärkeeigenschaften aus Korncharakteristika); Forschungsstudienenergebnisse und -erkenntnisse analysieren
	Forschung ist fragen-geleitet	Untersuchungen nach eigener oder vorgegebener Fragestellung durchführen
	Absicherung der Erkenntnisse	Wiederholungen, Kombination mehrerer Gruppenergebnisse, Experimentabwandlungen
ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG	Nutzung der Ergebnisse zur Entscheidungsfindung	Experimente durchführen, Informationen recherchieren und die Erkenntnisse für eine Argumentationsstruktur nutzen

Tabelle 5.6: Fortsetzung NOS/I-Elemente in den BaSci Forschungsmodulen

NOS/I-Aspekt	Inhalt	Forschungstätigkeiten
	Nutzung der Ergebnisse zur Erklärung eines Sachverhalts	Experimente durchführen, Informationen recherchieren und die Erkenntnisse auf den Sachverhalt beziehen

Forschungsmodul 1 fokussiert durch die teils sehr komplexen Experimente und angeleiteten Analysen den Bereich der NATURWISSENSCHAFTLICHEN PRAXIS. Auf vielen verschiedenen Ebenen werden Daten gesammelt und zu Erkenntnissen zusammengeführt. Dabei werden Wiederholungen und Ergebniskombination mit anderen Gruppen angestrebt, um verlässliche Daten zu erhalten. Da die Erkenntnisse für eine Entscheidungsfindung „im Wettstreit“ genutzt werden, liegt für die Lernenden ein besonderes Augenmerk auf abgesicherter Aussagekraft und das Errichten einer fundierten Argumentstruktur. Im Bereich ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG werden die folgenden Ziele fokussiert: neue Erkenntnisse zu erlangen, Entscheidungshilfen zu bekommen oder zu geben und Argumente für überzeugendes Verhandeln zu erhalten. Die Aspekte SICHERHEIT und ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS werden durch die Modulkonzeption nicht beabsichtigt angesprochen, können aber innerhalb der Kleingruppen z.B. im Bereich der Ergebnis-Absicherung thematisiert werden.

Erfahrungen zu SICHERHEIT und ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS können gemacht werden, wenn sich entsprechende Situationen ergeben, in denen Erkenntnisse einander entgegenstehen, sich verändern und entwickeln. Vor allem in Forschungsmodul 2 besteht die Möglichkeit, anhand ähnlicher Experimente in den verschiedenen Kleingruppen unterschiedliche Interpretationen ähnlicher Ergebnisse zu erhalten, ohne dass dabei zwangsläufig Fehler gemacht wurden. So tritt der Unterschied zwischen Daten und Erkenntnissen besonders heraus (NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS), aber auch die Unsicherheit naturwissenschaftlichen Wissens, das keine immerdar geltende Wahrheit, sondern vielmehr kritisch-logische Aushandlung darstellt.

Die offen gehaltenen Forschungsaktivitäten werden durch selbst entwickelte Fragestellungen geleitet und im Diskurs der Kleingruppe konzipiert. Dabei treten vielfältige Eigenschaften des Forschungsprozesses zutage, sodass viele Teilaspekte aus dem Bereich NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS thematisiert werden können. Zur Zielerreichung sollen die Lernenden diesmal weniger wettstreitend, sondern um Konsens bemüht beratend auftreten, sodass im Bereich ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG Erlangen neuer Erkenntnisse und besonders die Unterstützung von Entscheidungsprozessen im Vordergrund stehen.

Auch Forschungsmodul 3 fokussiert den Bereich NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS durch eine frage- und hypothesengeleitete Struktur als auch die

Forderung nach aussagekräftigen Ergebnissen und Erkenntnissen. Viele der untersuchten Phänomene sind in komplexe und - z.B. im Fall der Vulkantätigkeiten - unüberschaubare Zusammenhänge verwoben, sodass Erkenntnisgrenzen hervortreten. Anhand dieser Grenzen können die Unvollständigkeit naturwissenschaftlichen Wissens und die Möglichkeit des Wandels durch neue Erkenntnisse als Teilaspekte von SICHERHEIT und ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS sichtbar werden. Im Bereich ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG fokussiert Modul, 3 wie das vorhergehende, auf Konsenszielende Beratung.

Über die Forschungsmodule hinweg werden Experiment-Ergebnisse, -Interpretationen und -Erkenntnisse auf folgende Weise betrachtet:

1. Experiment- und Untersuchungsergebnisse können Hypothesen bestärken und verleihen ihnen damit mehr Wahrscheinlichkeit. Es werden NICHT klare Sachverhalte bewiesen.
2. Untermauerte Hypothesen werden anderen, ebenfalls Berechtigung besitzenden, gegenübergestellt.
3. Erkenntnisse werden auf das Kontext-Problem aus mehreren Perspektiven heraus übertragen, sodass das naturwissenschaftliche Vorgehen als argumentative Notwendigkeit hervortritt.

Die Forschungsaktivitäten „[...] must give students an opportunity to experience science and its processes, free of the legends, misconceptions and idealizations inherent in the myths about the nature of scientific enterprise“¹⁰ (McComas, 2002: 68). Erst dann können die Erfahrungen der Lernenden als Ausgangspunkt für reflektierende Explikation dienen. Um diese Erfahrungen zu ermöglichen, benötigen auch die Entwicklerinnen der Forschungsmodule und die Betreuenden genügend angemessenes WV, das sich durch Diskursivität, Reflexivität und korrektes Sachwissen auszeichnet. Ein vorab stattfindender Lehrgang und eine Handreichung zu modulrelevanten Inhalten (Leitfaden zur Modulbetreuung im Anhang S. 250) sollen dies gewährleisten. Ein angemessenes Lehrenden- und Betreuenden-WV ist notwendige Voraussetzung für die Weitergabe an die durch sie instruierten Lernenden (Clough, 2006, vgl. Lederman, 1992), jedoch nicht ausreichende Bedingung.

Reflexivität den eigenen Forschungstätigkeiten gegenüber ist ein ebenso wichtiges Element wissenschaftlichen Arbeitens wie die oben beschriebenen. In den Forschungsaktivitäten der Module wird Reflexion jedoch ausgeklammert und auch die Lehrenden und Tutoren sind angehalten, keine Reflexionen mit den Lernenden durchzuführen. Damit kann eine deutlichere Zuweisung WV- förderlicher Effekte zu den Reflexionstätigkeiten innerhalb des Experimentaldesigns

¹⁰Übers.d.A.: „[...] müssen den Lernenden die Möglichkeit geben, Naturwissenschaft und ihre Forschungsprozesse frei von den Legenden, Misskonzepten und Idealisierungen zu erleben, welche den Mythen über naturwissenschaftliches Forschen inhärent sind.“

erfolgen. In den an die Forschungsaktivitäten anschließenden Reflexionsgesprächen können die Lernenden der entsprechenden Gruppen ihre Erfahrungen mit Forschungscharakteristika herausarbeiten, mit denen der Mitschülerinnen und Mitschüler vergleichen und in NOS/I-Kontexte setzen.

5.2 Das *Reflexionscafé*

Eine im Schülerlabor einzusetzende Methode zur WV-Förderung muss sowohl den Anforderungen an außerschulisches Lernen als auch an eine NOS/I-Explizierungsmethode gerecht werden. Als Basis wurde die *World Café*-Methode (Brown & Isaac, 2007) gewählt. Sie ermöglicht flexible Kommunikation in Großgruppen und eröffnet mittels spezieller Gestaltungs- und Moderationsprinzipien einen Raum, in dem frei gedacht, gesprochen, kooperiert und kreiert werden kann. Benötigt wird eine Umgebung, in der sowohl eigene Gedanken gefasst, als auch frei geäußert werden können, um Reflexionsprozesse zu ermöglichen (s. Kap. 3.1.1, S. 45). Zur Aktivierung fruchtbarer Erinnerungen sollten zudem entsprechende Impulse - Leitfragen, Moderation - vorhanden sein.

Kompetenzerleben, Autonomie und soziales Eingebundensein - die *basic needs* (Ryan & Deci, 2000, s. Kap. 3.3.2.1, S. 59) - sollten für gelingendes interessantes Lernen Beachtung finden. Daher werden die Gruppengespräche mit einer wertschätzenden, alle Teilnehmenden integrierenden und alle Äußerungen akzeptierenden Haltung moderiert. Auf dieser Grundlage können die Lernenden selbst entscheiden, wie aktiv und mit welchen Anteilen sie sich in das Gespräch einbringen wollen.

Im Folgenden sind diejenigen Gestaltungs- und Moderationsprinzipien (vgl. Hurley & Brown, 2009: 6) aus dem Englischen übersetzt aufgeführt, die zur Entwicklung des *RCs* herangezogen wurden:

- Einladende Atmosphäre
- Relevante Fragen
- Hervorrufen und Verknüpfung unterschiedlicher Perspektiven
- Vermeidung vorschneller Urteile
- Wertschätzung jedes Beitrags
- Akzeptanz von Unsicherheit und Ungewissheit
- Aufmerksamkeit für Verbindungen zwischen Ideen, für Muster, Einsichten und tiefere Fragen
- Artikulation wichtiger Einsichten und Gemeinsamkeiten

Da das *World Café* für Unternehmen und damit erwachsene Teilnehmer konzipiert wurde, im Schülerlabor jedoch andere Voraussetzungen und Teilnehmerkompetenzen vorliegen, wird die Methode an einigen Stellen modifiziert. Geschulte Betreuer, nicht Teilnehmer, übernehmen die Moderation und die Leitfragen zielen nicht auf Generierung neuer Ideen - hier: philosophischer Ansätze für die Wissenschaftstheorie - sondern auf reflektierendes Untersuchen der Charakteristika von Naturwissenschaften und Einsichten darüber.

Treffen unterschiedliche WVs aufeinander oder divergieren Vorstellungen von verbalisierten Erlebnissen, fühlen sich die Lernenden möglicherweise gezwungen, ihre eigenen Konzepte zu prüfen. Dies kann im Sinne einer „cooperative controversy“ (Hammerich, 2002: 127) einen starken positiven Effekt auf die Entwicklung kritischen Denkens haben (Hammerich, 2002). Dieses ist nötig, um Überzeugungen, Vorstellungen und Meinungen (auch die eigenen) in Frage stellen zu können. Zudem wird auf diese Weise an die Alltagsvorstellungen (s. Kap. 3.2, S. 48) der Lernenden angeknüpft. In Gruppendiskussionen besteht die Möglichkeit, alltagsähnlich zu handeln und so gewohntes Denken und Handeln, die alltäglichen Vorstellungen zu wecken (Mayring, 2015). Dissonanzen zwischen den Vorstellungen können dann im argumentativen Diskurs erzeugt und bearbeitet werden.

5.2.1 Der Ablauf eines *Reflexionscafés*

Um sowohl die Beschäftigung mit mehreren WV-Aspekten, Gespräche in Kleingruppen darüber als auch die Integration weiterer Lernenden-Perspektiven zu ermöglichen, wird das *RC* mit drei impulsgebenden Tischfragen und zirkulärem Aufbau durchgeführt.

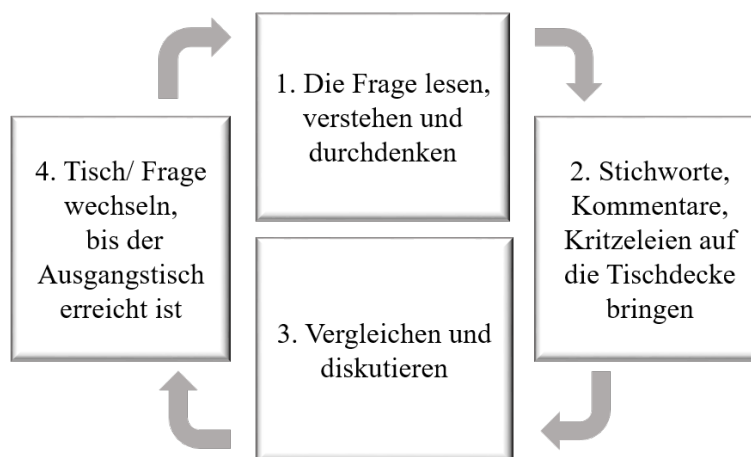


ABBILDUNG 5.2: *Reflexionscafé*-Ablauf

Die Lernenden wählen zu Beginn einen der drei Gruppentische und nehmen einige Erfrischungen zu sich. An jedem Tisch wird die jeweilige Leitfrage

bearbeitet, dann mit der Gruppe zum nächsten Tisch gewandert, bis der Ausgangstisch wieder erreicht ist. Die Reihenfolge der Fragenbearbeitung spielt nur insofern eine Rolle, als alle Gruppen alle Fragen bearbeitet haben sollen, sodass ein Weiterwandern im Uhrzeigersinn dirigiert wird.

Nach einer stillen Phase, in der die Lernenden eigene Gedanken zur Frage sammeln und auf der Tischdecke notieren können, kommen nun alle zu Wort. Sowohl Verweigerung und Vorlesen des Geschriebenen als auch streitbare Darlegungen, Tätigkeitsbeschreibungen und tiefgründige Abstraktionen, sind erlaubt und erwünscht. Die Moderatorin verknüpft Äußerungen, hinterfragt, fasst zusammen und abstrahiert das Geäußerte, ohne es zu bewerten oder eigene Inhalte einzugeben.

Die Moderatorin verbleibt am Tisch, die Gruppe wandert zum nächsten. In der zweiten Runde werden die Lernenden bereits von Kommentaren und Meinungen auf der Tischdecke erwartet, die es zu lesen, zu kommentieren, korrigieren oder zu erweitern gilt. Im Weiteren wiederholt sich der Ablauf, bis die Lernenden wieder am Ausgangstisch sind und sich mit Kommentaren, Korrekturen und Erweiterungen ihrer eigenen Ideen konfrontiert sehen. Hier haben sie nochmals die Möglichkeit, ihre Standpunkte zu überdenken oder zu verteidigen.

5.2.2 Leitfragen zur Explizierung von NOS/I-Vorstellungen

Die reflexionsleitenden Tischfragen und Moderationsimpulse bieten Anknüpfungspunkte an gerade erlebte Modularbeit, als auch schulische und Lebenswelterfahrungen mit Forschung. Mit Zeit für eigene Gedanken und der Sicherheit, dass jede Äußerung akzeptiert wird, können Ideen zu den impliziten Strukturen von Forschung (s. 2.4.1, S. 30) entwickelt, besprochen und reflektiert werden.

Zudem bieten die Fragen eine Fokussierung innerhalb der komplexen Thematik *Natur des naturwissenschaftlichen Wissens und der Forschung* auf ausgewählte Aspekte (s. Kap. 2.2.2, S. 22). Diese spezifischen Aspekte des Lernenden-WV können angesprochen und losgelöst von den anderen bearbeitet werden. Eine Verknüpfung der Vorstellungen kann durch die Lernenden vorgenommen werden, wenn sie in ihrer Kompetenzentwicklung genügend weit fortgeschritten sind (2.3.1, S. 25).

Die Fragen werden zu Beginn jeder Runde verlesen und bei Bedarf geklärt. Die Bearbeitungsreihenfolge der Tischfragen ist nicht vorgegeben.

1. Tischfrage:

Welche naturwissenschaftlichen Vorgehensweisen habt ihr heute angewendet? Und wozu?

Diese Frage ruft die konkreten Tätigkeiten der Modul-Arbeit hervor und verknüpft sie mit Absichten, Leistungen und Möglichkeiten naturwissenschaftlicher Methoden. Die Tätigkeiten werden zudem mit denen „echter“

Naturwissenschaftler und damit Vorstellungen über naturwissenschaftliches Arbeiten verglichen (s. Kap. 2.1.2, S. 12).

Die aufgezeigte Methodenvielfalt steht der Annahme der EINEN wissenschaftlichen Methode gegenüber und ermöglicht eine Untersuchung der verschiedenen Aufgaben unterschiedlicher Vorgehensweisen. Methoden zur Erkenntnisgewinnung müssen genauso auf den jeweiligen Forschungsgegenstand angepasst werden, wie Absicherungsverfahren auf die zu kontrollierenden Variablen. Auch der kritische Diskurs im Kleinen (Arbeitsgruppe) wie im Großen (Wissenschaftsgemeinschaft) kann als Methode der Interpretationsabsicherung, Kommunikation und Verknüpfung diskutiert werden.

Die Gesprächsthemen zu dieser Frage sollen hauptsächlich Inhalte des NOS/I-Aspekts NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS betreffen.

2. Tischfrage:

Welche Ziele hatte das naturwissenschaftliche Arbeiten heute und hat es generell?

Das Ziel der Modularbeit wird herausgestellt und auf gesellschaftlicher, wissenschaftlicher und ökonomischer Ebene vernetzt. Es werden weitere Ziele und Zwecke naturwissenschaftlicher Arbeit beleuchtet und kritisch hinterfragt.

Die Fokussierung der verschiedenen Perspektiven und Ziele innerhalb der Modulforschung kann die Pluralität von Forschungszwecken herausstellen. Zudem können die mehr oder weniger subtilen Einflüsse auf Forschung sichtbar werden, die aus vorab präferierten Ergebnissen entstehen können. Hierbei stehen die Forschenden, ihre Interpretationen und deren Zusammenhang zu Wünschen und Aufträgen im Vordergrund. Werden Ziele auf methodischer Ebene fokussiert, kann wiederum auf die verschiedenen Zwecke unterschiedlicher Methoden eingegangen werden.

Neben Themen aus dem vor allem angesprochenen WV-Aspekt ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG sind auch solche zur ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS oder NATURWISSENSCHAFTLICHER PRAXIS möglich.

3. Tischfrage:

Wie subjektiv waren eure heutigen Erkenntnisse und sind wissenschaftliche Erkenntnisse generell?

Einflüsse durch Forschende, ihre Herkunft, ihre Arbeitsethik und viele weitere Punkte werden hier angesprochen. Diese kritische Frage verlangt vom Lernenden, eigene Tätigkeiten auf subjektive Einflüsse hin zu untersuchen. Wem dies nicht möglich ist, kann auf allgemeiner Ebene über Subjektivität in Wissenschaften reflektieren.

Von anderer Seite wird betrachtet, wie Forschende auf ihre Forschungsarbeit auswirken. Dabei werden die Ursachen unterschiedlicher Ergebnisse und Erkenntnisse, aber auch verschiedener Vorgehensweisen und Argumentationswege fokussiert. Je nach erlebten Erfahrungen in Modul, Schule und Lebenswelt können sehr unterschiedliche Themen auf vielfältige Weise besprochen werden.

Die Bezugnahme auf alle WV-Aspekte ist möglich, besonders SICHERHEIT und ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS sowie KREATIVITÄT UND VORSTELLUNGSKRAFT werden avisiert.

5.2.3 Moderierte Atmosphäre

Möglich werden Äußerungen, die eigene Meinungen und Vorstellungen widerspiegeln, durch die Freiheit der Gruppenbildung und einfache, nicht beengende Regeln (Es sich gutgehen lassen, Malen/ Kritzeln/ Denken erlaubt, Alles geht/ Nichts muss). Diese Maßnahmen zielen darauf ab, eine zwanglose Atmosphäre zu schaffen, in der wenig Scheu besteht, eigene Ideen zu äußern und in der gerade schüchterne oder wenig reflexionserfahrene Lernende die Sicherheit haben, mindestens von der Moderatorin wertgeschätzt und anerkannt, als auch vor weniger sensiblen Mitschülern und Mitschülerinnen in Schutz genommen zu werden.

Während jedoch Erwachsene, für die das *World Café* gedacht ist, meist genügend Selbstdisziplin besitzen, trotz solcher Freiräume sich mit Arbeitsinhalten zu beschäftigen, besteht bei Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, dass eine weitere Beschäftigung mit Lerninhalten abgelehnt wird. Soll die Konzeption und das Ziel der tatsächlichen Reflexion nicht konterkariert werden, muss die Verweigerung ebenfalls zu akzeptieren sein. Jedoch kann dem durch „Bestechung“ z.B. das Reichen von Süßigkeiten und Getränken, oder Appellieren an das Pflichtgefühl seitens der begleitenden Lehrkräfte vorgebeugt werden. Druck über Schulnoten wird strikt ausgeschlossen.

Durch Einüben der Methode ist diese für die Lernenden weniger anstrengend und damit eine Verweigerung unwahrscheinlicher. Eine Schlüsselstrategie ist aber die Konzeption relevanter Leitfragen, in deren Beantwortung die Lernenden Naturwissenschaft mit eigenen Tätigkeiten und Wahrnehmungen verknüpfen und so ihre eigenen Leistungen als relevant erleben können, während die Moderation Druck und Unsicherheit verhindert oder auffängt. Solche Leitfragen und die spezielle Moderationsart erhalten die Atmosphäre aufrecht und helfen dennoch, ein „Versinken im Chaos“ zu vermeiden.

Moderation: Vor ihrem Einsatz absolvieren die Moderatorinnen ein NOS/I-Training (Leitfaden zur Modulbetreuung im Anhang S. 250) mit besonderem Fokus auf die Aspekte, die Schülerlabormodule und Erhebungsinstrumente betreffen (Moderationsleitfaden im Anhang S. 252). So wird differierendes WV der Moderatorinnen als Variable zu verringern versucht. Zu jeder Leitfrage und

je Forschungsmodul beschreibt ein Leitfaden erwartete Lernende-Äußerungen in verschiedenen Abstraktionsgraden und erlaubte bzw. gewünschte Maßnahmen der Moderation bezüglich der Impulsgabe, Hilfestellung, Verknüpfung und Integration der Äußerungen.

Auch generelle Gesprächsunterstützungstechniken werden geschult: Impulsfragen sollen vor allem offen sein, geschlossenen sollen Bitten um Begründung folgen; Aktives Zuhören ermöglicht wertschätzende Aufnahme von Geäußertem, vertiefende Nachfragen und Verknüpfungen zu bereits Gesagtem; Konsequenter Verzicht auf wertende Kommentare öffnet den Gesprächsraum für Ideen, Experimente und engengesetzte Meinungen. Diese Fertigkeiten sind wichtig, da die Moderatorin neben der Gesprächsrundeneröffnung Lernenden-Aussagen verbinden, zwischen oppositionellen Äußerungen vermitteln und Impulse bieten soll, wenn Lernende aus sich selbst heraus keinen Anknüpfungspunkt an das Gespräch finden (vgl. Brown & Isaac, 2007). Neben den wertenden Kommentaren, die einen offenen Gesprächsraum unmöglich machen, ist den Moderatorinnen auch der inhaltliche Input untersagt.

Reale Gruppen: Um den Diskurs zwischen Forscherin und Erforschten (den Lernenden) weitgehend abzulösen durch den Diskurs unter Erforschten, sollen die zu beforschenden Gespräche mit größtmöglicher Themen- und Organisationsfreiheit stattfinden. Mit Hilfe von Realgruppen, auch außerhalb des Forschungskontextes als frei gewählt oder institutionell gebildet existierend, soll diese Freiheit maximiert werden (Pfaff & Bohnsack, 2010). Kleingruppen, in denen die Lernenden verschiedene Stufen des WVs aufweisen, wären für Lernerfolg sehr nützlich (Becker, 2008), würde jedoch nicht-freiwillige Gruppen erzeugen, in denen die zur offenen Reflexion nötigen Voraussetzungen fehlen können.

Ogleich das jeweilige Diskursthema durch die Leitfrage eingegrenzt ist, haben die Lernenden einigen Freiraum der Gestaltung, indem sie bestimmte Aspekte und Beispiele fokussieren, oder den Schwerpunkt von der Frage fort verlegen.

Anders als „echte“ Dialoge oder Diskussionen werden hier die Lernenden dazu angehalten, sich zu äußern, ohne dass ein Bezug zum Vorredner (zunächst) notwendig ist. Die eigenen gesammelten Gedanken sollen zum Ausdruck gebracht werden. Erst im weiteren Verlauf können passende Äußerungen durch Moderation (oder folgend sich äuernde Lernende) verknüpft werden, wobei gerade bei mangelnder Vertrautheit mit der Methode das Entstehen wirklicher Bezugnahme den Lernenden schwer fällt. Daher ist die Moderationstätigkeit bei erstmaliger Durchführung besonders wichtig.

Im Gespräch mit freier Themenwahl einigen sich Sprechende auf „gefahrlose“ Themen, bei denen Einigkeit besteht. *RC*-Gespräche jedoch werden durch die Moderation immer wieder auf Themen die Leitfrage betreffend sanft rückgeführt, sodass vermehrt oppositionelle und divergente Gesprächsorganisationsmodi (Przyborski, 2004) auftreten.

5.3 Zusammenfassung: Forschung, das *Reflexionscafé* und NOS/I

- Die Forschungsmodule des BaSci Schülerlabors sollen neben dem Fachwissen auch Fähigkeiten des naturwissenschaftlichen Arbeitens und WV vermitteln sowie zum Erhalt oder Ausbau des Interesses an Biologie und biologischer Forschung beitragen.
- Forschend lernend wird ein *wicked problem* angegangen, wobei ein für alle Module ähnliches Vorgehen verfolgt wird, um Vergleichbarkeit zu gewährleisten.
- Die drei ökologisch angelegten Kontexte „Bauer sucht Ernte“, „Flusskrebse - Einwanderer oder Bioinvasoren“ und „Ringautobahn für Teneriffa?“ sind lebensweltnah konstruiert und versetzen die Lernenden in unterschiedliche Perspektiven, aus denen heraus geforscht wird.
- IBSE-Elemente wie „Fragen stellen“, „Daten sammeln“ oder „Ergebnisse kommunizieren“ sind in den Modulen in unterschiedlichen Offenheitsgraden (offen - gelenkt - strukturiert) realisiert. Forschungsmodul 1 strukturiert das Forschen stark, Forschungsmodul 2 bietet eine große Offenheit und Modul 3 verfolgt eine mittlere Öffnungsstrategie.
- Die Forschungsaktivitäten aktualisieren Wissenschaftscharakteristika, die inhärent vorliegen und expliziert werden können.
- Als Explikationsmethode dient das *RC*, das dem *World Café* nachempfunden ist und sowohl die notwendigen Voraussetzungen für gelingende Reflexion bietet, als auch den Anforderungen an Selbststeuerung, Kompetenzerleben und soziales Miteinander gerecht werden kann.
- An drei Gruppentischen mit jeweiliger Tischfrage werden entsprechende Aspekte eigener Forschungsarbeit sowie diesbezügliche allgemeine Vorstellungen besprochen, reflektiert und zu denen anderer Gruppenmitglieder in Beziehung gesetzt.
- Die Moderatorinnen bekleiden eine Schlüsselfunktion und werden daher bezüglich WV und der besonderen Aufgaben geschult.
- Reale Gruppen erlauben größeren Alltagsbezug in den Äußerungen und im Diskursverhalten, sodass Eingriffe in die Diskursstruktur minimiert werden.

Die Schülerlabor-Forschungsmodule und das *Reflexionscafé* werden experimentell daraufhin untersucht, wie sie das Wissenschaftsverständnis der Lernenden beeinflussen. Dabei werden Instruktionsart und Instruktionsanzahl verändert (s. Tab. 6.1) und die Wirkung anhand von Mittelwertvergleichen quantitativ untersucht.

Das WV der *RC*-Instruktionsgruppen wird unterstützend qualitativ in seiner Aktualisierung innerhalb der Reflexionsgespräche erhoben und mit den quantitativen Ergebnissen in Beziehung gesetzt. An quantitativen Daten können Effekte gut dargestellt werden, wobei die Informationen über den gemessenen Gegenstand beschränkt sind (Lederman *et al.*, 2002). Um die WV-Ausprägungen inhaltlich beschreiben, die quantitativen Ergebnisse stützen oder stürzen zu können, werden die Äußerungen der Lernenden hinzugezogen. Um die Daten konvergieren zu können, werden die Daten der qualitativen Kategorien quantifiziert, sodass Anzahl und Zusammensetzung bestimmter Kategorien bzw. Niveaus Rückschlüsse auf Veränderungen und damit Effekte zulassen.

Eingebettet in die Studie ist eine weitere qualitative Auswertung der Reflexionsgespräche auf Hinweise, wie sich das WV innerhalb von Gruppenreflexionsgesprächen verändern kann. Die quantitativen Auswertungen können belegen, inwieweit die Intervention zu einer WV-Veränderung führt. Eine Erklärung der Effekte können sie jedoch nicht leisten. Anhand inhaltsanalytischer Auswertung der Dialoge ist es möglich, eine solche Erklärung bzw. Hinweise darauf zu finden oder Hypothesen für Folgeuntersuchungen zu generieren. Diese in die Tiefe gehende Perspektive auf den Forschungsgegenstand, ihre Vorgehensweisen, Analysen und Auswertung, werden in Kap. 9 (S. 205) beschrieben. Die Kombination von qualitativen und quantitativen Daten auf zwei Ebenen erfordert besonders vorsichtiges und reflexives Vorgehen und ebenso vielfältige Kompetenzen. Neben den persönlichen Kompetenzen der Forschenden, deren zweites Fach Germanistik ist, werden für statistische Beratung, Analyse-Tandembildung und Zweitkodierungen Biologinnen, Psychologinnen und Biologiedidaktikerinnen herangezogen.

Da es sich bei den Experimentalgruppen um intakte Gruppen handelt,

Tabelle 6.1: 2-faktorieller Versuchsplan

Instruktionsart	Instruktionsanzahl	
	1x	3x
Forschung mit Reflexion	4 Schulklassen	4 Schulklassen
Forschung ohne Reflexion	4 Schulklassen	4 Schulklassen

nicht um randomisierte, liegt ein Quasi-Experiment (Creswell, 2014) vor. Die Generalisierbarkeit der Ergebnisse auf weitere Gruppen als die beteiligten und andere Umgebungen als das Schülerlabor ist hier deutlich eingeschränkt gegenüber einem Experiment, in dem zufällig ausgewählte Lernende zufällig auf die Experimentalgruppen verteilt werden, sodass viele äußere Einflüsse als zufällig auf alle Gruppen verteilt gelten können. Solche Einflüsse können bei nicht zufälliger Verteilung Erklärungsalternativen sein, sodass sie besonders kontrolliert werden müssen. Mittels Pre-Test werden Ausgangsunterschiede der Experimentalgruppen dokumentiert. Die Befragung einer instruktionsfreien Gruppe kontrolliert entwicklungs- und schulbedingte WV-Veränderungen. Da diesen Kontrollmaßnahmen ebenfalls Schwierigkeiten inhärent sind, müssen auch sie sorgfältig diskutiert und in Bezug auf Übertragbarkeit von Aussagen untersucht werden.

Zunächst werden die teilnehmenden Lernenden der Gesamtstichprobe vorgestellt und die Probanden gruppiert (Kap. 6.1, S. 94). Folgend wird das experimentelle Design der Studie skizziert, in dem die Gruppen den Variablen *⟨Reflexionscafé - nicht Reflexionscafé⟩* und *⟨3 Modulbesuche - 1 Modulbesuch⟩* zugeordnet werden (Kap. 6.2, S. 98). Die Datenerhebung mittels Fragebogen (s. Kap. 6.3, S. 100) und die Methoden zur Beurteilung der Skalen-Güte als auch für statistische Berechnungen (s. Kap. 6.4, S. 114) werden ebenso beschrieben wie das Vorgehen zur Erhebung der komplementären qualitativen Daten (s. Kap. 6.5, S. 119).

6.1 Stichprobenbeschreibung

Die Experimentalstichprobe umfasst 16 Schulklassen der Klassenstufen 8-10 aus kooperierenden Gymnasien und Oberschulen (Niedersachsen und Bremen), die während des Schuljahres 2013/14 das BaSci Schülerlabor teils mehrfach besuchen. Als Kontrollgruppe dienen 8 Schulklassen (ebenfalls 8.-10. Klasse, Gy und OS), die während des Schuljahres 2014/15 zu drei Zeitpunkten befragt werden. Die Gesamtstichprobe besteht aus 537 Lernenden im Alter von 13-17 Jahren (Durchschnittsalter: 14,8; ♀: 52%, ♂: 48%).

Die Repräsentativität der Stichprobe bezieht sich auf Schulklassen ab der Mittelstufe, die das BaSci Schülerlabor besuchen. Da immer wieder Labormodule angeboten und von Lernenden aus Bremen und Niedersachsen besucht werden, wird hier von einer unendlich großen Grundgesamtheit ausgegangen. Jeder Klasse aus jeder Schule ist es prinzipiell möglich, das BaSci Labor zu besuchen, solange es Forschungsmodule anbietet. Um Orientierung über eine rechnerisch aussagekräftige Stichprobengröße zu erlangen, wird die Formel zum „Minimal erforderliche[n] Stichprobenumfang für eine unendliche Grundge-

samtheit“¹ (Mossig, 2012: 19) zugrunde gelegt: $n \geq z^2 \cdot \frac{P \cdot Q}{\epsilon^2}$. Das errechnete Ergebnis, eine Stichprobengröße von 384 Probandinnen und Probanden, wurde als Richtmaß benutzt, konnte aber nicht erreicht werden: 338 Schülerinnen und Schüler besuchten innerhalb der Studie das BaSci Labor und konnten ausgewertet werden. Wegen der anteiligen Mehrfachbesuche wurden aber insgesamt 593 auswertbare³ Personenbesuche (teils zwei- oder dreimal dieselbe Person) im Labor betreut. Diese Zahl bildete den bewältigbaren Grenzwert.

6.1.1 Teilnehmende der Experimentalgruppe

Die Experimentalgruppe besteht aus 338 Lernenden, die entweder einmal (EM) oder mehrmals (MM) das Schülerlabor besuchen und dort im Anschluss an das Forschungsmodul entweder ein *RC* besuchen oder nicht (*nRC*; s. Tab. 6.2). Durch die Abhängigkeit von der Kooperation der jeweiligen Lehrkräfte und Schulverwaltungen, ihrer Zuverlässigkeit und der Bereitschaft der Lernenden entsteht eine verzerrte Stichprobe aus Schulklassen, deren Individuen das Schülerlabor besuchen wollen und können. Dadurch ist die Generalisierbarkeit von Aussagen auf Lernende aus Bremen und Niedersachsen, deren Biologielehrenden sich für Schülerlaborbesuche engagieren, beschränkt.

Tabelle 6.2: Verteilung der Stichprobe auf die Experimentalgruppen

Gesamtteilnehmerzahl	338	100%
Mit <i>Reflexionscafé</i> (<i>RC</i>)	180	53,3%
Ohne <i>Reflexionscafé</i> (<i>nRC</i>)	158	46,7%
Mehrmaliger Schülerlaborbesuch (MM)	186	55%
Einmaliger Schülerlaborbesuch (EM)	152	45%
Weiblich	190	56,2%
Männlich	148	43,8%

Aus organisatorischen Gründen bestehen die Gruppen, die das Schülerlabor mehrfach besuchen, nur aus Gymnasialklassen. Die Schulklassen und ihre Lehrkräfte müssen zu drei spezifischen Zeitpunkten im Schuljahr das Labor aufsuchen, sodass eine enge Kooperation mit wenigen verlässlichen Partnern notwen-

¹Für diese Formel wie alle anderen muss die Ziehung der Stichprobe zufällig und die Wahrscheinlichkeit des Gezogenwerdens bekannt sein. Dies ist hier nicht der Fall, sodass das berechnete Ergebnis ausschließlich als Orientierung in der Größenordnung zu verstehen ist.

² n = minimal erforderlicher Stichprobenumfang; z = gewählte Sicherheitswahrscheinlichkeit, bei 95% = 1,96; ϵ = gewählter tolerierter Fehler, bei 5% = .05; P = tatsächlicher Mittelwert der Grundgesamtheit, da unbekannt, wird der Wert benutzt, der den größten Stichprobenumfang verursacht = .5; Q = 1- P

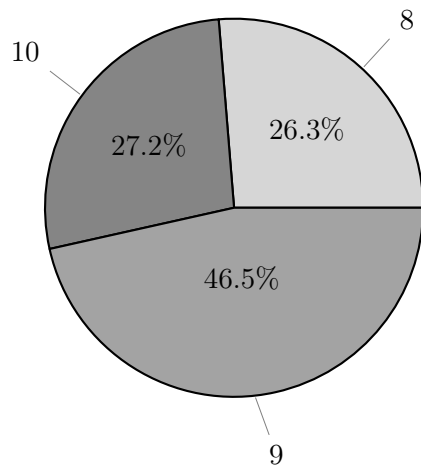
³18 Tests wurden wegen Antwortverweigerung ausgeschlossen (leer, auffälliges Ankreuzmuster).

Tabelle 6.4: Verteilung der Experimentalgruppe nach biologischem Geschlecht

Gruppe	N	N%	♂/♀	♂/♀%
MM <i>RC</i>	97	52,2%	46/51	47,4/52,6%
MM <i>nRC</i>	89	47,8%	38/51	42,7/57,3%
EM <i>RC</i>	83	54,6%	28/55	33,7/66,3%
EM <i>nRC</i>	69	45,4%	36/33	52,2/47,8%

dig ist, um Ausfälle gering zu halten. Damit weist die Mehrmals-Besuchsgruppe eine große Homogenität auf, was in vergrößerter Vergleichbarkeit zwischen den beiden Mehrmals-Gruppen mit/ohne *RC* resultiert. Dagegen leidet die Vergleichbarkeit dieser Gruppe mit den Einmal-Besuchsgruppen und auch der Kontrollgruppe, die Entwicklungs- und schulische Lerneffekte kontrolliert.

(a) Verteilung der Lernenden nach Klassenstufe



(b) Verteilung der Lernenden nach Alter

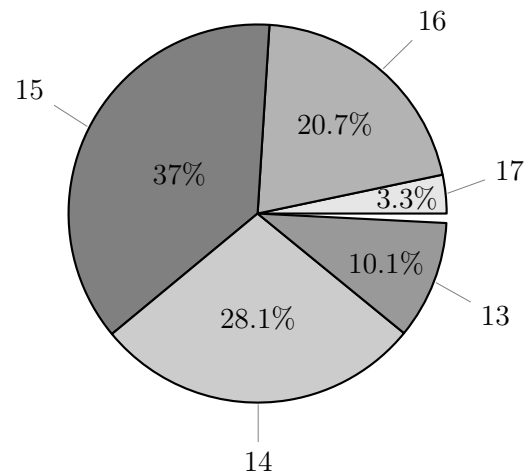


ABBILDUNG 6.1: Zusammensetzung der Experimentalgruppe nach Klassenstufe und Alter

Etwa die Hälfte der Lernenden sind in der 9. Klassenstufe, je ca. 25% aus den Klassenstufen 8 und 10 (s. Abb. 6.1). Damit sind die meisten der Lernenden 14 oder 15 Jahre alt (65.1%), 10-20% 13 oder 16 und ca. 3% 17 Jahre alt. Da die 10. Klassen im Folgejahr auf Oberstufenkurse und verschiedene weiterführende Schulen verteilt und nicht mehr erreichbar sind, entfallen diese Probanden für die Follow-up-Ergebnisse.

Eine Gleichverteilung der Geschlechter ist erwünscht, kann jedoch nur für die MM-*RC*- und die EM-*nRC*-Gruppe annähernd erreicht werden (s. Tab. 6.4). In der MM-*nRC*- und in der EM-*RC*-Gruppe ist das Verhältnis mit etwa

60/40 zugunsten der Mädchen ungleich verteilt.

Allen Gruppen ist gemeinsam, dass die Charakteristika der Naturwissenschaften und ihrer Forschung als Unterrichtsgegenstand in keinem der Schulcurricula vorgesehen ist und dass die kooperierenden Biologielehrkräfte keine Unterrichtseinheiten zu diesem Thema oder reflexives Betrachten von Wissenschaft durchführen. Mögliche WV-beeinflussende Tätigkeiten in den anderen naturwissenschaftlichen Fächern sind nicht auszuschließen, doch mangels der Verpflichtung durch das Schulcurriculum als unwahrscheinlich zu betrachten.

6.1.2 Zusammensetzung der Kontrollgruppe

Die befragten Lernenden der Kontrollgruppe (N=199) entstammen zum Teil (N=37) den Schulen, die auch die Interventionsklassen stellen. Zur Vergrößerung der Gruppe wurden weitere Klassen aus vergleichbaren Gymnasien und Oberschulen (bzgl. Einzugsgebiet, Größe, Profile) befragt. Die Zusammensetzung spiegelt diejenige der Experimentalgruppe wider (s.u. Abb. 6.4). Die Beteiligung von Oberschul-Lernenden (N=93) ist für eine Vergleichbarkeit mit der EM-Experimentalgruppe notwendig. Die Integration vieler Gymnasialschülerinnen und -schüler sowie Oberschulklassen mit naturwissenschaftlichen Profil soll die Vergleichbarkeit mit der homogenen MM-Experimentalgruppe erhöhen.

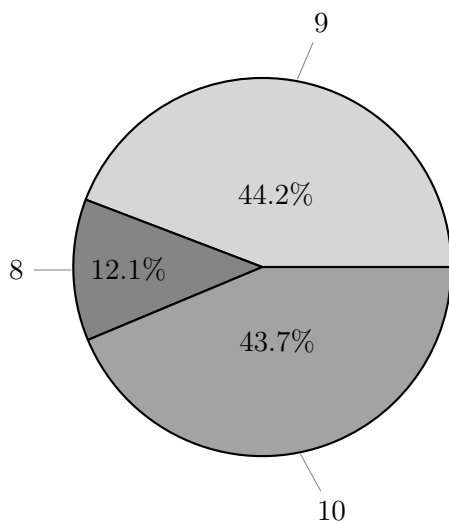


ABBILDUNG 6.2: Zusammensetzung der Kontrollgruppe nach Klassenstufe

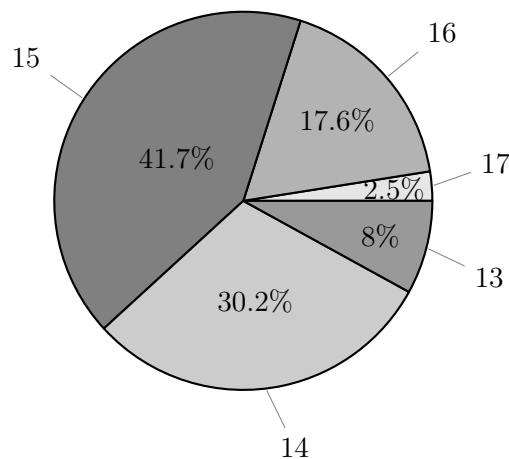


ABBILDUNG 6.3: Zusammensetzung der Kontrollgruppe nach Alter

Auch hier werden naturwissenschaftstheoretische Themen und Reflexionen hierzu in Curriculum oder Unterrichtsplanung nicht durchgeführt.

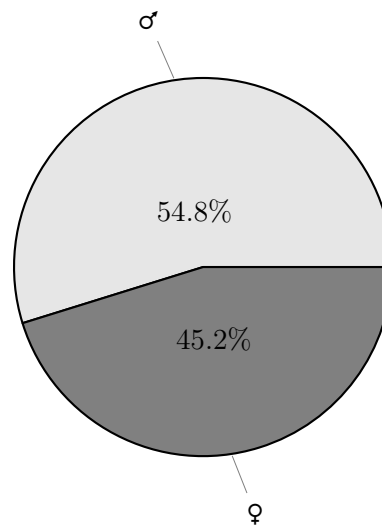


ABBILDUNG 6.4: Zusammensetzung der Kontrollgruppe nach biologischem Geschlecht

6.2 Das Forschungsdesign der Studie

Im 2x2-Längsschnittdesign (Abb. 6.5) wird die Experimentalgruppe zunächst unterteilt in je acht Schulklassen, die entweder eines der drei entwickelten Schülerlabormodule „Bauer sucht Ernte“, „Flusskrebsinvasion“ oder „Ringautobahn für Teneriffa?“ (s. Kap. 5.1, S. 70) besuchen (EinMaliger Besuch - EM) oder alle drei Module (MehrMaliger Besuch - MM) im Abstand von ca. drei Monaten. Aus beiden Experimentalgruppen durchlaufen je vier zufällig bestimmte Schulklassen nach den Forschungsaktivitäten der Module das *RC* (s. Kap. 5.2, S. 86). Diese Form des Feldexperiments erlaubt die Überprüfung der *RC*-Wiederholung und des Moduls als Einflussfaktoren auf etwaige Fördereffekte, ohne die Lernwirklichkeit der Probandinnen und Probanden sehr zu verändern. Eine „strenge Bedingungskontrolle ist [...] nicht so leicht möglich“ (Klauer, 1973: 52) in einem solchen Design, was zugunsten der Realitätsnähe in Kauf genommen wird.

Parallelisierung der Probandinnen und Probanden, bzw. der Besuchsgruppen, bezüglich des Kenntnisstands, um Vorkenntnisse als Variable kontrollieren zu können (Raithel, 2008), wurde wegen des hohen Vorbereitungsaufwands und der damit den Lernenden ins Bewusstsein rückenden Experimentalsituation nicht durchgeführt. Da Naturwissenschaftstheorie bei keiner der Gruppen Unterrichtsgegenstand ist, wird mit nur geringen Unterschieden in den Altersstufen, und zwischen diesen ein leichter Zuwachs mit Alter angenommen.

Um den Einfluss des Erhebungsinstruments und Einflüsse zwischen den Schülerlaborbesuchen zu überprüfen, beantworten die Teilnehmenden der Kontrollgruppe (K) drei Mal und im Abstand vergleichbar zu dem der Modulbesuche der MM-Gruppe den Fragebogen zu WV und Interesse.

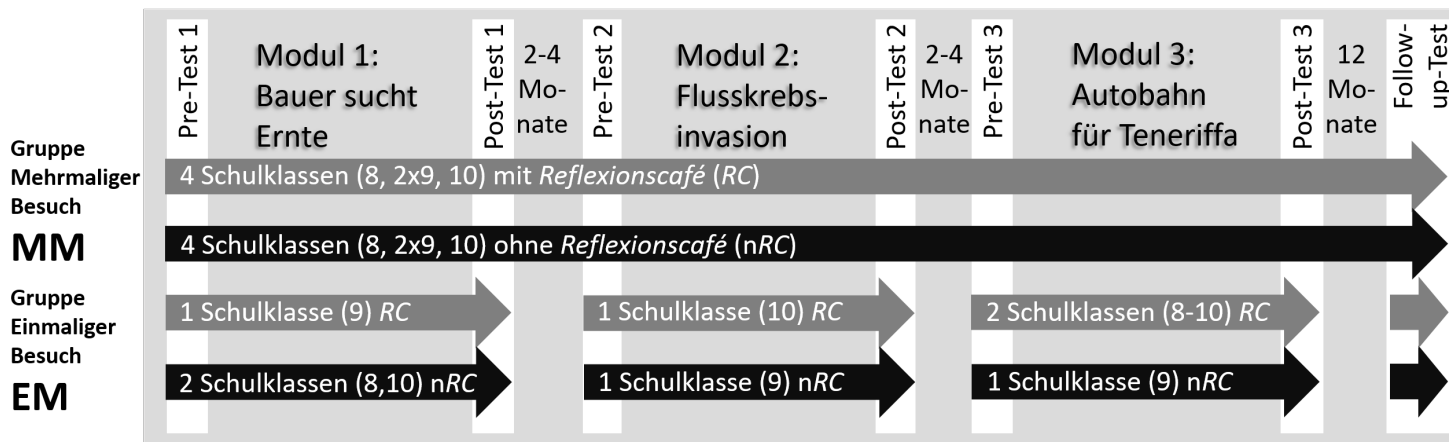


ABBILDUNG 6.5: Studiendesign; MM = mehrmaliger Besuch; EM = einmaliger Besuch; K = Kontrollgruppe; RC = *Reflexionscafé*-Teilnahme; nRC = ohne *Reflexionscafé*-Teilnahme; FB = Fragebogen

Die WV-Ausprägungen bei den Probanden wird quantitativ (s. Kap. 6.3, S. 100) jeweils vor und nach einem Schülerlabormodulbesuch sowie, soweit möglich, zwölf Monate nach dem letzten Besuch erhoben. Die *RC*-Gespräche werden qualitativ (s. Kap. 6.5, S. 119) ausgewertet. Mittels dieser datengewinnungs- und auswertungsmethodisch unterschiedlichen Zugänge werden verschiedene Ebenen des Probanden-WV betrachtet, deren Inbezugsetzen erlauben kann, tiefer in den untersuchten Gegenstand einzudringen (Flick, 2011). Die komplementären Forschungsstrategien (Hammersley, 1996) sollen erheben: 1. das zur Beantwortung der Fragebogen-Items notwendige Wissen der Lernenden, das zwischen den Lernenden und zu verschiedenen Zeitpunkten verglichen werden kann (quantitativ); 2. die zugrunde liegenden Strukturen dieses Wissens in spezifischen Bereichen (qualitativ).

6.3 Die Fragebogenerhebung

Der Fragebogen wird eingesetzt, um Zustände und Veränderung bei den Teilnehmenden innerhalb des Forschungsdesigns zu untersuchen. Dabei wird davon ausgegangen, dass eine Veränderung des WVs in bestimmten Aspekten sich in der Beantwortung der entsprechenden Items durch die Probandinnen und Probanden niederschlägt. Dabei stellt sich die Frage: „[...] to what extent does a particular response represent the particular construct or unobservable variable we are interested in⁴“ (Bonate, 2000: 19). Mit Hilfe der Testung auf Signifikanz können Aussagen über das Maß der Veränderung und gruppenübergreifende Vergleiche getroffen werden, die aber den Beschränkungen der Natur von Antwortverhalten unterliegen: „[...] the accuracy of surveys depends almost completely on the accuracy of people’s answers⁵“ (Tourangeau *et al.*, 2000: 2).

Um zur Bildung einer spezifischen Antwort auf ein Fragebogenitem zu gelangen, muss ein komplexer Prozess durchlaufen werden. Am Anfang steht das Verstehen des Items, seine Repräsentation im Befragten-Kopf und die Identifizierung von Thema und Schlüsselbegriffen. Zu diesen werden nun, falls vorhanden, Erinnerungen aus dem Gedächtnis abgerufen, rekonstruiert, „Lücken gefüllt“. Die Erinnerungen dienen als Grundlage für Ableitungen, Interpretationen, Schätzungen, Rundungen, wobei Grad der Vollständigkeit und Relevanz berücksichtigt werden. Zuletzt muss die gefundene persönliche Antwort auf der Antwortskala verortet werden (Tourangeau *et al.*, 2000).

Für Fragen zu Fakten oder Verhalten (z.B. Zahl der Arztbesuche im letzten Jahr) werden relevante Daten aus der Erinnerung abgerufen und eine Antwort gebildet, deren Korrektheit und Akkuratess (z.B. durch Abgleich mit der Krankenkasse) überprüft werden kann. Ist eine solche Überprüfung der Antwort

⁴Übers. d. A.: [...] in welchem Ausmaß eine spezielle Antwort das betreffende Konstrukt oder die unbeobachtbare Variable, an der wir interessiert sind, repräsentiert

⁵Übers. d. A.: Die Genauigkeit einer Befragung hängt beinahe vollständig von der Genauigkeit der Antworten ab.

nicht möglich, wird von Fragen zu Einstellungen gesprochen (Tourangeau *et al.*, 2000). Die Informationen, auf denen die Vorstellungen zum WV fußen, sind aus individuellen Erfahrungen zusammengesetzt und der Autorin nicht zugänglich, sodass nicht bestimmt werden kann, welche Antwort für welche Lernende korrekt ist.

Die WV-Fragebogenitems sind Aussagen zu Charakteristika der Naturwissenschaften, die negativ und positiv formuliert vorliegen und anhand einer Likertskala zur Abstufung der Zustimmung bzw. Ablehnung auffordern⁶. Da die Aussagen dem Erfahrungshorizont zu Charakteristika von Naturwissenschaft Experten entnommen sind und selten in Schule oder Freizeit thematisiert werden, besitzen die Befragten vermutlich keine bestehenden Urteile darüber, sodass sie in der Antwortsituation Beurteilungen entwickeln müssen. Besteht der Wille, sich inhaltlich mit der Aussage auseinanderzusetzen⁷, wird das Urteil ausgehend von generellen Ansichten zu Naturwissenschaft abgeleitet oder anhand spezieller vorhandener Urteile zu ähnlichen Situationen gebildet (vgl. Tourangeau *et al.*, 2000).

Die Gültigkeit solcher Fragebogen-Items wird kritisch betrachtet (zusammengefasst z.B. Chen, 2006). Neben der notwendigen Beschränkung auf bestimmte Inhalte (s. Kap. 2.2.2, S. 22) bestehen Bedenken bezüglich der Vereinfachung, die durch die Formulierung einsätziger und verständlicher Aussagen entsteht. Es ist ebenso fraglich, wie deckungsgleich das Item-Verständnis der Lernenden zum Verständnis der Autorin sein mag. Vor allem, wenn die Antwortmöglichkeiten eine Entscheidung „erzwingen“, unabhängig vom Verstehen (Lederman *et al.*, 2002).

Ein offener Fragebogen, der die geschilderten Probleme umginge, kann wegen der Zahl der bearbeiteten Bögen (Pre und Post jeweils: 593, Kontrolle: 597, Follow up: 183) nicht bewältigt werden. Das eingesetzte Instrument befragt Einstellungen zu Äußerungen über eine bipolare 5-stufige Likertskala (Likert, 1932; „Stimme völlig zu“ bis „Stimme überhaupt nicht zu“). Die ungerade Stufenzahl lässt den Beantwortenden einen Mittelweg („Teils teils“) offen, sodass Zustimmung oder Ablehnung nicht erzwungen werden. Es wird anlehnend an Kremer, 2010 angenommen, dass Vorstellungen zu den ausgewählten WV-Aspekten als diejenigen Vorstellungen, die auf durch Erfahrungen erlangten Überzeugungen fußen, angemessen mit dem Instrument erhoben werden können.

⁶Auch die Items der Begleitforschung zu Interesse an Biologie, Selbstkonzepten und Lernumgebungsbeurteilungen sind ebenfalls als Statements formuliert, denen mehr oder weniger zugestimmt wird. Für sie gelten ähnliche Einschränkungen in der Aussagekraft wie für die WV-Items.

⁷Werden Urteile über die Zustimmung aufgrund von „Das Wort gefällt mir“, „Das Wort mag ich nicht“ oder ähnlichem gefällt, ist das Antwortverhalten nicht mit dem Konstrukt Wissenschaftsverständnis zu erklären und wird die Reliabilität senken.

6.3.1 Struktur und Funktion des Fragebogens

Der Fragebogen wird im Pre-Post-Follow-up-Design eingesetzt und besteht aus vier Bereichen im Pretest⁸ (ca. 60 Items) und sieben im Posttest⁹ (ca. 100 Items). Die Tests variieren in Fachwissensitems und teils zusätzlichen Fragen, die auf Fragestellungen der angegliederten Masterarbeiten (s. Kap. 5.1, S. 70) fokussieren. Für den Fragebogen der Kontrollgruppe entfallen schülerlaborspezifische Items, sodass dieser Fragebogen deutlich kürzer ist und sich zu den drei Zeitpunkten lediglich im Begrüßungstext unterscheidet.

Zunächst werden personenbezogene Daten wie Alter, Geburtsmonat und -jahr, Geschlecht und Klassenstufe sowie weitere coderelevante Zeichen erhoben, um den Befragten den Zugang zum Instrument zu erleichtern (warming up) und mittels des daraus erstellten Codes die pseudonyme Zuordnung zu gewährleisten. Nach Items zu Interesse gegenüber und Selbstkonzepten bezüglich der Lebenswissenschaften und ihrer Forschung folgen Fragen zum WV, zu modulspezifischem Fachwissen und im Posttest zusätzlich zur Beurteilung von Lernumgebung, Kontext und Schülerlaborbesuch generell. Die Items hängen nicht direkt zusammen, doch können subtile Beeinflussungen nicht ausgeschlossen werden. Um diesen Faktor zu minimieren, werden die Items innerhalb der Skalen gemischt. Über alle Befragungen hinweg bleiben die Items an ihrer Position, sodass, falls die Befragung durch die Position beeinflusst wird, diese Beeinflussung zumindest auf alle Befragten und alle Messzeitpunkte gleichermaßen zutrifft.

Die Antwortskala wird für alle Items benutzt mit Ausnahme der Fragen zu demografischen Daten, Fachwissen (Multiple Choice) und einzelner dichotomer Items (Ja - Nein). Für die Beantwortenden fällt es so leichter, ähnliche Maßstäbe an alle Items anzusetzen und die Fragebögen können objektiver ausgewertet sowie auffällige Antworttendenzen ausgemacht werden. Ausgeschlossen ist für die WV-Erhebung und der übrigen Einstellungen die Nutzung eines „Forced-Choice“-Antwortformats. Bei diesem muss angenommen werden, dass der Grund einer Befragten für die Wahl einer Äußerung derselbe ist, wie der der Instrument-Entwickelnden, was jedoch strittig ist (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Stattdessen wird eine fünf-stufige Skala der Zustimmung eingesetzt. Die ungerade Zahl der Antwortmöglichkeiten mit einer neutralen Position in der Mitte soll eine in positive Richtung verlaufende Beeinflussung der Antwort durch die Neigung zuzustimmen verringern (Tourangeau *et al.*, 2000).

Die Probandinnen und Probanden aus den Gruppen EM und MM, die das BaSci Labor besuchen, werden im Seminar- oder Laborraum, in dem das Forschungsmodul durchgeführt werden soll, begrüßt. Nach Vorstellen der Tagesgestaltung erhalten sie den Pretest und Erklärungen dazu, wie und wozu man den Code erstellt, wie die Beantwortung mittels der Skala verläuft und dass sie

⁸Individuelles Interesse, Selbstkonzept, Wissen über Wissenschaft, Wissen zum jeweiligen Thema

⁹Wie Pretest + Lernumgebung, Kontext, Feedback

nach bestem Wissen und Gewissen ohne Notendruck oder Ähnliches antworten mögen. Der Posttest folgt während der Module 1 und 2 entweder nach der abschließenden Diskussion, Zusammenfassung und Verabschiedung oder nach der anschließenden *RC*-Durchführung. Um einem Beantwortungsabbruch¹⁰ vorzubeugen, wird der Posttest 3 in der Schule (Biologiefolgestunde bzw. falls vorhanden, Vertretungsstunde) ausgefüllt. Die situativen Bedingungen ändern sich somit stark von Posttest 1 und 2 zu 3, bleiben aber innerhalb der Testzeitpunkte stabil für alle Probanden, sodass weiterhin genügend Konstanz der Bedingungen gewährleistet ist, um die beobachteten Unterschiede zwischen den Lernenden auf ihre Person zurückführen zu können (vgl. Klauer, 1973). Durch die Begleiterhebungen des Schülerlabors und die jeweils zusätzlichen Fachwissen-Items ist der Fragebogen sehr umfangreich, besonders der längere Posttest, der etwa eine halbe Stunde zur Bearbeitung benötigt.

Die Eingabe der Fragebögen in SPSS 24¹¹ wird von der Forschenden durchgeführt, kontrolliert und nochmals stichprobenartig überprüft. Je Schulklasse werden die Tests alphabetisch nach ihren Codes geordnet und dieser als erste Variable eingegeben. Dichotome Items werden in 1 (= Ja) und 2 (= Nein) übersetzt, die Zustimmungsstufen den Ziffern 1-5 zugeordnet: 1 = Stimme überhaupt nicht zu, 2 = Stimme eher nicht zu, 3 = Teils teils., 4 = Stimme eher zu, 5 = Stimme völlig zu. Fehlende Kreuze bilden fehlende Werte, Kreuze zwischen zwei Stufen werden der niedrigeren Stufe zugeordnet, da die nächst höhere Stufe der Zustimmung nicht erreicht wurde. Zuletzt werden die negativ formulierten Items umkodiert, sodass 1 den Wert 5 erhält, 2 den Wert 4 usw. Dieser Schritt ist notwendig, da für eine Beurteilung des WVs alle Items in dieselbe Richtung werten müssen.

6.3.2 Die Fragebogen-Skalen

Der „Fragebogen zum Verständnis von der Natur der Naturwissenschaften“ (Urhahne *et al.*, 2008: 82) wurde auf Grundlage bereits existierender Erhebungsinstrumente von Urhahne, Kremer & Mayer (2008) entwickelt und bildet die Grundlage der WV-Subskalen. Die weitere Begleitforschung des Schülerlabors basiert auf vorhergehenden Schülerlaborstudien und wird beschränkt auf die Skala des dispositionalen Interesses.

Folgend wird die Entwicklung der WV-Items nachgezeichnet und die Erstellung der vorliegenden Subskalen zu WV und Interesse beschrieben, als auch die jeweiligen Reliabilitätskoeffizienten ausgewiesen.

¹⁰In Posttest 1 und 2 wurde mehrere Male die letzte Seite nicht mehr bearbeitet, sodass diese Lernenden aus zwei der WV-Skalen fielen.

¹¹IBM SPSS Statistics ist eine lizenzpflichtige Statistik-Software, mit deren Hilfe deskriptive Statistik, Item- und Skalenanalysen, Faktorenanalysen und übliche parametrische und nicht-parametrische Tests durchgeführt werden können.

6.3.2.1 Entwicklung der Skalen

Das in der vorliegenden Studie zum Einsatz kommende WV-Erhebungsinstrument basiert auf dem von Urhahne et al. (2008) entwickelten Fragebogen, der aus Items verschiedener Instrumente besteht. Die Auswahl der Items ist bestimmt durch ihre Abbildbarkeit auf die aus der Literatur abgeleiteten Kerndimensionen¹² (s. Kap. 2.2.1, S. 17).

Die so gewonnenen 123 Items wurden in einer Voruntersuchung auf Angemessenheit und Verständlichkeit an 44 Zehntklässlerinnen geprüft und auf 111 Items aus acht Kerndimensionen¹³ reduziert. Der entstandene Fragebogen wurde an 272 Schülerinnen und Schülern der Klassenstufen 6-10 an Gymnasium und Realschule erprobt. Die Items der Kerndimension *Naturwissenschaftliche Methode* konnten nicht eindeutig einem Faktor zugeordnet werden, sodass diese Subskala entfernt wurde. Hinweise auf Kriteriumsvalidität bieten die hypothesierten und gefundenen Zusammenhänge des WV-Niveaus mit der Klassenstufe, dem domänenspezifischen Selbstkonzept und den gezeigten Lernleistungen (Urhahne et al., 2008).

Die Reliabilität der verbliebenen Subskalen für sieben Kerndimensionen¹⁴, getestet an 207 Lernenden der Sekundarstufe I (Klasse 6-9 aus Gymnasium, Realschule und Gesamtschule), wird mittels des Reliabilitätskoeffizienten *Cronbach's α* ($C\alpha$) (s. Kap. 6.4.1.2, S. 115) ermittelt. Die Testung ergibt ungenügende Messgenauigkeit für die Subskalen *Einfachheit des naturwissenschaftlichen Wissens* und *Kreativität und Vorstellungskraft*. Die Reliabilität der übrigen Subskalen (s. Tab. 6.6: Kremer 2010 I) wird als befriedigend beurteilt. In einer weiteren Erhebung an 221 Lernenden der Sekundarstufe I werden niedrigere Reliabilitäten unter $C\alpha .7$ ausgemacht (s. Tab. 6.6: Kremer 2010 II).

Der eingesetzte Test umfasst die in Tab. 6.6 aufgeführten Subskalen (Kremer, 2010; Urhahne et al., 2008). Eine Übersicht der ursprünglichen und der verwendeten Items befindet sich im Anhang (s. ??, ??). Der Zusammenhang der Skalen mit den in Kap. 2.2.1 (S. 17) erläuterten NOS/I-Aspekten ist in Abb. 6.6 dargestellt.

¹²Diese sind *Sicherheit des Wissens, Entwicklung des Wissens, Einfachheit des Wissens, Rechtfertigung des Wissens, Herkunft des Wissens, Zweck der Naturwissenschaften, Theorien und Gesetze, Naturwissenschaftliche Methode, Kreativität und Vorstellungskraft. Soziale und kulturelle Einflüsse auf die Naturwissenschaften* wurden bereits im Vorfeld wegen der Weite des Feldes ausgeschlossen (Urhahne et al., 2008)

¹³*Theorien und Gesetze* fiel wegen Messschwierigkeiten und zur Vermeidung von Überforderung weg.

¹⁴*Sicherheit, Entwicklung, Einfachheit, Rechtfertigung, Herkunft des naturwissenschaftlichen Wissens, Zweck der Naturwissenschaften* und *Kreativität und Vorstellungskraft*

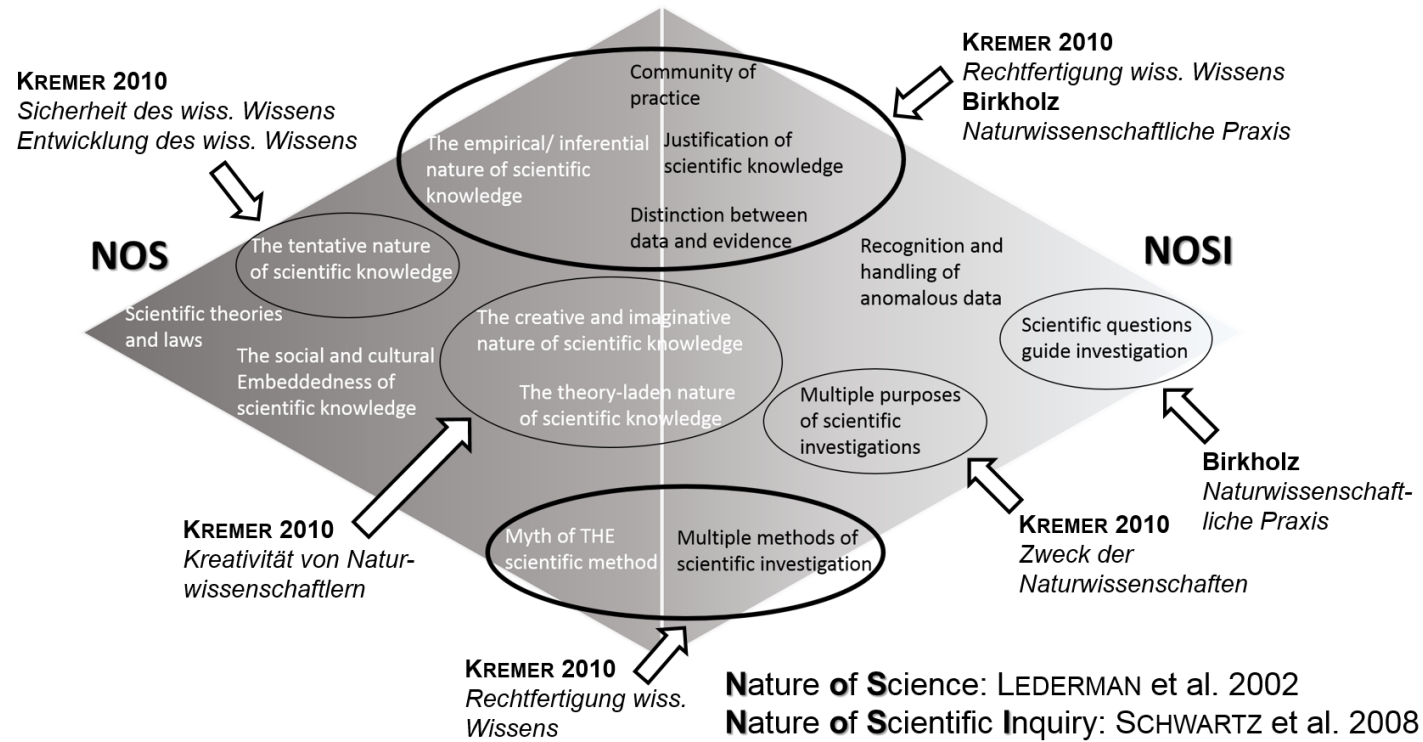


ABBILDUNG 6.6: *Nature of Science* (NOS), Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002; *Nature of Scientific Inquiry* (NOSI), Schwartz, Lederman & Lederman, 2008

Tabelle 6.6: Verwendete WV-Skalen und ihre Reliabilitäten

Subskalenbeschreibung	NOS- und NOSI-Inhalte	$C\alpha$ Urhahne et al. (2006)	$C\alpha$ Kremer (2010) I & II
SICHERHEIT DES WISSENS: Naturwissenschaftliches Wissen ist zugleich beständig und vorläufig, „[...] nie absolut und vollkommen sicher“ (Urhahne et al., 2008: 77). Es können verschiedene Theorien zugleich gültig als auch verschiedene Antworten möglich sein. (5 von 7 Items übernommen)	Die vorläufige Natur von Wissen (NOS)	.66	.66-.55/ .61
ENTWICKLUNG DES WISSENS: Naturwissenschaftliches Wissen verändert sich, nimmt neue Erkenntnisse und Beweise an. Der Prozess ist aber nicht von weniger zu mehr „Wahrheit“ gerichtet. (4 von 8 Items übernommen)	Die vorläufige Natur von Wissen (NOS)	.71	.68-.75/ .69
RECHTFERTIGUNG DES WISSENS: Naturwissenschaftliches Wissen wird durch vielfältige Methoden gewonnen und beruht zudem auf „[...] rationalen Begründungen und Skepsis“ (Urhahne et al., 2008: 77). (5 von 9 Items übernommen)	Methoden der Wissenschaftsgemeinschaft; Unterscheidung von Datum und Beleg; Rechtfertigung des Wissens (NOSI); Die auf Beobachtungen basierende/ abgeleitete Natur von Wissen (NOS); Verschiedene Methoden von Forschung (NOSI); Mythos der EINEN Methode (NOS)	.71	.86-.61/ .62

Tabelle 6.6: Fortsetzung WV-Skalen

Subskalenbeschreibung	NOS- und NOSI-Inhalte	C α Urhahne et al. (2006)	C α Kremer (2010) I & II
ZWECK DER NATURWISSENSCHAFTEN: Beschreibung beobachteter Naturphänomene und Ordnung der menschlichen Wahrnehmungen sind Ziele der Naturwissenschaften, doch „[im] Vordergrund der Erkenntnisgewinnung stehen die Suche nach Erklärungen, die Vorhersage von Naturphänomenen und die Lösung naturwissenschaftlicher Probleme“ (Urhahne <i>et al.</i> , 2008: 78). (4 von 5 Items übernommen)	Verschiedene Zwecke wissenschaftlicher Untersuchungen (NOSI)	.62	.64-.69/ .53
KREATIVITÄT UND VORSTELLUNGSKRAFT: In allen Bereichen der Erkenntnisgewinnung spielen nicht nur Logik und Rationalität eine Rolle, sondern auch „[...] Kreativität und Einfallsreichtum des Naturwissenschaftlers [...]“ (Urhahne <i>et al.</i> , 2008: 79) und der Naturwissenschaftlerin. Dabei spielt das Wissen, die Theorien und Annahmen der Forschenden eine große Rolle. (3 von 5 Items übernommen)	Die kreative und imaginative Natur & das Eingebettet-Sein von Wissen (NOS)	.54	-/.65

Die weiteren, u.a. von Urhahne et al. (2008) vorgeschlagenen, Kerndimensionen „Herkunft des Wissens“ und „Theorien und Gesetze“ wurden ausgeklammert, da sie für die Arbeit im Schülerlabor keine Relevanz besitzen und somit unnötige Mehrbelastung darstellen würden. „Soziale und kulturelle Einflüsse auf die Naturwissenschaften“ sind in besonderem Maße komplex und können innerhalb der Studie weder erhoben noch stabil gehalten oder gar verändert werden, sodass auch diese Subskala nicht angewendet wird. Die Kerndimension „Naturwissenschaftliche Methode“ soll das Wissen um Vielfalt und Begrenztheit naturwissenschaftlicher Methoden abbilden, lässt sich jedoch nicht verlässlich von den anderen Subskalen abgrenzen.

Zur Integration des Prozesscharakters von Forschung werden sechs Items aus dem Antworthorizont des *Views of Nature of Science Questionnaire* (VNOS-C; Lederman et al., 2002) entwickelt (Itemkatalog im Anhang S. 262) und einer Expertenvalidierung unterzogen. Diese Items sind als NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS zusammengefasst und integrieren neben den auch von der Dimension RECHTFERTIGUNG DES WISSENS berücksichtigten NOSI-Aspekten den Bereich *Forschungsfragen leiten Untersuchungen* (Schwartz et al., 2008).

6.3.2.2 Testung und Auswahl der Items

Die Faktorenanalyse (s. Kap. 6.4.1.1, S. 114), durchgeführt mit allen Pre- und Posttests, ergibt sehr widersprüchliche Faktoren, wobei die Hälfte der Items aus verschiedenen Subskalen auf den ersten Faktor lädt. Da im Pretest damit zusammenhängend auch die Reliabilität der Subskalen ungenügend ist, wird die Subskalenbestimmung anhand der Posttests vorgenommen.

Mit .895 im KMO-Test ist die Stichprobe für eine Hauptkomponentenanalyse geeignet. Zunächst wird eine explorative Faktorenanalyse mit Varimax-Rotation durchgeführt, um die Integration der für naturwissenschaftliche Arbeitsprozesse entwickelten Items in das Gesamtgefüge zu untersuchen. Die 27 Items laden auf sieben Faktoren mit einer erklärten Gesamtvarianz von 53,8%. Dies sind jedoch nicht die erwarteten Subskalen, drei Items belegen einen eigenen Faktor und die übrigen verteilen sich hauptsächlich auf die ersten beiden Faktoren. Zudem laden einige Items negativ oder deutlich auf zwei Faktoren.

Daher wird anhand des Scree-Plots - Punkt der deutlichen Kurvenabflachung - bestimmt, dass fünf Faktoren für die Daten passend sein könnten und mit dieser Anzahl eine konfirmatorische Faktorenanalyse mit Varimax-Rotation durchgeführt. Die fünf Faktoren erklären eine Gesamtvarianz von 46,15%, wobei die ersten beiden Faktoren mit 18,16% und 10,78% den Hauptteil ausmachen (Faktorenanalyse im Anhang S. 266).

Die Subskala ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS lädt ausschließlich auf den ersten Faktor und kann somit bestehen bleiben. Auch drei der selbst entwickelten Items zu Forschungsfragen und Prozessen der Datensammlung und Schlussfolgerungsentwicklung und drei Items der Subskala RECHTFERTIGUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS sind in Faktor 1

enthalten. Diese sind thematisch mit den ENTWICKLUNG-Items nicht vereinbar, sodass sie zu einer eigenen Subskala NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS zusammengefasst werden. Ihre Gemeinsamkeit besteht darin, Praktiken von naturwissenschaftlicher Forschung zu beschreiben. Die weiteren drei selbst entwickelten Forschungsprozess-Items verteilen sich auf Faktoren 2 und 5, die zwei übrigen RECHTFERTIGUNG-Items auf Faktoren 4 und 5. Während die vereinzelt Items wegen mangelnder Korrelation mit den übrigen Items der Subskala verworfen werden, besitzen die Items des 5. Faktors als hervortretende Gemeinsamkeit einen Schwierigkeitsindex $\leq .5$ und eine deutlich ungenügende Trennschärfe (Itemanalyse im Anhang S. ??). Daher werden auch sie aus der Auswertung ausgeschlossen.

Alle Items der Subskala ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG laden ebenfalls auf den ersten Faktor, zwei jedoch auch auf Faktor 4. Da sie zwar naturwissenschaftliche Praktiken benennen, diese jedoch mit Zwecken in Beziehung setzen, bleiben sie als eigene Subskala bestehen.

Auf den 2. Faktor laden drei der SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS-Items deutlich, eines zudem auf Faktor 1 und das fünfte nur auf Faktor 1. Die Items werden nochmals auf inhaltliche und theoretische Passung geprüft und die Reliabilität der Subskalen untersucht (Loewenthal, 2001). Die Subskala bleibt bestehen, da die ausgebrochenen Items thematisch zweifelsfrei von den übrigen des Faktors 1 abzugrenzen sind und die Skala einen akzeptablen $C\alpha$ -Wert aufweist. Die teils auf Faktor 2 und auf Faktor 3 ladenden Items der KREATIVITÄT-Subskala werden jedoch wegen gleichzeitig inakzeptablen $C\alpha$ -Werten verworfen.

Die so entstandenen Skalen stehen in Übereinstimmung mit den intendierten Skalen des ursprünglichen Instruments (vgl. Kremer, 2010) bzw. wurden zur weiteren Absicherung der Konstruktvalidität (Nunnally & Bernstein, 1994) einer Expertenvalidierung unterzogen.

Die Reliabilität der Skalen für die vorliegende Studie wird festgestellt mittels der Konsistenzanalyse¹⁵ nach Cronbach (1951), dem Alpha-Koeffizienten $C\alpha$ (s. Kap. 6.4.1.2, S. 115), in Anlehnung an und zur Vergleichbarkeit mit Urhahne et al. (2008) und Kremer (2010). Es werden auch hier Skalen gebildet, die mindestens eine Reliabilität von $C\alpha .65$ und eine Trennschärfe von mindestens $.25$ erreichen (vgl. hierzu Klimczak *et al.*, 2012). Während die Trennschärfen im akzeptablen Bereich liegen, ist die Reliabilität der Skalen SICHERHEIT, ENTWICKLUNG und ZWECK im Pretest ungenügend (vgl. Abb. 6.7). Lediglich die NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS-Skala weist mit einem Koeffizienten über $.7$ eine akzeptable Reliabilität auf (Nunnally & Bernstein, 1994). Die Werte der anderen Skalen verbleiben unter $.65$ im Pretest und der ZWECK-Wert

¹⁵Retest-Reliabilität kann nicht durchgeführt werden, da die zu messende Variable sich über die Zeit verändern soll. Paralleltest-Reliabilität entfällt mangels eines vergleichbaren Instruments, mit dem das Ergebnis korreliert werden könnte, wobei auch fraglich ist, ob ein solches zweites Instrument bei bestehendem funktionierendem überhaupt Daseinsberechtigung haben kann.

sinkt im Posttest sogar unter .6, weshalb diese Skala sowie alle Pretests von der Auswertung ausgeschlossen werden. „If the pretest scores are not reliable, the treatment effects can be seriously biased, particularly with nonrandomized designs“¹⁶ (Dimitrov & Rumrill, 2003: 164). Dies bezieht sich vor allem auf statistische Tests, die aus dem Pretest Annahmen zu Verteilungen und Varianzen im Posttest treffen. Wenn nicht gesichert ist, welche Lernendenvorstellungen eingangs erhoben wurden, ist der Bezug zu späteren Erhebungen fragwürdig.

Skalenbezeichnung	Anzahl Items	Beispiel-Item	C α pre (N)	C α post (N)
Sicherheit des naturwissenschaftlichen Wissens (Kremer 2010)	5	Auf naturwissenschaftliche Fragen gibt es nur eine Antwort, auch wenn unterschiedliche Wissenschaftler ihr nachgehen.	.648 (504)	.675 (496)
Entwicklung des naturwissenschaftlichen Wissens (Kremer 2010)	4	Naturwissenschaftliche Theorien werden verändert oder ersetzt, wenn neue Beweise vorliegen.	.616 (562)	.692 (550)
Naturwissenschaftliche Praxis: Rechtfertigung (Kremer 2010)/ (Birkholz; Schwartz et al. 2008)	6	Gute Theorien stützen sich auf die Ergebnisse aus vielen verschiedenen Experimenten.	.724 (503)	.768 (493)
Zweck naturwissenschaftlicher Forschung (Kremer 2010)	3	Naturwissenschaftler führen Experimente durch, um neue Entdeckungen zu machen.	.619 (566)	.534 (554)

ABBILDUNG 6.7: C α der WV-Skalen in der Gesamtstichprobe, Birkholz & Elster, 2016: 83

Nach Urhahne et al. (2008) könnten niedrige Reliabilitäten Erkenntnistheorie befragender Tests mit einem geringen Ausbildungsstand und damit einhergehend einem inkonsistenten System von Vorstellungen zusammenhängen (Urhahne *et al.*, 2008). Dem scheinen die Ergebnisse der Pre- und Posttests der vorliegenden Studie, die niedrige Reliabilitäten und höhere Werte im Pre-, dafür größere Reliabilitäten und geringere Werte im Posttest aufweisen, zunächst zu widersprechen. Allerdings werfen die Ergebnisse die Frage auf, in welcher Beziehung konsistentes WV, angemessenes WV und die Fragebogenitems zueinander stehen.

Es wird hier von unterschiedlichen Facetten des Konstruktes Wissenschaftsverständnis ausgegangen: Die Facette des Pretests entsteht aus theoretischen Überlegungen der Lernenden und wird aus anderen Erfahrungen, Informationen und Kontexten gespeist, als die Facette des Posttests. Hier werden Vorstellungen zu Wissenschaft aus dem eigenen Handeln und dem der Mitschülerinnen und Mitschüler abgeleitet, sodass dieses WV eher praktische Aspekte abbildet, während das „theoretische“ WV vielleicht mehr an Idealvorstellungen, „wie es sein sollte“ oder „Wie die Lehrerin es hören möchte“ geknüpft ist. Dieser Gedanke wird in der Diskussion aufgegriffen und vertieft.

¹⁶Übers.d.A.: Wenn die Pretest-Werte nicht reliabel sind, können die Effekte der Intervention stark verzerrt sein, vor allem in Untersuchungen mit nicht zufällig gebildeten Untersuchungsgruppen.

6.3.2.3 Interesse an Biologie und biologischer Forschung

Das BaSci Labor bietet seit Oktober 2010 Forschungsmodule in enger Kooperation mit Lehrerinnen und Lehrern, Lehramts-Studierenden und Promotions-Studierenden an. Der eingesetzte Fragebogen fußt auf Erkenntnissen der Schülerlaborforschung und wird stetig angepasst. Für die vorliegende Studie ist das dispositionale Interesse, im Posttest als aktualisiertes dispositionales Interesse erhoben, als Einflussgröße für die entwickelten Forschungsmodule 1-3 und das *RC* in Bezug zu ihrer förderlichen Wirkung auf *WV* relevant.

Tabelle 6.7: Skala „Dispositionales Interesse“

Item	Herkunft
Interesse an Biologie	
Biologie bringt mir Spaß	verändert nach Engeln (2004), Glowinski (2007), Pawek (2009)
Ich finde es wichtig zu wissen, welche Auswirkungen vom Menschen verursachte Eingriffe in die Natur auf die Tiere und Pflanzen haben	verändert nach Engeln (2004), Pawek (2009)
Ich informiere mich mittels verschiedener Medien (wie TV, Handy, Zeitschriften, Internet, Bücher) über aktuelle Forschung und biologische Themen.	Glowinski (2007)
In meiner Freizeit habe ich Besseres zu tun, als über biologische Phänomene nachzudenken. (negativ)	Pawek (2009)
Ich finde es spannend, biologische Phänomene aufzuklären.	Birkholz
Ich setze mich häufig mit dem Thema <i>Nachhaltigkeit/ Ökologie</i> auseinander.	
Interesse an Methoden der Biologie	
Experimente zu planen ist langweilig.	Birkholz
Ich finde es interessant, mir aus Experiment-Ergebnissen eigene Theorien zu überlegen.	
Wenn ich Tiere beobachte, dann finde ich das sehr interessant.	
Wenn ich Organismen untersuchen kann, dann finde ich das sehr interessant.	

Das dispositionale Interesse (s. Kap. 3.3.2, S. 58) wird im BaSci Labor

mittels Items aus der Interessenentwicklungsforschung in Schülerlabormodulen (Engeln & Euler, 2004; Glowinski, 2007; Pawek, 2009) und nach deren Vorbild formulierter eigener Items erhoben.

Für die Erhebung des dispositionalen Interesses in der vorliegenden Studie sollen zehn Items (s. Tab. 6.7) Interesse an der „Biologie“ und an „Methoden der Biologie“ erheben. Mittels konfirmatorischer Faktorenanalyse¹⁷ (s. Kap. 6.4.1.1, S. 114) werden sie auf die zwei Faktoren hin untersucht: Vier der fünf „Biologie“-Items laden auf den ersten Faktor gemeinsam mit zweien der „Methoden“-Items, die jedoch Ladungen $\leq .6$ aufweisen. Auf den zweiten Faktor laden vier der „Methoden“-Items und das „Biologie“-Item „Biologie bringt mir Spaß“. Die Reliabilitäten der sich aus der Faktorenanalyse ergebenden Skalen sind mit $C\alpha \leq .65$ ungenügend. Bei der folgend durchgeführten explorativen Faktorenanalyse ergeben sich drei Faktoren (s. Abb. 6.8). Vier der fünf „Biologie“-Items laden auf den ersten Faktor, die Items zu den Methoden Beobachten und Untersuchen gemeinsam mit „Biologie bringt mir Spaß.“ auf den zweiten Faktor und die übrigen Items zu biologischen Methoden auf den dritten. Die Reliabilitäten der so gebildeten Skalen sind ebenfalls ungenügend, sodass aus allen Items eine theoretisch gebildete Skala „Interesse an Biologie und biologischer Forschung“ verwendet wird.

Tabelle 6.9: Reliabilitätskoeffizienten der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“

Testzeitpunkt	$C\alpha$ (N)	Testzeitpunkt	$C\alpha$ (N)
Modul 1 Pre	.722 (203)	Post	.671 (204)
Modul 2 Pre	.691 (186)	Post	.739 (190)
Modul 3 Pre	.732 (183)	Post	.783 (171)

¹⁷Varimax-Rotation, Kaiser-Normalisierung; KMO .824, Bartlett-Sig. .0001

Rotierte Komponentenmatrix^a

	Komponente	
	1	2
Wenn ich Tiere beobachte, dann finde ich das sehr interessant.	,718	-,393
Wenn ich Organismen untersuchen kann, dann finde ich das sehr interessant.	,686	,317
Ich finde es wichtig, zu wissen, welche Auswirkungen vom Menschen verursachte Eingriffe in die Natur auf die Tiere und Pflanzen haben.	,648	
Ich finde es spannend, biologische Phänomene aufzuklären.	,643	,515
In meiner Freizeit habe ich besseres zu tun, als über biologische Phänomene nachzudenken.	,618	
Ich setze mich häufig mit dem Thema Nachhaltigkeit auseinander.	,550	
Ich informiere mich mittels verschiedener Medien (wie TV, Handy, Zeitschriften, Internet, Bücher) über aktuelle Forschung und biologische Themen.	,480	
Experimente zu planen ist langweilig.		,728
Ich finde es interessant, mir aus Experiment-Ergebnissen eigene Theorien zu überlegen.	,322	,680

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.

a. Die Rotation ist in 3 Iterationen konvergiert.

ABBILDUNG 6.8: Explorative Faktorenanalyse der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“ mit Varimax-Rotation; Ladungen $\leq .35$ werden unterdrückt; Erklärte Gesamtvarianz 54.2%

6.4 Methoden zur Fragebogenauswertung und -überprüfung

Die Likertskala der Zustimmung drückt eine relative Beziehung, ein „mehr als“ oder „weniger als“ aus. Wie groß der Abstand dieser Empfindungen ist, kann für einzelne Items nicht entschieden werden, sodass Berechnungsformen für Ordinalskalen greifen. Da Item-Skalen aber zur Ermittlung eines Mittelwerts aus mindestens vier Items konstruiert sind, können sie mit Intervallskalenergebnissen ausgewertet werden (Boone & Boone, 2012). Hier wird angenommen, dass zwar die Abstände zwischen den Werten nicht mit den Abständen der Eigenschaftstärke deckungsgleich sind, aber die Abstände zwischen den Werten gleich (Raithel, 2008). Zudem wird eine Messung auf Intervallskalenniveau angenommen, in der Erwartung, dass eine falsche Annahme der Messskala forschungshypothesenbestätigende Ergebnisse erschwert. Wenn die Hypothese widerlegt ist, sollte das Skalenniveau der Daten aber problematisiert werden (Bortz & Döring, 2006).

6.4.1 Skalenbildung

Anhand einer Faktorenanalyse werden Item-Skalen gebildet, deren Beantwortung durch den selben Faktor bestimmt wird. Zur Überprüfung der Reliabilität so gebildeter Subskalen wird der Reliabilitätskoeffizient Cronbach's α eingesetzt.

6.4.1.1 Faktorenanalyse

Faktorenanalysen ermöglichen es, Variablen strukturell anhand ihrer Korrelationsbeziehungen zu ordnen. Dabei entstehen voneinander unabhängige Faktoren, die Korrelationen zwischen Variablen erklären und sie zu Gruppen zusammenfassen können. Für den vorliegenden Datensatz wird die übliche Hauptkomponentenanalyse (principal component analysis, PCA; Bortz & Schuster, 2010) eingesetzt. Bei dieser werden Hauptkomponenten ausgemacht, die die Streuung möglichst vieler Variablen (Items) erklären. Dazu werden neue Achsen geschaffen, an denen die Variablen passend streuen. Mittels der orthogonalen Varimax-Rotation werden die Achsen gegen die Variablen gedreht, wobei die Beziehungen der Items zueinander als auch die Unabhängigkeit der Achsen voneinander bestehen bleiben. Dies soll eine eindeutigere Ladung der Items auf einen Faktor erreichen (Fromm, 2010). Es gibt sehr viele Lösungsmöglichkeiten für diese Herangehensweise und die schließlich präsentierte Lösung erfüllt die folgenden Bedingungen: Die gebildeten Faktoren sind 1. voneinander unabhängig und 2. erklären maximale Varianz (Bortz & Schuster, 2010).

Bei drei bis fünf Items je erwartetem Faktor (Subskala) können Aussagen zur Struktur des Konstruktes ab einer Stichprobenzahl > 300 getroffen werden (Bortz & Schuster, 2010). Dann kann das Vorhandensein der angenommenen Dimensionen innerhalb des Konstruktes Wissenschaftsverständnis, die

Aspekte SICHERHEIT, ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS und NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS, und ihre Abbildbarkeit durch die Fragebogen-Items untersucht werden (Bortz & Schuster, 2010; Fromm, 2010). Durch das Zusammenfassen von Items zu Subskalen den Faktoren bzw. Aspekten entsprechend werden die Daten reduziert und damit ihre Handhabung - Berechnungen, Vergleiche, Interpretationen - vereinfacht. Dabei spielen jedoch nicht nur die statistische Auswertung, sondern besonders auch theoretisch-inhaltliche Überlegungen und der Einbezug des Forschungsinteresses eine Rolle (Fromm, 2010). Die Hauptkomponenten-Analyse dient der Datenreduktion und der Hypothesengenerierung. Durch die rechnerische Gleichwertigkeit unterschiedlicher Modelle kann keine verlässliche Aussage darüber getroffen werden, welches der Modelle falsch oder richtig ist. Das Belegen einer Modellhypothese kann daher nicht geleistet werden (Bortz & Schuster, 2010).

Zur Beurteilung der Eignung der Stichprobe wird der Kaiser-Meyer-Olkin-Test (KMO-Test) durchgeführt. Dieser betrachtet die partiellen Korrelationskoeffizienten zwischen den Items. Je kleiner diese, desto wahrscheinlicher die Bestimmung durch einen Faktor, desto näher liegt der KMO-Wert bei 1 und desto geeigneter ist die Stichprobe für eine Faktorenanalyse (Fromm, 2010). Ein Wert über .9 gilt als fabelhaft (marvelous), um .8 als beachtlich (meditorious), um .7 als durchwachsen (middling), um .6 als mäßig (mediocre), um .5 als kümmerlich (miserable) und unter .5 als inakzeptabel (unacceptable; Kaiser, 1974: 35).

Um die Passung der Items in das Faktorenmodell zu bestimmen, werden Kommunalitäten errechnet, die angeben, welchen Anteil an der Streuung eines Items alle Faktoren kombiniert erklären können. Auch diese Messgrößen gehen gegen 1, wobei ein hoher Wert umfassendere Erklärbarkeit markiert (Fromm, 2010).

6.4.1.2 Cronbach's α zur Prüfung der Skalen-Reliabilität

Als Weiterentwicklung der *Split-Half-Methode*, die den vorliegenden Test halbiert und die beiden Hälften als „Paralleltests“ behandelt (Bortz & Döring, 2006), trennt $C\alpha$ die Items auf jede mögliche Weise: „If all the splits for a test were made, the mean of the coefficients obtained would be α “¹⁸ (Cronbach, 1951: 306). Zur Berechnung werden Itemzahl n der Skala und die mittlere Interkorrelation \bar{r} der Items herangezogen: $\alpha = \frac{n\bar{r}}{1+\bar{r}(n-1)}$.

Je näher $C\alpha$ gegen 1, desto höher die interne Konsistenz, jedoch ebenso Redundanz, da die Information, die eines der Items erhebt, auch vom zweiten und dritten erhoben wird. Unterschiedliche Schwierigkeitsstufen der Items und Unterschiedlichkeit der Item-Inhalte senken $C\alpha$, bieten aber weniger redundante Information (Cronbach, 1951). Neben der Heterogenität der Befragten-Gruppe und der Items einer Skala, die zur Unterschätzung der Reliabilität führen können,

¹⁸Übers. d. A.: Wenn für einen Test alle möglichen Teilungen vorgenommen würden, wäre α der Mittelwert der errechneten Koeffizienten

beeinflusst auch die Zahl der Items den Koeffizienten: Je mehr Items eine Skala enthält, desto höher $C\alpha$ (Bortz & Döring, 2006, zur Itemzahl auch Nunnally & Bernstein, 1994).

Ab welcher Höhe der Reliabilitätskoeffizient als ausreichend zu beurteilen ist, hängt davon ab, ob die Aussagekraft sich auf Gruppenvergleiche beschränkt oder ob Individualdiagnosen gestellt werden sollen. Für letztere verlangen z.B. Nunnally & Bernstein einen Koeffizienten von .9 als Minimum, während im Gruppenvergleich bereits .7 genügen kann (Nunnally & Bernstein, 1994). Bortz & Döring hingegen setzen den Mindestkoeffizienten generell („mittelmäßig“) auf .8 (Bortz & Döring, 2006: 199). Bei Skalen mit geringer Itemzahl (≤ 10) ist es jedoch unwahrscheinlich, so hohe Koeffizienten zu erzielen, sodass ein geringerer Richtwert anvisiert werden kann, wenn die Skala mit hoher Wahrscheinlichkeit valide ist und das Beibehalten der Skala aus guten theoretischen Überlegungen heraus geschieht (Loewenthal, 2001). Für die vorliegende Studie wird $C\alpha$ nach Blanz (2015) angepasst an die vorliegenden Itemzahlen und Ergebnisse der vergleichbaren Studien verwendet ($<.65$ = fragwürdig, $\geq .65$ = akzeptabel, $\geq .75$ = hoch, $\geq .85$ = exzellent).

6.4.1.3 Itemkennwerte

Schwierigkeitsindex und Trennschärfe ermöglichen Aussagen über die Item-Eignung. Der Schwierigkeitsindex (P) zeigt an, ob die Beantwortung eines Items für die Probandinnen und Probanden schwierig oder leicht ist. Mit Hilfe der Formel $P = \frac{\bar{x}_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$, bei der \bar{x}_i den Mittelwert des untersuchten Items darstellt und x_{min} und x_{max} die niedrigste bzw. höchste erreichbare Punktzahl darstellen, wird ein Wert zwischen 0 und 1 berechnet. Je höher der Wert, desto einfacher ist das Item zu beantworten (Kelava & Moosbrugger, 2012; Mummendey & Grau, 2014).

Mittels der Trennschärfe (r) lässt sich bestimmen, inwiefern ein Item zwischen Probanden mit starker und geringer Merkmalsausprägung unterscheiden kann. Hierzu wird das Item mit allen übrigen Test-Items über die Standardabweichung in Beziehung gesetzt: $r = \frac{\sigma(x_i, x_t - i)}{\sigma(x_i) \cdot \sigma(x_t - i)}$, wobei x_i für die Werte des zu testenden Items steht und $x_t - i$ für die Werte im Gesamtttest ohne das zu testende Item. Der ermittelte Wert befindet sich zwischen -1 und 1. Werte deutlich über 0 weisen auf ein Item mit guter Unterscheidungskraft hin (Kelava & Moosbrugger, 2012; Mummendey & Grau, 2014).

6.4.2 Mittelwertvergleiche

Die Items der jeweiligen Skala werden in SPSS24 zusammengefasst und das arithmetische Mittel mit Standardabweichung errechnet. Die Zusammenfassung zu Mittelwerten erlaubt die Beurteilung einer Antworttendenz, angemessenen Aussagen zum WV zuzustimmen oder sie abzulehnen. Da die (vom Test erwünschte) Zustimmung je Item bei über 3 („Teils - teils.“) liegt, gelten arithme-

tische Mittel höher als 3.4 als Äußerung mehr oder weniger angemessenen WVs, Werte darunter als mehr oder weniger unangemessene WV-Äußerung. Die Veränderungen im arithmetischen Mittel von Test zu Test geben Aufschluss über die Veränderungen im geäußerten WV. Im Vergleich der Gruppen-Mittelwerte treten die Individuen in den Hintergrund, wobei zu bedenken gilt, dass eine Intervention nicht zwangsläufig für jede einzelne Schülerin und jeden einzelnen Schüler die unterlegene ist, wenn sie niedrigere Mittelwerte produziert als eine andere. „It is possible, even likely, that the method with the lower mean is actually the more beneficial for some minority of students¹⁹ (Bock, 1976: 76f).

Bei Unterschieden zwischen den Mittelwerten von Gruppen oder innerhalb einer Gruppe zu unterschiedlichen Zeitpunkten werden die statistische Signifikanz (p) und ihre Effektstärke r berechnet.

Wenn keine Normalverteilung der Daten²⁰ vorliegt, was vorliegend der Fall ist, können rechnerisch mit Hilfe des „Grenzwerttheorems“ bei genügend großer Stichprobe dennoch Aussagen über die Mittelwertverteilung getroffen werden. Je größer der Stichprobenumfang, desto mehr geht die Verteilung in eine Normalverteilung über. Eine Stichprobe > 30 kann als solche genügend große Stichprobe gelten (Bortz & Schuster, 2010). Allerdings sind nicht-parametrische Tests fehlender Normalverteilung gegenüber deutlich robuster, wenn auch ihre Aussagekraft etwas geringer ist. Daher werden zur Analyse der quantitativen Daten nicht-parametrische Verfahren angewendet, die dem Fehlen verlässlicher Aussagen zur Mittelwertverteilung begegnen (Janssen & Laatz, 2017).

6.4.2.1 Mann-Whitney- U -Test

Zum Vergleich zweier unabhängiger Stichproben, z.B. ein Modulposttest von Gruppe EM und Gruppe MM, wird der Mann-Whitney- U -Test eingesetzt. Zunächst werden innerhalb der Gruppen Rangplätze vergeben, mit denen statt der wirklichen Daten gerechnet wird. Die Gruppenwerte werden in diese Rangfolge gebracht und Rangsummen gebildet. Mit der größeren Summe wird die weitere Berechnung durchgeführt: $U = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1$, wobei n_1 die Stichprobengruppengröße der Gruppe mit der größeren Rangsumme ist, n_2 die Stichprobengröße der anderen Gruppe und R_1 die größere Rangsumme (Bortz & Schuster, 2010: 72, 131; Zürich, 2016: Mann).

Der Unterschied der Tendenzen in den beiden Gruppen kann auf seine statistische Bedeutsamkeit hin untersucht werden. Dazu wird der berechnete U -Wert z -standardisiert, d.h. er wird so transformiert, dass Erwartungswert und Varianz festgelegt sind²¹ (Bortz & Schuster, 2010: 35). Mit Hilfe der Formel²²:

¹⁹Übers.d.A.: Es ist möglich, sogar wahrscheinlich, dass die Methode mit dem geringeren Mittelwert tatsächlich die geeignetere für eine Minderheit der Lernenden ist.“

²⁰Normalverteilungen sind in ihrem Erwartungswert und den Varianzen bekannt und damit auch die Verteilung der Mittelwerte (Bortz & Schuster, 2010)

²¹Erwartungswert=Null, Varianz=1

²² μ_U ist der Mittelwert der U -Verteilung, ohne die Gruppen zu unterscheiden; σ_U ist der

$$z = \frac{U - \mu_U}{\sigma_U} = \frac{U - \frac{n_1 \cdot n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}}$$

wird der z -Wert erlangt, der dann auf Signifikanz geprüft werden kann. Dazu vergleicht man ihn mit dem kritischen Wert der Standardnormalverteilung, der für das entsprechende Signifikanzniveau (hier $p < .05$) Tabellen entnommen werden kann. Ist der z -Wert höher als der kritische Wert, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Tendenzen in den beiden Gruppen voneinander überzufällig unterscheiden (Bortz & Schuster, 2010; Zürich, 2016).

6.4.2.2 Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test

Werden zwei verbundene Stichproben untersucht, z.B. Pre- und Posttest der EM-Gruppe oder die MM-Posttests aus Modul 1 und Modul 3, erfolgt der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test²³. Hier wird wie beim Mann-Whitney-U-Test (s. Kap. 6.4.2.1) nicht mit den Messwerten selbst gerechnet, sondern mit Rängen (Bortz & Schuster, 2010; Zürich, 2016).

Für jedes Messwertepaar werden die absolute Differenz und ihr Vorzeichen bestimmt. Die Differenzen werden rangiert, nach Vorzeichen gruppiert und addiert. Die kleinere der beiden Summen (unabhängig vom Vorzeichen) wird als Berechnungsgrundlage, als Wert W , herangezogen. Zu diesem wird der Erwartungswert μ_W berechnet, entsprechend der Wert, wenn die Nullhypothese gültig ist: $\mu_W = \frac{n \cdot (n+1)}{4}$ mit n = Anzahl der von Null verschiedenen Paardifferenzen (Bortz & Schuster, 2010: 134; Zürich, 2016: Wilcoxon).

Auch zur Signifikanztestung dieser Tendenzunterschiede (s. Kap. 6.4.2.1) werden die berechneten Werte z -standardisiert²⁴:

$$z = \frac{W - \mu_W}{\sigma_W} = \frac{W - \frac{n \cdot (n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n \cdot (n+1) \cdot (2 \cdot n + 1)}{24}}}$$

Der erhaltene z -Wert wird mit dem kritischen Wert der Standardnormalverteilung verglichen (unabhängig vom Vorzeichen). Wenn er größer ist, kann die Nullhypothese zurückgewiesen werden (Bortz & Schuster, 2010; Zürich, 2016).

6.4.2.3 p-Wert und Effektstärken

Bei einem Test, der von keinem Unterschied der Mittelwerte zwischen zwei abhängigen Datenpunkten ausgeht, bedeutet ein geringer p-Wert, dass die vorgefundene Datenlage vom Erwarteten stark abweicht. Damit kann p als Anzeiger für unerwartete Datenveränderungen gelten und je niedriger der p-Wert, desto deutlicher unerwartet das Ergebnis. Daraus kann eine überzufällige

Standardfehler von μ_U ; n_1, n_2 sind wieder die beiden Gruppen, von denen die erste wieder diejenige mit der größeren Rangsumme ist.

²³Wie Blair & Higgins, 1980 zeigen konnten, ist der Wilcoxon-Test dem parametrischen t-Test nicht unterlegen, vor allem bei nicht normal verteilten Daten. Ganz im Gegenteil besitzt er in solchen Fällen, in denen die Voraussetzungen für den t-Test nicht erfüllt werden können, deutlich größere Macht als umgekehrt (Blair & Higgins, 1980: 329).

²⁴ σ_W ist der Standardfehler des Erwartungswertes μ_W .

Veränderung und damit eine Beeinflussung der Daten durch eine Intervention abgeleitet werden. Diese Interpretation muss jedoch begleitet sein von theoretischen Überlegungen und einer umfassenden Fehleranalyse und kann nicht für sich als „Beweis“ einer Hypothese gelten (ASA, 2016; Greenland *et al.*, 2016). Mit dem p-Wert ist auch noch keine direkte Aussage über die Stärke des vorgefundenen Effekts getroffen. Auch geringe Abweichungen und Tendenzen, die wenig Auswirkung auf die Gruppen haben, können, gerade bei größeren Stichproben, statistische Signifikanz aufweisen.

Effektstärken signifikanter Unterschiede werden für parametrische Tests mittels Cohens d , korrigiert nach Cohen (Cohen, 1988; vgl. Elis, 2010; Hedges & Olkin, 1985), berechnet. Kommen, wie vorliegend, nichtparametrische Tests zum Einsatz, wird der Korrelationskoeffizient r bestimmt²⁵ (Tomczak & Tomczak, 2014). Die Stärke der gefundenen Effekte im Vergleich zwischen zwei zusammenhängenden (Pre-Post, Post-Post) und zwischen unabhängigen Gruppen wird mit Hilfe der Z -Werte berechnet: $r = \frac{Z}{\sqrt{n}}$ mit dem standardisierten Z -Wert für den Mann-Whitney- U -Wert (s. Kap. 6.4.2.1) und für den Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test-Wert (s. Kap. 6.4.2.2) und der Wurzel aus den zur Berechnung herangezogenen Fällen n .

Die r -Werte liegen zwischen 0.00 und 1.00. ≤ 0.2 gelten als geringe, ≥ 0.3 bis 0.5 als mittlere und ≥ 0.6 als große Effektstärken. Diese Werte sollten jedoch nicht als Entscheidungs- sondern als Diskussionsgrundlage genutzt werden, da neben der Effektivität einer Intervention auch eingesetzte Ressourcen, unterschiedliche Lernenden-Voraussetzungen und Lernstrategien oder auch Akzeptanz der sozialen Umgebung (Hattie, 2012).

6.5 Reflexionsdialoge

Werden qualitative Daten genutzt, um quantitative Daten zum WV-Niveau zu unterstützen, müssen sie in ein vergleichbares - quantitatives - Format gebracht werden. Auch die qualitativen Daten müssen WV-Beurteilungen in vergleichbaren inhaltlichen Strukturen zulassen und Niveaus quantitativ unterscheiden.

Hierzu werden die Reflexionsdialoge zunächst per Tonbandgerät aufgezeichnet und transkribiert (s. Kap. 6.5.1). Die thematische Unterteilung erfolgt mittels einer strukturierten Inhaltsanalyse, deren hierarchische Kategorien Niveaus ausdrücken. Die Äußerungen werden unter diesen Kategorien zusammengefasst und anhand von Nennungshäufigkeiten Aussagen zu Veränderungen über die Zeit getroffen.

²⁵Die Berechnung erfolgt anhand des online zur Verfügung stehenden Berechnungstools für Effektstärken: <https://www.psychometrica.de/effektstaerke.html>

6.5.1 Datensammlung und -aufbereitung

Zu jeder *RC*-Tischausstattung gehört ein Tonbandgerät, das zu Beginn eingeschaltet wird und bis zum Ende aufnimmt, da das Mitprotokollieren von den Moderierenden nicht parallel geleistet werden kann und wegen der subjektiven Einflüsse auch nicht gewünscht ist. Die Lernenden gewöhnen sich schnell an das Gerät und ignorieren es oder treiben Späße damit, bevor die Gesprächsrunde beginnt. Anonymität ist bereits hier durch fehlende Kenntnis der Namen und Gruppenzusammensetzungen als auch durch von den Personen losgelöste Stimmen gegeben und kann nicht mehr aufgehoben werden. Alle folgenden Bearbeitungen geschehen zwangsläufig mit anonymisiertem Material, das nicht zurückführbar auf den Fragebogen ist, dafür jedoch durch verbale Freiheit der Probandinnen und Probanden gekennzeichnet ist.

Die aufgenommenen *RC*-Gespräche werden mit dem unterstützenden Programm *f4* und orientiert an den *TiQ*²⁶-Richtlinien (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014) transkribiert. Diese Art der Transkription ist nicht für sprachwissenschaftliche Fragestellungen geeignet, da sie das Sprachbild nicht einfängt, kann aber Inhalte und die Intentionen der Sprechenden wie Ironie oder Wut transportieren. Da weniger das soziale Miteinander als die tatsächlichen Inhalte im Fokus stehen, werden die Zeichen an diesen Zweck angepasst und zudem nur diejenigen Stellen transkribiert, die von Wissenschaft, der Modularbeit oder ähnlichen Aspekten im weitesten Sinne handeln (*RC*-Transkripte im Anhang ab S. 267). Stichprobenweise (etwa 20% des Materials) werden die Transkripte mit ihrer Original-Audiodatei verglichen.

Da die Lernenden-Äußerungen oft unvollständig sind, sich auf Fragen beziehen oder durch themenfremde Kommentare getrennt vorliegen, ist eine Kodierung am Originaltranskript schwierig und verlangt vom Kodierenden eine große Interpretationsleistung. Um dies zu umgehen und damit die Nachvollziehbarkeit zu steigern, werden die Transkripte redigiert (Redigierte Transkripte im Anhang ab S. ??). Äußerungen einer Lernenden zu einem Thema über mehrere Gesprächsteile hinweg werden zusammengefasst und Leit- oder Impulsfrage sowie Impulskommentare von Mitschülerinnen oder Mitschülern integriert. Das Glätten der Sprache erfolgt besonders nah am Quelltext und entfernt hauptsächlich Verschleifungen, Füllwörter und Wiederholungen. Teilsätze werden kontextgemäß aufgefüllt. Metaphern, Analogien und sprachliche Eigenarten bleiben erhalten. Um Sinnentstellungen oder zu große Annäherung an die Sprache der Forschenden zu verhindern, durchläuft jedes redigierte Transkript eine zweite Überprüfung am Originaltranskript durch eine unabhängige Forscherin.

Bereits während der Gespräche weist die Moderierende den Äußerungen Bedeutung zu, durch die Redaktion findet ein weiterer Interpretationsschritt durch die Forschende statt. Daher sichten Außenstehende kritisch sowohl den Entstehungs-, als auch den Auswertungsprozess (vgl. Gropengießer, 1997). Besonderes Augenmerk liegt auf Zustimmungen bestehend aus einem Wort

²⁶Talk in Qualitative Social Research

(Ja, Okay, Hm-hm), die inhaltliche Zustimmung bedeuten können, jedoch auch Anerkennung von Reihenfolge oder akustischen Verstehens kennzeichnen mögen (Dillenbourg, Baker, Blaye & O'Malley, 1995).

Das Bild vom WV der Probandinnen und Probanden, seine bestehende Verknüpfungen und Ausprägungen, werden aus dem Material herausgearbeitet, indem es mit Hilfe eines deduktiv entwickelten Categoriesystems inhaltlich strukturiert wird. Beschränkt wird das durch die Lernenden geäußerte WV-Bild durch ihre Interventionserfahrungen, den *RC*-Gesprächsleitfaden bzw. die Moderation und das WV-Bild der Auswertenden, sodass die inhärenten Konzepte der Lernenden nur bezüglich des Settings untersucht werden können und auf die Objektivität besondere Aufmerksamkeit gerichtet werden muss. Unverfälschende Audioaufnahmen, regelgeleitete und überprüfte Transkription, sowie begutachtete Revision der Transkripte gewährleisten die Durchführungsobjektivität. Durch systematisches und regelgeleitetes Vorgehen (Mayring, 2015) wird die Auswertungsobjektivität maximiert. Intra- (100% des Materials) und Interkodierungen (ca. 45% des Materials) überprüfen Interpretationsobjektivität.

Der dem Material zugrunde liegende Kommunikationszusammenhang entsteht aus Schülerinnen und Schülern, die gerade ein BaSci Forschungsmodul absolviert haben und nun darüber sprechen sollen, sowie einer Moderatorin und einer Leitfrage, die die Lernenden dabei unterstützen. Die Gespräche finden so frei, gemütlich und zwanglos statt, wie dies in einem universitären Seminarraum und mit anwesender Lehrkraft möglich ist. Dennoch bleibt die Verknüpfung der Tätigkeiten mit Charakteristika von Wissenschaft eine gestellte Aufgabe, die zu erledigen ist. Diese Einbettung des Materials in einen schulnahen Kontext muss bei jedweder Interpretation gegenwärtig sein, damit aus diesem Kontext heraus (Mayring, 2015) und nicht über Gebühr wissenschaftlich oder philosophisch interpretiert wird.

Eine Lernenden-Äußerung umfasst den Redeimpuls, das Gesagte zu diesem Impuls und verwandten Themen, solange zusammenhängend gesprochen wird. Auch Einwürfe, denen im Gesagten begegnet wird, gehören noch zur Aussage. Erst der neue Beginn eines Lernendenbeitrags reagierend auf einen Impuls oder von sich aus, mit eigenem thematischen Fokus und Aussagegehalt bildet die nächste Äußerung. Diese Aussagen werden im nächsten Schritt inhaltlich kategorisiert.

6.5.2 Strukturierende Inhaltsanalyse

Das Material wird inhaltlich strukturiert (s. Abb. 6.9): Theoriegeleitet wird ein Categoriesystem errichtet, das die Themen und darin Ausprägungen einfängt und über verschiedene Interpretierende hinweg verlässlich den Inhalt der Lernenden-Aussagen beschreiben soll. Dazu werden die Kategorien aus der auch dem Fragebogen zugrunde liegenden WV-Theorie abgeleitet und am Material überprüft und angepasst (Kodierleitfaden im Anhang S. 267).

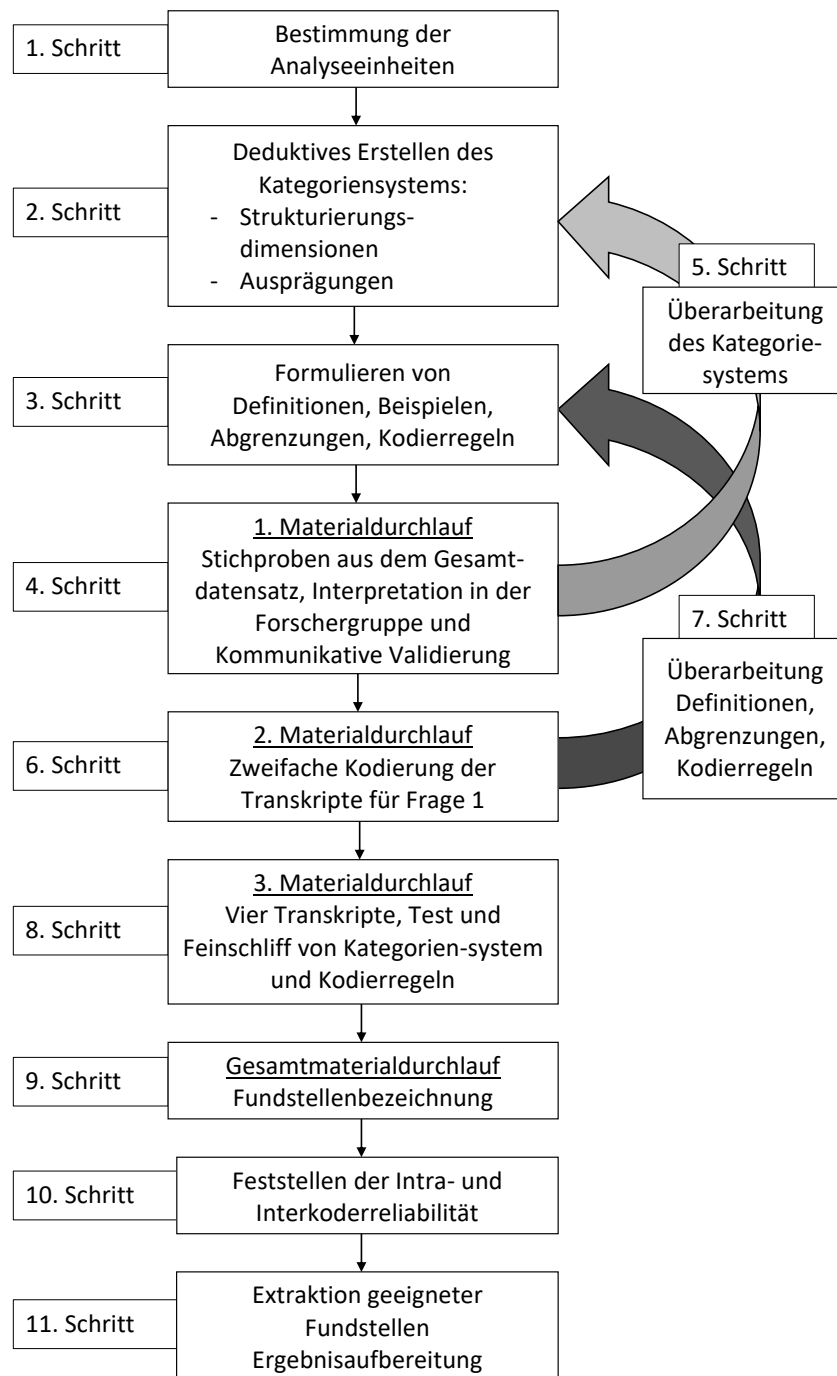


ABBILDUNG 6.9: Ablaufschema der *Inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse* (Maysing, 2015)

Die durch die Revision zusammengefügt und geglätteten Äußerungen bilden die Kontexteinheiten (größte kodierbare Einheiten), da eine solche Aussage getätigt wurde, um einen Sachverhalt auf die Leit- oder eine Impulsfrage hin und damit WV-bezüglich darzulegen. Als kleinste kodierbare Einheit gilt ein Teilsatz, wenn mindestens ein Verb oder Adjektiv enthalten ist, um irgendwie geartete Informationen ausmachen zu können. Mit der Festlegung der Analyseeinheiten wird der Analysenachvollzug erleichtert (Mayring, 2015).

Das Kategoriesystem orientiert sich an denselben WV-Aspekten, die auch im Fragebogen zum Einsatz kommen und ebenso Grundlage der *RC*-Entwicklung sind. Die Leitfragen des Cafés umfassen ein breiteres Spektrum als der Fragebogen durch den Wegfall der KREATIVITÄT-Skala sowie die Hälfte der entwickelten Forschungsprozess-Items. Daher werden zum Einen Äußerungen auftreten, die mit Naturwissenschaft zu tun haben, aber für die Auswertung keine Rolle spielen. Zum Anderen muss das Kategoriesystem induktiv durch das Material anpassbar sein, um dem Material gerecht werden zu können.

Der erste Entwurf sieht vier WV-Kategorien mit 2-4 Unterkategorien vor: (UN)SICHERHEIT IN DEN NATURWISSENSCHAFTEN beinhaltet die Ungewissheit und Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Theorien [Ut] sowie Uneinigkeit und Unsicherheit der Forschenden [Uf]; ÄNDERBARKEIT naturwissenschaftlicher Theorien [Ät] und der Forscheransichten [Äf] sowie teils hartnäckig bestehende Unergründlichkeit der Welt [Äw] wirken als Ursachen für die Unsicherheit und Vorläufigkeit des naturwissenschaftlichen Wissens; NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS beschreibt die Maßnahmen vor, während und nach dem Forschungsprozess, um die Unsicherheit möglichst gering zu halten [Pf] und möglichst verlässliche, abgesicherte und überprüfte naturwissenschaftliche Ergebnisse zu produzieren [Pr]; ZWECHE DES FORSCHENS fasst weitere Faktoren zusammen, die Forschung beeinflussen können, wie der Wunsch nach neuen Erkenntnissen [Zn], die Suche nach Entscheidungshilfen [Ze], das Streben nach Fortschritt [Zf] oder die Nutzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse als Argumente [Zü]. In den Unterkategorien werden die Äußerungen aufgeteilt in naive und informierte Ansichten sowie inhaltlich entweder einer der Modulphasen oder dem Allgemeinwissen entstammend zugeordnet. Die Kategorie ANDERE [A] umfasst die übrigen Aussagen. Sie können für die Studie irrelevante Aspekte betreffen oder äußerlich mit Wissenschaft zu tun haben, aber eigentlich „Schülersein“, z.B. Fleiß und Gründlichkeit, Aufgabenerledigung oder Sozialformen behandeln. Anderen Äußerungen mangelt es an Inhalt oder Verständlichkeit, sodass auch sie sich der Einstufung in eine WV-Kategorie entziehen.

Jede Kategorie und jeder Code werden eindeutig definiert und von den übrigen abgegrenzt. Mit dem ersten Entwurf des Kategoriesystems werden in einer Forschergruppe 28% des Datenmaterials analysiert und im Tandem kommunikativ validiert. Damit ist nicht das Rückspiel der Daten an die Probandinnen und Probanden gemeint, da diese nicht ausfindig gemacht werden können. Vielmehr wird in einem erweiterten Sinne des Begriffs eine kollegiale Validierung der Aussageninhalte (Steinke, 1999) vollzogen. Die resultierenden

Einsichten in unterschiedliche Verständnisebenen der Aussagen, Probleme mit der Gewichtung und Bewertung von Äußerungen und Ideen zur Umsetzung in den Codes der Analysegruppe werden in das Kodiersystem und den Leitfaden eingearbeitet. Die resultierenden umfassenden Kodierregeln (s. Anhang S. 267) zeigen anhand von Ankerzitaten und geschärften Abgrenzungen deutlichere Zuordnungsmöglichkeiten auf.

Bei erlaubter Zerlegung von Äußerungen in kodierbare Teilsätze besteht eine große Gefahr der Überinterpretation durch die Loslösung einzelner Aussagen aus ihrem Kontext. Die kleinste kodierbare Einheit bleibt zwar der Teilsatz, doch ist es nur erlaubt, eine Äußerung zu zergliedern, wenn deutliche thematische Brüche zu beobachten sind. Unzusammenhängende Methoden- oder Forschungsschrittaufzählungen werden nun der Unterkategorie [Pms] (FORSCHUNGSPRAXIS METHODENSAMMLUNG) zugeordnet, da diese nicht „ohne Bauchschmerzen“ an eine WV-Kategorie vergeben werden können. Die Abgrenzung zwischen WV-haltigen Äußerungen und solchen, die zu ANDERE gezählt werden, wird um mehrere Beispiele ergänzt, die den Charakter des Unterschieds herausstellen. Um Aussagen zu unethischem Verhalten in den Naturwissenschaften einzufangen, wird die Kategorie WISSENSCHAFTSETHIK eingefügt. In den Kategorien (UN)SICHERHEIT IN DEN NATURWISSENSCHAFTEN und ÄNDERBARKEIT werden jeweils theoriebezogene und forschungsbezogene Aussagen zusammengefasst, da keine über Kodierende hinweg stabile Trennung dieser Äußerungen möglich ist.

Die Zuordnung der Äußerungen zu Modulphase oder Allgemeinwissen kann mangels Interpretationsklarheit nicht durchgeführt werden. Bei Beurteilungsversuchen naiv/informiert stellt sich heraus, dass sehr selten Aussagen als sicher naiv eingestuft werden können, sehr viele dagegen als informiert. Nicht was über einen WV-Aspekt gesagt wird, sondern ob ein bestimmter Teilaspekt überhaupt angesprochen wird, scheint eine fruchtbare Herangehensweise an WV-Beurteilungen in diesem Kontext.

Nun werden die Transkripte für Frage 1 (Welche naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen habt ihr heute angewendet und wozu?) zweimal kodiert, Überschneidungen der vergebenen Codes dokumentiert und der Kodierleitfaden ausgeschärft. Es entsteht ein „Bestimmungsschlüssel“ (s. Anhang S. 273), der die Kodierenden zum passenden Code leitet. Mittels Kategorie-Reihenfolgen und Hilfsfragen wird die Differenzierung zwischen (UN)SICHERHEIT und ÄNDERBARKEIT erleichtert.

Besteht die Äußerung nur aus Inhalten den schulischen Kontext betreffend oder ist unverständlich, wird ANDERE vergeben. Sobald eine WV-Kategorie vergeben werden kann, werden [A]-Satzteile ignoriert. Werden lediglich Methoden aufgezählt, wird [Pms] vergeben, bei Herstellung eines Zusammenhangs zwischen Forschungselementen [Pf] und wird Absicherung der Ergebnisse in irgendeiner Weise erwähnt, wird die gesamte Äußerung mit [Pr] kodiert. Werden nun Unsicherheit oder Veränderung naturwissenschaftlicher Theorien thematisiert, wird die Aussage in der Code-Hierarchie zu (UN)SICHERHEIT oder

ÄNDERBARKEIT „aufsteigen“. ZWECK und WISSENSCHAFTSETHIK stehen thematisch abseits und werden von den Lernenden in ihren Aussagen nicht gemischt. Die Unterkategorien von ZWECK trennen sich in zwei Hierarchiestufen, auf der ersten „Neue Erkenntnisse“ [Zn] als Selbstzweck von Naturwissenschaft und auf der zweiten Stufe die weiteren Unterkategorien. Sobald ein Äußerungsteil der zweiten Stufe zugeordnet wird, entfällt der [Zn]-Code, falls vergeben. Wenn neue Erkenntnisse gewonnen werden, um damit z.B. einen Fortschritt bezüglich des Umweltschutzes zu erzielen, sind diese Kenntnisse nicht mehr allein der Neugier geschuldet.

Das neue Kodiersystem wird mit Hilfe von MaxQDA 12²⁷ zunächst an zwei Transkripten erprobt, nochmals an einigen Stellen überarbeitet und mit zwei weiteren getestet. Parallel werden die Kodierregeln weiter verfeinert. Nun wird das gesamte Material in einer Rücklaufschleife kodiert (Mayring, 2015) und wo noch nicht geschehen, passende Ankerbeispiele für die Kategorien bestimmt.

Die Ergebnisaufbereitung erfolgt per Zusammenfassung der Fundstellen, wobei diese nicht, wie von Mayring (2015) vorgeschlagen, paraphrasiert werden, da die Transkripte bereits redigiert vorliegen. Die inhaltlich strukturierende Inhaltsanalyse dient dem Auffinden theoretisch bestimmter Strukturen im Material (Mayring, 2015). Die aus dem theoretischen Rahmen des *RCs* (s. Kap. 5.2, S. 86) abgeleitete Struktur wurde am Material ausgeschärft und vervollständigt.

Um diese Daten mit den Ergebnissen des Fragebogens in eine Beziehung setzen zu können, werden die Äußerungen je Code gezählt. Da die Codes hierarchisch geordnet sind, können Veränderungen in der Äußerungsanzahl den Veränderungen in den Mittelwertvergleichen zur Seite gestellt werden und sie unterstützen.

6.5.3 Messung der Kodier-Übereinstimmung

Die Reliabilität der Kategorien wird mittels Intra- und Interrater-Übereinstimmung überprüft. Für den Vergleich der Kategorisierungen wird innerhalb des Programms MaxQDA 12 *Cohen's κ* (κ) (Cohen, 1960, vgl. Bortz & Döring, 2006) berechnet. Das Programm benutzt die Formel nach Brennan & Prediger (1981), welche die Anzahl möglicher gewählter Kategorien berücksichtigt: $\kappa = \frac{Po - Pc}{1 - Pc}$ mit $Pc = \frac{1}{\text{Anzahl der Codes}}$. Landis & Koch (1977) entwickeln als Richtlinie zur Interpretation von κ -Werten: 0.00-0.20 = Slight/ Gering, 0.21-0.40 = Fair/ mittelmäßig, 0.41-0.60 = Moderate/ Moderat, 0.61-0.80 = Substantial/ Wesentlich, 0.81-1.00 = Almost Perfect/ Beinahe perfekt.

Zur Feststellung der Intracoderreliabilität wird das gesamte Material von der Autorin ein zweites Mal kodiert ($\kappa = .88$). Die Intercoderreliabilität, festgestellt durch Zweitkodierung durch eine unabhängige Forschende von ca.

²⁷MaxQDA ist eine lizenzpflichtige Software für Qualitative und Mixed Methods-Forschung. Verschiedene Dokumenttypen können auf unterschiedliche Weisen organisiert, analysiert und dargestellt, als auch der Cohen's κ -Wert (s. Kap. 6.5.3, S. 6.5.3) berechnet werden.

45% des Materials²⁸, ergibt κ .87. Beide κ -Werte zeigen eine ausgezeichnete Übereinstimmung und bestärken die Reliabilität des Categoriesystems.

6.6 Zusammenfassung: Design und Methoden

- Die Stichprobe setzt sich zusammen aus der Experimentalgruppe (N = 336) und der Kontrollgruppe (N = 199). In allen Gruppen sind die Klassenstufen ähnlich verteilt, in einigen Gruppen überwiegt φ und die Schulform ist in homogen gymnasial (Mehrmaliger Besuch) und gymnasial und Oberschulisch gemischt (Einmaliger Besuch) unterteilt.
- Die Experimentalgruppe ist geteilt in die Gruppen Einmaliger Besuch (EM) / Mehrmaliger Besuch (MM) und darin nochmals in „mit *Reflexionscafé*-Besuch (RC) / ohne *Reflexionscafé*-Besuch (nRC). Zwischen Forschungsmodulbesuchen liegen ca. drei Monate, bei jedem Besuch werden Pre- und Posttest sowie nach ca. zwölf Monaten ein Follow-up Test durchgeführt.
- Der Fragebogen besteht aus den Skalen zu dispositionalem Interesse und WV zum jeweiligen Forschungsmodul. Das Antwortformat ist die fünfstufige Likertskala der Zustimmung.
- Die WV-Items lassen sich nach einer konfirmatorischen Faktorenanalyse in vier Subskalen (und ausgeschlossene Items) aufteilen: SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS, ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS, ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG, NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS. Ihre Reliabilität ist in den Posttests mit $C\alpha \geq .65$ zufriedenstellend.
- Die gebildete Skala für das dispositionale Interesse an biologischen Themen und biologischer Forschung besteht aus 10 Items mit $C\alpha \geq .7$ in Pre- und Posttest.
- Zur statistischen Auswertung der Daten werden die arithmetischen Mittel der einzelnen Skalen zwischen den Gruppen verglichen und statistisch signifikante Unterschiede ausgewiesen. Hierzu werden die nicht-parametrischen Tests Mann-Whitney-*U*, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang und Kruskal-Wallis angewendet, um einer Falsch-Schätzung durch Annahme von Normalverteilung entgegenzuwirken.
- Die Reflexionsdialoge werden mittels Tonbandgerät aufgenommen, transkribiert und redigiert.

²⁸Das Material ist zufällig gewählt aus allen Klassenstufen und beiden RC-Experimentalgruppen.

- Die redigierten Aussagen werden mittels der strukturierten Inhaltsanalyse in Kategorien unterteilt und diese mit den Fragebogenskalen in Beziehung gesetzt.

Die Ergebnisse aus Fragebogenstudie und Inhaltsanalyse der Reflexionsgespräche geben Aufschluss über die Wirkung der Instruktionsarten *Forschungsmodul* und *Forschungsmodul mit Reflexionscafé* auf ausgewählte Wissenschaftsverständnis-Aspekte und Interesse an Biowissenschaft.

Für die Untersuchungen zur Wirkung werden die Skalen SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS, ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS, NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS und ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG ausgewertet. Als angemessen wird das WV angesehen, wenn der Mittelwert 3.5 erreicht oder übersteigt, also der Antwortstufe 4 („Stimme eher zu“) zugeordnet wird. Die Skalenmittelwerte der Experimentalgruppen miteinander, mit der Kontrollgruppe und auch die Ergebnisse innerhalb der Gruppen zu mehreren Messzeitpunkten werden miteinander verglichen. Ebenso wird mit der Skala des dispositionalen bzw. des aktualisierten dispositionalen Interesses verfahren. Während für einen übersichtlichen Vergleich die arithmetischen Mittel dargestellt sind, erfolgt die Berechnung der Signifikanz nicht-parametrisch, d.h. nicht der Mittelwert der Skala, sondern die Rangverteilung der Probanden bildet die Grundlage. Die Veränderungen in der Rangverteilung lassen sich auch an Veränderungen der Mittelwerte ablesen, sodass die Form der Darstellung als Übersicht über die Daten trotz der nicht-parametrischen Auswertung geeignet ist.

Skalenreliabilitäten werden mit Hilfe des Reliabilitätskoeffizienten *Cronbach's α* ($C\alpha$) (s. Kap. 6.4.1.2, S. 115) ermittelt ($<.65$ = fragwürdig, $\geq .65$ = akzeptabel, $\geq .75$ = hoch, $\geq .85$ = exzellent). Da die Pretests/ ersten Pretests aller Gruppen größtenteils inakzeptable Reliabilität aufweisen, werden sie für die mehrmalige Besuchsgruppe (MM) ausgeklammert, da mehrere Post-Tests vorliegen und sich auf diese gestützt werden kann. In den einzelnen Gruppen treten auch im Posttest von Forschungsmodul 1, wie auch in der Erhebung 1 der Kontrollgruppe, teils ungenügende Reliabilität auf, die bei der Interpretation besondere Beachtung erhalten. Die Pre-Post-Ergebnisse der einmaligen Besuchsgruppen (EM) werden - auch mit Blick auf die teils kleinen Probandenzahlen - mit großer Vorsicht betrachtet und interpretiert, wo dies möglich ist.

Die Testung der Unterschiede auf statistische Signifikanz erfolgt anhand der nicht-parametrischen Tests Mann-Whitney-*U*-Test und Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test (s. Kap. 6.4.2, S. 116, Berechnungen im Anhang ab S. ??). Das Signifikanzniveau liegt bei $p=.05$ ($\leq .05$ = signifikant (*), $\leq .01$ = hoch signifikant (**), $\leq .001$ = höchst signifikant (***)). Für signifikante Unterschiede werden Effektstärken mittels r ausgewiesen ($r \leq 0.2$ = gering, $0.3 - 0.5$ = mittel, ≤ 0.6 = groß; s. Kap. 6.4.2.3, S. 118).

Für die strukturierte Inhaltsanalyse der qualitativen Daten wird ein Kate-

goriensystem entwickelt, das die Äußerungen der Probandinnen und Probanden inhaltlich einordnet. Die Kategorien sind deduktiv mithilfe der Fragebogenskalen gebildet, sodass Veränderungen in den Äußerungshäufigkeiten über die Zeit betrachtet und mit den Fragebogenergebnissen in Beziehung gesetzt werden können. Subkategorien werden induktiv gebildet, um die Daten genau beschreiben zu können.

Anhand der in Kap. 4 (S. 63) aufgestellten Forschungsfragen werden die Ergebnisse dargestellt. Zunächst wird fokussiert, ob eine implizite Förderung von Wissenschaftsverständnis durch Teilnahme an einem oder mehreren *Forschungsmodulen* erreicht wurde (Kap. 7.1). Folgend werden die Ergebnisse zur Wirkung explizierender *Forschungsmodul mit Reflexionscafé*-Teilnahme (Kap. 7.2, S. 136) dargestellt und um Ergebnisse der Gesprächsinhaltsanalyse ergänzt (Kap. 7.3, S. 140) präsentiert. Ergebnisse zum aktualisierten dispositionalen Interesse (Kap. 7.5, S. 160) bilden den Abschluss.

7.1 Können die Schülerlabormodule WV implizit fördern?

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aktualisieren ihr Wissenschaftsverständnis implizit durch das „[...] Sammeln beobachtbarer Tatsachen [...]“ (Polanyi, 1985: 60). Auch Lernende können auf diese Weise Vorstellungen über Wissenschaft entwickeln, wobei jedoch bereits bestehende Alternativvorstellungen sich als zu stabil gegenüber einem impliziten Einfluss zeigen können (s. Kap. 3.2, S. 48).

Folgend werden die Ergebnisse der Pre-Post-Erhebung in den Gruppen ohne *Reflexionscafé* (N=158) dargestellt, um implizite Effekte der Module auf das Wissenschaftsverständnis ausweisen zu können (s. Kap. 4.1, 64).

7.1.1 WV-Förderung durch einmaligen Besuch ohne *Reflexionscafé*

Wenn eine implizite Wirkung der Teilnahme an Schülerlabormodulen auf Lernenden-WV in durch die vorliegende Studie messbarem Maße stattfindet, können signifikante Änderungen der Mittelwerte bereits im Pre-Post-Vergleich beobachtet werden.

Tabelle 7.1: Reliabilitätskoeffizienten $C\alpha$ der EM-nRC-Gruppe (N=69)

Aspekt	Pretest	Posttest
SICHERHEIT	.72	.64
ENTWICKLUNG	.68	.73
NATURW. PRAXIS	.64	.73
ZWECK	.75	.69

In den Skalen ENTWICKLUNG und NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS nimmt die Reliabilität zu, letztere wird erst im Posttest genügend reliabel für eine verlässliche Auswertung. Die Reliabilität der Skalen SICHERHEIT und ZWECK hingegen sinkt, erstere unter die Akzeptanzgrenze von $C\alpha .65$.

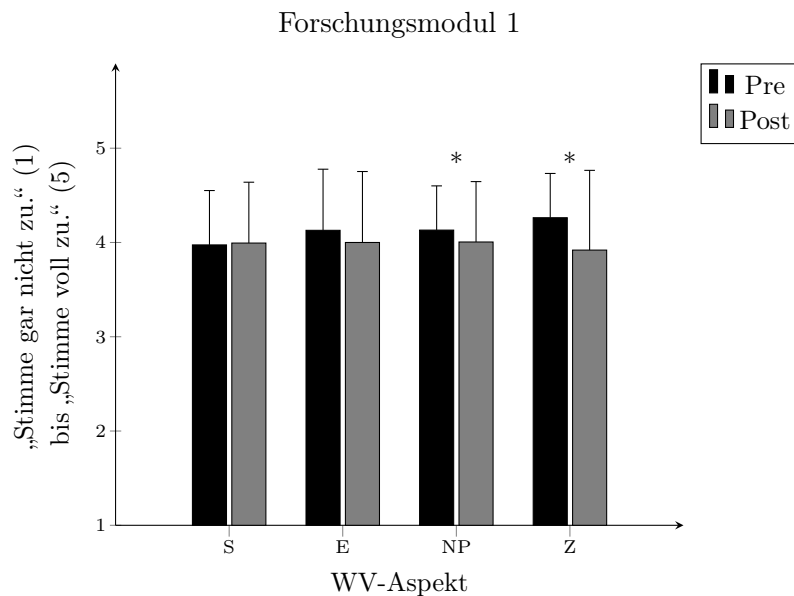


ABBILDUNG 7.1: Pre-Post-Vergleich der EM-nRC-Gruppe; Forschungsmodul 1 (N=33); Mittelwerte der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); NP $r=-0.35$, Z $r=-0.43$; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

Die Testergebnisse der einzelnen Module (s. Abb. 7.1 bis 7.4) unterscheiden sich deutlich. Jedes Modul wurde von einer anderen Schulklasse durchlaufen. Für die Gesamtgruppe lassen sich keine signifikanten Veränderungen von Pre- zu Posttest beobachten.

1. Die Antworten der Modul-1-Gruppen befinden sich im Mittel auf dem angemessenen Niveau „Stimme zu“. Im Aspekt SICHERHEIT besteht ein geringer Zuwachs, der Aspekt ENTWICKLUNG weist eine leichte Verringerung des Mittelwerts auf. Die Mittelwerte der Aspekte NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS und ZWECK zeigen signifikante Abnahmen mittlerer Effektstärke von Pre- zu Posttest auf.
2. Die Mittelwerte der Modul-2-Gruppe liegen insgesamt niedriger als die der Modul-1-Gruppe, im Aspekt SICHERHEIT bei 3.28 („Teils teils“) mit leichter Steigerung im Posttest. Die weiteren Aspekte werden im Pretest-Mittel auf angemessenem Niveau beantwortet und sinken im Posttest leicht bzw. im Aspekt ENTWICKLUNG stärker (um .49) und signifikant mittlerer Effektstärke.

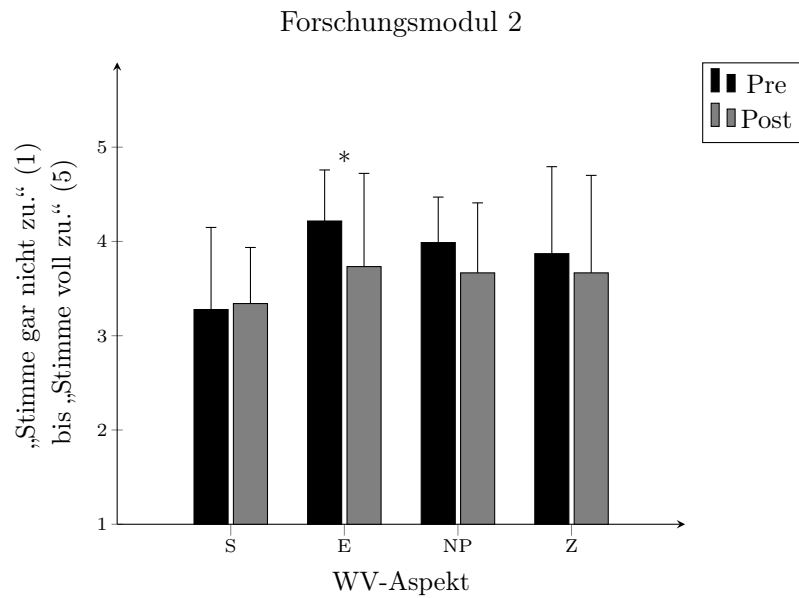


ABBILDUNG 7.2: Pre-Post-Vergleich der EM-nRC-Gruppe; Forschungsmodul 2 (N=18); Mittelwerte der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); E (N=15) $r=-0.57$; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

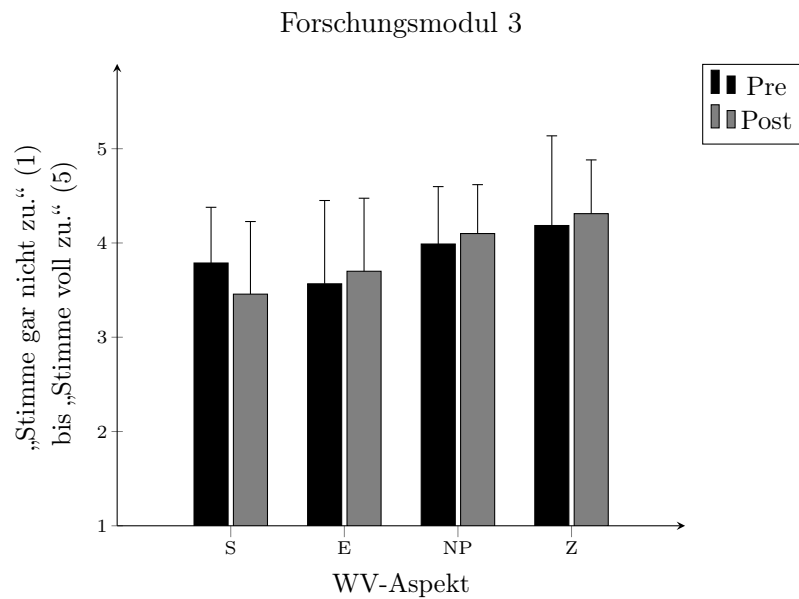


ABBILDUNG 7.3: Pre-Post-Vergleich der EM-nRC-Gruppe; Forschungsmodul 3 (N=18); Mittelwerte der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

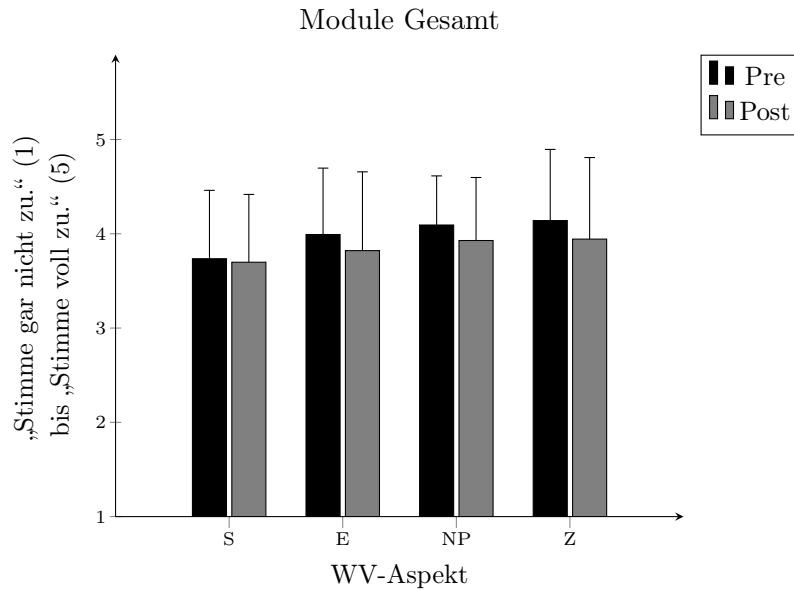


ABBILDUNG 7.4: Pre-Post-Vergleich der EM-nRC-Gruppe gesamt (N=69); Mittelwerte der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

3. Bei der Modul-3-Gruppe zeigen sich gegenläufige Tendenzen: Bis auf den Aspekt SICHERHEIT, dessen Mittelwert um .33 sinkt, steigen die Werte von Pre- zu Posttest leicht an. Die Mittelwerte von NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS und ZWECK liegen bei 4 und höher, SICHERHEIT und ENTWICKLUNG zwischen 3.5 und 4.

7.1.2 WV-Förderung durch mehrmaligen Besuch ohne *Reflexionscafé*

Geht man von der Hypothese aus, dass ein größerer Zeitaufwand für die Entwicklung von WV notwendig ist (s. Kap. 3.2.2.2, S. 54), können im Vergleich der Mittelwerte der MM-nRC-Gruppe (N=89) von Forschungsmodul 1 zu 3 signifikante Verbesserungen auftreten.

Tabelle 7.2: Reliabilitätskoeffizienten $C\alpha$ der MM-nRC-Gruppe

Aspekt	Posttest		
	1	2	3
SICHERHEIT	.60	.69	.70
ENTWICKLUNG	.62	.63	.66
NATURW. PRAXIS	.49	.78	.71
ZWECK	.53	.60	.69

Für alle Skalen erhöht sich über die Module hinweg der Reliabilitätskoeffizient. Im Modul-2-Posttest sind die Werte von SICHERHEIT und NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS akzeptabel, im Modul-3-Posttest schließlich die aller Skalen.

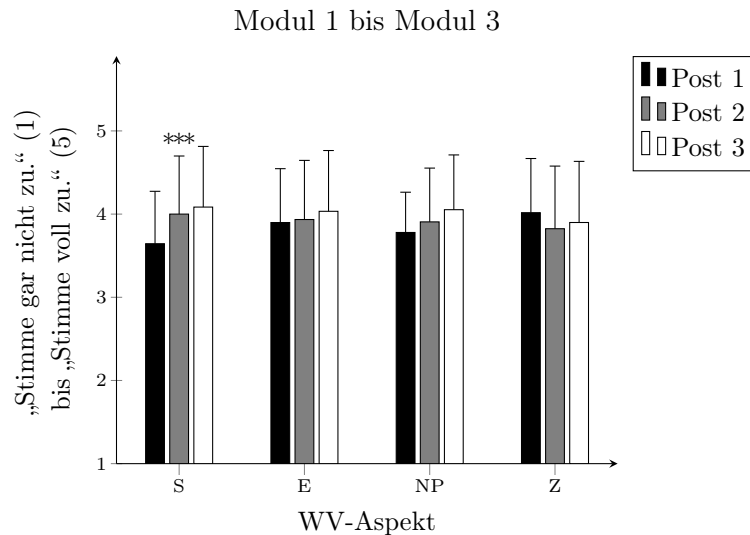


ABBILDUNG 7.5: Posttest-Vergleich der MM-nRC-Gruppe; Forschungsmodule 1, 2 und 3 (N=89); Mittelwerte der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); S M1→M3 (N=31) $r=0.66$; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

Die arithmetischen Mittel der WV-Aspekte (s. Abb. 7.5) liegen im Modul-1-Posttest zwischen 3.5 und 4. Bis auf ZWECK erfahren alle Aspekte eine Steigerung, im Aspekt SICHERHEIT ist die Veränderung höchst signifikant. Die Mittelwerte des Modul-3-Posttest liegen bei 4 („Stimme eher zu“) und stehen für überwiegend angemessenes WV bei der getesteten Gruppe in den anvisierten Aspekten.

7.1.3 Ergebnisse der Kontrollgruppe ohne Schülerlaborbesuch und ohne *Reflexionscafé*

Die Kontrollgruppe (N=199) besucht das Schülerlabor nicht, sondern füllt den Fragebogen zu drei Zeitpunkten im Schuljahr - wie die Experimentalgruppen mit 2-3 Monaten Abstand - im Biologieunterricht bzw. einer Freistunde aus. Die Veränderungen in den Skalenmittelwerten dieser Gruppe sind unbeeinflusst durch die Forschungsmodule und bilden damit einen beispielhaften Verlauf zu erwartender Veränderungen im WV (s. Kap. 2.3.1, S. 25) innerhalb eines Jahres ab.

In den Aspekten SICHERHEIT und ENTWICKLUNG ist die Skalenreliabilität zum ersten Erhebungszeitpunkt nicht akzeptabel, nimmt aber zu und erreicht,

Tabelle 7.3: Reliabilitätskoeffizienten $C\alpha$ der Kontrollgruppe

Aspekt	E1	E2	E3
SICHERHEIT	.52	.70	.71
ENTWICKLUNG	.48	.61	.72
NATURW. PRAXIS	.66	.77	.78
ZWECK	.71	.69	.69

ENTWICKLUNG erst zu Erhebung 3, akzeptable Werte. Auch die Reliabilität von NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS steigt weiter an, der $C\alpha$ -Wert der Skala ZWECK bleibt nahezu unverändert.

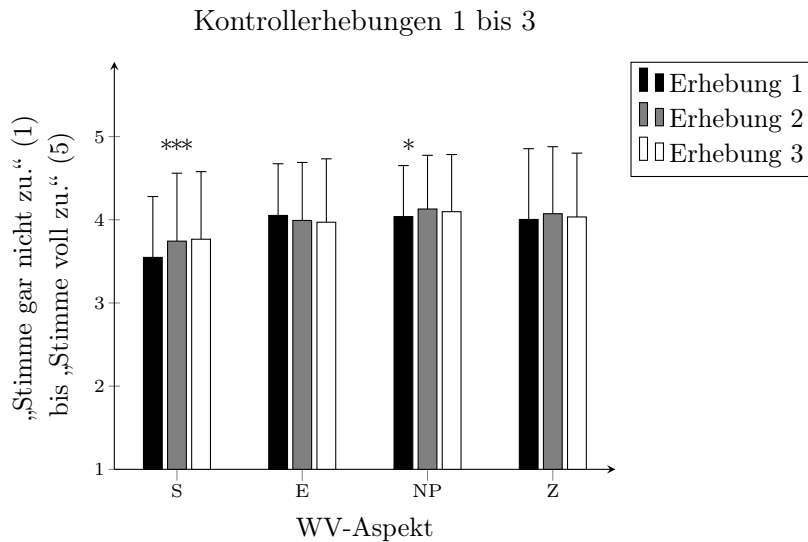


ABBILDUNG 7.6: Erhebungszeitpunkt-Vergleich der Kontrollgruppe; Erhebungen 1, 2 und 3 (N=199); Mittelwerte der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); S E1→E3 (N=97) $r=0.31$, NP E1→E2 (N=118) $r=0.19$; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

Die Mittelwerte der Kontrollgruppe in den Aspekten ENTWICKLUNG, NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS und ZWECK liegen zu allen drei Testzeitpunkten um 4 (s. Abb. 7.6) und zeigen somit angemessenes WV. Ein leichter, aber signifikanter Anstieg des Mittelwertes kann vom ersten zum zweiten Testzeitpunkt im Aspekt NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS beobachtet werden. Der Wert des Aspekts SICHERHEIT fällt zunächst mit 3.55 deutlich geringer aus als in den anderen Skalen und verzeichnet einen höchst signifikanten Zuwachs zum nächsten Erhebungszeitpunkt. Das erreichte Niveau um 3.75 bleibt auch zum dritten Zeitpunkt erhalten.

7.2 Können reflexive Gruppengespräche über Forschungsaktivitäten das WV fördern?

Während die implizite Vermittlung angemessenen WVs oft schwierig und langsam verläuft, kann die Explizierung von WV-Aspekten auf verschiedene Weisen deutliche Effekte erzielen (s. Kap. 3.1, S. 44). Inwiefern das *Reflexionscafé*, in dem die Lernenden moderierte Gruppengespräche über erlebte Forschungsaktivitäten führen, eine förderliche Wirkung auf das WV der Probandinnen und Probanden hat, wird folgend untersucht.

Dabei werden zunächst die Ergebnisse der EM-RC-Gruppe und die der MM-RC-Gruppe dargestellt und mit denen der nRC-Gruppen verglichen. In einem weiteren Schritt dienen die Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse der Gespräche als eine zusätzliche Perspektive auf gemessene Veränderungen (s. Kap. 7.3, S. 140).

7.2.1 WV-Förderung durch einmaligen Besuch mit *Reflexionscafé*

Es ist anzunehmen, dass die Mittelwerte der EM-RC-Gruppe (N=83) in den entsprechenden Skalen vom Pre- zum Posttest ansteigen, wenn das RC einen sofortigen Effekt auf das WV in den dort explizierten Aspekten erzielt. Zudem liegt dann ein beobachtbarer Unterschied in den Veränderungen zwischen nRC- und RC-Gruppe vor.

Tabelle 7.4: Reliabilitätskoeffizienten $C\alpha$ der EM-RC-Gruppe

Aspekt	Pretest	Posttest
SICHERHEIT	.57	.68
ENTWICKLUNG	.53	.68
NATURW. PRAXIS	.61	.75
ZWECK	.51	.68

Alle Reliabilitätskoeffizienten des Pretests sind ungenügend, die Posttestskalen hingegen erreichen durchgehend $C\alpha$ -Werte über .65 und damit akzeptable Reliabilität.

Die Skalen-Mittelwerte der EM-RC-Probandinnen und -Probanden (s. Abb. 7.7, 7.8, 7.9 und 7.10) liegen außer im Aspekt SICHERHEIT von Forschungsmodul 1 stets über 3.5, unterscheiden sich jedoch im Pre-Post-Vergleich und zwischen Aspekten teils stark von einander. Während die Mittelwerte in Modul 1 von Pre- zu Posttest mit Ausnahme eines leichten Anstiegs in ENTWICKLUNG geringfügig sinken, fallen die Skalenmittel in Modul 2 stärker, in den Aspekten NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS und ZWECK signifikant, ab. Die Skalenwerte zu Modul 3 zeigen kaum Varianz mit Werten von 4 und etwas höher. Als Gesamtgruppe werden Werte um 4 erreicht, die im Posttest leicht abfallen.

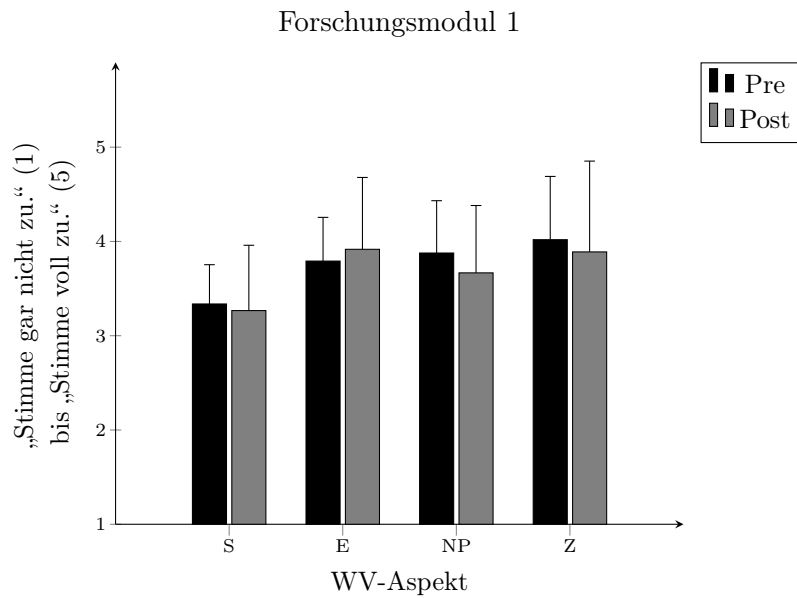


ABBILDUNG 7.7: Pre-Post-Vergleich der EM-RC-Gruppe; Forschungsmodul 1 (N=20), Mittelwerte der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

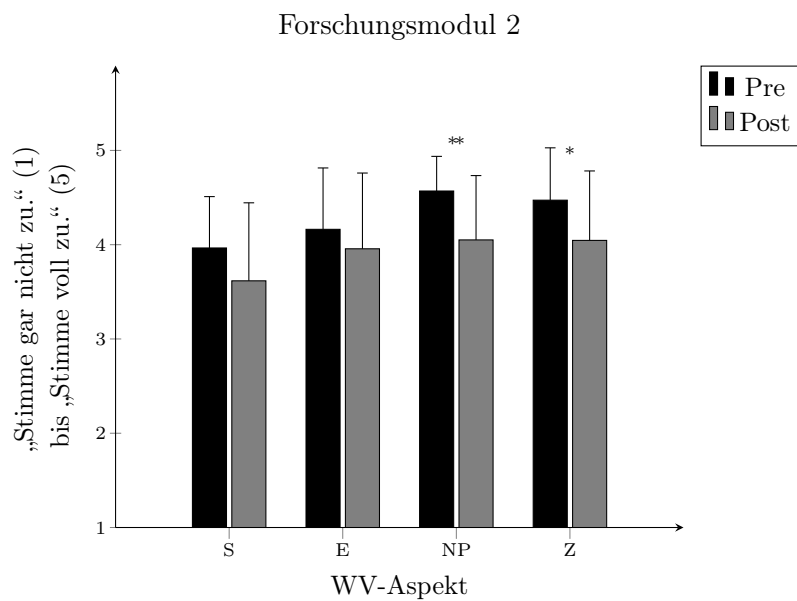


ABBILDUNG 7.8: Pre-Post-Vergleich der EM-RC-Gruppe; Forschungsmodul 2 (N=24), Mittelwerte der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); NP (N=23) $r=-0.58$, Z (N=22) $r=-0.44$; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

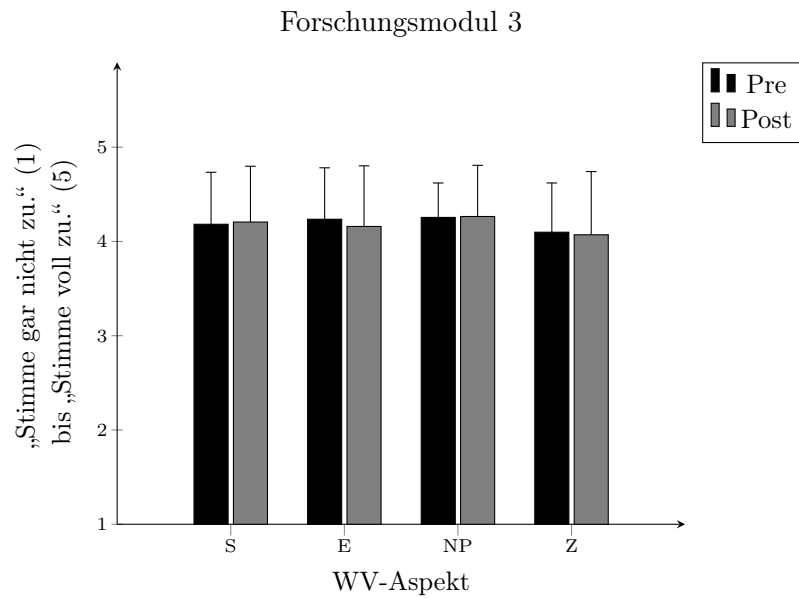


ABBILDUNG 7.9: Pre-Post-Vergleich der EM-RC-Gruppe; Forschungsmodul 3 (N=39), Mittelwerte der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

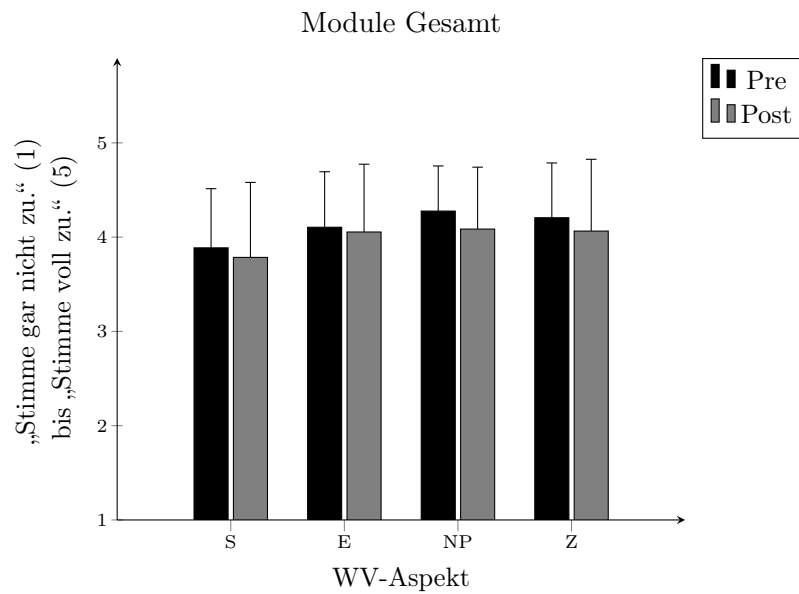


ABBILDUNG 7.10: Pre-Post-Vergleich der EM-RC-Gruppe gesamt (N=83), Mittelwerte der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

Im Vergleich zur EM-nRC-Gruppe (s. Kap. 7.1.1, S. 130) zeigen sich keine signifikanten Unterschiede: Die Gesamtskalenbetrachtung weist Mittelwerte um 4 auf, die vom Pre- zum Posttest leicht absinken. Die Mittelwerte der einzelnen Module zeichnen sich durch Heterogenität aus, wobei in beiden Gruppen die Mittelwerte in Modul 2 am stärksten absinken und in Modul 3 eher gleich bleiben oder leicht steigen.

7.2.2 WV-Förderung durch mehrmaligen Besuch mit *Reflexionscafé*

Annehmend, dass ein mehrmaliger Besuch mit RC sich förderlich auf das WV auswirkt (s. Kap. 3.1.2, S. 47), sind folgende Beobachtungen zu erwarten:

- Stärkere Anstiege in den Mittelwerten der WV-Skalen, je öfter das Labor und das RC besucht wurden.
- Die Mittelwertzuwächse werden denen von nRC- und Kontrollgruppe überlegen sein.

Tabelle 7.5: Reliabilitätskoeffizient $C\alpha$ der MM-RC-Gruppe

Aspekt	Posttest		
	1	2	3
SICHERHEIT	.62	.62	.76
ENTWICKLUNG	.63	.77	.78
NATURW. PRAXIS	.80	.76	.74
ZWECK	.57	.63	.62

Die Skalenreliabilitäten des Posttests 1 sind ungenügend mit Ausnahme der Skala NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS. In Posttest 2 erreicht die ENTWICKLUNG-Skala einen hohen Reliabilitätskoeffizienten und in Posttest 3 auch die Skala SICHERHEIT. Der ZWECK-Koeffizient verbleibt in allen drei Tests unterhalb $C\alpha$.65.

Die Zuwächse der Mittelwerte (s. Abb. 7.11) in den Aspekten SICHERHEIT, ENTWICKLUNG und NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS sind signifikant, die größte Veränderung findet im Aspekt SICHERHEIT statt, die geringste in ZWECK. Während im Posttest des ersten Moduls die arithmetischen Mittel zwischen 3.43 und 3.69 liegen, befinden sich alle nach Modul 3 auf etwa demselben Niveau von 3.91 bis 4 („Stimme eher zu“).

Im Vergleich hierzu zeigen die MM-nRC- und die Kontrollgruppe lediglich im Aspekt SICHERHEIT ebenfalls einen höchst signifikanten Zuwachs. Ihre Mittelwerte liegen in Posttest 1 bzw. Erhebung 1 etwas höher und steigern sich etwa auf das selbe Niveau (s. Abb. 7.5, S. 134; Abb. 7.6, S. 135).

Im Posttest des Forschungsmoduls 1 unterscheiden sich die Mittelwerte im Aspekt ENTWICKLUNG von MM-nRC- und MM-RC-Gruppe signifikant

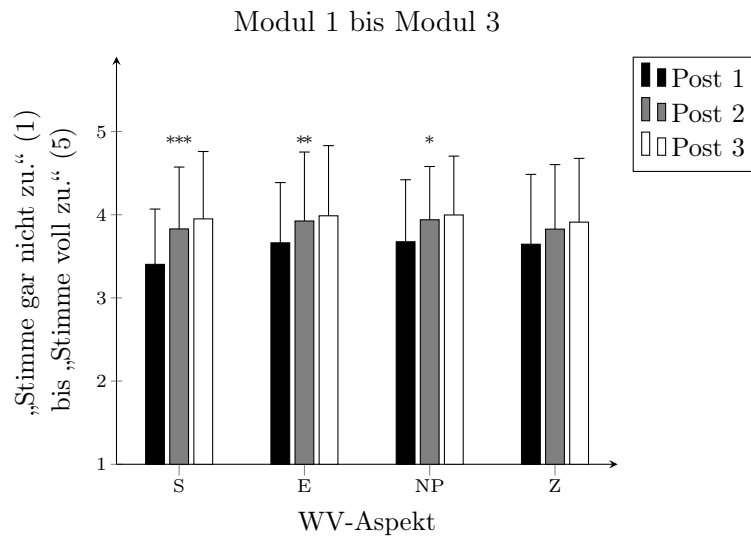


ABBILDUNG 7.11: Posttest-Vergleich der MM-RC-Gruppe; Forschungsmodule 1, 2 und 3 (N=97); Mittelwerte der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); S M1→M3 (N=34) $r=0.51$, E M1→M3 (N=49) $r=0.38$, NP M1→M3 (N=32) $r=0.36$; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

(Mann-Whitney- U -Test: $p \leq .05$, $r=0.17$). Die folgenden Posttest-Mittelwerte weisen keine signifikanten Unterschiede auf.

7.3 Ergebnisse zu den Inhalten der Reflexionsgruppengespräche

Veränderungen im Wissenschaftsverständnis der Lernenden werden sich auch in den Gesprächen niederschlagen, sowohl in der NOS/I-Themenwahl als auch in den geäußerten Vorstellungen dazu. Allerdings sind im *Reflexionscafé* die Redebeiträge freiwillig, sodass Äußerungen vor allem Themen behandeln, denen die Mehrheit zustimmt und bei denen sich „sicher“ gefühlt wird. Dies führt zu einer inhaltlich hierarchischen Struktur, das erreichte angesprochene NOS/I-Thema zeigt die Angemessenheit der Vorstellungen (Birkholz & Elster, 2017).

Zunächst werden die Inhalte und ihr Zusammenhang zu Forschungsmodul, RC-Frage und Fragebogenskala beschrieben (s. Kap. 7.3.1) und folgend Veränderungen in den Äußerungen über die Forschungsmodule hinweg dargestellt (s. Kap. 7.3.2, S. 152).

7.3.1 WV-Inhaltskategorien

Die redigierten und voneinander abgegrenzten Aussagen (s. Kap. 6.5.1, S. 120, Original- und redigierte Transkripte im Anhang ab S. 267) werden Kategorien

zugeordnet und das Categoriesystem am Material weiter entwickelt, bis ein theoriefundiertes System vorliegt, das, durch Zweitkodierung bestätigt (κ .88), auf das Material anwendbar ist.

Jede Äußerung¹ wird einem Thema zugeordnet und gipfelt dort im anspruchsvollsten thematisierten Wissenschaftsverständnis-Bereich. Wird etwa über die naturwissenschaftliche Praxis als solche gesprochen, bilden Aussagenteile über die Absicherung, die Rechtfertigung von Ergebnissen und Erkenntnissen den „Gipfel“ und bestimmen den Code. Beschreibungen von Tätigkeiten oder deren Zusammenhängen werden als weniger anspruchsvoll gewertet als Begründungen und Bewertungen dieser Tätigkeiten im Zusammenhang mit Erkenntnisgewinnung und deren Unsicherheit. Werden Forschungspraktiken als Ausgangspunkt für andere Themen verwendet, z.B. als Erklärung für Ungewissheiten in Theorien oder einleitend in Erkenntnisgewinnung als Ziel von Naturwissenschaften, wird das Thema naturwissenschaftliche Praxis von diesen Kategorien „überstimmt“, da dann die Prozessebene verlassen wird. Äußerungen zu Begründungen und Bewertungen von Erkenntnisgewinnung generell werden als anspruchsvoller gewertet, als solche Aussagen bezogen auf einzelne Forschungstätigkeiten.

Eine thematisch feinere Einteilung, in der alle geäußerten Themen bestehen bleiben und als naiv, intermediär oder informiert bewertet werden, würde ein thematisch reichhaltigeres Bild geben und Aussagen bezüglich der Häufigkeit von Themenkombinationen oder auch verschiedener WV-Niveaus in einzelnen Aussagen ermöglichen. Doch selten werden mehrere Themen je Äußerung angesprochen, da die vorausgehende Frage oder Aussage das Thema meist vorgibt. In den anspruchsvolleren Kategorien sind naive Aussagen kaum möglich, sodass die Äußerungseinteilung in Level kaum Informationsverlust der oben beschriebenen Einteilung gegenüber aufweist und ein übersichtliches Bild von der Tiefenstruktur des WV in den Gesprächen bietet (Kodierleitfaden im Anhang S. 267).

Tabelle 7.6: Kategoriensystem der *Reflexionscafé*-Gespräche

Kategorie	Unter-kategorie	Ankerzitat
1. Praxis der naturwissenschaftlichen Forschung	„Sichere“ Methoden [Pms]	<i>Wir haben Experimente durchgeführt und Probe mit Krebsen und Hypothesen und Fragen aufgestellt. 8MM_M2F1_30f</i>

¹Um kategorisierte Äußerungen in den Transkripten wiederzufinden, werden sie spezifisch benannt, z.B. 8MM_M2F2_30f (s.u. Tab. 7.3.1). Das erste Segment (8MM) beschreibt Klassenstufe und Besuchsanzahl (mehrmals/MM, einmal/EM), das zweite Segment (M2F2) Forschungsmodul-Nr. und Tischfragen-Nr. und die Ziffern im dritten Segment (30f) geben die Zeilen im Originaltranskript an.

Tabelle 7.6: Fortsetzung Categoriesystem

Kategorie	Unter- kategorie	Ankerzitat
	Forschungs- praxis [Pf]	<i>Beim Experimentieren werden die Hypothesen oft widerlegt und man findet dann neue Sachen heraus, aus denen man dann Theorien aufstellen kann wieder neu. Die muss man mit anderen Experimenten wieder beweisen und das ist auch alles nicht so schwer, wenn man sich an die Regeln hält. 8MM_M1F1_328-31</i>
	Rechtferti- gungspraxis [Pr]	<i>Man muss nicht nur mehrere Experimente durchführen, um ein genaues Ergebnis zu bekommen. Damit man ein richtiges Ergebnis bekommt, muss man viele Experimente machen und die Ergebnisse muss man auch richtig auswerten und zusammenführen. 8MM_M1F1_246-49 Bei mehrfacher Durchführung würd das Ergebnis sicherer. 10MM_M1F1_332</i>
2. (UNSICHERHEIT IN DEN NATURWISSENSCHAFTEN)	Unsicherheit in der For- schung [Uf]	<i>Es sind nicht alles Fakten und Wahrheit. Verschiedene Forscher haben ihre eigenen Theorien und die werden nicht von allen Forschern akzeptiert. 9bMM_M3F3_378-86</i>
	Unsicherheit der Umwelt [Uw]	<i>Die Natur macht, was sie will. Deswegen kann man einen Vulkanausbruch nicht vorhersagen 9bMM_M3F3_78f</i>
3. VERÄNDERLICHKEIT NATURWISSENSCHAFTLICHER ERKENNTNISSE	Veränderun- gen durch Forschung [Äf]	<i>Das muss man unter verschiedensten Umständen versuchen und [Anm.: die Theorie] muss immer wieder angepasst werden, wenn neue Experimente und neue Fakten vorliegen. 8MM_M3F2_123-25</i>
	Veränderun- gen durch die Umwelt [Äw]	<i>Auch wenn man einen Versuch mehrmals wiederholt, ist das Ergebnis nicht absolut sicher, weil es immer neue Sachen geben kann, die sein Ergebnis verändern können. 10MM_M2F1_288-93</i>
4. ZWECHE DES FORSCHENS	Neue Erkennt- nisse [Zn]	<i>Generell ist naturwissenschaftliches Arbeiten wichtig, um zu verstehen, was passiert und wieso das passiert. 9bMM_M1F2_162</i>

Tabelle 7.6: Fortsetzung Categoriesystem

Kategorie	Unter- kategorie	Ankerzitat
	Entscheidungshilfe [Ze]	<i>Der pH- und Nitrat-, Nitritgehalt wurde heute wegen der Pflanzen ermittelt. Ob der Boden sauer ist, ob die Pflanzen da wachsen können. Ob das überhaupt Sinn macht, die da anzupflanzen.</i> 9bMM_M1F2_275-78
	Fortschritt [Zf]	<i>Wissenschaftliche Arbeit könnte der Menschheit helfen, indem Fortschritt gemacht wird dadurch, dass man neue Sachen ausprobiert oder forscht. Wenn Sachen verbessert werden sollen, geht man zu jemandem, der sich damit auskennt und sagt, wie man es haben möchte und ob das möglich ist. Dann versuchen die das besser zu machen, z.B. Produkte.</i> 9bMM_M2F2_221-30 <i>Vielleicht muss Wissenschaft jetzt wieder gut machen, was sie angerichtet hat.</i> 9aMM_M1F2_169f
	Überzeugende Argumente [Zü]	<i>Naturwissenschaftliches Vorgehen ist sinnvoll und seriös. Auf einer Basis von Wissen wird durch logisches Denken, Experimente usw. weiteres Wissen erlangt. Auf solche Weise erlangtes Wissen ist glaubwürdiger und von Leuten, die einen damit informieren, hat man einen guten Eindruck.</i> 8MM_M1F2_18-23
5. Wissenschaftsethik	[W]	<i>Wenn ein Wissenschaftler herausgefunden hätte, dass es da Flusskrebse geben müsste, aber sein Verein dagegen wäre, würde er trotzdem sagen, dass er dafür ist.</i> 8MM_M2F1_126f <i>Wenn der Wissenschaftler dafür bezahlt wird, nicht. Wenn [Anm.: seine Auftraggeber] ihm dafür Geld geben, hätte ich auch gesagt, dass wir keine Flusskrebse brauchen. Wenn ich dafür Geld bekomme, sag ich doch nicht die Wahrheit.</i> 8MM_M2F1_128-30

Tabelle 7.6: Fortsetzung Kategoriensystem

Kategorie	Unter- kategorie	Ankerzitat
6. Andere Themen	[A]	<i>Wenn wir konzentrierter gearbeitet haben, sind wir schneller zu unseren Ergebnissen gekommen. Wenn man konzentrierter gearbeitet hat, hat man schneller und besser die Ergebnisse. Dann konnte man sich mehr Gedanken machen, wie man die am besten präsentiert. 9aMM_M1F3_100-104</i>

Die deduktiv gebildeten und induktiv untergliederten Kategorien stehen in einem engen Zusammenhang zu den in Kap. 2.3.3 (S. 28) dargelegten möglichen naiven und informierten Vorstellungen über Naturwissenschaft und können zu den WV-Skalen des Fragebogens (s. Kap. 6.3.2.2, S. 108) in Beziehung gesetzt werden. Folgend werden je Kategorie und Code die vorgefundenen und erwartbaren Vorstellungen umrissen sowie ihre Verbindung zu Skalen und *Reflexionscafé*-Fragen herausgestellt.

1. PRAXIS DER NATURWISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG UND ABSICHERUNG

Besonders zur Tischfrage „Welche naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen habt ihr heute angewendet und wozu?“ legen die Lernenden ihre Vorstellungen zu Ablauf und Gründen für das Vorgehen offen. Ausgehend von den Tätigkeiten im Schülerlabor kann über die spezifischen Abläufe und ihre Begründungen eine Verbindung zu eigenen schulischen Aktivitäten, zu Forschungstätigkeiten dargestellt in Medien und ihren impliziten Vorstellungen gezogen werden.

Die Kategorie besitzt große Überschneidungsflächen mit den Aspekten, die in der Skala PRAXIS DER NATURWISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG zusammengefasst sind. Es finden sich drei voneinander abgrenzbare Bereiche, mit denen sich die Lernenden auseinandersetzen: Aufzählen erinnerter Methoden des Forschens [Pms], Aufzeigen von Forschungswegen [Pf] und Auseinandersetzung mit Absicherungsnotwendigkeit [Pr]. Bei dem Versuch der Einteilung der Äußerungen in naive, intermediäre und informierte Aussagen ergibt sich hier eine Überschneidung der Bereiche, sodass die drei Subkategorien nicht nur thematisch, sondern auch in der Kompetenzbewertung hierarchisch angeordnet werden müssen.

PRAXIS - METHODENSAMMLUNG [Pms] fasst Äußerungen zusammen, in denen die Lernenden über ihre oder allgemeine Forschungsaktivitäten sprechen, ohne jedoch Zusammenhänge herzustellen

Unsere Arbeitsweisen waren Analysieren, Experimentieren, theoretisch Lesen und Hypothesen aufstellen. 9bMM_M3F1_96-98

oder zwischen Praktiken, Methoden und Vorgehensweisen zu unterscheiden.

Wir haben Experimente im Labor und Diskussion in der Gruppe durchgeführt. Die Endwertung, Auswertung der Daten, das Thesen aufstellen, Bewerten waren auch Arbeitsweisen. Wir haben Neues herausgefunden, Informationen gesammelt, verglichen mit den anderen. Außerdem haben wir in der Gruppe gearbeitet. 10MM_M1F1_69-71

Neben diesen eindeutig der Subkategorie [Pms] zugehörigen Äußerungen werden auch solche hinzugezählt, in denen eine Methode beschrieben

Wir haben Moos erst trocken gewogen, dann haben wir es ins Wasser gepackt, raus genommen und dann nochmal gemessen. Du kannst natürlich auch die Menge Wasser messen, die aufgesogen wurde. 10MM_M3F1_241-45

oder erläutert wird, auf welche Weise wirkliche Forschende eine Vorgehensweise abweichend durchgeführt hätten. Auch Aussagen, die hauptsächlich nichts mit wissenschaftlicher Thematik zu tun haben, jedoch Methoden integrieren oder die Aussagen zu vage bleiben, um höhere Zusammenhänge zweifelsfrei bestimmen zu können, werden in diese Subkategorie gefasst.

Meist waren unsere Erkenntnisse objektiv, z.B. waren es viele [Anm.: Wasser-] Proben. Die Fragen wurden meist von allen entwickelt und nicht nur von mir. Bei manchen Teilen waren die Erkenntnisse aber subjektiv wie z.B. bei dem Landschaftsbau, weil die meisten eine irgendwie schöne Landschaft erstellen wollten. [...] Zum Teil war das abschließende Ergebnis subjektiv, weil auch Argumente von mir selbst kamen, obwohl sie von den anderen auch angenommen wurden und nicht nur meine Argumente benutzt wurden. Daher ist es wohl doch eher objektiv. 8MM_M2F3_106-120

Die Bewertung der Aussagen dieser Subkategorie als „naiv“ bzw. „unkritisch“ bezieht sich auf das jeweils dargestellte Konzept, wobei das tatsächlich bestehende Lernenden-Konzept zum Thema vom gezeigten abweichen kann.

Aussagen, die in der Subkategorie PAXIS - FORSCHUNGSPROZESSE [Pf] zusammengefasst werden, beinhalten wie diejenigen in [Pms] Forschungsmethoden und -vorgehensweisen. Hier jedoch stehen die geäußerten Teile in einem Zusammenhang: Es wird ausgedrückt, wie sie aufeinander aufbauen,

Wir haben heute Theorien aufgestellt bzw. Hypothesen, diese mit einem Experiment bzw. einer Studie belegt, dazu Argumente

aufgestellt, gesammelt, diese auf dem Forscherkongress diskutiert und sind zu einem Kompromiss gekommen. 8MM_M2F1_39-41

oder zumindest in einem Zusammenhang stehen.

[Anm.: Wir haben unsere Hypothesen] untermauert und widerlegt, zum größten Teil untermauert. 8MM_M2F1_52-57

Auch Aussagen, in denen Forschungsverfahren beschrieben und ihre Vor- und/ oder Nachteile herausgestellt werden, sind in der Subkategorie enthalten:

Bestimmte Ergebnisse werden in der Wissenschaft bevorzugt. Wenn man es einfach erklären kann, z.B. der Mond besteht aus Stein, weil man es herausgefunden hat, indem man da hochgeflogen ist und geguckt hat, ist ja einfacher als eine Ferndiagnose zu erstellen, warum das so ist. 9aMM_M3F3_268-73

Sobald in einer Äußerung, die von naturwissenschaftlichen Vorgehensweisen handelt, Elemente daraus in einen Zusammenhang gebracht sind, sei es eine aufeinander aufbauende Reihenfolge, Kausalität oder Bedingung, wird die gesamte Aussage in die Subkategorie [Pf] „hochgestuft“. Stehen die Elemente unverbunden und in willkürlicher Reihenfolge nebeneinander, verbleibt die Aussage in [Pms].

Als hierarchisch höchste Subkategorie umfasst PRAXIS - RECHTFERTIGUNGSPROZESSE [Pr] solche Äußerungen, die Maßnahmen zur Ergebnisabsicherung beinhalten. Voraussetzung für die Berücksichtigung solcher Maßnahmen ist ein Verständnis von den Wegen der Ergebniserzielung und ihren Schwächen, sodass hier von einem entsprechend informierten Konzept ausgegangen wird.

Sowohl ausführliche Beschreibungen verschiedener Absicherungsstrategien

In der Gruppe zu arbeiten ist besser, denn wenn man selbst arbeitet, dann bekommt man etwas heraus und das ist gleich richtig. Wenn andere auch etwas haben, kann man das vergleichen und wenn fünf in einer Gruppe sind und man ein vielleicht nicht richtiges Ergebnis hat, aber die anderen vier haben dasselbe, dann ist das ja wahrscheinlich, dass die anderen vier das richtige haben und ich das falsche. 8MM_M2F3_290-304

als auch lediglich Forderung einer solchen Sicherungsstrategie

Man hätte das öfter durchführen müssen, auch mit verschiedenen Tieren, damit man wirklich Ergebnisse daraus schlussfolgern [Anm.: kann]. 9bMM_M2F3_197-99

werden hier zusammengefasst.

2. (UN)SICHERHEIT IN DEN NATURWISSENSCHAFTEN

Äußerungen über die Sicherheit von Ergebnissen, Erkenntnissen und Wissen werden durch die Leitfragen nicht direkt evoziert und fallen daher seltener. Beschreibungen der Handhabung von Wissen, Erklärungen zu Wahrheit und Gültigkeit sowie deren Beschränkungen werden dieser Kategorie zugeordnet, sodass sie einen vergleichbaren thematischen Rahmen bietet wie die Fragebogenskala SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS. Wird Wissen als sicher angenommen, wird über diesen Umstand kaum gesprochen. Erst bei Zweifeln an diesem Umstand werden philosophische Aspekte zu Qualität, Herkunft und Gültigkeit als Sicherheitsgrundlagen angesprochen. Daher gelten Aussagen dieser Kategorie als vornehmlich informiert. Nicht die philosophische Schule, der gefolgt wird oder die Grenze, bis zu der Unsicherheit angenommen wird, ist hier entscheidend, sondern der Umstand, dass die Sicherheit naturwissenschaftlichen Wissens zur Diskussion steht.

Werden Beobachtungen, Beschreibungen oder Begründungen für Unsicherheiten innerhalb der Wissenschaften oder zwischen den Forschenden diskutiert, sind sie in UNSICHERHEIT IN DER FORSCHUNG [Uf] zusammengefasst. Hierzu zählen Unsicherheiten, die durch unterschiedliche theoretische Annahmen, Methoden und Vorgehensweisen oder Blickwinkel entstehen.

Man kann wissenschaftliche Ergebnisse auch unterschiedlich und trotzdem richtig interpretieren. 10MM_M2F2_335-37

Unter UNSICHERHEIT DER UMWELT [Uw] werden diejenigen Aussagen zusammengefasst, die auf die Forschungsgegenstände als Unsicherheitsfaktoren fokussieren. Wandel, physikalische Ungewissheit und metaphysische Ungewissheiten zählen in diese Subkategorie.

Das muss nicht nur mit dem Experiment zusammenhängen, sondern es kommt darauf an, was für ein Experiment. Das kann sein, dass das [Anm.: Erdbeben in dem Experiment] wirklich so ist, aber bei etwas anderem kann es sein, dass bei mehreren Durchführungen andere Ergebnisse jeweils heraus kommen. 10MM_M3F1_188-92

Beginnt eine Diskussion mit PRAXIS-zugehörigen Inhalten, die im Gesprächsverlauf als Beispiele oder Argumente für eine UNSICHERHEIT-Äußerung dienen, „gipfelt“ die Aussage in dieser Kategorie, die vorherige Kategorie wird überlagert.

Abgrenzend zur folgenden Kategorie der Veränderlichkeit gelangen nur Aussagen in diese Kategorie, die statisch die Unsicherheit thematisieren, ohne zeitliche oder evolutionäre Prozesse als mögliche Ursachen einzubeziehen.

3. VERÄNDERLICHKEIT NATURWISSENSCHAFTLICHER ERKENNTNISSE

Unsicherheit von Ergebnissen, Erkenntnissen und Wissen kann indirekt diskutiert werden, indem die zeitliche oder entwicklungsabhängige Wandelbarkeit in den Fokus rückt. Ebenso fokussiert die Fragebogenskala ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS diese dynamische Komponente von der Veränderbarkeit naturwissenschaftlichen Wissens. Äußerungen zu Veränderungen durch neue Erkenntnisse oder andere - forschungsbedingte - Einflüsse sind in der Subkategorie VERÄNDERUNG DURCH FORSCHUNG [Äf] zusammengefasst.

Dabei ist es auch wichtig, sich alles offen zu halten, ohne Vorurteil, so dass man [eines Besseren] belehrt werden kann während des Experimentes. 10MM_M2F2_326-28

Sind nicht Weiterentwicklungen oder neue Erkenntnisse fokussiert, sondern die äußeren Umstände, sich ändernde Umweltfaktoren, Perspektiven oder Anschauungen, werden die Äußerungen der Subkategorie VERÄNDERUNGEN DURCH DIE UMWELT [Äw] zugeordnet.

Wissenschaft findet immer andere Lösungen. Es gibt keinen richtigen Lösungsweg. Es gibt nie die gleichen Ergebnisse, weil die Außenwelt sich ändert und man immer neue Erkenntnisse wieder daraus zieht. [...] 9bMM_M1F3_37-46

Wie in der Kategorie (UN)SICHERHEIT IN DEN NATURWISSENSCHAFTEN nehmen auch die Äußerungen dieser Kategorie oft ihren Anfang in Aufzählungen oder Beschreibungen von PRAXIS-Methoden, die folgend als Ursachen oder Gegenmaßnahmen von VERÄNDERLICHKEIT diskutiert werden. In diesem Fall "gipfelt" die Aussage in dieser Kategorie, [P]-Subkategorien werden überlagert.

4. ZWECKE DES FORSCHENS

Über Forschungszwecke und -ziele sprechen die Lernenden beinahe ausschließlich am RC-Tisch mit der Frage „Welche Ziele hatte das naturwissenschaftliche Arbeiten heute und hat es generell?“. Ebenfalls auf der naiven, „unkritischen“ Konzeptstufe beginnt der Hierarchiebaum dieser Kategorie mit Wissensgenerierung als ausschließlichem Selbstzweck, gefolgt von mehreren Forschung rechtfertigenden Zielen. Diese Kategorie integriert die Aspekte, zusammengefasst in der Fragebogenskala ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG, geht aber über diese hinaus, indem vielfältige Zwecke genannt werden, die innerhalb der Fragebogenitems nicht berücksichtigt wurden. Wird hier im selben Statement über Forschungspraxis und Zwecke gesprochen, stehen letztere bei dieser Frage im Fokus und „überstimmen“ [P]-Subkategorien. Vermischungen

mit anderen Kategorien passieren nicht und zu den anderen Leitfragen werden [Z]-Äußerungen ebenfalls nicht mit anderen Kategorie-Aussagen gemischt.

ZWECK - NEUES WISSEN [Zn] fasst Aussagen zusammen, in denen die Wissensgenerierung

Ziel wissenschaftlicher Arbeit ist es, mehr über die Natur zu erfahren. 8MM_M2F2_18

oder das Stillen von Neugier

Das ist auch einfach so aus Neugierde, denn der Mensch hat ein gewisses Streben danach, alles zu wissen und alles zu kennen. Deswegen schreiten wir immer weiter voran und die Menschheit entwickelt sich immer weiter, weil sie immer mehr wissen möchte und sich erschließen will. 10EM_M3F2_265-70

als alleiniger oder hauptsächlicher Zweck von naturwissenschaftlicher Wissensgenerierung angeführt wird. Auch wenn andere Zwecke, z.B. der Fortschrittsgedanke, angedacht, aber lediglich generisch ausgedrückt werden,

[...] und neue [Theorien] herauszufinden und die Ergebnisse auch für die Menschen nutzbar zu machen, die letzten noch unbekanntesten Phänomene zu ergründen, forschend zu erklären. 9aMM_M2F2_49-52

wird die Äußerung in diese Subkategorie gefaßt.

Die weiteren Subkategorien stehen hierarchisch über [Zn], da in ihnen weiterführende Aussagen zusammengefasst sind. Die Generierung neuen Wissens wird nicht ausschließlich als Selbstzweck betrieben, sondern dient - konkret beabsichtigt oder zukünftig vorstellbar - verschiedenen Zielen, von denen durch die Lernenden drei innerhalb der Schülerlabormodule und anhand ihrer weiteren Erfahrungen identifiziert werden.

Um im gesellschaftlichen, politischen oder auch privaten Leben weitreichende Entscheidungen zu treffen, können naturwissenschaftliche Erkenntnisse als Unterstützung dienen. Die Subkategorie ZWECK - ENTSCHEIDUNGSHILFE [Ze] beinhaltet Äußerungen, in denen der beratende

Bei Sachen, die man täglich benutzt, ist es wichtig, dass man testet, dass z.B. Stifte gesundheitsschädlich sind. Sowa sollte in Experimenten belegt werden, damit das sicher ist für die Menschen zu benutzen. 9bMM_M3F2_73-77

oder Informationsquellencharakter

Das heutige Ziel war die bestmögliche Nutzung des Feldes für den Bauern herauszufinden, [Anm.: für ihn eine] Lösung zu finden. 9bMM_M1F2_157f

zum Ausdruck kommt.

Werden gesellschaftliche Errungenschaften, z.B. neue Energiequellen oder Medikamente, als Ziel naturwissenschaftlicher Forschung dargelegt, gehören die Äußerungen zur Subkategorie ZWECK - FORTSCHRITT [Zf]. Hierzu zählen Aussagen über Lösungen für gesellschaftliche Probleme,

Naturwissenschaftliche Arbeiten sind dazu gut, um für Probleme Lösungen zu finden. Auf heute bezogen haben wir das gemacht, um herauszufinden, warum oder wie wir die Krebspest bekämpfen können. 9bMM_M2F2_94-98

als auch solche über von den Naturwissenschaften selbst verursachten.

Naturwissenschaften können auch die Ursache sein, denn dass man Erdöl verbrennen kann und dadurch z.B. Energie entstehen lässt, wenn man sich mit dem Auto fortbewegt, wurde auch erst durch die Wissenschaft erfunden. Das heißt, ursprünglich kommt das von der Wissenschaft mit den hohen CO₂-Belastungen. 9aMM_M1F2_157-67

Auch Vereinfachung des Lebens

Ein Ziel ist es, das Leben zu erleichtern. 9aMM_M3F2_179

oder die Bereicherung des Lebens durch Konsumgüter

Alle Menschen profitieren von der Wissenschaft, z.B. bei der Entwicklung neuer Stoffe, wenn man z.B. Parfüm herstellen will. 8MM_M2F2_47-56

sind hier eingefasst.

Aussagen zu naturwissenschaftlichen Erkenntnissen als argumentativer Grundlage bilden die Subkategorie ZWECK - ÜBERZEUGEN [Zü]. Schwerpunkte sind hier das überzeugende Wirken

Naturwissenschaftliches Vorgehen ist sinnvoll und seriös. Auf einer Basis von Wissen wird durch logisches Denken, Experimente usw. weiteres Wissen erlangt. Auf solche Weise erlangtes Wissen ist glaubwürdiger und von Leuten, die einen damit informieren, hat man einen guten Eindruck. 8MM_M1F2_18-23

und die unterstellte Beweiskraft.

Ziel wissenschaftlicher Arbeit ist es, die Argumente zu beweisen durch Experimente, sonst könnte man einfach irgendetwas behaupten. Das macht aber wenig Sinn und deshalb ist das wichtig, dass man naturwissenschaftlich vorgeht. 8MM_M1F2_95-98

Die Kategorie-Level fangen die Qualität der Äußerungen auf eine andere Weise ein, als eine Einteilung in naive, informierte und intermediäre Aussagen zum selben Thema. Die Redebeiträge sind frei gesprochen und großteils unvollständig. Sie werden danach bewertet, ob etwas gesagt wurde, nicht auf welchem WV-Niveau. Letzteres gelingt nicht objektiv und reliabel am Material und selten wird etwas unmissverständlich Naives oder eindeutig Informiertes über Naturwissenschaft gesagt. Wenn von „sicheren“ Ergebnissen gesprochen wird, kann ein allgemein gültiger und akzeptabler Grad an Sicherheit gemeint sein. Die Aussagen hierzu in Niveaus zu trennen, gelingt nicht reliabel. Wird lediglich ein Motiv für naturwissenschaftliche Forschung angegeben, muss dies nicht bedeuten, dass es für die Aussagenden keine weiteren Motive geben kann. Weder Motiv-Anzahl noch Auswahl lassen eine reliable Einteilung in WV-Niveaus zu.

Ebenso selten, wie eindeutig Naives geäußert wird, werden die komplexen Sachverhalte angesprochen, für deren Bewusstheit ein informiertes - oder zumindest im Übergang dazu befindliches - Niveau angenommen werden muss, z.B. Gedanken zur Qualität der Daten aus unserer Umwelt und ihrem Wahrheitsgrad. So wird angenommen, dass Aussagen der Kategorie (UN)SICHERHEIT IN DEN NATURWISSENSCHAFTEN ein informierteres WV demonstrieren, als Aufzählungen von Praktiken und Methoden, die als „Forschungswege“ bezeichnet werden. Passender kann diese Beurteilung zwischen den Polen „unkritisch“ und „logisch-kritisch“ (s. Abb. 7.12) aufgespannt werden: Die unkritische Annahme eines Forschungswegs, der Fakten produziert, wenn man sorgfältig arbeitet, ist auf einem niedrigeren Kategorie-Level angesiedelt als würde die Faktenproduktion durch notwendige Sicherungsmaßnahmen gerechtfertigt oder in Frage gestellt. Letzteres kann auf informiertes WV hindeuten, ist jedoch auch als besonders kritische, aber naive Äußerung vorstellbar. Erst Aussagen über die Unsicherheit naturwissenschaftlichen Wissens generell, mit anderen Ursachenzuschreibungen als methodischen Mängeln, lassen auf informiertes WV schließen. Solche generellen Äußerungen zu Wissen sind auf naivem Niveau nicht beobachtbar, die Kategorie bestimmt gleichsam das Niveau.

Die Beurteilung nach dem Grad kritischer Betrachtung und die Einordnung in die Kategorie-Level sind der Einteilung in naive, intermediäre und informierte Aussagen ähnlich, jedoch nicht deckungsgleich (vgl. Abb. 7.12). Beide Wege bieten eine Annäherung an die WV-Niveaus, bezüglich der Rückschlüsse auf das innerhalb der Lernenden vorliegende WV bleiben jedoch, verursacht vor allem durch das Datenmaterial, Interpretationsräume offen.

Da die gebildeten Kategorien thematisch die Subskalen der WV-Fragebogenerhebung widerspiegeln, werden sie zu deren Überprüfung herangezogen. Veränderungen in der Fragebogenbeantwortung können sich auch in veränderten Dialog-Inhalten niederschlagen. Für die Untersuchung der Frage, inwiefern sich das Wissenschaftsverständnis der Lernenden über die Module hinweg verändert, wird die Anzahl der Äußerungen der einzelnen Kategorien je Modul verglichen.

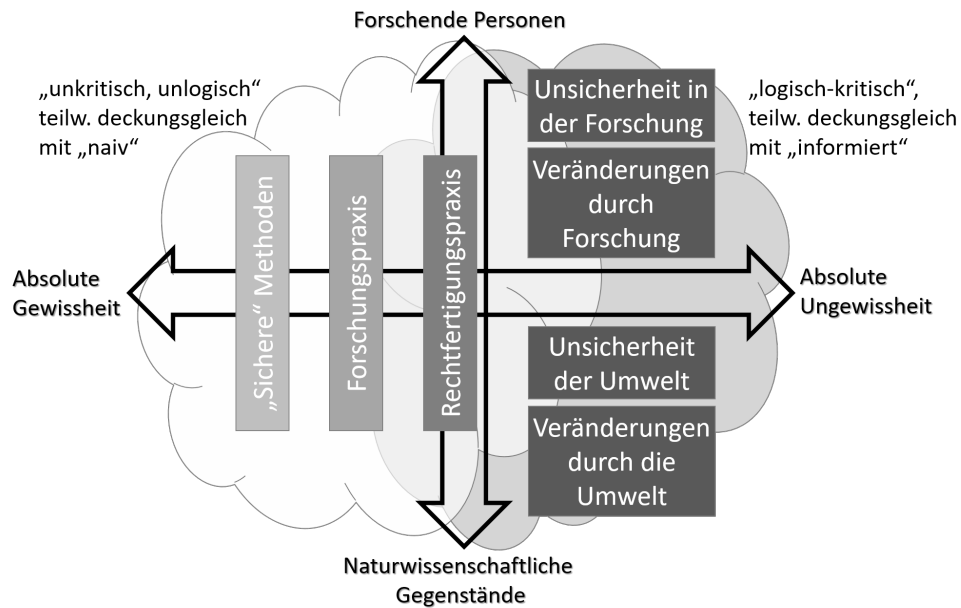


ABBILDUNG 7.12: Schema des Verhältnisses zwischen Wissenschaftsverständnis, der Beurteilung nach „unkritisch“ und „logisch-kritisch“ sowie der Einteilung in die ermittelten Kategorien bzw. Level

7.3.2 Veränderungen der Äußerungsinhalte

Für den Vergleich der Äußerungsinhalte werden die redigierten und kodierten Transkripte der MM-RC-Gruppe betrachtet. Aus den vier Schulklassen existieren 35 Transkripte (3 Module, 3 Tischfragen) mit jeweils 30-60 Minuten Länge. Ein Transkript fehlt wegen technischer Probleme bei der Aufnahme. Die Betrachtung der Transkripte wird auf die entsprechenden Fragebogenergebnisse bezogen. Für sich stehend würde eine Kontrollgruppe benötigt, um Veränderungen im geäußerten Wissenschaftsverständnis auf das *Reflexionscafé* zurückführen zu können. Die EM-RC-Gruppe beinhaltet nicht genügend Probanden für diesen Zweck.

Je Kategorie werden die prozentualen Anteile der Codes aufgetragen, sodass Veränderungen mit zunehmender Besuchszahl hervortreten können (s. Abb. 7.13 und 7.14).

In der Kategorie PRAXIS DER NATURWISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG nimmt die Gesamtäußerungszahl von Modul 1 zu Modul 3 zu von 118 auf 156 Aussagen und auch die Verteilung der Äußerungen auf die Codes verändert sich. Während in Modul 1 [Pms] zugeordnete Äußerungen (z.B. *Unsere wissenschaftlichen Arbeitsweisen waren das Forschen an lebenden Gegenständen, Experimentieren, Zeichnen, Recherchieren, Diskutieren, Argumentieren, Beobachten und Hypothesen aufstellen.* 9aMM_M2F1_16-18) 62,7% der Gesamt-Aussagenanzahl bilden, sind es in Modul 2 39,1% und in Modul 3 34% der

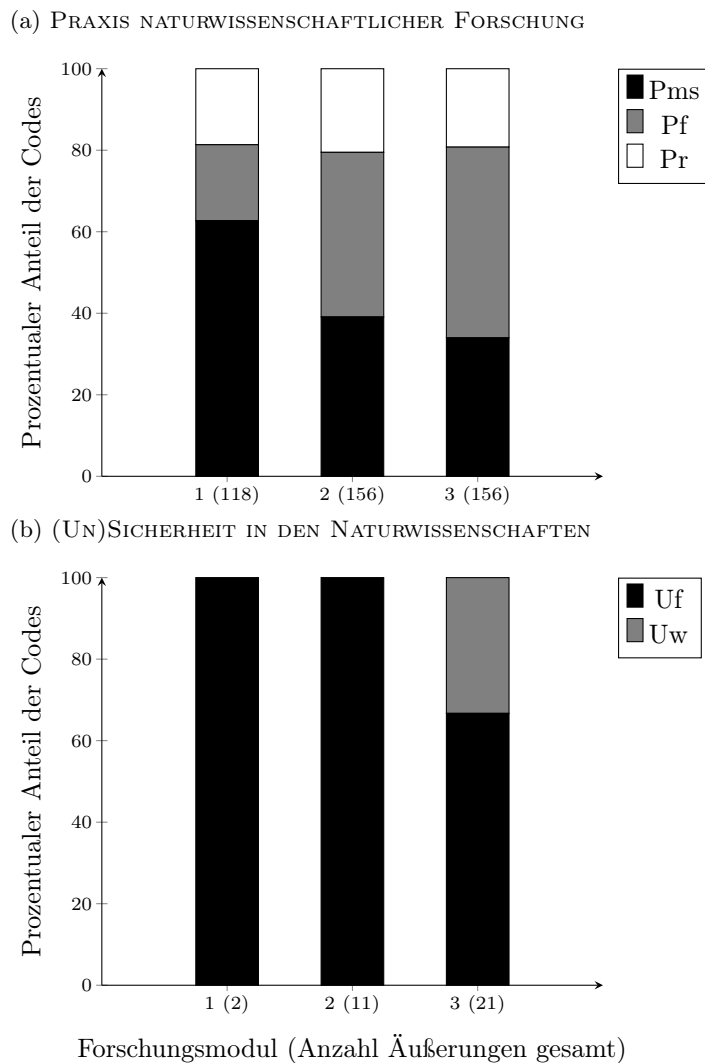
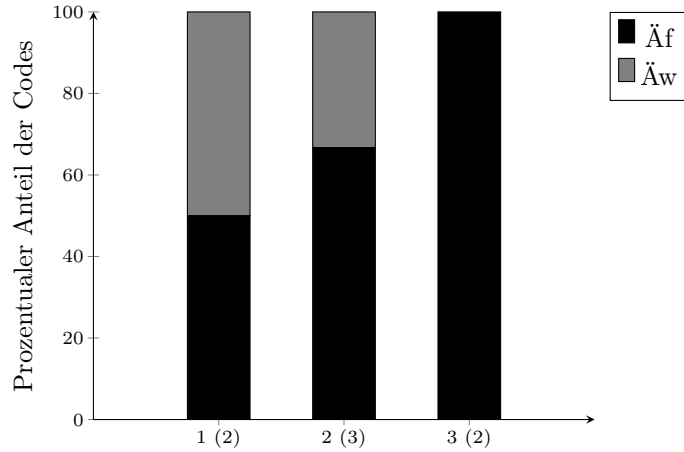


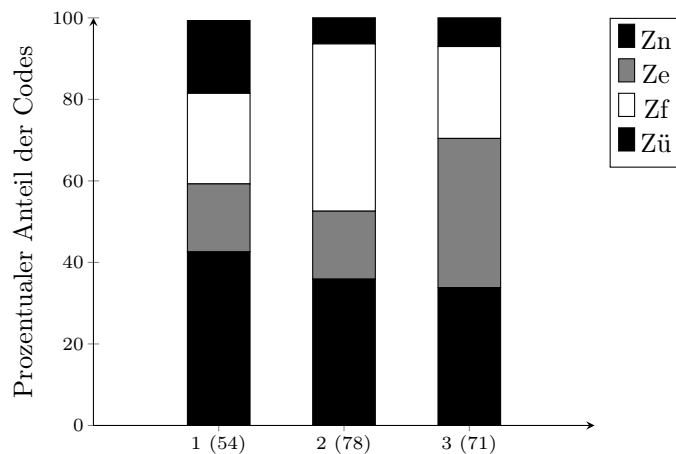
ABBILDUNG 7.13: Vergleich der Nennungshäufigkeiten (%) je Forschungsmodul in den Kategorien (a) PRAXIS NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG („Sichere“ Methoden [Pms], Forschungspraxis [Pf], Rechtfertigungspraxis [Pr]) und (b) (UN)SICHERHEIT IN DEN NATURWISSENSCHAFTEN (in der Forschung [Uf], der Umwelt [Uw])

Äußerungen in dieser Kategorie. Im Gegensatz dazu wird der Anteil der dem Code [Pf] zugeordneten Aussagen größer (z.B. *Die Ergebnisse waren nicht immer so eindeutig, dass Hypothesen bestätigt oder verworfen werden konnten. Man musste öfter Schlussfolgerungen ziehen.* 8MM_M3F1_120-23). Von 18,6% steigt der Anteil der Äußerungen dieser Subkategorie über 40,4% auf 46,8%. Der Aussagen-Anteil der Subkategorie [Pr] bleibt bei 18,6-20,5% nahezu unverändert. Eine signifikante Veränderung in den Mittelwerten der MM-RC-Gruppe ist in der Skala NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (s. Abb. 7.11, S.

(a) VERÄNDERLICHKEIT NATURWISSENSCHAFTLICHER ERKENNTNISSE



(b) ZWECKE DES FORSCHENS



Forschungsmodul (Anzahl Äußerungen gesamt)

ABBILDUNG 7.14: Vergleich der Nennungshäufigkeiten (%) je Forschungsmodul in den Kategorien (a) VERÄNDERLICHKEIT NATURWISSENSCHAFTLICHER ERKENNTNISSE (durch Forschung [Äf], durch die Umwelt [Äw]) und (b) ZWECKE DES FORSCHENS (Neue Erkenntnisse [Zn], Entscheidungshilfe [Ze], Fortschritt [Zf], Überzeugende Argumente [Zü])

140) zu beobachten. Diese bietet große Überschneidungsbereiche zu PRAXIS DER NATURWISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG, sodass ihre Veränderungen gemeinsam betrachtet werden können.

Die Veränderungen in der Kategorie ZWECKE DES FORSCHENS treten weniger deutlich hervor als in der vorangegangenen Kategorie. Die Nennung des Wissens als Selbstzweck [Zn] verringert sich leicht, ebenso wie Aussagen zu Forschung als Mittel des Überzeugens [Zü]. Angaben von Forschung als

Grundlage zur Entscheidungsfindung [Ze] nehmen zu, während die Annahme des Fortschritts als Zweck von Forschung [Zf] zu Modul 2 ansteigt und dann wieder abfällt.

Die Kategorie (UN)SICHERHEIT IN DEN NATURWISSENSCHAFTEN [U] zeigt eine stete Zunahme der Äußerungszahl. Modul 1 gibt Anlass für zwei Äußerungen, in den Transkripten zu Modul 3 finden sich 14 Aussagen (z.B. *Bei der Urknall- und der Stringtheorie können die Forscher das nicht gründlich nachweisen und beharren auf ihrer Version und streiten sich.* 10MM_M3F3_35-39). Hier treten auch erstmals [Uw]-Inhalte (7 Äußerungen) auf. Auch in der Fragebogen-Subskala SICHERHEIT zeigt sich in den Mittelwerten eine höchst signifikante Veränderung (s. Abb. 7.11, S. 140), jedoch auch bei MM-nRC- und der Kontrollgruppe (s. Abb. 7.5, S. 134 und 7.6, S. 135).

Themen der Kategorie VERÄNDERLICHKEIT [Ä] werden gleichbleibend selten angesprochen (2-3 Äußerungen). Der signifikante Mittelwertzuwachs in der Subskala ENTWICKLUNG (s. Abb. 7.11, S. 140) bildet sich an den Äußerungszahlen von [Ä] damit nicht ab.

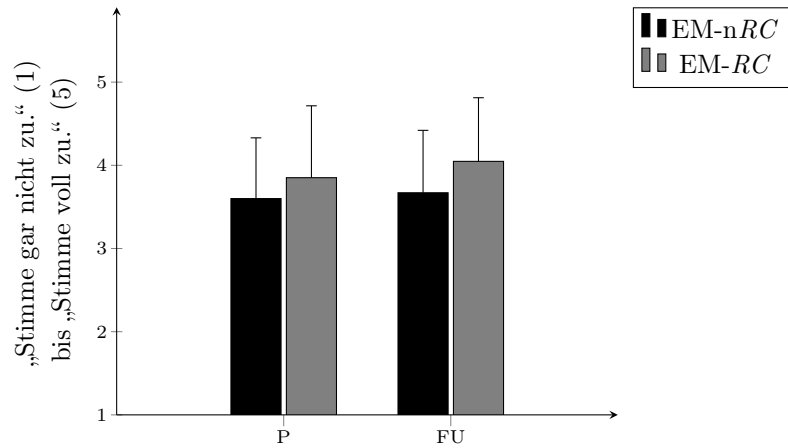
7.4 Das WV der Lernenden zwölf Monate nach dem letzten BaSci-Labor-Besuch

Nach einem Jahr kann festgestellt werden, ob die Lernenden zum WV-Niveau vor der Studie zurückkehren, das erreichten Niveau halten oder ihr Wissenschaftsverständnis weiter ausbauen. Die Veränderung bereits existierender Konzepte geschieht über längere Zeiträume, Parallelkonzepte können weiter bestehen und genutzt werden (s. Kap. 3.2, S. 48).

Durch das RC werden zum Einen die bestehenden Vorstellungen zu Wissenschaft verknüpft mit den Forschungsmodulaktivitäten bearbeitet und zum Anderen das Reflektieren von Forschungsaktivitäten eingeübt. Da Reflexionen über Forschung WV fördern können (s. Kap. 3.1.2, S. 47), ist eine weitere Verbesserung der WV-Mittelwerte der RC-Gruppen im Vergleich zu den nRC-Gruppen zu erwarten.

Zwischen dem letzten Testzeitpunkt während der Studie und der Follow up-Erhebung verändern sich die Mittelwerte der Probandinnen und Probanden nicht signifikant. Die Mittelwerte der EM-Gruppen steigen stärker an, als die der MM-Gruppen (s. Abb. 7.15, 7.16, 7.17 und 7.18). Die Mittelwerte der EM-RC-Gruppen sind in allen Skalen höher als die der EM-nRC-Gruppen, in der EM-nRC-Gruppe sinkt der Mittelwert im Aspekt SICHERHEIT auf 3.5 und liegt damit nur knapp im Bereich angemessenen WVs. Die Mittelwerte beider MM-Gruppen liegen sowohl im Posttest 3 als auch im Follow up-Test bei ≈ 4 .

(a) EM-Gruppen: SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS



(b) MM-Gruppen: SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS

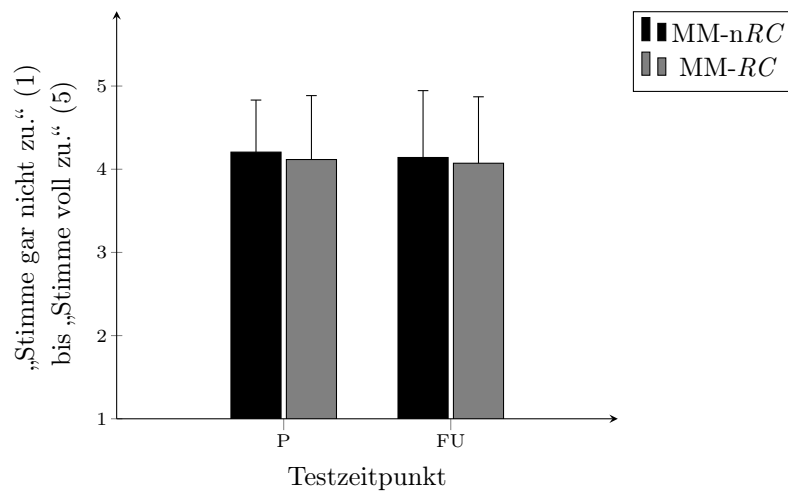
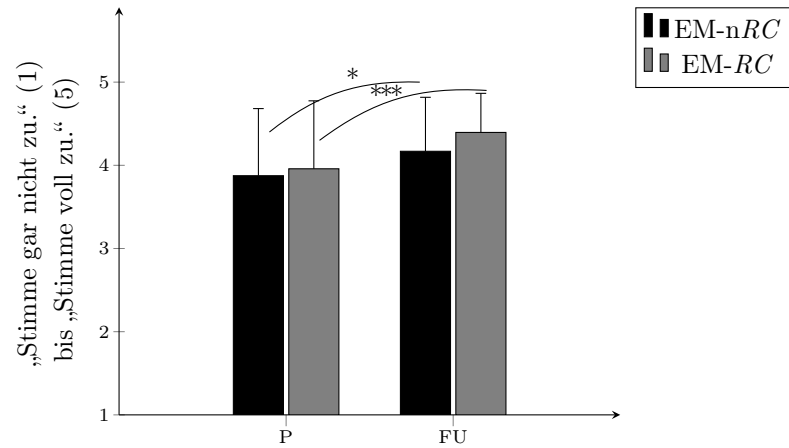


ABBILDUNG 7.15: Post(P)-Follow up(FU)-Vergleich der Gruppen (a) Einmaliger Besuch (EM-nRC (N=37), EM-RC (N=42)), (b) Mehrmaliger Besuch (MM-nRC (N=34), MM-RC (N=36)); Mittelwerte der Skala SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

(a) EM-Gruppen: ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS



(b) MM-Gruppen: ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS

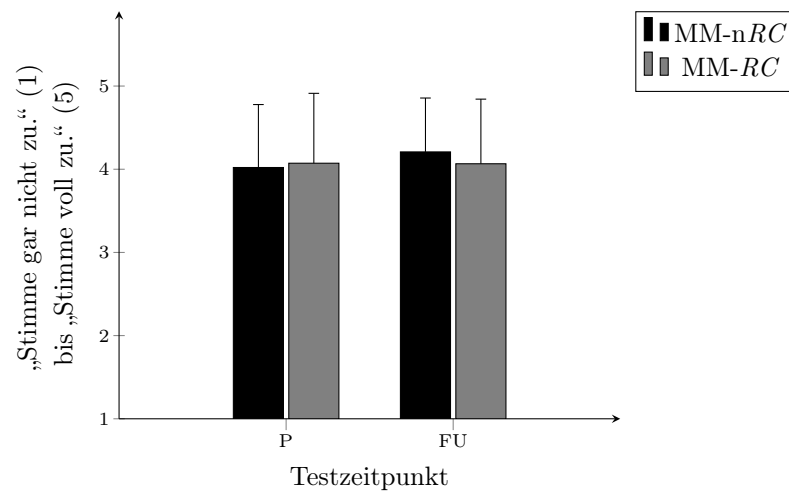


ABBILDUNG 7.16: Post(P)-Follow up(FU)-Vergleich der Gruppen (a) Einmaliger Besuch (EM-nRC (N=38; $r=0.40$), EM-RC (N=42; $r=0.51$)), (b) Mehrmaliger Besuch (MM-nRC (N=36), MM-RC (N=38)); Mittelwerte der Skala ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

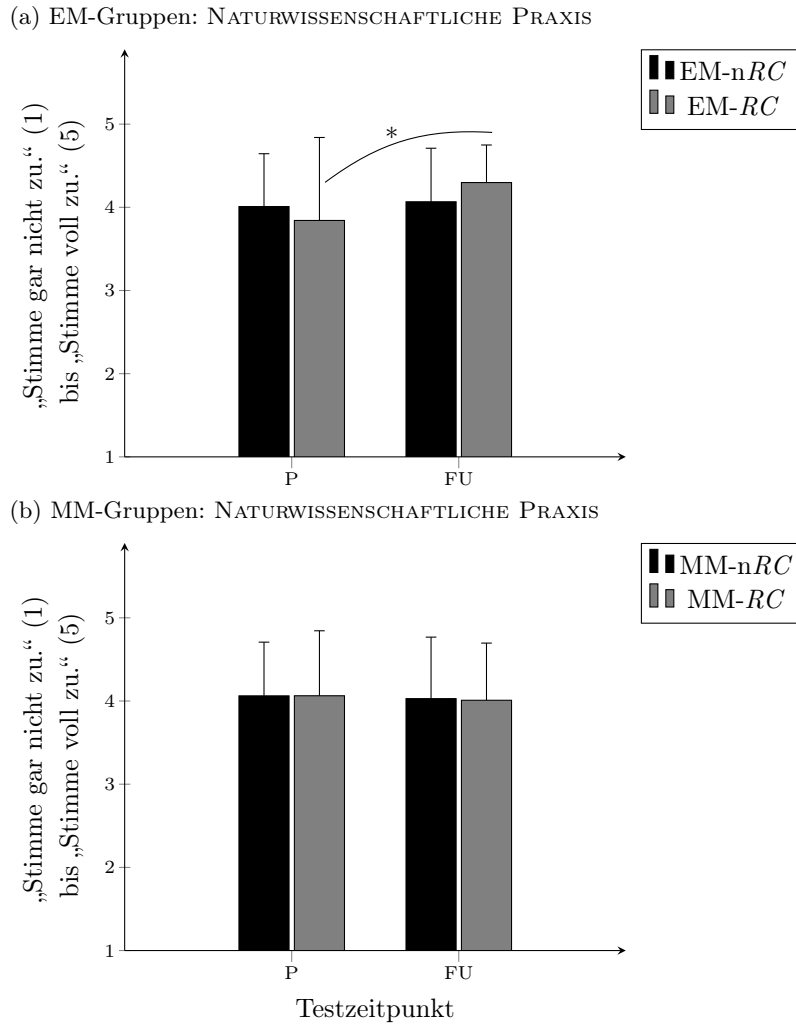
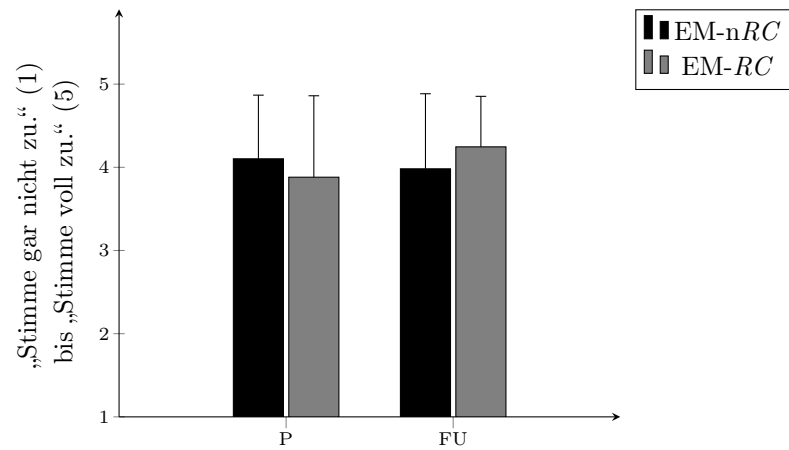


ABBILDUNG 7.17: Post(P)-Follow up(FU)-Vergleich der Gruppen (a) Einmaliger Besuch (EM-nRC (N=37), EM-RC (N=41; $r=0.37$)), (b) Mehrmaliger Besuch (MM-nRC (N=35), MM-RC (N=37)); Mittelwerte der Skala NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

(a) EM-Gruppen: ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG



(b) MM-Gruppen: ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG

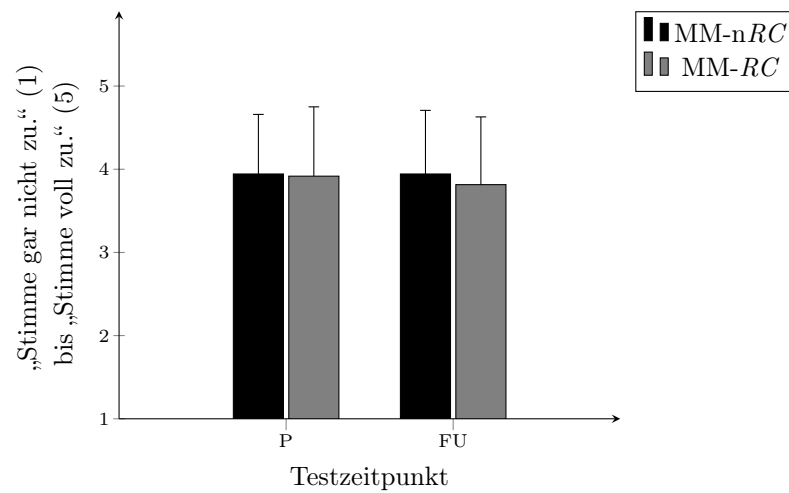


ABBILDUNG 7.18: Post(P)-Follow up(FU)-Vergleich der Gruppen (a) Einmaliger Besuch (EM-nRC (N=36), EM-RC (N=41)), (b) Mehrmaliger Besuch (MM-nRC (N=35), MM-RC (N=36)); Mittelwerte der Skala ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

7.5 Beeinflussen die Gruppengespräche das Interesse der Lernenden?

Das dispositionale Interesse der Lernenden scheint kaum durch Lerngelegenheiten - selbst wenn mehrmals durchgeführt - beeinflussbar. Bereitgestellte Catch-/Hold-Faktoren können aber im Laufe des Lernenden-Lebens evtl. zu gesteigertem individuellem Interesse führen (Mitchell, 1993; s. Kapitel 3.3.2, S. 58).

Daher kann auch in der vorliegenden Studie kaum eine nachhaltige positiven Veränderung des dispositionalen Interesses der Lernenden erwartet werden. Die Konzeption der Module und des *RCs* ist darauf ausgelegt, Lernenden-Interessen an Themen, Aktivitäten und Sozialformen zu berücksichtigen, sodass eine Aktualisierung dispositionaler Interessen beobachtet werden könnte. Und es muss gegeben sein, dass die zusätzliche Belastung des *RCs* sich nicht negativ auf die Lernenden-Interessen auswirkt.

Zur Überprüfung des Lernenden-Interesses an Biologie - biologischer Forschung und Themen - wird zunächst das aktualisierte dispositionale Interesse mittels der Pre-Post-Veränderungen der Skala „Dispositionales Interesse“ betrachtet (s. Kapitel 6.3.2.3, S. 111).

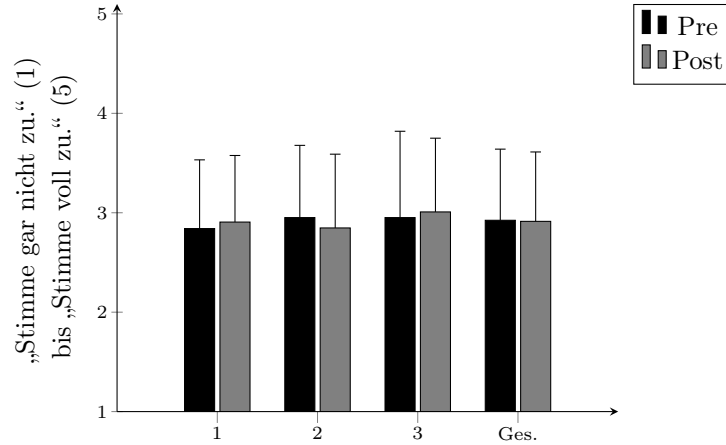
Die Veränderungen im arithmetischen Skalenmittel der *RC*-Gruppe und der *nRC*-Gruppe werden miteinander verglichen, um die Wirkungen von Forschungsmodul allein und Forschungsmodul plus *Reflexionscafé* trennen zu können. Im Vergleich der EM- mit der MM- und der K-Gruppe können etwaige Langzeit-Effekte ausgemacht werden.

7.5.1 Interessenentwicklung bei einmaligem Besuch

Das dispositionale Interesse einer Person gilt als stabil und sich langsam verändernd. Besteht jedoch bereits Interesse, das durch eine Situation aktualisiert wird, kann ein gesteigertes geäußertes Interesse wahrgenommen werden. Bei vorhandenem dispositionalem Interesse an Biologie kann daher durch die Aktualisierung ein Anstieg in der Interesse-Skala von Pre- zu Posttest in Erscheinung treten. Durch die Konzeption der Forschungsmodule und der Reflexionsgespräche orientiert an den „basic needs“ bestehen mehrere Mechanismen, die dispositionales Interesse verstärken oder situationsgebunden kurzzeitig hervorrufen können (s. Kap. 3.3.2.2, S. 61).

Nach einmaligem Besuch sind keine signifikanten Veränderungen im geäußerten dispositionalen Interesse zu beobachten (s. Abb. 7.19). Über alle Module und Gruppen hinweg bleibt der Mittelwert für die EM-*nRC*-Gruppe unverändert bei 2.9, während in der EM-*RC*-Gruppe der Mittelwert leicht ansteigt.

(a) EM-nRC-Gruppe: Pre-Post-Vergleich „Aktualisiertes dispositionales Interesse“



(b) EM-RC-Gruppe: Pre-Post-Vergleich „Aktualisiertes dispositionales Interesse“

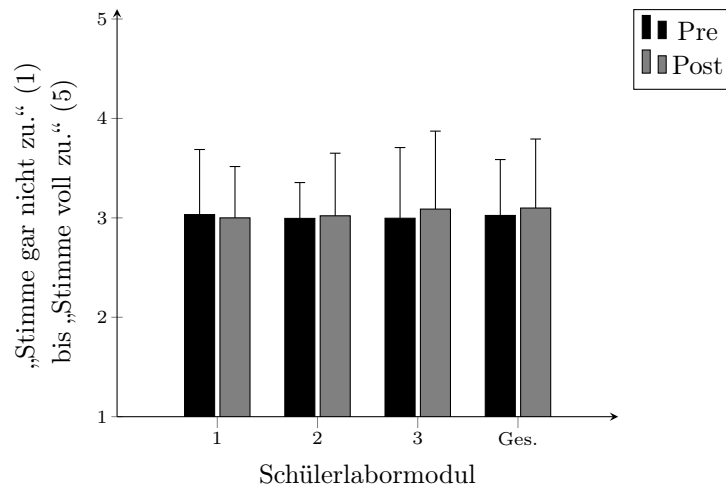


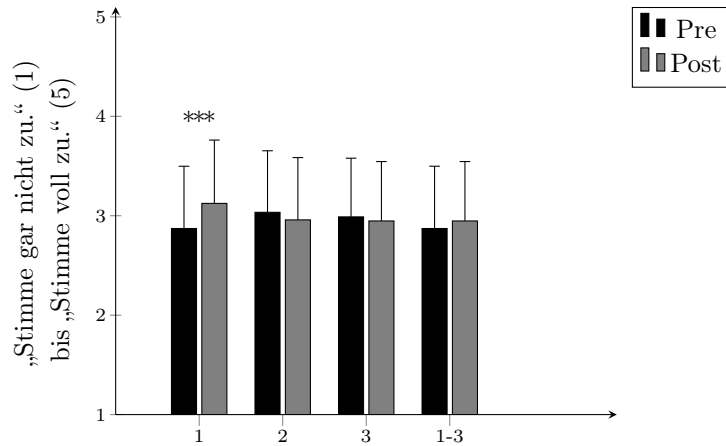
ABBILDUNG 7.19: Pre-Post-Vergleich der Einmaligen Besuchsgruppen (EM): (a) EM-nRC (M1/M2/M3/ges. N=33/18/18/69), (b) EM-RC (M1/M2/M3/ges. N=20/24/39/83); Mittelwerte der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“ je Schülerlabormodul und gesamt; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

7.5.2 Interessenentwicklung bei mehrmaligem Besuch

Bei mehrmaliger Durchführung verliert die Besuchssituation an Novität, sodass das geäußerte Interesse weniger durch die Situation beeinflusst wird. Etwaige positive und negative Langzeitauswirkungen auf das dispositionale Interesse können sich hier zeigen.

In der MM-nRC-Gruppe (s. Abb. 7.20) steigt das geäußerte dispositionale Interesse nach dem ersten Forschungsmodulbesuch höchstsignifikant an,

(a) MM-nRC-Gruppe: Pre-Post-Vergleich „Aktualisiertes dispositionales Interesse“



(b) MM-RC-Gruppe: Pre-Post-Vergleich „Aktualisiertes dispositionales Interesse“

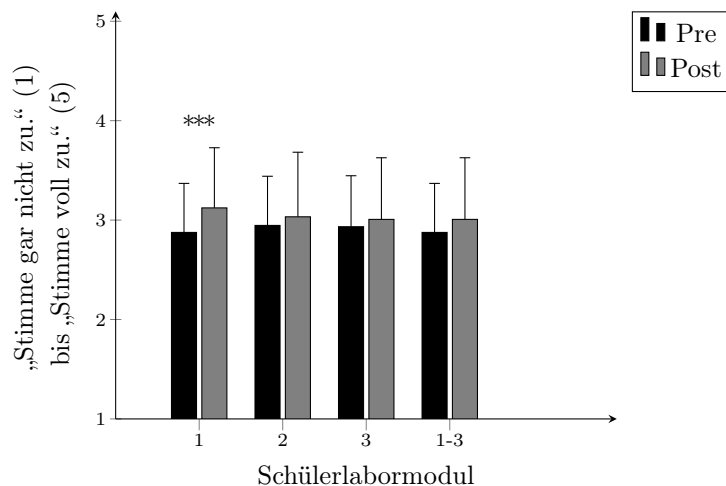


ABBILDUNG 7.20: Pre-Post-Vergleich der Mehrmaligen Besuchsgruppen: (a) MM-nRC (M1/M2/M3 N=77/74/70), (b) MM-RC (M1/M2/M3 N=70/74/57, M1 $r=0.39$); Mittelwerte der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“ je Schülerlabormodul und M1-Pretest zu M3-Posttest; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

verbleibt zu Modul 2 auf einem erhöhten Niveau und sinkt nach dem 3. Forschungsmodul leicht. Insgesamt ist ein leichter Anstieg zu beobachten, auch vom ersten zum letzten Test. Die MM-RC-Gruppe zeigt ebenfalls nach dem ersten Forschungsmodulbesuch einen höchstsignifikanten Zuwachs, nach Modul 2 und 3 steigt der Mittelwert leicht an. Vom ersten zum letzten Test ist ein zur MM-nRC-Gruppe vergleichbarer leichter Anstieg zu beobachten.

Ein leichter Anstieg in der Skala des dispositionalen Interesses ist auch bei der Kontrollgruppe (s. Abb. 7.21) von Erhebung 1 zu Erhebung 2 und 3

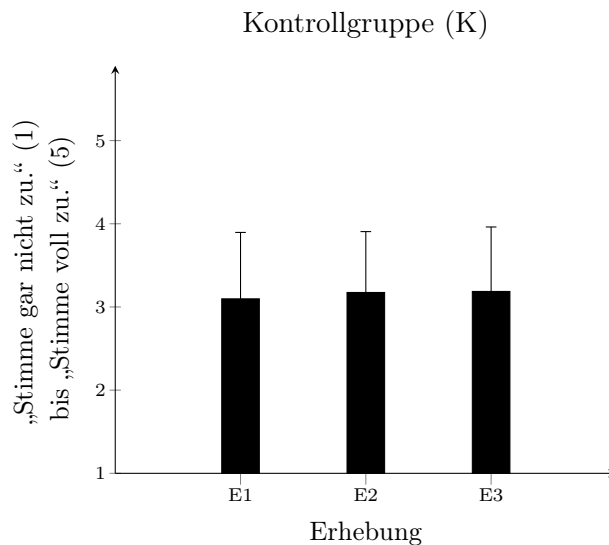


ABBILDUNG 7.21: Erhebungszeitpunkt-Vergleich der K-Gruppe (E1/E2/E3 N=159/156/127); Mittelwerte der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

beobachtbar.

7.5.3 Interesse nach Klassenstufen

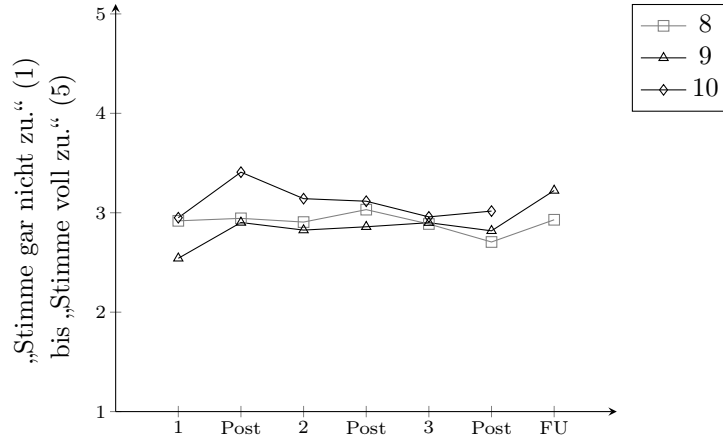
Zu erwarten ist, dass das Interesse an den Naturwissenschaften abnimmt, je älter Lernende werden (Daniels, 2008; s. Kap. 3.3.2.1, S. 59). Um zu bestimmen, ob dieses Phänomen hier auftritt, werden die Interesse-Mittelwerte im Verlauf je Schulstufe (MM-nRC-Gruppe N 8=20, 9=35, 10=15; MM-RC-Gruppe N 8=17, 9=37, 10=17) aufgetragen.

Die Lernenden der 9. Klassenstufe von MM-nRC (s. Abb. 7.22a) drücken zu Beginn der Studie deutlich geringeres Interesse aus, als die der 8. und 10. Schulstufen. Bis zum Ende des 3. Moduls steigt der Mittelwert von 2.5 auf 2.8, während der der 10. Klassenstufe bei 3.0 verbleibt und der Mittelwert der 8. Klassenstufe leicht sinkt von 2.9 auf 2.7.

Das ausgedrückte Interesse an Biologie steigt bei den Lernenden der 9. und 10. Schulstufe nach Modul 1 am stärksten an, bei denen der 8. Schulstufe nach Modul 2.

Innerhalb der MM-RC-Gruppe (s. Abb. 7.22b) steigt der Mittelwert der 8. Klassenstufe leicht von 2.7 auf 2.9, in der 9. Klassenstufe von 2.8 auf 2.9 und in der 10. Klassenstufe stärker von 2.7 auf 3.1. Auch nach Modul 2 und 3 ist bei allen Gruppen ein Anstieg des Mittelwertes zu beobachten.

(a) MM-nRC nach Klassenstufen: Aktualisiertes dispositionales Interesse



(b) MM-RC nach Klassenstufen: Aktualisiertes dispositionales Interesse

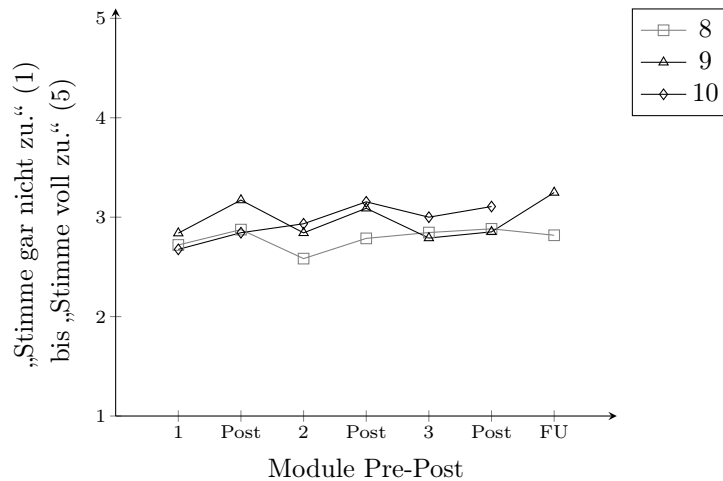


ABBILDUNG 7.22: Klassenstufen-Vergleich der Gruppen (a) MM-nRC (N 8=20, 9=35, 10=15) und (b) MM-RC (N 8=17, 9=37, 10=17); Mittelwerte der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“ im Verlauf

7.6 Veränderungen im WV betrachtet nach Geschlecht

Geht es um naturwissenschaftliche Schulfächer, Studienrichtungen oder Interessen, können Unterschiede zwischen den Geschlechtern beobachtet werden (vgl. Elster, 2010). Diese hängen vermutlich vor allem mit dem sozialen Geschlecht zusammen, mit vorherrschenden Rollenbildern und Eigenwahrnehmungen. Das soziale Geschlecht ist abzugrenzen vom biologischen Geschlecht, das die vorhandenen biologischen Charakteristika - Reproduktionsorgane, hormonelles

System, chromosomale Zusammensetzung usw. - beschreibt und Subjekte als männlich oder weiblich klassifiziert. Demgegenüber ist das soziale Geschlecht (engl. *gender*) ein Konstrukt, das „Frau-Sein“ und „Mann-Sein“, ihre Eigenschaften und Verhaltensweisen über Zeiten und Orte hinweg unterschiedlich definiert (EC, 2009).

Forschung zu Lehren und Lernen, besonders in den geschlechterrelevanten naturwissenschaftlichen Fächern und somit auch Wissenschaftstheorie, muss mögliche *gender*-Effekte berücksichtigen, wenn sie aussagekräftige Erkenntnisse produzieren möchte (EC, 2009). Daher werden die Ergebnisse folgend anhand des biologischen Geschlechts - zum sozialen Geschlecht stehen keine Daten zur Verfügung - getrennt dargestellt, um etwaige Hinweise auf Geschlechtereffekte aufzudecken.

Bei der Trennung der Gruppen in EM-MM sowie *RC*-*nRC* und Geschlecht werden die untersuchten Gruppen teils sehr klein (s. Tab. 7.7). Der Vollständigkeit halber werden dennoch die Mittelwerte aller Gruppen dargestellt und nicht die Darstellungsform auf Anzahlen geändert oder ausgelassen. Beim Vergleich zwischen den Geschlechtern muss eine vergleichbare Anzahl in beiden Gruppen gegeben sein, um den Mann-Whitney-*U*-Test (s. Kap. 6.4.2.1, S. 117) einsetzen zu können (Tests im Anhang ab S. ??).

Tabelle 7.7: Anzahl Lernender je Gruppe, Modul und biologischem Geschlecht

	EM						MM		K	
	M1	♀ M2	M3	M1	♂ M2	M3	♀ M1-3	♂ M1-3	♀ E1-3	♂ E1-3
<i>nRC</i>	16	8	9	17	10	9	47	32	73	83
<i>RC</i>	8	21	26	12	3	13	44	37		

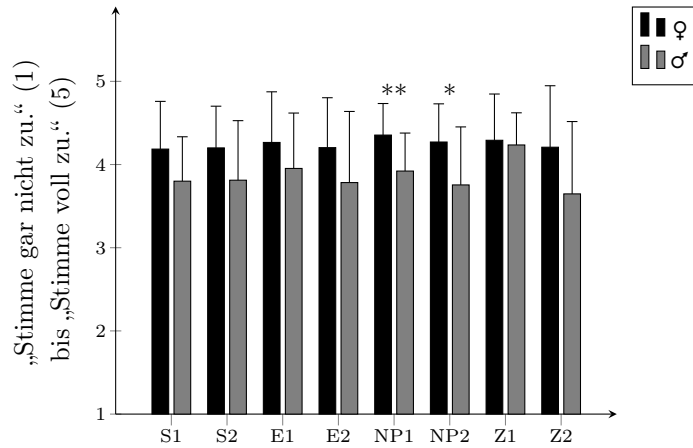
Zunächst werden die Fragebogen-Ergebnisse zum Wissenschaftsverständnis der verschiedenen Gruppen je Modul dargestellt und anschließend das aktualisierte dispositionale Interesse fokussiert. Zu den Daten der Reflexionsgespräche existieren keine Geschlechtsangaben, sodass hier nicht getrennt ausgewertet werden kann.

7.6.1 Ergebnisse zum geschlechtsspezifischen Wissenschaftsverständnis

In jeder der Gruppen (*EM-nRC*, *EM-RC*, *MM-nRC*, *MM-RC*) werden die Mittelwerte im Geschlechtervergleich aufgetragen. In Modul 1 unterscheiden sich die Voraussetzungen für EM- und MM-Gruppe noch nicht, da auch letztere zum ersten Mal das BaSci Schülerlabor besuchen. In den folgenden Forschungsmodulen sind den Probanden der MM-Gruppe Ablauf, Ziele und die Methoden bekannt.

7.6.1.1 Forschungsmodul 1: „Bauer sucht Ernte“

(a) Gruppe EM-nRC: WV-Skalen φ/σ in Forschungsmodul 1



(b) Gruppe EM-RC: WV-Skalen φ/σ in Forschungsmodul 1

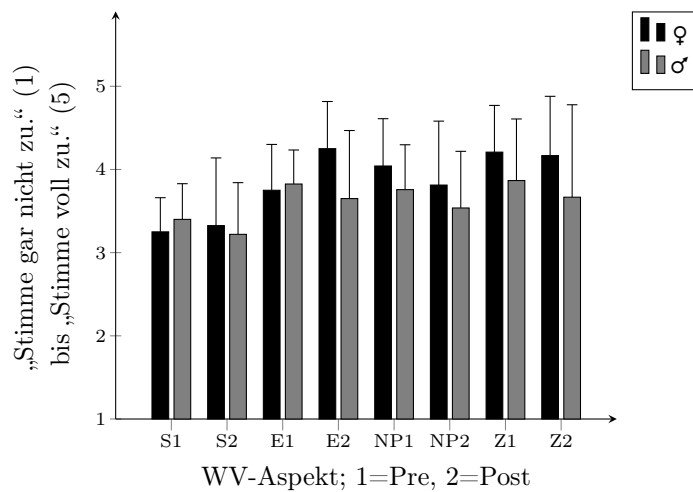
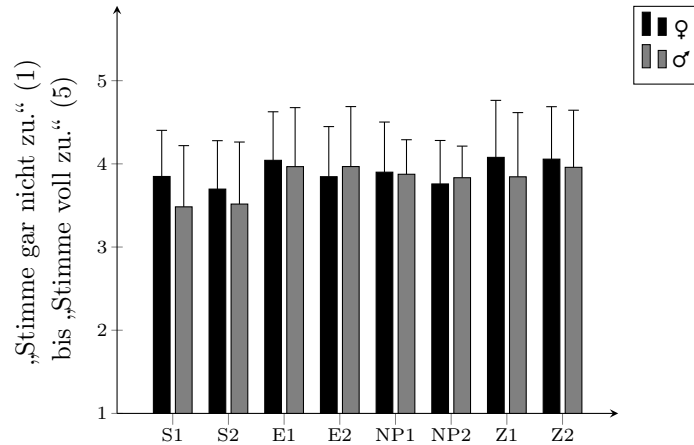


ABBILDUNG 7.23: Geschlechter-Vergleich der Gruppen Einmaliger Besuch (EM): (a) EM-nRC ($\varphi/\sigma N=16/17$; NP Pre $r=0.46$, Post $r=0.54$), (b) EM-RC ($\varphi/\sigma N=8/11$); Forschungsmodul 1; Mittelwerte Pre(1)/Post(2) der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); Mann-Whitney-U-Test

Im Überblick zeigen sich zwischen den Geschlechtern in Modul 1 (s. Abb. 7.23 und 7.24) ein größerer Unterschied in den EM-Gruppen als in den MM-Gruppen. In der EM-nRC-Gruppe fallen die Mittelwerte der WV-Skalen für den weiblichen Anteil der Stichprobe um etwa 0.5 bis 1 höher aus als für den männlichen Anteil. Ausnahme bildet der Mittelwert von ZWECK im Pretest. Die

(a) Gruppe MM-nRC: WV-Skalen ♀/♂ in Forschungsmodul 1



(b) Gruppe MM-RC: WV-Skalen ♀/♂ in Forschungsmodul 1

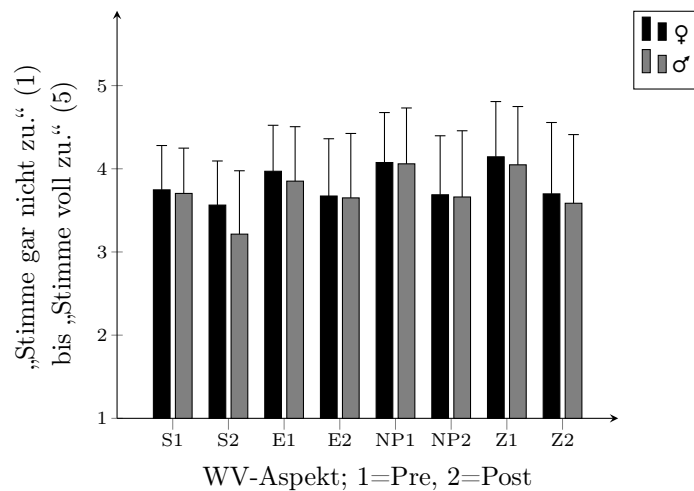


ABBILDUNG 7.24: Geschlechter-Vergleich der Mehrmaligen Besuchsgruppen (MM): (a) MM-nRC ($\varphi/\sigma N=47/31$), (b) MM-RC ($\varphi/\sigma N=42/35$); Forschungsmodul 1; Mittelwerte Pre(1)/Post(2) der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z) in Pre(1)- und Posttest(2); Mann-Whitney-U-Test

EM-RC-Gruppe zeigt in etwa gleiche Werte für den Aspekt SICHERHEIT, die Mittelwerte der Skalen NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS und ZWECK sind wiederum bei den weiblichen Teilnehmenden höher. Im Aspekt ENTWICKLUNG liegt der Mittelwert beider Geschlechter im Pretest um 3.8, im Posttest hingegen steigt der ♀-Mittelwert auf 4.25, während der der Jungen auf 3.65 sinkt. Aufgrund der geringen Stichprobengrößen sind Interpretationen auf Grundlage dieser Ergebnisse wenig aussagekräftig.

In den MM-Gruppen bestehen kaum Unterschiede zwischen den Geschlechtern, die MM-nRC- und die MM-RC-Gruppe unterscheiden sich geschlechtsunabhängig durch leicht verschiedene Absenkungen im Posttest. Diese fallen für die MM-RC-Gruppe stärker aus.

Tabelle 7.8: Forschungsmodul 1: Signifikante Veränderungen zu WV-Aspekten innerhalb der Geschlechtergruppen; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

Gruppe	Skala	Mittelwert Pre → Post (N)	p	r
♂-EM-nRC	ZWECK	4.24 → 3.65 (17)	≤ .01	0.64
♀-MM-nRC	ENTWICKLUNG	4.04 → 3.85 (47)	≤ .05	0.36
♀-MM-RC	ENTWICKLUNG	3.97 → 3.67 (40)	≤ .05	0.32
	NATURW. PRAXIS	4.08 → 3.69 (30)	≤ .001	0.65
	ZWECK	4.14 → 3.70 (42)	≤ .01	0.46
♂-MM-RC	SICHERHEIT	3.71 (26) → 3.25	≤ .05	0.47
	NATURW. PRAXIS	4.09 → 3.70 (28)	≤ .01	0.51
	ZWECK	4.07 → 3.62 (35)	≤ .05	0.45

Signifikante Veränderungen innerhalb der Geschlechtergruppen treten zu Forschungsmodul 1 lediglich in den MM-Gruppen auf (s. Tab. 7.8). Da die Pretest-Reliabilität, wie oben beschrieben (s. Kap. 6.3.2.2, S. 108), sehr gering ausfällt, werden die signifikanten Werte lediglich dahingehend betrachtet, ob auffällige Unterschiede zwischen den Geschlechtern auftreten.

In der MM-RC-Gruppe ist eine deutlich sinkende Tendenz zu beobachten: Für beide Geschlechter in NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS und ZWECK, für die Mädchen in ENTWICKLUNG und die Jungen in SICHERHEIT. Die gesunkenen ♀-Mittelwerte befinden sich weiterhin über 3.6, der ♂-Mittelwert zu SICHERHEIT liegt im Posttest unter 3.3.

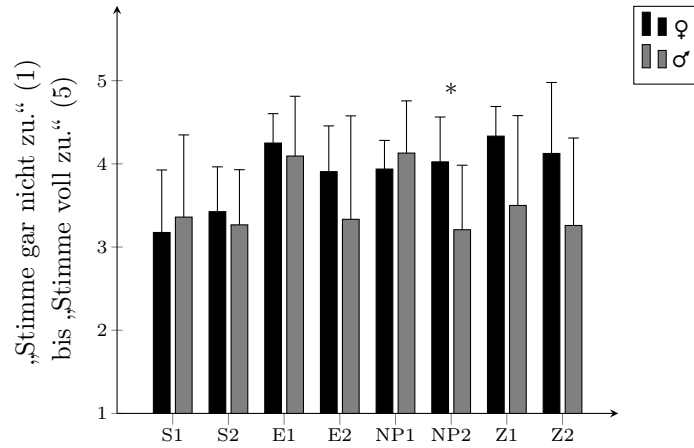
In der nRC-Gruppe verzeichnet nur ♀-MM-nRC eine signifikante Senkung in einer Skala, wobei auch der gesunkene ENTWICKLUNG-Mittelwert deutlich über 3.6 liegt.

7.6.1.2 Forschungsmodul 2: „Flusskrebse - Einwanderer oder Invasoren“

Forschungsmodul 2 besuchen ebenfalls einzelne Schulklassen, für die dieses das erste Modul ist. Die Lernenden der mehrmaligen Besuchsgruppe hingegen besuchen das BaSci Labor nun zum zweiten Mal, sodass ihre Fragebogen-Ergebnisse als mit denen aus Modul 1 zusammenhängend zu betrachten sind.

In den EM-Gruppen des zweiten Forschungsmoduls (s. Abb. 7.25) unterscheiden sich die Mittelwerte zwischen den Geschlechtern teils stark: Die Mittelwerte der Posttest-Skalen ENTWICKLUNG und NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS von ♀-EM-nRC liegen deutlich höher als die der Jungen, in der Skala ZWECK auch im Pretest. Die EM-RC-Gruppe weist dagegen größere Unterschiede in den Mittelwerten - wenn überhaupt - im Pretest auf. Die Mittelwerte von

(a) Gruppe EM-nRC: WV-Skalen ♀/♂ in Forschungsmodul 2



(b) Gruppe EM-RC: WV-Skalen ♀/♂ in Forschungsmodul 2

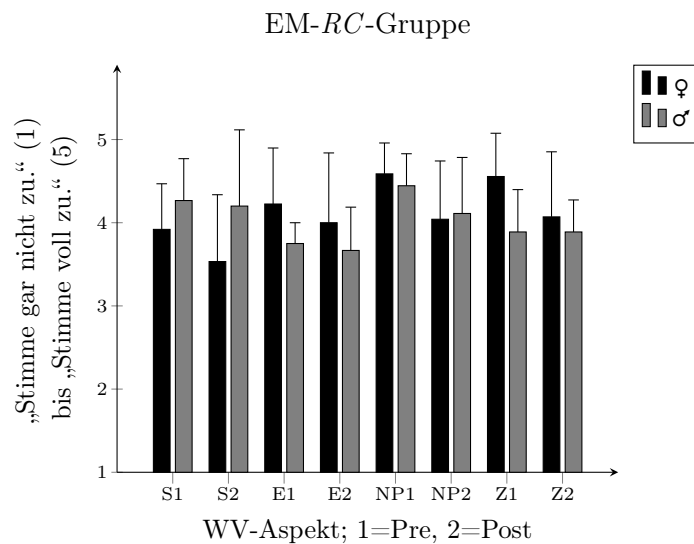
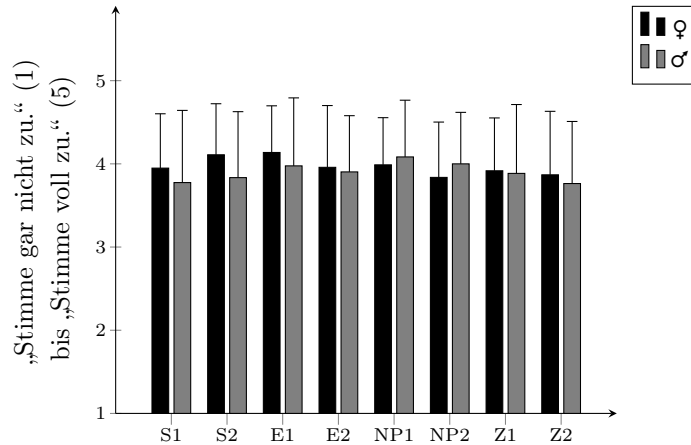


ABBILDUNG 7.25: Geschlechter-Vergleich der Einmaligen Besuchsgruppen (EM): (a) EM-nRC (♀/♂N=8/10; NP post (N=7/8) $r=0.54$), (b) EMRC (♀/♂N=21/3); Forschungsmodul 2; Mittelwerte Pre(1)/Post(2) der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); Mann-Whitney-U-Test

♂-EM-RC in der Skala SICHERHEIT sind deutlich höher als die der Mädchen und sinken weniger stark ab.

In den MM-Gruppen (s. Abb. 7.26) existieren kaum Geschlechtsunterschiede und kaum Veränderungen in den Skalenmittelwerten. Lediglich in der Skala SICHERHEIT zeigt ♀-MM-nRC bereits im Pretest einen um .2 höheren Wert

(a) Gruppe MM-nRC: WV-Skalen ♀/♂ in Forschungsmodul 2



(b) Gruppe MM-RC: WV-Skalen ♀/♂ in Forschungsmodul 2

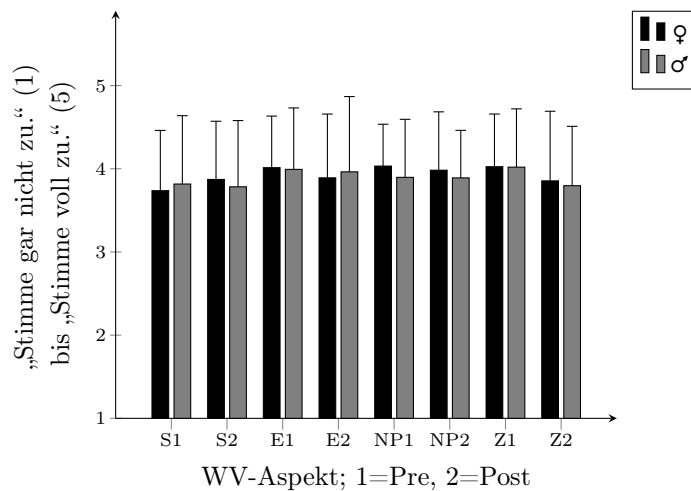


ABBILDUNG 7.26: Geschlechter-Vergleich der Mehrmaligen Besuchsgruppen (MM): (a) MM-nRC ($\varphi/\sigma N=43/32$), (b) MM-RC ($\varphi/\sigma N=41/36$); Forschungsmodul 2; Mittelwerte Pre(1)/Post(2) der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); Mann-Whitney-U-Test

als die Jungen, der zudem stärker steigt (.2 zu .05). Die Mittelwerte der MM-RC-Gruppe liegen sowohl zwischen den Geschlechtern als auch den Skalen ebennmäßig, es treten geringe Postabsenkungen und -steigerungen auf.

Signifikante Pre-Post-Veränderungen (s. Tab. 7.9) zeigen sich in der EM-nRC-Gruppe bei den männlichen Teilnehmenden (starke Verringerung in NATURWISSENSCHAFTLICHER PRAXIS) und in der MM-nRC-Gruppe bei den weiblichen Teilnehmenden (Steigerung in SICHERHEIT). Die Untersuchung auf Signifikanz in den EM-Gruppen wird benutzt, um Veränderungen zwischen

Tabelle 7.9: Forschungsmodul 2: Signifikante Veränderungen zu WV-Aspekten innerhalb der Geschlechtergruppen; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

Gruppe	Skala	Mittelwert Pre → Post (N)	p	r
♂-EM-nRC	NATURW. PRAXIS	4.13 → 3.21 (17)	≤ .05	0.83
♀-EM-RC	NATURW. PRAXIS	4.59 → 4.04 (20)	≤ .01	0.62
	ZWECK	4.56 → 4.07 (19)	≤ .05	0.49
♀-MM-nRC	SICHERHEIT	3.95 → 4.11 (43)	≤ .05	0.31

RC- und nRC-Gruppe vergleichen zu können. Aussagen zu Effekten auf das Wissenschaftsverständnis sind nicht möglich, da die Probandenzahl sehr gering ist und der Pretest nicht reliabel.

7.6.1.3 Forschungsmodul 3: „Ringautobahn für Teneriffa?“

Die Ergebnisse zu Modul 3 hängen für die MM-Gruppen stark mit den vorhergehenden zusammen, während die EM-Gruppen-Ergebnisse wiederum für sich stehen. Etwaige geschlechterspezifische Effekte sollten sich hier in der MM-Gruppe verstärkt zeigen, da diese nun wiederholt über längere Zeit der Intervention ausgesetzt wurden.

In der EM-nRC-Gruppe (s. Abb. 7.27) unterscheidet sich das anhand der Skalen gemessene Wissenschaftsverständnis stark zwischen den Geschlechtern, die Mädchen weisen in allen Pre- und Posttests Werte mindestens .4 höher auf. Die Mittelwerte der EM-RC-Gruppe sind gleichmäßiger verteilt, die der Jungen großteils leicht höher als die der Mädchen.

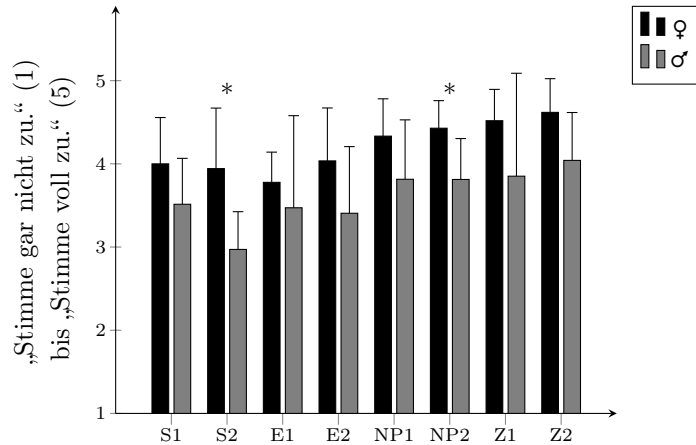
Die MM-nRC-Gruppe (s. Abb. 7.28) weist ähnlich wie in Forschungsmodul 1 Pre-Post-Absenkungen auf, wobei diese weniger stark ausgeprägt sind. In der MM-RC-Gruppe zeigen nur die Jungen die Pre-Post-Absenkung in allen Skalen, die Mädchen nur in SICHERHEIT. In den übrigen Skalen sind leichte Zuwächse zu beobachten.

Tabelle 7.10: Forschungsmodul 3: Signifikante Veränderungen zu WV-Aspekten innerhalb der Geschlechtergruppen; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

Gruppe	Skala	Mittelwert Pre → Post (N)	p	r
♂-EM-RC	ZWECK	4.18 → 3.31 (12)	≤ .05	0.61
♂-MM-RC	ENTWICKLUNG	4.26 → 3.83 (27)	≤ .05	0.39
	ZWECK	4.26 → 3.83 (22)	≤ .05	0.54

Signifikant innerhalb der Geschlechtergruppen (s. Tab. 7.10) sind die der ♂-MM-Teilnehmenden: In MM-nRC nimmt der Mittelwert in der Skala ENTWICKLUNG signifikant ab, in MM-RC die Mittelwerte von ENTWICKLUNG und ZWECK.

(a) Gruppe EM-nRC: WV-Skalen ♀/♂ in Forschungsmodul 3



(b) Gruppe EM-RC: WV-Skalen ♀/♂ in Forschungsmodul 3

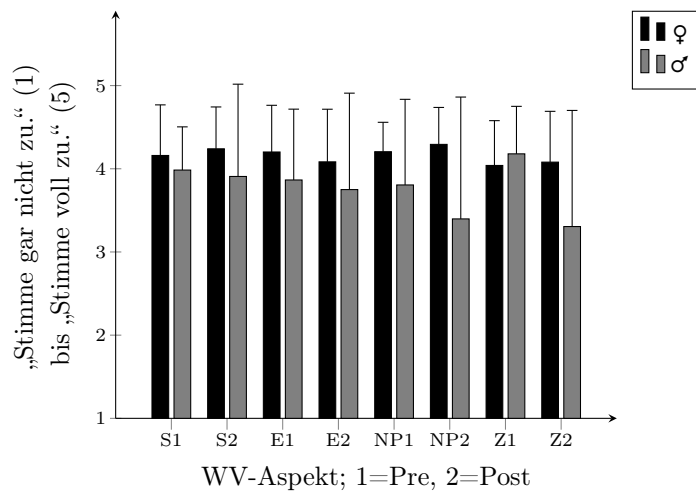


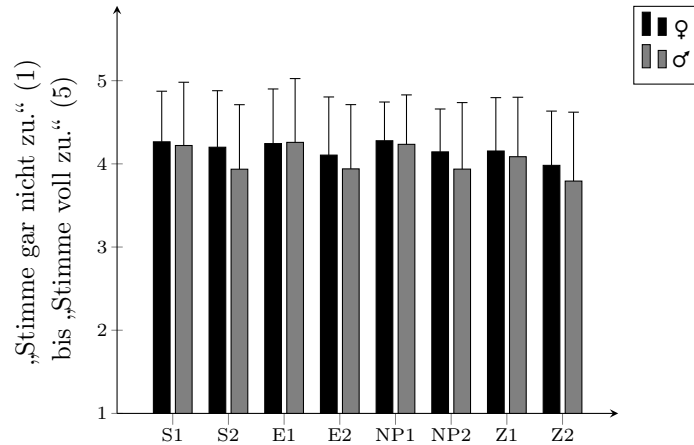
ABBILDUNG 7.27: Geschlechter-Vergleich der Einmaligen Besuchsgruppen (EM): (a) EM-nRC ($\varphi/\sigma N=9/9$; S post ($N=7/7$) $r=0.65$, NP post ($N=7/8$) $r=0.65$), (b) EM-RC ($\varphi/\sigma N=26/13$); Forschungsmodul 3; Mittelwerte Pre(1)/Post(2) der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); Mann-Whitney- U -Test

7.6.1.4 Veränderungen über die Module hinweg

Zur Untersuchung geschlechtsspezifischer Veränderungen über ein Schuljahr hinweg werden die Posttestergebnisse der MM-Gruppen und die Ergebnisse der Kontrollgruppe je WV-Skala geschlechtergetrennt aufgetragen.

In den MM-Gruppen liegen die SICHERHEIT-Mittelwerte (s. Abb. 7.29) der Mädchen leicht über denen der Jungen und in beiden Gruppen steigen die

(a) Gruppe MM-nRC: WV-Skalen ♀/♂ in Forschungsmodul 3



(b) Gruppe MM-RC: WV-Skalen ♀/♂ in Forschungsmodul 3

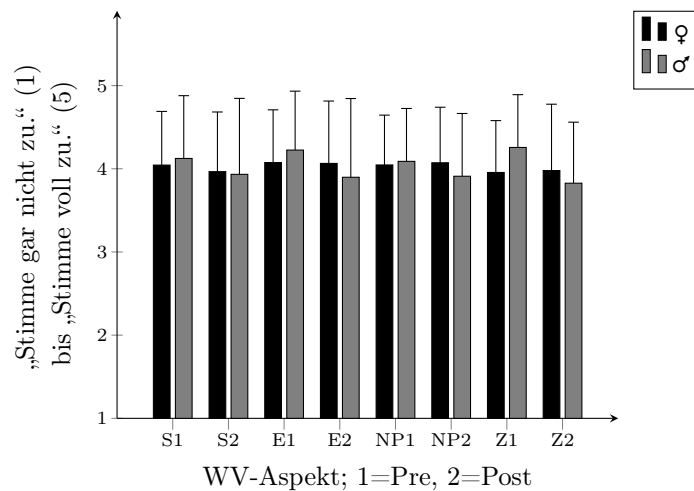
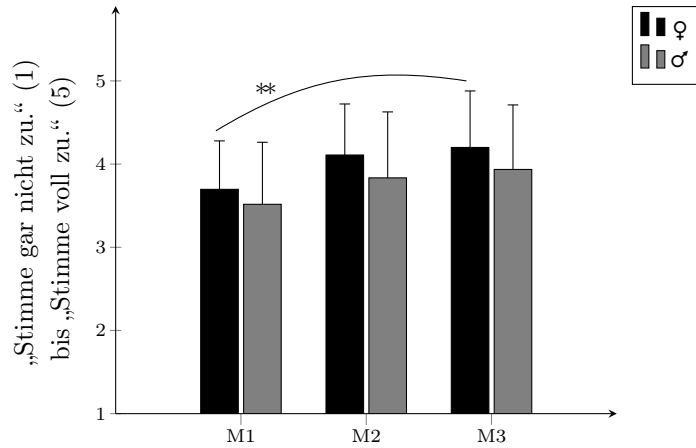


ABBILDUNG 7.28: Geschlechtergetrennte Darstellung der Mehrmaligen Besuchsgruppen (MM): (a) MM-nRC (♀/♂N=41/31), MM-RC (♀/♂N=31/30); Forschungsmodul 3; Mittelwerte Pre(1)/Post(2) der Skalen SICHERHEIT (S), ENTWICKLUNG (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK (Z); Mann-Whitney-U-Test

Mittelwerte von Modul zu Modul an. Dabei sind die Veränderungen in der MM-RC-Gruppe hoch (♀) bzw. höchst (♂) signifikant. In der MM-nRC-Gruppe besitzen nur die Veränderungen der Mädchen statistisch hohe Signifikanz. Der Abstand zwischen den Geschlechtern bleibt über die Module hinweg in der MM-nRC-Gruppe bestehen und verliert sich in der MM-RC-Gruppe.

Die Kontrollgruppe zeigt ebenfalls leichte Steigerungen je Erhebungszeitpunkt, wobei die Mittelwerte der Jungen leicht über denen der Mädchen liegen und dies auch bleiben. Beide Steigerungen vom ersten zum dritten Erhebungs-

(a) Skala SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS: ♀/♂-getrennter Posttest-Vergleich der Gruppe MM-nRC



(b) Skala SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS: ♀/♂-getrennter Posttest-Vergleich der Gruppe MM-RC

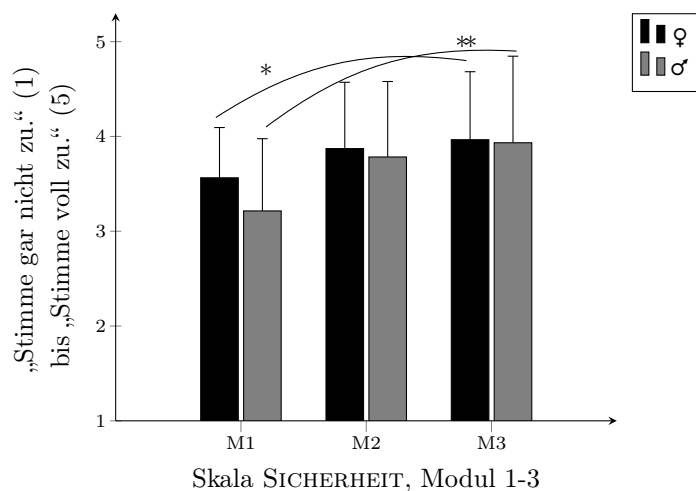


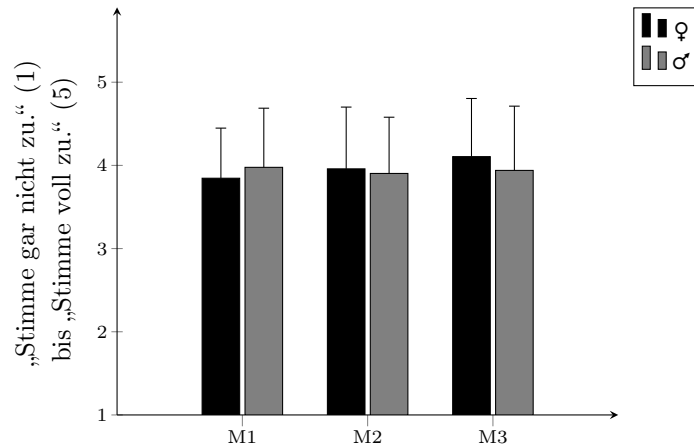
ABBILDUNG 7.29: ♂/♀-getrennter Posttest-Vergleich der Mehrmaligen Besuchsgruppen (MM): (a) MM-nRC, ♀/♂ N=44/29 (♀ N=22, $r=0.55$), MM-RC, ♀/♂ N=39/36 (♀ N=18, $r=0.52$, ♂ N=16, $r=0.79$); Skala SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS; Posttest 1-3; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

zeitpunkt sind höchst signifikant.

In den weiteren Skalen besitzen die Veränderungen keine statistische Signifikanz. Die Mittelwerte der ♀-MM-Gruppen steigen über die Module hinweg an in den Skalen ENTWICKLUNG (s. Abb. 7.30) und NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (s. Abb. 7.31), die Werte der ♀-MM-RC-Gruppe auch in der ZWECK-Skala (s. Abb. 7.32). Die Jungen der MM-Gruppen weisen leicht sinkende,

steigende oder gleich bleibende Mittelwerte in sich ändernder Reihenfolge auf. Die Werte der Kontrollgruppe zeigen große Homogenität sowohl zwischen den Erhebungen, als auch zwischen den Geschlechtern.

(a) Skala ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS: ♀/♂-getrennter Posttest-Vergleich der Gruppe MM-nRC



(b) Skala ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS: ♀/♂-getrennter Posttest-Vergleich der Gruppe MM-RC

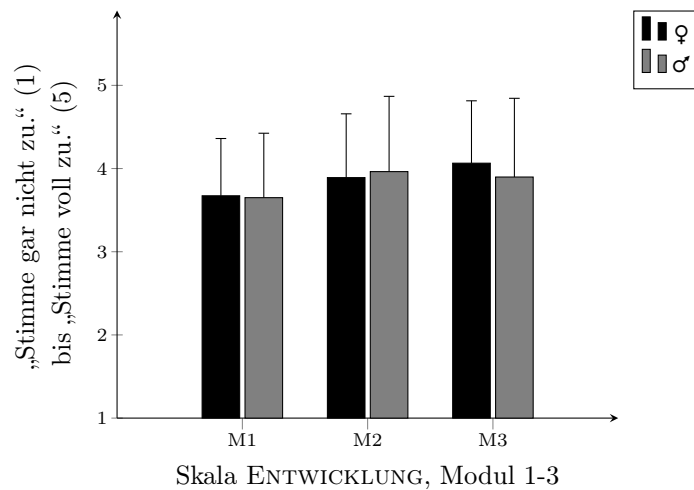
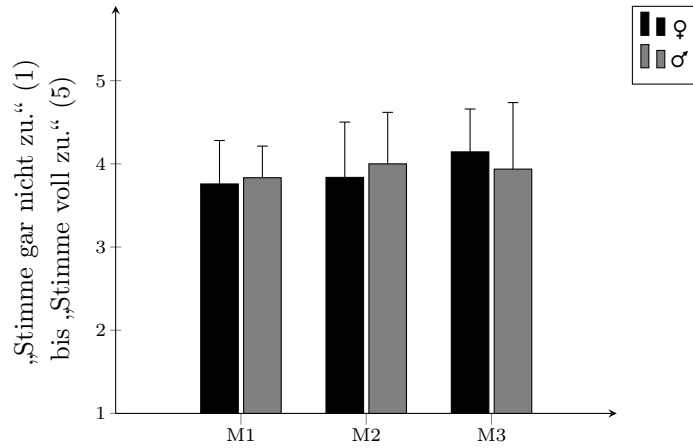


ABBILDUNG 7.30: ♀/♂-getrennter Posttest-Vergleich der Mehrmaligen Besuchgruppen (MM): (a) MM-nRC, ♀/♂N=47/32; (b) MM-RC, ♀/♂ N=42/35; Skala ENTWICKLUNG; Posttest 1-3; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

Wissenschaftsverständnis kann eine geschlechtsspezifische Komponente des naturwissenschaftlichen Fachwissens sein und ebenso können Forschungsmodule und Reflexionsmethode auf die Geschlechter unterschiedlich wirken. Diese Wirkung muss nicht nur das WV betreffen, sondern kann möglicherweise auch

(a) Skala NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS: ♀/♂-getrennter Posttest-Vergleich der Gruppe MM-nRC



(b) Skala NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS: ♀/♂-getrennter Posttest-Vergleich der Gruppe MM-RC

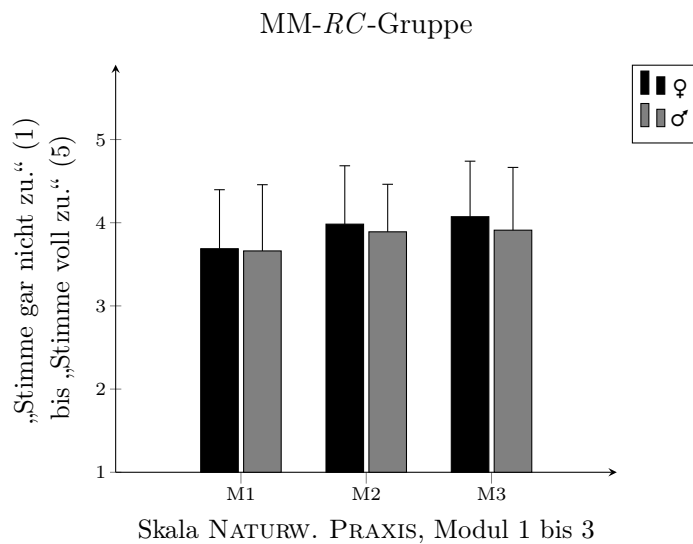


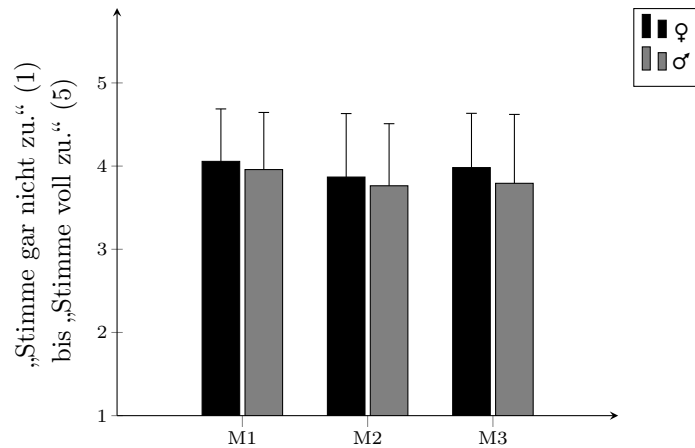
ABBILDUNG 7.31: ♀/♂-getrennter Posttest-Vergleich der Mehrmaligen Besuchsgruppe (MM): (a) MM-nRC, ♀/♂ N=42/31; (b) MM-RC, ♀/♂ N=39/35; Skala NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS; Posttest 1-3; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

das Interesse beeinflussen.

7.6.1.5 Die Kontrollgruppe

Um Wirkungen, ausgelöst durch Forschungsmodule und *Reflexionscafé*, deutlicher herausstellen zu können, wird die Kontrollgruppe, die weder durch IBSE-fokussierende Forschungseinheiten noch spezifische Reflexionsgelegenheiten

(a) Skala ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG: ♀/♂-getrennter Posttest-Vergleich der Gruppe MM-nRC



(b) Skala ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG: ♀/♂-getrennter Posttest-Vergleich der Gruppe MM-RC

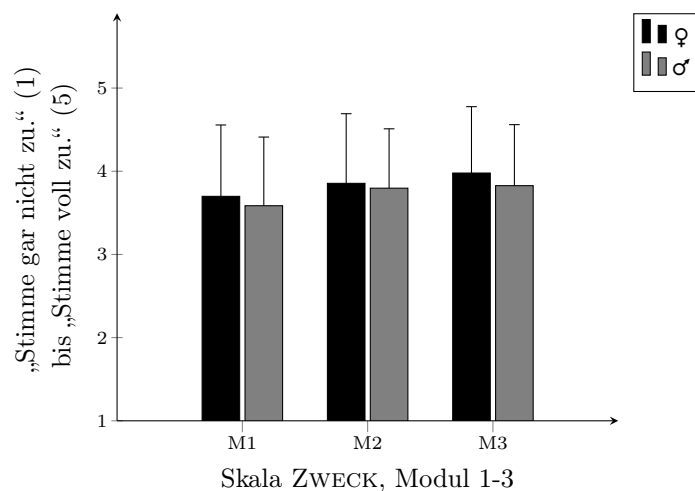


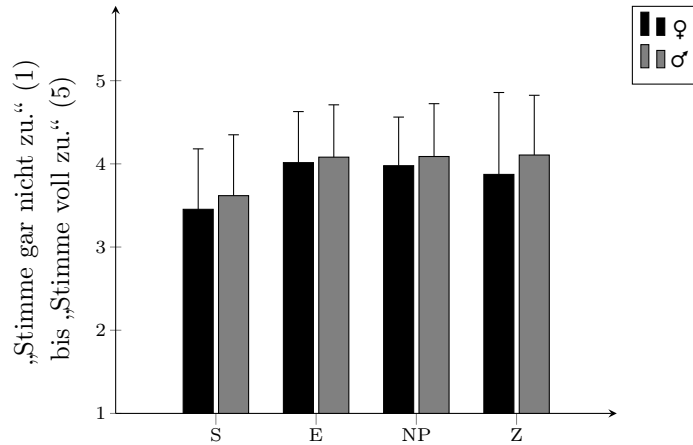
ABBILDUNG 7.32: ♀/♂-getrennter Posttest-Vergleich der Mehrmaligen Besuchgruppe (MM): (a) MM-nRC, ♀/♂ N=47/32; (b) MM-RC, ♀/♂ N=42/37; Skala ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG; Posttest 1-3; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

beeinflusst wurde, geschlechtergetrennt gegenübergestellt.

Die weiblichen und männlichen Teilnehmenden unterscheiden sich in der Skala SICHERHEIT bezüglich des Mittelwertniveaus (s. Abb. 7.33 und 7.35). Zu allen drei Testzeitpunkten liegen die Werte der Mädchen niedriger als die der Jungen. In den weiteren Skalen wechselt das Verhältnis oder gleicht sich an.

Während sich die Geschlechter nicht signifikant voneinander unterscheiden,

(a) Kontrollgruppe Erhebung 1: ♀/♂-Vergleich der WV-Skalen



(b) Kontrollgruppe Erhebung 2: ♀/♂-Vergleich der WV-Skalen

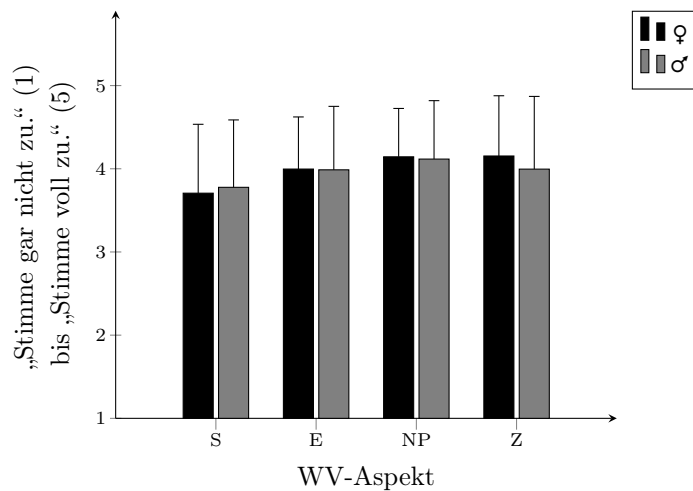


ABBILDUNG 7.33: ♀/♂-Vergleich der Kontrollgruppe: (a) Erhebung 1 (♀/♂ N=71/91); (b) Erhebung 2 (♀/♂ N=78/82); Skalen SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS (S), ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG (Z); Mann-Whitney-U-Test

zeigen beide Gruppen einen höchst signifikanten Zuwachs (s. Tab. 7.11) in der SICHERHEIT-Skala vom ersten zum dritten Testzeitpunkt.

7.6.2 Das dispositionale Interesse nach Geschlecht

Um mögliche geschlechterabhängige Effekte der BaSci Forschungsmodulen und der *Reflexionscafé*-Methode aufzudecken, werden die Pre- und Post-Mittelwerte

ABBILDUNG 7.34: Kontrollgruppe Erhebung 3: ♀/♂-Vergleich der WV-Skalen

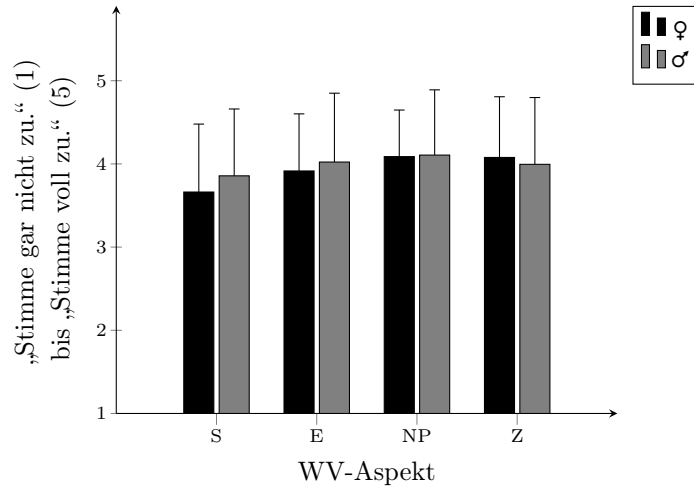


ABBILDUNG 7.35: ♀/♂-Vergleich der Kontrollgruppe Erhebung 3 (♀/♂ N=62/67); Skalen SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS (S), ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS (E), NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS (NP), ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG (Z); Mann-Whitney-*U*-Test

Tabelle 7.11: Kontrollgruppe: Signifikante Mittelwertveränderungen innerhalb der Geschlechtergruppen von E1 zu E3; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

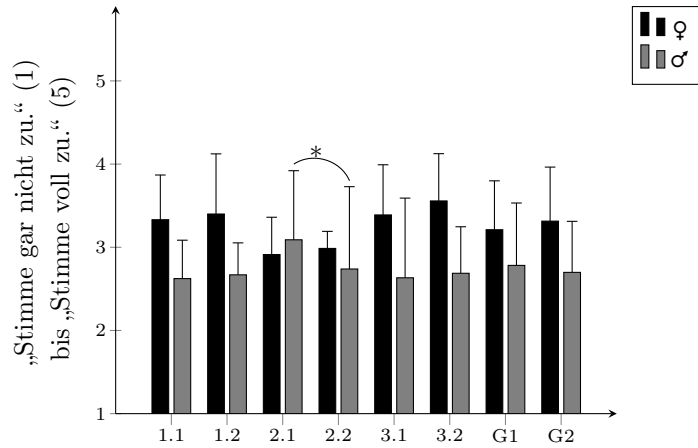
Gruppe	Skala	Mittelwert E1 → E3 (N)	p	r
♀-K	SICHERHEIT	3.45 → 3.66 (43)	≤ .0001	0.49
♂-K	SICHERHEIT	3.62 → 3.86 (54)	≤ .0001	0.44

der Skala des dispositionalen bzw. des aktualisierten dispositionalen Interesses geschlechtergetrennt je Experimental- und Kontrollgruppe dargestellt.

Die Lerngruppen in EM-nRC zeichnen sich durch einen deutlichen Unterschied zwischen den Geschlechtern im Interesse an Biologie aus (s. Abb. 7.36). Die Mädchen weisen großteils deutlich höheres Interesse auf, das aktualisiert noch höher ausfällt, während das Interesse der Jungen auf dem geringeren Niveau verbleibt oder absinkt. In der EM-RC-Gruppe sind Interessenshöhe und -zuwachs nicht über die Module hinweg an ein Geschlecht gebunden, sodass in der Gesamtbetrachtung ein ähnlich hohes Interesse mit leichter Zunahme zu beobachten ist.

Die Mittelwerte der MM-RC-Mädchen (s. Abb. 7.37) liegen stets leicht über denen der Jungen und es besteht für beide Geschlechter ein -teils hoch signifikanter- Zuwachs jeweils von Pre- zu Posttest. Sowohl der Zuwachs als auch die Höhe der Posttest-Werte fallen mit fortschreitenden Modulen immer geringer aus. In der MM-nRC-Gruppe bestehen bei Forschungsmodul 1 vergleichbare Zuwächse, im Folgemodul zeigen sich diese nur für die Jungen und im letzten

(a) Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“:
Pre-Post-Vergleich der geschlechtergetrennten Gruppe
EMnRC



(b) Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“:
Pre-Post-Vergleich der geschlechtergetrennten Gruppe
EMRC

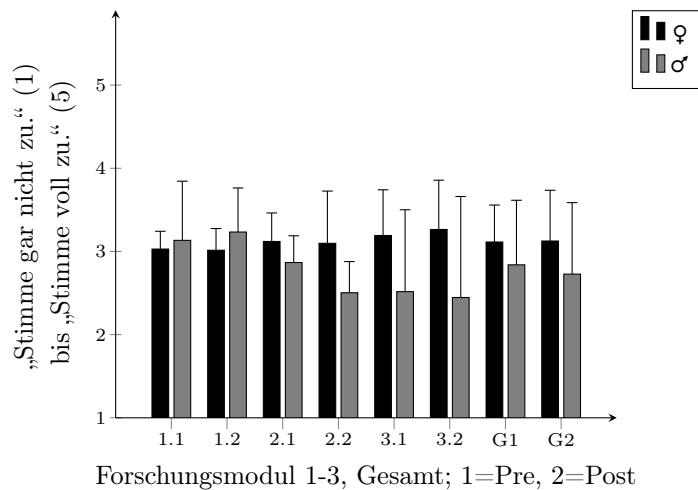
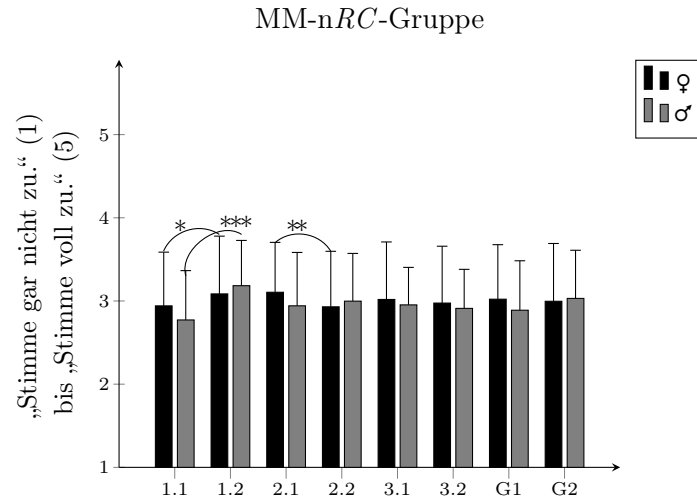


ABBILDUNG 7.36: Pre-Post-Vergleich der geschlechtergetrennten EM-Gruppen: (a) EM-nRC ♀/♂ M1 N=16/17/, M2 N=8/10, M3 N=9/9; M2 ♂ $r=0.69$; (b) EM-RC ♀/♂ M1 N=7/12, M2 N=21/3, M3 N=25/13; Forschungsmodule 1, 2, 3 und gesamt; Mittelwerte der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

Modul sinken die Mittelwerte beider Geschlechter. Über alle Module hinweg betrachtet steigt das dispositionale Interesse der Jungen nach der Aktualisierung höchst signifikant an, während das der Mädchen leicht sinkt.

In der Kontrollgruppe (s. Abb. 7.38) liegen alle Mittelwerte zwischen 3.0 und 3.2 mit geringen nicht signifikanten Veränderungen. Die Werte der Mädchen

(a) Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“: Pre-Post-Vergleich ♀/♂ Gruppe MMnRC



(b) Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“: Pre-Post-Vergleich ♀/♂ Gruppe MMRC

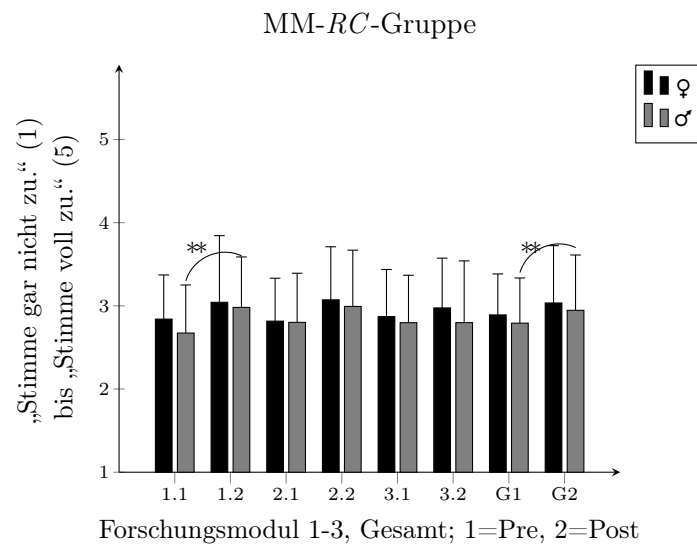


ABBILDUNG 7.37: Geschlechter-Vergleich der MM-Gruppen: (a) MM-nRC ♀/♂ M1 N=47/32, M2 N=43/31, M3 N=38/32; M1 ♀ N=46, $r=0.35$, ♂ N=31, $r=0.76$; M2 ♀ N=40, $r=0.47$; (b) MM-RC-Gruppe M1 N=41/34, M2 N=38/35, M3 N=30/29; M1 ♂ N=33, $r=0.55$; ♂ G N=18, $r=0.58$ Forschungsmodule 1, 2 und 3; Mittelwerte der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

sinken leicht, die der Jungen steigen.

Werden die Mittelwerte der Mädchen und Jungen gegenübergestellt, zeigen sich in den MM-Gruppen keine signifikanten Unterschiede, in der EM-nRC-

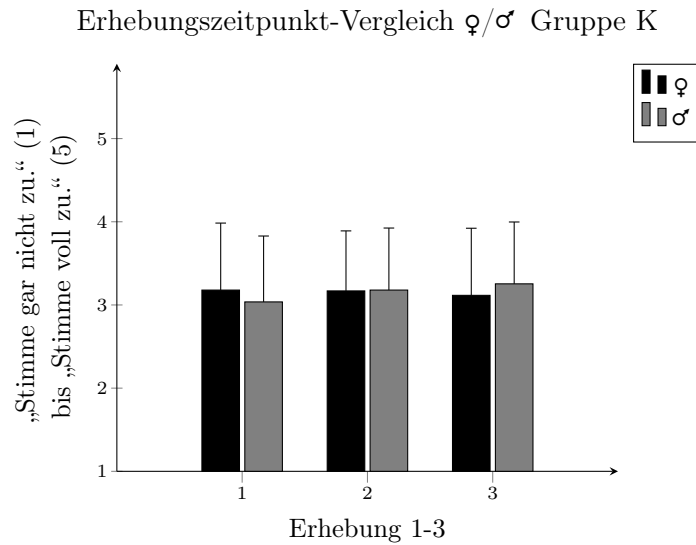


ABBILDUNG 7.38: Erhebungszeitpunkt-Vergleich der geschlechtergetrennten K-Gruppe; Erhebungszeitpunkt 1, 2 und 3; Mittelwerte der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“; φ/σ E1 N=68/91, E2 N=75/81, E3 N=62/65; Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test

Gruppe treten solche auf (s. Tab. 7.12). Über alle Module hinweg liegen die φ -Interessewerte der Pretests und die der Posttests über den σ -Werten. Beide Unterschiede sind statistisch hoch bzw. höchst signifikant.

Tabelle 7.12: Signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Geschlechtergruppen in der Skala „Aktualisiertes dispositionales Interesse“; Mann-Whitney-*U*-Test

Gruppe	Test (N φ/σ)	Mittelwert $\varphi \Leftrightarrow \sigma$ (N)	p	r
EM-nRC	M1 Pre (16/17)	3.26 \Leftrightarrow 2.45 (33)	$\leq .001$	0.58
	M1 Post (15/17)	3.28 \Leftrightarrow 2.57 (31)	$\leq .01$	0.55
	M3 Post (7/8)	3.46 \Leftrightarrow 2.61 (15)	$\leq .05$	0.64
	Ges. Pre (33/36)	3.18 \Leftrightarrow 2.69 (69)	$\leq .01$	0.34
	Ges. Post (30/35)	3.25 \Leftrightarrow 2.63 (65)	$\leq .001$	0.44

7.7 Zusammenfassung

Ergebnisse der Fragebogenerhebung:

- Die Reliabilität des WV-Erhebungsinstruments, berechnet mittels Cronbach's α -Koeffizient, ist im ersten Pretest aller Gruppen nicht zufriedenstellend. In den Posttests und Folgerhebungen werden akzeptable Werte erreicht.

- Zur Ermittlung möglicher impliziter WV-Förderung während des Schülerlaborbesuchs werden die Ergebnisse der MM-nRC-Gruppen vorgestellt. Von Posttest 1 zu Posttest 3 steigen die Werte in den Aspekten SICHERHEIT und ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS sowie NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS an. Nur der Zuwachs im Aspekt SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS ist statistisch signifikant.
- In der Kontrollgruppe zeigt nur der Aspekt SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS einen Anstieg von Erhebung 1 zu Erhebung 3. Dieser ist auch statistisch signifikant.
- Die Ergebnisse der RC-Gruppen geben Aufschluss über förderliche Effekte des *Reflexionscafés*. Sie weisen signifikante Zuwächse in allen WV-Aspekten außer ZWECK auf.
- Von Pre- zu Posttest der EM-Gruppen besteht eine abnehmende Tendenz in den WV-Aspekten.
- Im Vergleich des letzten Posttests mit den Follow up-Testergebnissen nach 12 Monaten bleiben die WV-Werte der mehrmaligen Besuchsgruppen auf stabil hohem Niveau, die der einmaligen Besuchsgruppen steigern sich teils signifikant auf ein ebenso hohes Niveau.
- Das dispositionale Interesse der Lernenden an biologischen Inhalten und Biowissenschaft liegt zum letzten Posttest in allen Gruppen auf dem bereits vor der Studie bestehenden Niveau um 3 („Teils teils interessant“).
- Zwischen den Geschlechtern liegen keine erkennbaren systematischen Unterschiede in WV-Niveau und -Veränderung vor.
- Auch im dispositionalen Interesse an Biologie und biologischer Forschung lassen sich keine systematischen Unterschiede zwischen den Geschlechtern feststellen.

Ergebnisse der *Reflexionscafé*-Analysen:

- Die WV-Skalen des Fragebogens können auf die Kategorien der *Reflexionscafé*-Gesprächsinhalte abgebildet werden.
- Die Beurteilung kann nicht nach den Kategorien „naiv“ und „informiert“ erfolgen, da die Aussagen dazu zu unbestimmt sind. Stattdessen werden sie nach ihrer logisch-kritischen Position eingeteilt.
- Annahmen sicherer Methoden, die automatisch Fakten produzieren, nehmen nach mehreren Besuchen ab, während Aussagen zu Forschungsprozessen und ihren Aufgaben häufiger getätigt werden.

- Über die Modulbesuche hinweg äußern die Lernenden häufiger Gedanken zur Unsicherheit von Forschungsergebnissen und -erkenntnissen. Nach dem 3. Forschungsmodul werden nicht nur die beteiligten Personen und Methoden, sondern auch die Forschungsgegenstände als Gründe für Unsicherheit angeführt.

Aus den Ergebnissen lassen sich unter Rückbezug auf die Fragestellungen und Hypothesen Erkenntnisse darüber gewinnen, wie und ob im Schülerlabor Backstage Science durchgeführte Module die Förderung von Wissenschaftsverständnis leisten können. Dabei müssen Aussagekraft und Reichweite der Ergebnisse diskutiert werden. Die Einflussnahme der Forschungsmodule wird allein und kombiniert mit reflexiven Gruppengesprächen auf WV und das aktualisierte dispositionale Interesse betrachtet. Die beobachteten Effekte werden abschließend auf eine systematische Beeinflussung durch das biologische Geschlecht der Probandinnen und Probanden hin diskutiert (s. Kap. 8.1).

In einer Feldstudie wie der vorliegenden bestehen vielfältige Einflüsse, die als Alternativerklärungen zu den fokussierten Hypothesen gelten können. Diese werden, soweit bekannt, untersucht. Auch müssen die eingesetzten Methoden auf mögliche Fehlerquellen hin betrachtet werden. Neben methodischen Effekten, verursacht durch das Fragebogen-Instrument, werden mögliche einflussreiche Merkmale der Stichprobe und Einflüsse durch die Forschenden (s. Kap. 8.2, S. 193) diskutiert.

8.1 Diskussion der Forschungsergebnisse

Die gewonnenen Ergebnisse aus der Fragebogenstudie und den Untersuchungen der Reflexionsdialoge bieten Belege für die Wirkung der forschend-lernend angelegten Modulkonzeption auf das WV der Lernenden (s. Kap. 8.1.1) und folgend eine mögliche förderliche Wirkung von *Reflexionscafé* kombiniert mit Forschungsmodul (s. Kap. 8.1.2, S. 187). Zudem werden die Ergebnisse auf Auswirkungen von Forschungsmodulen und *RC* auf das Interesse (s. Kap. 8.1.3, S. 191) sowie auf geschlechtsspezifische Effekte der WV-Förderung und Interesse (s. Kap. 8.1.4, S. 192) hin betrachtet.

8.1.1 Kann die Teilnahme an einem forschend-lernend konzipierten Forschungsmodul des BaSci Schülerlabors ausgewählte WV-Aspekte fördern?

Der Erwerb von Wissenschaftsverständnis erfolgt implizit und ungerichtet, wenn kein beabsichtigter Einfluss auf das Lernen genommen wird. Angemessenheit und Umfang des WVs bestimmen die einzelnen Situationen, ihre Themen und Durchschaubarkeit bzw. Analysierbarkeit auf NOS/I-Aspekte hin. Bieten die Erfahrungen reichhaltige und sichtbare NOS/I-Inhalte, kann der implizite Einfluss sich förderlich auf das WV der Partizipierenden auswirken (s. Kap. 2.4.1, S. 30).

Als forschend-lernend konzipierte Lernarrangements transportieren die BaSci-Module NOS/I-Inhalte, stellen sie jedoch nicht besonders heraus. Um einen wirksamen Effekt belegen zu können, werden die WV-Mittelwerte vor und nach einem Modul, von Modul 1 zu Modul 3 und die der Kontrollgruppe herangezogen.

Werden die EM-nRC-Gruppen einzeln betrachtet, treten hauptsächlich teils signifikante Mittelwertverringierungen vom Pre- zum Posttest in jeweils unterschiedlichen Aspekten auf. Werden die Probanden der verschiedenen Module gemeinsam betrachtet, zeigt sich ein homogenes Bild aus leichten Senkungen der Mittelwerte in allen Aspekten (s. Abb. 7.1 bis 7.4). Eine WV-Förderung, verursacht durch den Besuch eines einzelnen Schülerlabors, kann somit, abgesehen von eventuellen generellen Verschleierungen durch das Befragungsinstrument (s. Kap. 8.2.1, S. 193) oder spezifische problematische Antwort-Effekte (s. Kap. 8.1.2.1), ausgeschlossen werden.

Die Posttests der MM-nRC-Gruppe weisen Steigerungen von Modul zu Modul in allen Aspekten außer ZWECK auf. Im Aspekt SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS ist der Zuwachs von Modul 1 zu 3 höchst signifikant. Auch der Reliabilitätskoeffizient $C\alpha$, der im ersten Posttest noch ungenügend vorliegt, steigt mit den weiteren Posttests auf einen akzeptablen Wert. Damit erhöht sich nicht nur die Zustimmung zu den Items des Fragebogens, sondern auch ihr Zusammenhang wird in den Antworten deutlicher. In der Kontrollgruppe lässt sich nur für den Aspekt SICHERHEIT eine Steigerung über die Zeit feststellen, welcher ebenfalls höchst signifikant ist. Auch die Steigerung der Reliabilitätskoeffizienten tritt in dieser Gruppe auf.

Zwar kann eine eher steigende Tendenz in drei von vier Posttest-Mittelwerten der MM-nRC-Gruppe beobachtet werden, während die K-Gruppe eine solche Tendenz nur in einem aufweist. Da aber die Ausgangswerte im WV bei der Experimentalgruppe niedriger liegen, kann dagegegehalten werden, dass bei weniger angemessenem WV eine Steigerung über die Zeit wahrscheinlicher ist, als bei bereits angemessenem WV. Da der höchst signifikante Zuwachs im Aspekt SICHERHEIT sowohl in Experimental- als auch Kontrollgruppe auftritt, ist der Schülerlabormodulbesuch als Ursache auszuschließen. Wechselwirkungen mit dem Befragungsinstrument, curriculare oder Reifungsprozesse müssen als Ursachen diskutiert werden (s. Kap. 8.2.2.1, S. 198). Die weiteren Steigerungen vom ersten zum dritten Erhebungszeitpunkt sind nicht signifikant, sodass auch hier nicht von einem (durch den Test messbaren) Effekt der Schülerlabormodule auf das WV ausgegangen wird.

Implizite Aneignung von Wissenschaftsverständnis erfolgt ungerichtet und ohne Intention. Die Schülerlabormodul-Besuche bilden gegenüber naturwissenschaftlichem Unterricht und Medienkonsum einen geringen Anteil an Erfahrung mit Forschung. Der Mangel an nachweisbarer Effektivität der Module als implizite Lerngelegenheiten ist daher wenig überraschend. Allerdings könnte ein geringer Effekt nach einem längeren Beobachtungszeitraum deutlicher zutage treten, wenn eine größere Stichprobe länger untersucht würde.

8.1.2 Können reflexive Gruppengespräche über Forschungsaktivitäten das WV in ausgewählten Aspekten fördern?

Werden Forschungsaktivitäten inhärente NOS/I-Inhalte expliziert, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit einer WV-Förderung. Die Explikation durch moderierte Gruppenreflexion bietet sowohl die für reflexive Aktivitäten notwendigen Freiräume als auch lernbegleitende Lenkung (s. Kap. 3.1.2, S. 47).

Wie die Mittelwerte der EM-nRC-Gruppe weisen auch die Pre- und Post-Mittelwerte der EM-RC im WV einzeln betrachtet großteils Senkungen auf. Als Gesamtgruppe sind diese Senkungen in allen WV-Aspekten gering und nicht signifikant (s. Abb. 7.7 bis 7.10). Das *Reflexionscafé* bietet bei einmaliger Durchführung keine Förderung des WVs. Beide EM-Gruppen weisen in der Gesamtbetrachtung nicht signifikante Senkungen der Mittelwerte (s. Kap. 8.2.1.2, S. 195) und ein gleichbleibendes Niveau auf.

Die Veränderungen in den Posttests der MM-RC-Gruppe hingegen zeichnen ein deutlicheres Bild. Nicht nur im Aspekt SICHERHEIT existiert ein höchst signifikanter Anstieg, auch die Mittelwerte der Aspekte ENTWICKLUNG und NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS steigen hoch signifikant und signifikant.

Das *Reflexionscafé* kann bei mehrmaliger Durchführung im Rahmen des BaSci Labors eine signifikante Steigerung der Mittelwerte in mehreren WV-Aspekten hervorrufen. Dies wird im Vergleich zu den Kontrollgruppen MM-nRC und K sichtbar. Die signifikanten Veränderungen spiegeln sich zum Teil auch in den *Reflexionscafé*-Dialogen wider. Da die Daten aus dem Fragebogen und diejenigen aus den RC-Transkripten ähnliche Informationen enthalten, nämlich das WV-Niveau der Probandinnen und Probanden, werden quantitative und qualitative Daten verknüpft (Flick, 2011). Allerdings bestehen die Fragebogendaten aus Antworten der Zustimmung der Lernenden zu Items, die von einer Expertin bezüglich WV entwickelt wurden. Die Kategoriezuordnungen der RC-Äußerungen hingegen verweisen auf, zumindest im Rahmen von RC und Backstage Science Forschungsmodul geäußertes, den Lernenden entstammendes WV. Die beiden Methoden können sich dennoch ergänzen und das Bild vom tatsächlichen Lernenden-WV erweitern (Hammersley, 1996), da Aspekte und Kategorien darin reliabel analog zu den Fragebogenskalen gebildet werden können (s. Kap. 7.3.1, S. 140).

Der Anstieg im Aspekt NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS zeigt sich in je Modul steigend auftretenden Äußerungen der Kategorie FORSCHUNGSPRAXIS [Pf], während die Zahl ungerichteter Aussagen über Methoden - ohne Ziel oder Zweck - je Modul abnehmen. Damit erhöht sich in beiden Messungen das Verständnis der Lernenden für Einsatzgebiete und Ziele von Methoden im Forschungsprozess und damit für die Notwendigkeit verschiedener Vorgehensweisen, um Ergebnisse abzusichern. Dass Rechtfertigungsverfahren nicht vermehrt thematisiert werden, ist einerseits begründet in den Schülerlabormodulen, die aus pragmatischen Gründen nur begrenzten Raum für solche Verfahren zur

Verfügung stellen, mag andererseits auch durch die Art der Fragestellung und Moderation beeinflusst worden sein.

In der Kategorie ZWECKE DES FORSCHENS [Z] werden keine Entwicklungs- oder Veränderungsmuster sichtbar. Die Äußerungen befassen sich mit den Subkategorien unabhängig von Interventionsgruppe und Modul. Dieser Strukturmangel kann auch in der quantitativen Skala beobachtet werden, deren Items sich in der Faktorenanalyse auftrennen und der Reliabilitätskoeffizient $C\alpha$ über die Module hinweg abnimmt.

Im Aspekt SICHERHEIT treten sowohl in der MM-RC-Gruppe, als auch in MM-nRC- und K-Gruppe höchst signifikante Zuwächse auf. Auch die Äußerungen der Kategorie (UN)SICHERHEIT sind verzehnfacht. Zudem werden im *Reflexionscafé* des 3. Forschungsmoduls nicht nur Unsicherheiten bezüglich des Forschungsprozesses, der beteiligten Personen und Methoden angeführt, sondern ebenso die betrachteten natürlichen Phänomene als Unsicherheitsquellen herangezogen. Neben den durch naturwissenschaftlichen Unterricht oder Reifungsprozesse verursachten Steigerungen können Forschungsmodule und RC als Einflussfaktoren nicht vereinzelt, aber auch nicht ausgeschlossen werden. Eine etwaige Wirkung ist zu gering, um durch das Testinstrument ausgemacht werden zu können.

Die hoch signifikante Steigerung der Mittelwerte im Aspekt ENTWICKLUNG von Forschungsmodul 1 zu 3 lässt sich anhand der RC-Dialoge nicht belegen. Da weder die RC-Fragen noch die Forschungsmodularbeit diesen Aspekt berühren, fehlen Redeanlässe und damit Möglichkeiten der Verbesserung durch das *Reflexionscafé*. Dennoch zeigt nur diese Gruppe einen signifikanten Zuwachs. Möglicherweise konnte die Methode, naturwissenschaftliche Vorgehensweisen zu reflektieren, von den Lernenden auf das Themengebiet transferiert und selbstbestimmt ausgeführt werden. Hierzu könnten Folgeforschungen, die Reflexionskompetenz im Zusammenhang mit Wissenschaftsverständnis oder epistemologischem Verständnis untersuchen, Aufschluss geben.

Ein Langzeiteffekt des *Reflexionscafés*, dem des BaSci-Labors überlegen, ist nicht belegt (s. Abb. 7.15 bis 7.18). Beide Experimentalgruppen mit mehrmaligem Besuch (MM) weisen hohe Mittelwerte in allen WV-Skalen auf, die von Post- zu Follow up-Test stabil bleiben. In den einmaligen Besuchs-Gruppen (EM) steigen die Mittelwerte teils signifikant, wobei die Veränderungen in der EM-RC-Gruppe sich stärker (im Aspekt ENTWICKLUNG höchst signifikant) manifestieren. Dieses Phänomen mag mit dem *Reflexionscafé* zusammenhängen, kann jedoch ebenso gut auf schulische Eigenheiten oder Reifungsprozesse zurückzuführen sein. Die Stichproben besitzen eine geringe Größe, und während des Zeitraums von 12 Monaten treten Einflüsse auf, die der Analyse unzugänglich sind. Etwaige kleine Effekte des RCs können innerhalb dieser Umgebung nicht nachgewiesen werden.

Während Langzeiteffekte nicht belegt werden konnten, zeigt sich jedoch ein deutlicher Unterschied in den über die Studie hinweg geschehenen WV-Zuwächsen der beiden Langzeit-Experimentalgruppen. Dieser Förderungseffekt

muss weiter abgesichert und seine Stärke hinsichtlich des tatsächlichen WVs untersucht werden, indem die generelle Natur der Fragebogenantworten (s. Kap. 8.1.2.1) sowie weitere mögliche Einflussfaktoren betrachtet und auf die Ergebnisse rückbezogen werden.

8.1.2.1 Einstellungen erfragen

„Clearly, *some* answers to attitude questions are cobbled together on the spot¹“ (Tourangeau *et al.*, 2000: 170).

Nicht jedes Thema ist aktuell im Gespräch und es ist nicht möglich, zu jedem Thema eine Einstellung zu besitzen. Auch die Einstellung zu Naturwissenschaft - ob sie eher unbeweglich, unumstößlich ist und endgültiges Wissen produziert oder nicht - kann unvollständig in den Befragten repräsentiert sein oder noch gar nicht vorliegen. Selbst wenn bereits eine deutliche Vorstellung existiert, kann der durch das Item angesprochene Aspekt überraschen und eine „ausbrechende“ Antwort hervorrufen (Tourangeau *et al.*, 2000: 12f). Besteht keine vorgefasste Meinung, greifen unterschiedliche Mechanismen zur Meinungsfindung, die zu einer mehr oder weniger aussagekräftigen Antwort führen.

Für die Generierung einer Ad-hoc-Meinung existieren im Individuum unüberschaubar viele Möglichkeiten an Interpretationsstrategien und -ausgangsmaterialien. Einige werden mit einer größeren Wahrscheinlichkeit genutzt, variieren jedoch sowohl innerhalb der Stichprobe, als auch innerhalb eines Individuums zu verschiedenen Zeiten (Tourangeau *et al.*, 2000). Das Item in seiner Thematik, Formulierung und Konnotationen eröffnet einen „Möglichkeitenraum“ für eine Einstellung, in dem sich die Teilnehmenden verorten müssen. Dies gelingt jedoch nur reliabel, wenn ein passender „Ort im Raum“ gefunden werden kann (ebd.: 40).

Die Erinnerungsbestandteile, die als Informationsbasis herangezogen werden, können Eindrücke einer Gegebenheit sein oder Stereotype, allgemeine Einstellungen zu oder Werte gegenüber der behandelten Thematik oder, falls vorhanden, spezifische Überzeugungen oder Gefühle dem Gegenstand gegenüber. Einem Individuum stehen nicht zu jedem Zeitpunkt dieselben Informationen aus dem Gedächtnis zur Verfügung, was zu Unreliabilität im Antwortverhalten führen kann. Hier spielen auch Motivation, Konzentration und andere beeinflussende Faktoren eine Rolle, die ebenfalls nicht zu jedem Zeitpunkt in gleicher Weise vorliegen (Tourangeau *et al.*, 2000). Unter Zeitdruck wird oft evaluiert, was zuerst „in den Kopf“ (ebd.: 180) gelangt, auch wenn die Informationen wenig geeignet sind.

Dieses Phänomen ist wahrscheinlich die Ursache des Pretest-Posttest-Artefakts, das in der Studie beobachtet werden kann. In den Posttests fast

¹Übers.d.A.: Offenbar werden manche Antworten auf Fragen zu Einstellungen erst in jenem Moment zusammengeschustert.

aller Schulklassen in allen Experimentalgruppen nehmen die Mittelwerte der WV-Aspekte ab.

Durch diese Mittelwert-Verringerungen kann angenommen werden, die Moduldurchführungen und verstärkend das *Reflexionscafé* seien dem Wissenschaftsverständnis der Lernenden kurzfristig abträglich. Gegen diese Sichtweise sprechen jedoch mehrere Aspekte:

1. Innerhalb der Module bekommen die Lernenden Gelegenheit, Experimente und Tests, in geöffneter Form sogar Forschungswege selbständig durchzuführen. In keinem der Module werden Indoktrinationsgedanken verfestigende Äußerungen getroffen oder impliziert.
 - a) In Modul 1 liegt durch die enge, geführte Struktur ein dem Schulunterricht ähnliches Bild von Wissenschaft vor. Dies kann bestehende Vorstellungen eventuell verstärken.
 - b) Modul 2 und 3 ermöglichen es den Lernenden, mittels eigener Wege an ihre Ziele zu gelangen. Dies müsste etwaigen Vorstellungen von Wissenschaft mit unveränderlichen Erkenntnissen und Methoden entgegen stehen.
2. Wissenschaftsverständnis lässt sich kaum durch implizit Wissenschaftscharakteristika behandelnde Aktivitäten beeinflussen (vgl. Kap. 2.4.1, S. 30), da es sich um ein hochkomplexes Gebilde handelt, das sich nur schwierig ableiten lässt und bestehende Vorstellungen sich höchst träge wandeln.
 - a) Selbst bei sehr ungünstig entworfenen Forschungsmodulen ist ein solch großer impliziter Einfluss auf das WV - und nach so kurzer Zeit² - unwahrscheinlich. Auch in positiver Richtung wurde es nicht erwartet.
 - b) Eine Explizierung Indoktrinationsglauben schürender Einsichten im *Reflexionscafé* als Ursache beträfe nur die RC-Gruppe, weshalb dies ebenfalls ausgeschlossen werden kann.
3. Die Pretests beider Gruppen (EM und MM) weisen deutlich geringere Reliabilitätskoeffizienten auf, als die entsprechenden Posttests, wobei sich dieser Effekt in der MM-Gruppe vor allem beim ersten Pretest zeigt.
 - a) Die teils stark ausgeprägte Zusammenhanglosigkeit der Skalen weist auf Unkenntnis, unzusammenhängende Teilkonzepte oder Missverstehen des Instruments hin, Schwierigkeiten, die im Posttest stark abnehmen. Es liegt nahe, anzunehmen, dass bei dieser unterschiedlichen Betrachtung der Items auch verschiedene Strategien zur Antwortgenerierung angewendet wurden.

²Wie Leach et al. zeigten (s. Kap. 3.2.2.2, S. 54), genügen 45 Minuten des Sprechens über Wissenschaftstheorie nicht, um eine Veränderung verursachen zu können.

- b) Wenn ein gefördertes WV durch eine besser strukturierte Konzeption des Konstruktes im Kopf und damit durch eine reliable Abbildung auf die Testitems geäußert wird (Urhahne *et al.*, 2008), muss hier auch bei einer Verringerung des Mittelwerts von einem förderlichen Effekt ausgegangen werden.

Die Forschungsmodule und das *RC* besitzen unbestreitbar eine Wirkung auf das Antwortverhalten im Fragebogen. Während im Pretest wahrscheinlich Stereotype und Allgemeinplätze bzw. Nichtverstehen ausgleichende Strategien bemüht wurden, um zur Antwort zu gelangen, boten im Posttest die eigenen Erfahrungen beim Forschen (*nRC*-Gruppen) bzw. diese kombiniert mit den Gruppen-Reflexionen (*RC*-Gruppen) eine Basis zur Beantwortung. Das Wissenschaftsverständnis, das in den Pretests gezeigt wird, könnte als „So-müsste-es-sein“-WV (allgemein) bezeichnet werden, während das Wissenschaftsverständnis, das im Posttest geäußert wurde, als „So-mache-ich-das“-WV (individuell) gelten kann.

Da die WV-Antworten in den Posttests die individuellen Einstellungen der Lernenden - konkret aktualisiert im jeweiligen Forschungsmodul - darstellen, werden die Posttests zur Auswertung herangezogen und die Pretests nicht nur aus Gründen der Reliabilität, sondern auch der Validität, ausgeklammert. Sie messen eine andere „Art“ Wissenschaftsverständnis, dessen Entwicklung ebenfalls interessant sein kann, hier aber nicht im Vordergrund steht.

Wie das allgemeine und das individuelle WV zusammenhängen, kann innerhalb dieser Studie nicht geklärt werden. Hierzu können Befragungen zu Wissenschaftsverständnis im Anschluss an verschiedene Tätigkeiten eingesetzt werden.

8.1.3 Beeinflussen die Gruppenreflexionen das Interesse der Lernenden?

Das gemessene Interesse lässt sich als aktualisiertes dispositionales Interesse charakterisieren (s. Kap. 3.3.2.1, S. 59; Kap. 6.3.2.3, S. 111). Durch die Konzeption, sowohl der Forschungsmodule (forschend-lernend und *basic needs* berücksichtigend (Ryan & Deci, 2000); s. Kap. 5.1, S. 70) als auch des *Reflexionscafés* (*basic needs* berücksichtigend und neu, s. Kap. 5.2, S. 86), soll das dispositionale Interesse aktiviert und verstärkt werden. Ein nachhaltiger förderlicher Effekt auf das Interesse wird jedoch nicht erwartet, da frühere Studien eine Rückkehr der Lernenden-Antworten zum Ausgangswert belegten, auch wenn kurzfristige Steigerungen verursacht wurden.

Wegen des erhöhten Arbeitsaufwands der Lernenden durch das *RC* kann eine Senkung des aktualisierten Interesses möglich sein, wenn die Konzeption oder Durchführung dem nicht genügend entgegensteuert.

In den beiden EM-Besuchsgruppen (s. Abb. 7.19) treten von Pre- zu Posttest nicht signifikante Senkungen und Steigerungen auf, gesamt betrachtet

verzeichnet die EM-RC-Gruppe einen nicht signifikanten Anstieg des Interesse-Mittelwertes, während der der EM-nRC-Gruppe bei 2.9 verbleibt. Auch die MM-Gruppen unterscheiden sich nur geringfügig voneinander: In beiden Gruppen steigt der Interesse-Mittelwert von Pre- zu Posttest in Modul 1 höchst signifikant an und von Pretest Modul 1 zu Posttest Modul 3 liegt eine schwache Steigerung vor. Während aber das Interesse der MM-nRC-Gruppe in den weiteren Modulen von Pre- zu Posttest abnimmt, steigen die Mittelwerte der MM-RC-Gruppe zu jeder Durchführung ein wenig an. Dieser kleine Effekt kann durch das *Reflexionscafé* verursacht sein. Eine Interviewstudie könnte zur Aufklärung dieses möglichen Zusammenhangs und zur Einflussnahme der verschiedenen Aspekte des RCs beitragen.

Werden die einzelnen Klassenstufen betrachtet (s. Abb. 7.22), zeigen sich Hinweise auf Interesse fördernde Effekte des RCs bei stark lernenden-zentrierten Unterrichtsformen. Das RC könnte die Aufarbeitung autonom gestalteter forschend-lernender Aktivitäten unterstützen. Im offen angelegten Forschungsmodul 2 weisen die Interesse-Mittelwerte der 9. und 10. Klassenstufen der MM-nRC-Gruppe gleichbleibende Werte auf, während in der MM-RC-Gruppe die Mittelwerte aller Schulstufen ansteigen. Der Einfluss des RCs auf unterschiedliche Offenheitsgrade (s. Kap. 5.1.2, S. 78) könnte mit einer größeren Stichprobe direkt untersucht werden, um hier möglicherweise Aufschluss zu geben.

Es finden sich ebenso erste Hinweise darauf, dass das RC der erwarteten „Ermüdung“ nach mehrfachen Schülerlaborbesuchen entgegenwirken kann. Im letzten Forschungsmodul steigt innerhalb der MM-nRC-Gruppe nur der Mittelwert der 10. Klassenstufe leicht an, während die Mittelwerte aller Klassenstufen der MM-RC-Gruppe zunehmen. Allerdings zeigten sich im Posttest zu Modul 3, dass mehrere Jungen der 8. Schulstufe große Probleme mit einer Betreuenden hatten (s. Kap. 8.2.2.4, S. 200), sodass ein aussagekräftiger Vergleich von dieser Seite sich als schwierig gestaltet. Auch hier sind weiterführende Studien mit einer größeren Stichprobe notwendig.

8.1.4 Beeinflusst das Geschlecht die WV-Förderung?

Bezüglich naturwissenschaftlichem Unterricht, Berufswahl und Einstellungen den Naturwissenschaften gegenüber bestehen geschlechtsspezifische Unterschiede. Während die Fähigkeiten und Fertigkeiten ähnlich verteilt sind, besitzen Mädchen oft eine negativer gefärbte Einstellung den Naturwissenschaften gegenüber und üben seltener außerschulische wissenschaftsbezogene Aktivitäten aus (Catsambis, 1995). Daraus entstehende Unterschiede im Zugang zu den Naturwissenschaften können sich auf eine Förderung des WVss auswirken.

Außerdem mag die Methode der Erkenntnisgewinnung durch Reflexion und Dialog von den Geschlechtern unterschiedlich gut angenommen oder umgesetzt werden. Lüsebrink & Grimminger (2014) attestieren den weiblichen Probanden ihrer Studie eine schriftlich auf höherem Niveau angesiedelte Reflexionskom-

petenz, die durch größere Bereitschaft, die Aufgabe zu bearbeiten, erklärt wird.

Systematische Unterschiede in WV oder Reflexionskompetenz sind nach dem Wissen der Autorin nicht bekannt, sodass auch in dieser Studie solche Unterschiede nicht erwartet werden. Da jedoch die Datenlage hierzu, wiederum nach Kenntnis der Autorin, unzureichend abgesichert ist, werden die vorliegenden Daten explorativ auf systematische Unterschiede in WV-Niveau und -Veränderungen untersucht.

Es treten keine sichtbaren systematischen Unterschiede zwischen den Lernenden unterschiedlichen biologischen Geschlechts auf, weder im WV-Niveau noch innerhalb der Veränderungen. Keine der Geschlechtsgruppen ist deutlich unter- oder überlegen, sodass geschlossen werden kann, dass durch das *Reflexionscafé* keine Geschlechtergruppe benachteiligt oder bevorzugt wird.

8.2 Grenzen der Studie - Der Fragebogen

Für einen durch bzw. in einem Experiment auftretenden Effekt kann die hypothesierte Variable verantwortlich sein. Jedoch können auch bestimmte Fehlerquellen auftreten, die im Folgenden Berücksichtigung finden.

8.2.1 Test, Pretest und Posttest

Die Benutzung eines quantitativen Instruments zur Erhebung des WVs liegt sowohl aus theoretischen als auch aus pragmatischen Gründen (s. Kap. 6.3, S. 100) nahe. Neben den positiven Effekten der einfacheren Auswertung und Zeitersparnis auf beiden Seiten können sich jedoch Schwierigkeiten ergeben, die Ergebnisse beeinflussen, verzerren und sogar hervorrufen können. Eine eingehende Beurteilung möglicher Störquellen durch den Fragebogen muss, wie im Folgenden aufgeführt, die Wirkung einer Pre-Testung auf nachfolgende Geschehnisse und statistische Effekte eingehend betrachten.

8.2.1.1 Mögliche Effekte der Pre-Testung auf Intervention und Posttest

Die Pre-Post-Testung ist der direkteste Weg, um die Fähigkeit einer Intervention, die beabsichtigte Veränderung in Individuen zu bewirken, empirisch zu demonstrieren. Die individuellen Eingangsunterschiede der Probandinnen und Probanden können berücksichtigt und Effekte der Intervention auf diese Unterschiede beobachtet werden. Allerdings besteht auch ein Zusammenhang zwischen Messung, messender Forscherin und den Verhaltensprozessen des Subjekts (Lana, 1969). Die Testung eines Merkmals kann sich auf eine weitere Testung des Merkmals auswirken und auch die Wahrnehmung und Bearbeitung einer zwischenliegenden Intervention beeinflussen, wobei der resultierende Effekt negativ oder positiv ausfallen kann (Klauer, 1973). Werden im Pretest

z.B. Ansichten von Probandinnen und Probanden erhoben, kann die Aufmerksamkeit in der folgenden Intervention beeinflusst sein und zu beschränkten Handlungsmöglichkeiten führen (Lana, 1969).

„However, in many situations one is caught between the Scylla of sensitization and the Charybdis of ignorance of pre-existing conditions³.“ Lana, 1969: 139

Vorliegend fiel die Entscheidung, Odysseus folgend, auf die Scylla der nicht bekannten Vorbeeinflussung zugunsten einer höheren Messpräzision im Vergleich zwischen den Individuen. Da alle Interventionsgruppen zu jedem Erhebungszeitpunkt Pre- und Posttest bearbeiteten, betrifft die Beeinflussung alle Gruppen. Es wäre wünschenswert gewesen, auch die Kontrollgruppe zwei Tests, zu Beginn des Schultages und am Ende, ausfüllen zu lassen, um den Einfluss des Pretests auf den Posttest zu kontrollieren. Dies war jedoch aus organisatorischen Gründen nicht möglich. Aussagen zu Veränderungen durch die Intervention und das *Reflexionscafé* innerhalb des Pretest-Posttest-Settings können getroffen werden.

Eine Kontrolle etwaiger Wechselwirkungen zwischen Pretest, Forschungsmodul und *Reflexionscafé* benötigt eine weitere Gruppe ohne Pre-Testung und deutlich größere oder randomisierte Gruppen. Da dies nicht umsetzbar war, muss die Möglichkeit der Effekt-Erzeugung durch den Pretest in den Erklärungsrahmen eingeschlossen werden. Der Pretest kann bislang nur diffus vorliegende oder fehlende Vorstellungen über Wissenschaft als „Idealbild“ - wünschenswerte Charakteristika von Naturwissenschaft - hervorgerufen haben. Mit einer derart fokussierten Aufmerksamkeit können die Lernenden nun sich selbst und ihre Klassenkameraden bei der Forschungsarbeit betrachtet und große Diskrepanzen festgestellt haben, welche zu Verunsicherung und damit weniger Zustimmung zu den Items des Fragebogens geführt haben kann.

Dass in der Analyse nicht abschließend bestimmt werden kann, was genau der Pretest erhebt, erinnert wiederum an den Rückweg des Odysseus, auf dem er nun doch der Charybdis anheim fiel.

Die Skala SICHERHEIT zeigt für beide Langzeit-Experimentalgruppen und die Kontrollgruppe eine signifikante Veränderung vom ersten zum zweiten Testzeitpunkt. Dies kann mit einem Lerneffekt zusammenhängen, auch da diese Items in entgegengesetzte Richtung zu den übrigen gepolt sind, teils Verneinungen beinhalten und daher mit besonderer Aufmerksamkeit gelesen werden müssen. Auch die signifikanten Steigerungen in dieser Skala, beobachtet bei EM- und MM-Gruppe (s. Kap. 7.1, S. 130 und Kap. 7.2, S. 136), können durch einen Lerneffekt entstanden sein und werden daher nicht herangezogen, um den Förderungseffekt des *Reflexionscafés* zu zeigen.

³Übers.d.A.: Jedenfalls ist man in vielen Situationen gefangen zwischen der Scylla der Sensitivierung und der Charybdis des Nichtkennens der Vorbedingungen.

Zum Förderungseffekt über die Zeit trägt auch die Einübung des Fragebogenumgangs mit zunehmender Kenntnis der Items und der Methode bei (Rosenthal, 1969). Mit größerer Vertrautheit einher gehen auch Sicherheit in der Antwortgabe und weniger Lese- und Verständnisfehler. Dieser Übungseffekt kann verstärkend wirken, wird aber nicht als allein ausschlaggebend angesehen, da die Kontrollgruppe trotz weniger Tests einen Verbesserungseffekt aufweisen müsste.

8.2.1.2 Der Regressionseffekt

Die „Regression zur Mitte“ (Klauer, 1973: 89) beschreibt einen Effekt, „der mit der Unvollkommenheit unserer Testinstrumente zusammenhängt [...]“ (Klauer, 1973: 87). Er äußert sich darin, dass Messwerte von Personen bei einer zweiten Messung sich oft näher am Mittelwert befinden. Damit ist gemeint, dass der angenommene normalverteilte Messfehler bei solchen Personen, die in der ersten Befragung einen in negative Richtung zeigenden Messfehler-Wert „erwischten“, bei einer zweiten Befragung mit höherer Wahrscheinlichkeit der Wert in positive Richtung gehen wird. So entsteht ein Bild von Teilnehmenden, die zunächst eine geringe Testpunktzahl erreichten und sich später sehr verbesserten und andersherum denen, die zunächst eine hohe Punktzahl erreichten und im zweiten Test sich im Durchschnitt verringerten. So nähern sich beide Gruppen der Mitte an (Klauer, 1973).

Problematisch wird der Regressionseffekt dort, wo Extremgruppen betrachtet werden: Die „Unterdurchschnittlichen“ werden immer, ob Intervention oder nicht“ im nächsten Test besser abschneiden. Und die „Überdurchschnittlichen“ werden sich, kann die Intervention noch so gut sein, im Mittel verschlechtern, da die Werte sich vom nur positiven Bereich auch in den negativen streuen werden und so den Mittelwert senken (vgl. Nachtigall & Suhl, 2002). Dem Effekt wird, wo möglich, durch den Vergleich mit Kontrollgruppen begegnet. Allerdings sind die Pretests meist nicht reliabel, sodass viele Aussagen mit größter Zurückhaltung angedacht werden.

8.2.1.3 Verständnisschwierigkeiten bezüglich der Items

Die Itemkonzipierende und die Antwortenden müssen eine grundlegende Basis an Bedeutungen das Item-Thema betreffend teilen. Tiefe, Detailgrad und andere Komponenten können dabei variieren, ohne größere Probleme zu verursachen. Dennoch können Items sehr unterschiedlich interpretiert werden, je nach Standpunkt, Fachwissen, Allgemeinbildung, Kontextwissen zur Nutzung des Items und vielen weiteren Faktoren. Auch zur Verfügung stehende bzw. investierte Zeit und Aufmerksamkeit beeinflussen Interpretationen, z.B. durch unvollständiges Lesen oder Überfliegen der Frage (Tourangeau *et al.*, 2000).

Problematisch für eine passende Interpretation des Items sind unbekannte Begriffe oder ein komplizierter Satzbau. Fremdartige Vokabeln werden teils in

bekanntere, ähnlich klingende umgedeutet. Ist das Item nicht zu enträtseln, kann es sein, dass vorherige Items zu Rate gezogen werden oder ähnlich geantwortet wird in der Hoffnung, ein ähnliches Thema getroffen zu haben. Um den Befragten aus dieser „Klemme“ zu helfen, kann die Antwortmöglichkeit „Weiß ich nicht.“ (Tourangeau *et al.*, 2000: 43) dienen. Allerdings verringert sich dadurch die Beantwortung kognitiv anstrengender Items sehr stark (Tourangeau *et al.*, 2000), sodass in diesem Fall davon abgesehen wurde.

Bei geäußerten Verständnisschwierigkeiten wird der gesamten Lernenden-Gruppe eine Erklärung für den entsprechenden Begriff gegeben. Während der Studie beantworten die Teilnehmenden den Fragebogen mehrfach, sodass sich ein Lerneffekt durch das bloße Ausfüllen des Bogens zeigen kann. In diesem Fall wäre auch für die Kontrollgruppe ein solcher Lerneffekt oder zumindest eine Tendenz zu erwarten. In den Skalen ENTWICKLUNG, WISSENSCHAFTLICHE PRAXIS und ZWECK besteht bei der Kontrollgruppe jedoch keine bemerkenswerte Veränderung.

8.2.1.4 Mögliche Effekte durch Erschöpfung der Probandinnen und Probanden

Ein Tag im Schülerlabor beginnt für die Lernenden mit der Anreise und dem Pretest, dessen Bearbeitung die erste kognitive Anstrengung des Forschungstages darstellt. Es folgen vier bis fünf Stunden kognitiv anstrengender Aktivitäten: Fragen werden aufgestellt und untersucht, mögliche Antworten entwickelt und verteidigt. Zuletzt wird entweder der Posttest ausgefüllt, oder vorher die vollführte Arbeit reflektiert, wobei das *Reflexionscafé* in entspannter Atmosphäre abläuft, aber der Arbeit nicht alle Anstrengung nehmen kann.

Während der Pretest neu ist und vermutlich aufmerksam gelesen und beantwortet wird, begegnen die Lernenden dem Posttest ermüdet und haben mit der Arbeit teils bereits abgeschlossen. Viele der Items sind bekannt und es sind einige mehr, sodass Langeweile und Unlust vermehrt zu ungründlichem Lesen und Tendieren zu nicht definitiven Aussagen, unwillkürlichen Antwortkreuzchen oder Auslassungen führen können.

Besonders in Modul 1 wurde besonders häufig die zweite Seite (Rückseite) des Fragebogens nicht bearbeitet⁴, auf dem neben Fachwissen-Fragen Items der Skalen SICHERHEIT und WISSENSCHAFTLICHE PRAXIS/ RECHTFERTIGUNG liegen. Für diese beiden Skalen können deutlich weniger Fälle zur Auswertung herangezogen werden. Dadurch ist das Posttest-Ergebnis für Modul 1 verzerrt, wobei die Richtung unbekannt ist. Eher einsetzende Erschöpfung kann bedeuten, dass die zuvor gegebenen Antworten unreliabel sind, muss es aber nicht. Da dieses Phänomen alle Schulklassen betrifft, bzw. die *RC*-Gruppen wegen der

⁴Nach drei Schulklassen wurde dies bemerkt und gegengesteuert: verstärktes Aufmerksam-machen auf die Rückseite; deutlichere Bitte um vollständige Beantwortung, soweit möglich. Dies führte zu augenblicklichem Erfolg.

zusätzlichen Belastung stärkere Erschöpfungseffekte aufweisen müssen, ist eine Effektüberschätzung unwahrscheinlich.

Unzuverlässige Antwortwahl kann teils durch die Suche nach „ungewöhnlichen Fällen“ in SPSS 24, das Untersuchen der Kreuzchen auf Muster oder Linearität und den Ausschluss von Fällen aus einer Skala aufgrund fehlender Werte aus den Ergebnissen entfernt werden. Zur Vermeidung wurden zunächst Getränke und Süßigkeiten zur Stärkung und Konzentrationsförderung verteilt. Beim dritten Forschungsmodul wurden die Posttest den Lehrenden mitgegeben und am Folgetag oder spätestens zwei Tage später im Unterricht ausgefüllt und per Post zurück geschickt.

Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass der „Rückzug“ von definitiven Aussagen zu den Items den Regressionseffekt (s. Kap. 8.2.1.2, S. 195) verstärkten bzw. eine weitere Facette hinzufügen.

8.2.1.5 Freiwilligkeit der Beantwortung

Die Probandinnen und Probanden der Studie besuchen das Schülerlabor und damit die Intervention im Klassenverband. Sie können als Individuen ihre Teilnahme nur bedingt kontrollieren, indem sie sich dem Schulunterricht durch Krankmeldung oder Nichterscheinen entziehen. Durch die Möglichkeit der Nichtbeantwortung des Fragebogens besteht jedoch Freiwilligkeit in der Preisgabe der Forschungsdaten. Diese Freiwilligkeit kann im Zusammenhang mit bestimmten Eigenschaften innerhalb der Testpersonen stehen und dadurch Ergebnisse verzerren (Rosenthal & Rosnow, 1969b).

Diejenigen Lernenden, die den Fragebogen vollständig beantworteten, könnten stärkeres Interesse an Naturwissenschaften oder größere Neugier daran aufweisen. Noch stärker tritt ins Gewicht, dass vor allem Personen mit einer starken Meinung zum Thema, unabhängig von der Richtung, antworten und damit überrepräsentiert sind. Auch die Erwartung an die Beurteilung der eigenen Leistung kann für den Beantwortungswillen ausschlaggebend sein (Rosenthal & Rosnow, 1969b).

Um solchen Verzerrungen zu begegnen, kann versucht werden, auch „unfreiwillige“ Probandinnen und Probanden zur Teilnahme zu bewegen. Solche Teilnahme-Anreize sind z.B. kleine Geldbeträge oder andere Entschädigungen, die Aufmerksamkeit und Anerkennung durch die Versuchsleitenden, das Gefühl der Bedeutsamkeit des eigenen Mitwirkens, z.B. als Unterstützung einer Doktorarbeit. Je normaler und durch die Umwelt erwarteter die Teilnahme wirkt, desto wahrscheinlicher wird auch eine Person teilnehmen, die nicht zu den „Freiwilligen“ zählt (Rosenthal & Rosnow, 1969b).

Den Lernenden der besuchenden Schulklassen war bewusst, dass eine Doktorarbeit unterstützt wird und sie einen Beitrag zur Verbesserung von Biologieunterricht leisten. Durch das Ausfüllen im Klassenverband erhielt die Fragebogenbeantwortung Normalität. Diese Maßnahmen führten zu einer großflächigen Beantwortung der Fragebögen, wobei jedoch einige Lernende sich

durch sinnfreies Ankreuzverhalten dennoch entzogen. Zudem kann durch den Versuch, Lernende zum Antworten zu bewegen, Verzerrungen anderer Natur hervorrufen (Rosenthal & Rosnow, 1969b). Daher muss eine eingeschränkte Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf die Grundgesamtheit akzeptiert werden. Möglicherweise ist der gemessene Effekt signifikant in Populationen, deren Individuen Naturwissenschaft interessiert, die darüber nachdenken oder eine polarisierte Meinung äußern wollen.

8.2.2 Beantwortung beeinflussende Merkmale der Probandinnen und Probanden

Für einen auftretenden Effekt in einem Experiment kann die hypothesierte Variable verantwortlich sein. Zu ihrer Überprüfung mittels hervorgerufener Beobachtungen wurde die Studie entworfen. Im Möglichkeitenraum der Erklärungen existieren jedoch auch andere Erklärungen für die Beobachtungen, von denen einige auf die beteiligten Individuen der Stichprobe zurückgeführt werden können. Andere betreffen die Studienleitende und die wissenschaftlichen Hilfskräfte, die Designentscheidung oder das Instrument.

8.2.2.1 Alter und Entwicklung

Sowohl Kremer (2010), als auch Urhahne *et al.* (2008) zuvor, belegt einen positiven Zusammenhang der Ausprägung des WVs mit dem Alter der Lernenden: Je älter die Schülerinnen und Schüler sind, desto höher fallen die Mittelwerte des Tests aus. Auch Kremers Ergebnisse der 2. Teilstudie (Erhebung WV Anfang und Ende des Schuljahres; s. Kap. 6.3.2.1, S. 104) zeigen, dass sich das WV der Lernenden im Aspekt SICHERHEIT über ein Schuljahr hinweg signifikant verbessert (Kremer, 2010).

Neben dieser Erklärungsmöglichkeit, die ebenfalls dem Theoriegebäude „Wissenschaftsverständnis-Erwerb“ entspringt, existiert eine Vielzahl an Faktoren, die mit der Thematik wenig zu tun haben und meist durch die methodische Herangehensweise Quasi-Effekte, sogenannte Artefakte, verursachen.

„It is a wise experimenter who knows his artifact from his main effect; and wiser still is the researcher who realizes that today’s artifact may be tomorrow’s independent variable. Indeed, even at a given time, one man’s artifact may be another man’s main effect⁵.“
Boring, 1969: 13

⁵Übers.d.A.: Der kluge Experimentator kann seine Artefakte von seinem Haupteffekt unterscheiden; und noch klüger ist der Wissenschaftler, der erkennt, dass ein Artefakt von heute morgen eine unabhängige Variable sein kann. Tatsächlich mag sogar zu einer bestimmten Zeit des einen Mannes Artefakt des anderen Haupteffekt sein.

8.2.2.2 Die Zusammensetzung der Stichprobe

Da mit intakten Gruppen gearbeitet wird, sind Reaktionen bezüglich der Experimentalsituation - weil sie weniger „künstlich“ ist - verringert (Dimitrov & Rumrill, 2003: 160). Da die Gruppen einteilenden Faktoren mit dem zu messenden Merkmal Wissenschaftsverständnis vermutlich nicht in Beziehung stehen, wird nicht von einer hierdurch verursachten inhärenten Verzerrung der Daten ausgegangen (vgl. Klauer, 1973). Dass nicht alle Schulen und darin nicht alle Lehrkräfte es in Erwägung ziehen, das BaSci-Labor aufzusuchen, hat verschiedene Ursachen, die wohl hauptsächlich im administrativen und organisatorischen Mehraufwand zu suchen sind. Ob diese mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht und insbesondere dem WV der Lernenden und Lehrenden zusammenhängen, ist nicht bekannt und scheint jedenfalls nicht augenfällig zu sein.

Die Verzerrung der Stichprobe hingegen bezüglich des Ausfalls von Fällen durch Nichtanwesenheit zum Termin verläuft in Richtung Abwesenheit von Schülerlabor-Verweigerern. Dies verringert die Generalisierbarkeit der Ergebnisse, betrifft aber alle Gruppen, sodass zwar die generelle Aussagekraft verringert wird, aber der Vergleich zwischen den Experimentalgruppen hierdurch nicht beeinflusst ist.

8.2.2.3 Erwartung der Teilnehmenden

Hawthorne⁶- und Placebo-Effekt⁷ „zeigen, dass die Erwartungen der Versuchspersonen einen bedeutenden Einfluß auf ihr Verhalten haben können“ (Klauer, 1973: 58). Vermutlich spielen sie hier aber keine Rolle, da eine Erwartungshaltung kaum zu höherer Qualität an Wissen führt, eher zu ausführlicherer Darstellung, was sich in der Fragebogenbeantwortung schwierig zeigen lässt.

Der Novitätseffekt hingegen birgt die Gefahr, dass Durchführung einer neuen Methode zu zeitlich begrenzter stärkerer Lernmotivation und Anstrengung und in Folge zu besseren Ergebnissen führen (Klauer, 1973). Vorliegend wurden zwei Kontrollmaßnahmen eingesetzt: Zum Einen wird durch Gruppen mit einmaliger und Gruppen mit mehrmaliger Durchführung kontrolliert, ob das Neue an der Methode den Effekt erzielt. Zum Anderen wird den Probandinnen und Probanden die Art der erwarteten Wirkung der Methode verschwiegen. Ideal wäre, die Teilhabe an einem Experiment, soweit möglich und ethisch vertretbar, zu verschweigen (ebd.). Doch dies ist schon wegen des Ausfüllens des Fragebogens und der Datenverwertungseinwilligung nicht möglich und stellt auch eine Art der Verletzung individueller Persönlichkeitsrechte dar, die von der Autorin strikt abgelehnt wird.

⁶Sammlung möglicher Ursachen für einen Effekt, wobei nicht die Art der veränderten Variable, sondern psychologische Vorgänge in den Teilnehmenden der Experimentalsituation gegenüber den Effekt erzeugen (Wickström & Bendix, 2000).

⁷Die Erwartung eines Effekts führt dazu, dass er auftritt (Shapiro, 1960).

8.2.2.4 Der subjektiv empfundene Anforderungsgehalt

Teilnehmende an einer Studie entwickeln Hypothesen darüber, was von ihnen erwartet wird, ob sie nach der Intervention eine Veränderung zeigen sollen oder nicht. Dies kann zu veränderter Fragebogenbeantwortung führen, wobei ebenfalls eine Rolle spielt, ob die Subjekte den hypothesierten Erwartungen der Versuchsleitenden folgen oder sie opponieren wollen (Orne, 1969).

Solche Effekte sind schwierig vorherzusagen, zu steuern oder zu vermeiden. Daher wurde den Probandinnen und Probanden offengelegt, dass die Tests erheben, ob etwas dazugelernt wurde. Eine bessere Beantwortung, als das jeweilige WV zulässt, ist schwierig vorstellbar. Allerdings kann bei vorhandenem angemessenem absichtlich geringes WV gezeigt werden, wenn Lernende der Versuchsleiterin oder den Betreuenden gegenüber negativ eingestellt sind. Einige Kommentare auf den Postfragebögen von Lernenden der 8. Klassenstufe lassen auf ein solch schwieriges Verhältnis zu einer betreuenden Technischen Assistentin schließen, sodass eine Absichtlichkeit nicht ausgeschlossen werden kann. Ein Zusammenhang zu den Ergebnissen des Interessenverlaufs der 8. Klassenstufe (s. Kap. 7.5.3, S. 163) drängt sich hier zudem auf.

Solche möglichen absichtlich unangemessenes Niveau angehenden Antworten sind schwierig zweifelsfrei auszumachen. Ihr Verbleib im Datensatz führt zu einer Unterschätzung von WV-Verbesserung, ein Ausschluss eher zu Überschätzung. Hier wurde die Unterschätzung als das kleinere Übel gewählt, die Daten also im Datensatz belassen.

8.3 Grenzen der Studie - Personenbezogene Einflüsse

Beeinflussung durch die Versuchsleiterin bzw. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter kann zum Zeitpunkt der Moduldurchführung, der Methodendurchführung oder der Datenerhebung geschehen. Damit ist nicht absichtliches Verfälschen oder gar Hypothesen bestätigende falsche Datenaufnahme, also Betrug, gemeint, sondern die ungewollte Beeinflussung der Probandinnen und Probanden (Rosenthal, 1969). Erwartungen und Hoffnungen an das Material können sich nicht nur auf die Behandlung der Probanden, sondern auch auf die Fallauswahl und den -ausschluss, die Datensammlung, sogar die Datenanalyse auswirken (Orne, 1969).

Zur Objektivierung werden Durchführungsleitfäden für die Datenerhebung, die Forschungsmodulbetreuung und die Moderation im *Reflexionscafé* erstellt, den Teilnehmenden vermittelt und die Einhaltung immer wieder überprüft.

8.3.1 Durchführung der Fragebogenerhebung

Die Tests werden hauptsächlich von der Versuchsleiterin eingegeben und nach vorgegebenen Muster vorgestellt. Da zu den Erläuterungen keine inhaltlichen

Eingaben nötig und durch den Leitfaden untersagt sind, ist davon auszugehen, dass hier keine Beeinflussung der Ergebnisse stattfand. Da die Lernenden den Test für sich ausfüllen und die Betreuenden nicht sehen, wo einzelne Probanden sich gerade befinden oder was sie ankreuzen, können auch Mimik und Gestik als „Richtungsweiser“ ausgeschlossen werden.

Auch die Dateneingabe in SPSS 24 wurde nach festen Regeln⁸ durchgeführt, anhand der Deskriptiven Teststatistik und des Vier-Augen-Prinzips überprüft sowie nochmals stichprobenweise kontrolliert. Eingegebene Fälle wurden ausgeschlossen, wenn alle Kreuze auf 3 lagen oder ein besonders auffällig unzufälliges Muster (z.B. Blumen, Zacken; 9 Tests) angekreuzt war.

8.3.2 Durchführung der Forschungsmodule

Es ist nicht auszuschließen, dass einzelne Betreuende unwillkürlich explizite Aussagen zu NOS/I während der Forschungsarbeit an die Lernenden weiter geben. Einige Lehrkräfte können ebenfalls dabei beobachtet werden, wie sie ihren Schülerinnen und Schülern Hinweise auf NOS/I-Aspekte geben, vermutlich, um „ihre“ Lernenden im Test gut abschneiden zu lassen.

Die Betreuenden erhalten vor Beginn der Studie eine NOS/I-Schulung für die betreffenden Aspekte, um die Beteiligten auf ein zumindest ähnliches Niveau zu bringen. Dies kann nicht bei allen erreicht werden, einige der Studierenden-Hilfskräfte zeigen sich resistent gegenüber der Möglichkeit von Ungewissheit. Auch die oben geschilderten beobachteten Hilfestellungen der Lehrkräfte sind mit dem in der Studie fokussierten Bild von NOS/I nicht vereinbar, sodass eine Beeinflussung von dieser Seite eher einem „gewünschten“ Effekt entgegen arbeitet.

Um die Beeinflussung gering zu halten, übernehmen die Betreuenden je eine Forschungsstation, sodass alle Lernenden gleichermaßen betroffen sind. Zudem wissen die Betreuenden, abgesehen von der Versuchsleitung, nicht, ob es eine *RC*-Klasse sein wird oder nicht.

8.3.3 Durchführung der *Reflexionscafés*

Der Leitfaden gibt zur *RC*-Durchführung erlaubte Gesprächsimpulse, Fragen und Antworthorizonte als Hilfestellung. Verboten sind Eingaben und Bewertungen der Lernenden, wobei letzteres sich für Lehramtsstudierende als schwierige Vorgabe herausstellt. Dies und die wenigen unerlaubten Eingaben (auch durch Lehrkräfte) führen jedoch im Gesprächsverlauf nicht zu unnatürlich informierten Aussagen, sondern verunsichern die Lernenden, sodass sie die Eingabe ignorieren oder im schlimmsten Fall verstummen.

⁸Likert-Antwortskala in Nummern 1-5, fehlende Werte und Mehrfachkreuze werden ausgelassen, bei Markierung zwischen zwei Punkten, wird der niedrigere gewählt, weil es für mehr Zustimmung „nicht gereicht“ hatte.

Hier kann die Versuchsleiterin den größten Einfluss ausüben, da sie die dritte Leitfrage moderiert und (aus organisationstechnischen Gründen nicht anders möglich) zu jedem Zeitpunkt weiß, ob es sich um eine Langzeit-Gruppe handelt oder nicht. Um auszuschließen, dass die Erwartungen der Forschenden als Moderatorin die Lernenden zu bestimmten Äußerungen verleitet (Rosenthal, 1969), wurden die entsprechenden Transkripte einer unabhängigen Forscherin vorgelegt und auf Auffälligkeiten, Suggestiv-Fragen und Eingaben hin geprüft.

Inwiefern Gesten oder Mimik erwünschte Äußerungen belohnen und die Gespräche lenken, kann nicht erschlossen werden, da kein Bildmaterial vorliegt. Videoaufnahmen der *RCs* wurden ausgeschlossen, um die Gesprächssituationen nicht durch eine weitere invasive, Künstlichkeit hervorrufende, Maßnahme zu stören. Die unbewusste Lenkung des Gesprächspartners durch Körpersprache kann als Teil „normaler“ Kommunikation gelten. Mit einem Wissens- und Autoritätsgefälle zwischen Moderatorin und Lernenden kann diese Kommunikation unterstützend wirken. Jedoch ist der Effekt im Allgemeinen bei Tieren (z.B. „Clever Hans“, Rosenthal, 1969: 198) stärker ausgeprägt und wird hier als nur gering wirkende Komponente angenommen (Rosenthal, 1969).

Versuchsleiterin bzw. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter können ungewollt Probandinnen und Probanden während der persönlichen Interaktion oder durch das Arrangement der Experiment-Szenerie, der Daten und Variablen beeinflussen (Rosenthal, 1969). Zur Objektivierung existieren Durchführungsleitfäden für die Datenerhebung, die Forschungsmodulbetreuung und die Moderation der *RCs*. Diese Richtlinien werden den Betreuenden vermittelt und ihre Einhaltung immer wieder überprüft.

Einfluss darauf, welche Äußerungen getätigt werden, kann sowohl die Struktur des jeweiligen Forschungsmoduls als auch das behandelte Thema haben. Ein großer Faktor ist die Einübung der Methode nicht nur bei den Lernenden, sondern auch die Moderation verändert sich dadurch. Hauptsächlich in Frage 2 wechselte mehrfach die Moderation, was das Durcheinander im Aspekt ZWECK bei den Lernenden⁹ erklären kann, denn jede Moderatorin hat einen eigenen Stil, der sich erst ausbildet (Rosenthal, 1969).

8.4 Zusammenfassung: Bisherige Erkenntnisse

Diskussion der Ergebnisse:

- Eine implizite Förderung von WV durch die Teilnahme an den BaSci Forschungsmodulen geschieht nicht. Signifikante Veränderungen im Aspekt SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS sind durch fragebogenbedingte Ursachen, Reifungs- oder schulische Lernprozesse zu erklären.

⁹Die Skala ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG verliert über den Verlauf der Studie hinweg an Reliabilität und die Mittelwerte verändern sich unsystematisch.

- Die förderliche Wirkung des *RCs* auf das *WV* wird sowohl durch die Fragebogenergebnisse als auch durch die Ergebnisse der Dialog-Analysen belegt.
- Eine förderliche Wirkung der *RCs* auf die Lernenden mit mehrmaligem BaSci Laborbesuch über die Studie hinaus (nach 12 Monaten) wird nicht beobachtet.
- Das Phänomen der verringerten Skalen-Werte bei erhöhter Reliabilität in den Posttests gegenüber den Pretests eines Moduls ist darauf zurückzuführen, dass vor und nach der Forschungsmoduldurchführung unterschiedliche Beantwortungsstrategien herangezogen werden. Zunächst besteht wenig konkrete Forschungserfahrung, erst im Posttest können sich alle Lernenden darauf beziehen.
- Das aktualisierte individuelle Interesse an Biologie verändert sich in den Gruppen nicht signifikant. Schwach ausgeprägte Unterschiede scheinen systematisch vorzuliegen und sollten weiterführend erforscht werden.
- Forschungsmodule und *Reflexionscafés* wirken auf weibliche und männliche Teilnehmende gleichermaßen.

Grenzen der Studie:

- Pretest-Wirkung auf Posttest und Interventionserfahrung und Regressions-effekt können nicht verhindert werden, betreffen aber alle Experimentalgruppen und erlauben dennoch Schlussfolgerungen. Die Aussagefähigkeit über die Grundgesamtheit hingegen ist dadurch eingeschränkt.
- Verständnisschwierigkeiten und Ermüdung der Probandinnen und Probanden können durch unsystematische Beantwortung zu verringerter Reliabilität und fehlenden Fällen führen. Dem wird durch Hilfestellungen und Untersuchung ungewöhnlicher Fälle versucht entgegenzuwirken.
- Durch die Freiwilligkeit der Beantwortung wie auch das Fehlen bestimmter Lernender und Schulklassen kann die Stichprobe verzerrt sein, sodass die Aussagekraft über die Grundgesamtheit eingeschränkt ist.
- Sowohl Alter und Reifungsprozesse, als auch schulische Entwicklung und der Novitätseffekt (erhöhte Leistungsbereitschaft) der Intervention können vom Forschungsgegenstand unabhängige Zuwächse im Wissenschaftsverständnis hervorrufen. Diese betreffen jedoch alle Experimentalgruppen/alle Gruppen.
- Teilnehmende entschlüsseln individuell den subjektiv wahrgenommenen Anforderungsgehalt und können ihm negativ begegnen, also absichtlich geringeres *WV* demonstrieren. Da ein absichtlich angemesseneres *WV* als

das vorliegende zu zeigen, kaum möglich ist, wirkt sich dieses Phänomen nur unterschätzend auf die Ergebnisse aus.

- Die Forschende und weitere beteiligte Personen führen die Forschungsmodule, das *Reflexionscafé* und die Fragebogenerhebung durch. Um unerwünschte subjektive Beeinflussungen zu vermeiden, sind alle Vorgänge durch Leitfäden, persönliche Instruktion und Überwachung sowie Nachbesprechungen kontrolliert. Die nicht zu fixierenden Abweichungen betreffen die Gruppen unsystematisch, sodass von geringen subjektiven Einflüssen ausgegangen wird.

Die Ergebnisse des Fragebogens und die inhaltsanalytischen Auswertungen legen einen förderlichen Effekt der Gruppenreflexionen auf das Wissenschaftsverständnis der Lernenden nahe. Sie kann jedoch keinen Aufschluss darüber geben, wie die Reflexionsgespräche auf die Lernenden und die Entwicklung ihres WV wirken. Dies soll im Folgenden an den Gesprächen selbst untersucht werden.

Zunächst werden mögliche Förderungsmechanismen beschrieben, die im *Reflexionscafé* eine Rolle spielen können und das Datenmaterial auf seine Auswertungsmöglichkeiten hin untersucht (s. Kap. 9.1). Folgend wird beschrieben, wie mögliche Förderungsmechanismen anhand konkreter Äußerungen oder Gesprächsabläufe identifiziert werden können (s. Kap. 9.2, S. 207), als auch das Vorgehen der dokumentarischen Analyse dargelegt (s. Kap. 9.3, S. 208). Die analysierten Fundstellen werden präsentiert, miteinander kontrastiert (s. Kap. 9.4, S. 211) und diskutiert (s. Kap. 9.5, S. 220).

9.1 Wie kann das *Reflexionscafé* förderlich wirken?

Während der mehrmalige Besuch des Schülerlabors mit anschließendem *RC* angemesseneres Verständnis in den Aspekten ENTWICKLUNG NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS und NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS fördert, zeigen weder die mehrmalige Besuchsgruppe ohne *RC*-Durchführung noch die einmalige Besuchsgruppe oder die Kontrollgruppe signifikante Veränderungen. Die Förderung dem *Reflexionscafé* zuzuschreiben, liegt nahe.

Chi & Wylie (2014) oder Lehr-Lern-Ansätzen wie der Kooperatives-Lernen-Methode (z.B. Green & Green, 2005) folgend kann der gegenseitige Austausch bzw. die Korrektur von Ideen und Wissen zwischen den Lernenden als Faktor der Wirksamkeit angesehen werden. Oder bereits das Wahrnehmen angemessener bzw. plausibler Ansichten zu NOS/I-Aspekten kann zur Förderung genügen. Die Argumentation selbst kann ebenfalls mögliches Mittel sein, um konzeptionelles Verstehen zu fördern (De Vries, Lund & Baker, 2002). Besonders im Bereich des problemlösenden Naturwissenschaftsunterrichts gelten Reflexion (als der Prozess) und Argumentation (als das Medium) als wichtige Mechanismen zur kollaborativen Konstruktion neuen Verstehens (Ohlsson, 1995). Das argumentativ reflexive Ergründen von NOS/I-Aspekten in den vollzogenen Forschungsaktivitäten kann somit ebenfalls als Faktor der Förderung gelten.

Greifen die Wirkmechanismen gemeinsam? Werden von unterschiedlichen Lernenden verschiedene Strategien bevorzugt oder kommt nur ein Mechanismus zum Tragen? Diese Studie ist nicht dazu konzipiert, die Frage abschließend zu klären. Vielmehr wird anhand der vorgefundenen Hinweise Hypothesenbildung

vorgenommen. Als Forschungsdesiderat können diese Hypothesen das Theoriefeld zu Natur der Naturwissenschaften/ naturwissenschaftlicher Forschung und den Erwerb angemessener Vorstellungen darin erweitern.

Zur Bearbeitung der Frage nach dem „Wie“ muss zunächst eine Klärung des „Was“ stattfinden. Die Gespräche zwischen verschiedenen Lernenden und in verschiedenen Gruppen, ihre Argumentationsverläufe und Veränderungen in den *RCs* der verschiedenen Module werden über die gemeinsamen impliziten Inhalte zu NOS/I miteinander in Beziehung gesetzt. Daher geht den Beantwortungsversuchen der oben dargelegten Frage die folgende voraus: Welche NOS/I-Inhalte werden von den Lernenden bearbeitet?

Die Leitfragen des *RCs* stecken den Bereich der angesprochenen Aspekte ab. Die Moderation lenkt ebenfalls innerhalb des Erwartungshorizonts, doch besteht genügend thematischer Spielraum für die Lernenden, um eigene Interessen, Erfahrungen und Ideen einzubringen. Es wird erwartet, die geäußerten Aspekte dem NOS/I-Theorieraum zuordnen zu können, sodass sowohl interne Vergleiche als auch Bezüge zur Fragebogenerhebung möglich sind.

Für eine sinnstiftende Auswertung der *RC*-Dialoge werden die folgenden Annahmen über Äußerungen zugrunde gelegt. Im Dialog handelnde Personen äußern nicht nur explizite Sprechakte, sondern eröffnen gleichzeitig die Möglichkeit, daraus rekonstruierende Schlussfolgerungen über implizit ausgedrücktes Handlungswissen zu ziehen (Bohnsack, Nentwig-Gesemann & Nohl, 2013). Jedes Ding kann auf einer Ebene der Funktionalität zumindest eines individuellen Erlebniszusammenhangs gesehen und daraufhin rekonstruiert werden (Mannheim, 1980). Eine Aussage über einen Gegenstand beinhaltet neben dem Gesagten zusätzliche Informationen: Es wurde für die Aussage dieser Gegenstand gewählt und nicht ein anderer, was Erfahrungen mit diesem Gegenstand nahelegt. Durch die Art und Weise der Beschreibung kann auf die Einstellung dem Gegenstand gegenüber, vielleicht sogar auf eine allgemeinere Haltung der Sprechenden rückgeschlossen werden. Um implizit ausgedrücktes Wissen zu rekonstruieren, wird das subjektiv Gemeinte der Handelnden fokussiert, ohne die empirische Basis, das Wissen der Handelnden, zu verlassen. Die Rekonstruktion erfolgt am Sprechakt, der die Annahmen über implizite Inhalte belegen muss (Bohnsack *et al.*, 2013).

Vom Geäußerten wird auf das der Äußerung zugrunde liegende Wissen geschlossen. So kann nach entsprechender Aufbereitung der Daten (s. Kap. 6.5.1, S. 120) das im Gespräch thematisierte WV gefunden und Annahmen über das in dem oder der Lernenden bestehende Verständnis getroffen werden (s. Kap. 6.5.2, S. 121). Um Einblicke in die Mechanismen der WV-Förderung zu erlangen, wird neben den Inhalten die Art und Weise der Äußerung, die Dialogstruktur und -dynamik sowie Veränderungen dieser innerhalb einer Gesprächssequenz untersucht. Mit Hilfe der dokumentarischen Methode (s. Kap. 9.3, S. 208) werden ausgewählte Dialoge auf ihren impliziten Gehalt hin untersucht und beschrieben (s. Kap. 9.4, S. 211). Die Beobachtungen werden im Licht der sozialen Interaktion (s. Kap. 3.2.2.1, S. 52) und der Reflexionstätigkeit (s. Kap.

3.1, S. 44) diskutiert, als auch mit Fragebogen- und Inhaltsanalyseergebnissen verknüpft.

9.2 Dialog-Eigenschaften mit WV-Förderungspotenzial

Wenn aus den Aussagen innerhalb der *Reflexionscafé*-Dialoge auf das implizite Wissen (s. Kap. 2.4.1, S. 30) der Sprechenden geschlossen werden kann, ist es ebenso möglich, Veränderungen dieses Wissens, wenn geäußert, aufzuspüren und die begleitenden Eigenschaften der Dialoge auf förderliche Effekte hin zu untersuchen.

WELCHE GESPRÄCHSMERKMALE KÖNNEN ALS MÖGLICHE FÖRDERLICHE FAKTOREN IDENTIFIZIERT WERDEN?

Nach Chi & Wylie (s. Kap. 3.2.2.1, S. 52) kann die Interaktivität zwischen den Lernenden und auch der Moderatorin durch gemeinsame Konstruktion von neuen Bedeutungen zu Lerneffekten führen (Chi & Wylie, 2014). Diese Interaktivität kann sich im Gespräch als Dialog mit Übernahme der Meinung einer anderen zeigen oder als nicht beobachtbares Zuhören und Aufnehmen geschehen. Im ersten Fall kann die Meinung in eigenen Worten wiedergegeben oder ausgebaut bzw. mit weiteren Beispielen versehen werden.

Stille Übernahme einer Meinung ist nicht beobachtbar und daher weder auszuschließen noch zu belegen. Möglich ist ebenfalls, dass Äußerungen anderer zunächst „verdaut“ werden müssen, bevor eine Integration erfolgen kann. Gezeigte Ignoranz oder Zurückweisen der Meinung eines anderen muss förderliche soziale Interaktion nicht ausschließen. Allerdings ist auch in diesem Fall der förderliche Effekt nicht beobacht- und belegbar. Eine Interaktivitäts-Fundstelle kann auf Belege hin untersucht werden, das Fehlen solcher Fundstellen kann jedoch nicht als Beleg der Nullhypothese ausgelegt werden.

Neben der Interaktivität kann die Reflexivität eines Dialogs eine weitere mögliche förderliche Eigenschaft sein. Dabei wird das bestehende Wissen über Handlungen, Gegenstände und Anwendungsbereiche mit weiterem Wissen verknüpft (Minnameier, 2000). Dies kann breitere Wissensbasis oder verändertes Verständnis zur Folge haben, aber auch Zurückweisung und Umorientierung bedeuten. Beobachtbar wird dies im Dialog, wenn Handlungen dargestellt und hinterfragt werden. Die Lernenden sprechen über ihre Handlungen von einer übergeordneten Position aus, betrachten Zweck, Erfüllung dessen und mögliche Alternativen. Charakteristika von Naturwissenschaft werden expliziert und an den eigenen Beispielen, eigenen Erfahrungen geschärft. Bei einem förderlichen Effekt des Gesprächs auf das Wissenschaftsverständnis können z.B. Interpretationen des eigenen Handelns in neuem Licht entstehen, das Verständnis einer Handlung stark verbreitert oder verändert werden.

Auch für Reflexivität als förderliche Eigenschaft gilt, dass anhand geäußerter Sprachhandlungen möglicherweise Belege gesammelt werden können, das Ausbleiben von Fundstellen jedoch keinen verlässlichen Beleg für die Nullhypothese darstellt.

9.3 Analyse ausgewählter Diskursverläufe

Während in den Anfängen der *Dokumentarischen Methode* der Fokus auf der Untersuchung und Beschreibung vorliegender konjunktiver Erfahrungen liegt, werden die Mechanismen des Erwerbs solcher Erfahrungen mit steigender Popularität der Methode in den Erziehungswissenschaften untersucht. Den Perspektiven der Erforschung des Gegenstands „Lernen“, Lernvoraussetzungen und -resultate wird die Prozessperspektive an die Seite gestellt. Lernen ist ein Vorgang, der zwischen den Voraussetzungen und dem Lernzuwachs geschieht (Asbrand & Nohl, 2013).

Das handlungsleitende Erfahrungswissen¹ strukturiert die Äußerungen einer Person und wird von ihr implizit erfasst. Es bedarf keiner Explizierung und kann daher für reflexive Tätigkeiten schwer zugänglich sein (Asbrand & Nohl, 2013; Nohl, 2012; Pfaff & Bohnsack, 2010). Eine „Fremdheitshaltung“ (Bohnsack *et al.*, 2013: 12) annehmend wird dieses implizite Wissen vom Beobachter aus dem Geäußerten abgeleitet und expliziert (Bohnsack *et al.*, 2013). Die Beobachterperspektive fokussiert zwar auf den Unterschied zwischen der handlungsleitenden Sinnstruktur hinter dem Handeln und dem vom Subjekt gemeinten Sinn des Handelns, verlässt dabei jedoch nicht die empirische Basis des Wissens des Handelnden (Pfaff & Bohnsack, 2010). Alle Annahmen auf zugrunde liegendes implizites Wissen und vorliegende Orientierungen werden anhand der empirischen Basis kritisch und reflexiv überprüft.

Um zur impliziten Sinnstruktur eines Sprechakts zu gelangen, wird zunächst eine „Formulierende Interpretation“ und folgend eine „Reflektierende Interpretation“ vorgenommen. Diese Zweiteilung der Interpretationsschritte entspricht den zwei fokussierten Kommunikationsebenen: Zunächst wird auf der kommunikativen Wissensebene der theoretische Sachverhalt geklärt, um im nächsten Schritt zu untersuchen, wie das Thema aktualisiert wird und welches implizite Wissen darin dokumentiert wird (Pfaff & Bohnsack, 2010). In jeder Kommunikation liegen beide Ebenen vor, wobei sich Ausprägung und Repräsentation zwischen z.B. Unterhaltung Gleichaltriger und einem wissenschaftlichen Diskurs stark unterscheiden können (Przyborski, 2004).

¹Konjunktive Erfahrungen (Mannheim, 1980) sind von Individuen einer Gruppe geteilte Erfahrungs- und Wissensstrukturen. Diese Strukturen leiten das Handeln der Individuen und liegen implizit vor. Die Begriffe „konjunktiv“, „handlungsleitend“ und „implizit“ besitzen je eigene Bedeutung und beschreiben unterschiedliche Eigenschaften des schwer zu fassenden „Darunterliegenden“ eines Sprechakts. Aber alle drei Begriffe „sprechen“ vom selben Phänomen.

9.3.1 Fundstellenauswahl

Die Auswahl der Transkriptstellen erfolgt anhand der zuvor durchgeführten strukturierten Inhaltsanalyse, deren Categoriesystem einen thematischen Schnellzugriff erlaubt. Während signifikante Veränderungen im WV des Aspekts SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS nicht nur bei der *RC*-Gruppe, sondern auch bei den Kontrollgruppen *nRC* und *K* festgestellt wurden, sind von der Studie unabhängige Reifungsvorgänge oder Fragebogen-Artefakte mögliche Ursachen. Den signifikanten Mittelwert-Zuwächsen im Aspekt ENTWICKLUNG konnten keine *RC*-inhaltlichen Veränderungen zugeordnet werden. Im Aspekt NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS zeigen die Mittelwerte signifikant positive Veränderungen (s. Kap. 7.2.2, 139), die sich auch inhaltsanalytisch widerspiegeln (s. Kap. 7.3.2, S. 152). Daher bietet diese Thematik eine größere Wahrscheinlichkeit, Dialoge zu finden, deren implizite Sinnstruktur sich im Verlauf verändert.

Zur Auswertung herangezogen werden Dialoge, die als [PraxisForschung] oder [PraxisRechtfertigung] kodiert sind, wobei vorhergehende und folgende Äußerungen einbezogen werden, sofern sie zum Thema gehören. Sie müssen mindestens zwei Dialogpartner aufweisen (die Moderatorin und auch die Tischfrage als „Partner“ sind erlaubt). Für die Analyse geeignete Passagen sind thematisch abgeschlossen, damit die Sinngehalte in ihrem Kontext, ihren Diskursbewegungen, stehen (Bohnsack, 2014). So wird sichtbar, was auf der inhaltlichen Ebene liegt und was als dokumentierende Bedeutung gelten kann (Przyborski, 2004). Zudem müssen mindestens drei Diskursbewegungen (vgl. Bohnsack, 2014; Przyborski, 2004) vorliegen, von denen eine die Konklusion ist. Ohne sie kann nicht überprüft werden, ob mittels eines gemeinsamen Erfahrungsraumes interagiert wurde (Przyborski, 2004).

Die zu bearbeitenden Textstellen werden dem Originaltranskript entnommen, da die Diskursivität und Sprachbesonderheit für eine dokumentarische Analyse benötigt werden, welche durch die Redaktion geebnet wurden. Die entnommenen Textstellen werden anhand der Audiodateien nochmals überprüft und Bedeutungshinweise außerhalb des Transkribierten (die Bedeutungen von Hm-hm, Ähm usw.) nachgepflegt.

9.3.2 Durchführungsschritte der Analyse

Mittels der analytischen „Lupe“ werden nun ergiebige Textsequenzen tiefgehend untersucht, um die dem WV zugrunde liegenden Strukturen herauszuarbeiten. Gefragt wird danach, wie die Perspektive der Handelnden in ihrer Praxis, in ihrem Sprechen, Darstellen und Argumentieren aktualisiert wird (Pfaff & Bohnsack, 2010). Diese persönliche Perspektive entsteht im konkreten Erfahrungsraum der Person und liegt als implizites Wissen vor, das von Gruppen oder wenigen Personen geteilt wird oder auch fallspezifisch vorliegen kann. Sinngehalte, die dieses implizite Wissen „dokumentieren“, müssen aus dem

Geäußerten erschlossen werden. Dem gegenüber steht das generalisierende inhaltliche Wissen, das unproblematisch abgefragt und verbalisiert werden kann (Pfaff & Bohnsack, 2010).

9.3.2.1 Formulierende Interpretation

Zunächst wird in einer formulierenden Interpretation geklärt, welches Wissen die Handelnden ausdrücken. Diese Sinngehalte unterscheiden sich von den impliziten Wissen dokumentierenden dadurch, dass sie auf ihre Richtigkeit überprüft werden können. Die Textstellen werden thematisch untergliedert und die besprochenen Themen paraphrasierend zusammengefasst (Bohnsack, 2014), der Inhalt wird verständlich und knapp wiedergegeben (Przyborski, 2004) und so Sinngehalt und die thematische Struktur des Diskurses aufgeschlüsselt, wobei keine Bewertung des Inhalts vorgenommen wird (Pfaff & Bohnsack, 2010). Durch Textnähe und Zitate innerhalb der formulierenden Interpretation werden die interpretativen Schritte belegt. Auch Formulierungen mit ungewisser Bedeutung sowie treffende Aussagen, deren Umschreibung umständlicher und länger wäre, fließen als Zitate ein (Przyborski, 2004). So wird auf der Ebene - im Orientierungsrahmen - der Sprechenden verblieben. Die dokumentarischen Sinngehalte werden hier nicht thematisiert, sondern innerhalb ihres Rahmens die Inhalte beschrieben, ohne eine Wertung vorzunehmen (Bohnsack, 2014).

Sowohl auf inhaltlicher, als auch auf sprachlicher Ebene wird die formulierende Interpretation intersubjektiv überprüft (Przyborski, 2004). Unabhängige Wissenschaftlerinnen aus Biologie und Psychologie vollziehen die Schlüssigkeit, Belegbarkeit und Ausführlichkeit der Interpretationen nach.

9.3.2.2 Reflektierende Interpretation

Darauf aufbauend kann durch die reflektierende Interpretation implizites Wissen der Handelnden erschlossen und interpretiert sowie von der Forschenden auf eigene Einflüsse hin reflektiert werden (Bohnsack *et al.*, 2013). Der dokumentarische Sinngehalt entsteht in einem bestimmten Erlebniszusammenhang, in einem System aus Zeit, Informationen und Eindrücken (Przyborski, 2004). Als interpretationsleitend gelten die folgenden Fragen:

- „Welches Prinzip, welcher Sinngehalt kann eine derartige Äußerung motivieren, hervorbringen?“ (Przyborski, 2004: 55)
- „Welches Prinzip kann mir zwei oder gar mehr (thematisch) unterschiedliche Äußerungen als Ausdruck desselben zugrunde liegenden Sinns verständlich machen?“ (Przyborski, 2004: 55)

Anhand dieser Leitfragen wird der jeweilige Dialogablauf beschrieben und werden die Interaktionsbewegungen in ihren Funktionen bestimmt: Proposition,

ihre Beispiele, Elaborationen, Abstrahierungen, als auch ablehnende, einschränkende, verhandelnde Äußerungen sowie der Abschluss des Themas (Pfaff & Bohnsack, 2010, Erläuterung der Begriffe s. Anhang S. 274). Dieser erste Schritt der reflektierenden Interpretation ermöglicht es der Interpretierenden, die als „Fremde“ die Orientierungsrahmen nicht teilt, einen intersubjektiv nachvollziehbaren Zugang zu den Sinngehalten (Bohnsack, 2014) zu erhalten. Zudem wird so die Ebene des sich äussernden Individuums, dessen Intentionen es zu interpretieren gilt, verlassen und die Diskursprozesse in den Fokus gerückt (Bohnsack, 2014). Jede Äußerung wird daraufhin untersucht, aus welchem Grund, in welchem Zusammenhang und mit welchem Ziel sie hervorgebracht worden sein kann. Die verschiedenen Möglichkeiten werden mit ihren empirischen Belegen verschriftlicht und gegeneinander abgewogen.

Zur Darlegung der Perspektive im Orientierungsrahmen, des Horizonts, werden durch die Forschende oder wenn vorhanden aus anderen Fallbeispielen Negativ- oder Gegenhorizonte entwickelt, die kontrastierend verdeutlichen (Bohnsack, 2014), welcher Zustand innerhalb des Orientierungsrahmens als positiv erlebt und gewollt wird (positiver Horizont) und welche negativen, ungewollten Zustände (negative Horizonte) dazu gehören. Ein Enaktierungshorizont wird für eine Einschätzung der Realisierbarkeit entworfen (Przyborski, 2004). Durch die Nutzung weiterer Fälle für die Kontrastierung kann der jeweilige Orientierungsrahmen ohne das implizite Wissen der Forschenden beschrieben werden (Bohnsack, 2014).

Im Weiteren werden die Interpretationen der verschiedenen Gesprächsteilnehmenden zueinander in Beziehung gesetzt, sodass die Interpretation weitere Facetten erhält. In der komparativen Analyse weiterer Gespräche können zugrunde liegende Orientierungsmuster ausgemacht werden, die mehreren Handelnden einer Gruppe eigen sind (Bohnsack *et al.*, 2013) und diese von anderen Gruppen unterscheidet.

9.4 Ergebnisse der dokumentarischen Analyse

Elf Dialoge innerhalb der Transkripte erfüllen die oben genannten Anforderungen (s. Kap. 9.3.1). Während der Analysen werden vier Fundstellen als unergiebig ausgeschlossen. Teils divergiert der Diskursverlauf, es wird aneinander vorbei gesprochen, z.B. Richtlinie als „Unterrichtsexperiment-Rezept“, „Sicherheitsregel im Labor“ und „Zielvorgaben“:

9M2: [...] weil wir halt äh erst wir die durchgeführt haben und wir jetzt keine genauen Richtlinien hatten, sondern einfach nur so mal ausprobiert haben.

[...] M: Kennst Du da [in der Forschung] Richtlinien?

9M2: Immer Schutzmasken tragen. [lacht] [...]

9M3: [...] wenn jetzt irgendeine Firma irgendjemandem- einen Forscher einen- den Auftrag gibt: Find mal das und das heraus, wir

*wollen unser Produkt verbessern, dann gibt es da halt Richtlinien,
die das erfüllen müssen.*

9M2F3_ 126-139

Andere Äußerungen sind nicht mit einer ernsthaften Ansicht über wissenschaftliches Arbeiten geäußert, wie z.B. in dieser Ablehnung von Uneinigkeit, die nicht näher bestimmt ist:

*9W3: Wenn ja [Uneinigkeit], wurde darüber diskutiert, ob es stimmt
oder nicht.*

M: Und hat sich derjenige dann der Meinung der Gruppe gebeugt?

W3: Bestimmt. [lacht]

*M6: Sowas [Uneinigkeit] gab's bei uns nicht. Sowas kommt bei uns
nicht in die Tüte.*

M7: Nee. Wir waren einfach ein Team. Teamplayer.

9M1F1_ 291-296

Die verbleibenden sieben Fundstellen befassen sich thematisch mit (1) der (Un-)Sicherheit von Ergebnissen, (2) Arbeit in der Gruppe als Absicherungsstrategie und (3) weiteren möglichen Absicherungsmaßnahmen (s. Tab. 9.1).

Die Mehrzahl der vorgefundenen Äußerungen aktualisiert in unterschiedlichem Grad die von McComas (2002) beschriebenen Fehl- oder Alternativvorstellungen *Myth 5* „Evidence accumulated carefully will result in sure knowledge“² (McComas, 2002: 58) und *Myth 6* „Science and its methods provide absolute proof“³ (McComas, 2002: 59). Erklären lässt sich dieser Umstand - beurteilt als eher naives oder unphilosophisches Verständnis - aus der Art und Weise des schulischen Experimentierens mittels Versuchsanleitungen und der Auswahl von Experimenten mit eindeutigem Ergebnis. Da der Grad des annehmbaren Sicherheitsempfindens sich je Experimentalvorgehen, -methode, Studiendesign und den Forschenden unterscheidet und die wissenschaftstheoretische Annahme von „Ungewissheit“ eine vorläufige Theorie ist wie jede andere, soll hier keine Klassifizierung der Verständnisse in naives oder informiertes, in falsches und richtiges WV erfolgen. Hier greift die vorgeschlagene Anordnung zwischen den Polen „unkritisch“ und „logisch kritisch“ (s. Kap. 7.3, S. 140). Je mehr verschiedene Maßnahmen zur Absicherung eine Lernende oder ein Lernender fordert, desto kritischer geprägt wird sein oder ihr Verständnis von Aussagestärke und -sicherheit sein.

Die folgenden Diskursbeschreibungen zeichnen die Dramaturgie der Erzeugung von kommunikativen und konjunktiven Sinngehalten nach, sodass die Rekonstruktion der dokumentierten impliziten Sinnstrukturen nachvollzogen werden kann.

²Übers.d.A.: Sorgfältig gesammelte Beweise ergeben sicheres Wissen.

³Übers.d.A.: Naturwissenschaft und ihre Methoden bieten absolut sichere Beweise.

Tabelle 9.1: Themen der ausgewählten Transkript-Fundstellen

Themenbeschreibung	Transkript	Diskurseinteilung
Objektivität durch verschiedene Blickwinkel	8M2F3_ 204-217	Kollektives Einverständnis mit geringem Erkenntnisgehalt
Forschergruppe als Korrektiv	8M2F3_ 294-304	Kollektives Einverständnis mit geringem Erkenntnisgehalt
Sicherheit von Ergebnissen durch korrektes, fehlerfreies Arbeiten	8M3F2_ 113-126	Aussagenstabilität
Keinerlei Beeinflussung der Ergebnisse bei geplantem Vorgehen und dessen „Überwachung“	9M1F3_ 240-254	Aussagenstabilität
Sicherheit von Ergebnissen unter bestimmten Bedingungen vs. Absolute Unsicherheit	9M3F1_ 220-246	Stabile Meinungsverschiedenheit
Experimentwiederholungen und weitere Ergebnisse aus der Wissenschaftsgemeinschaft bieten Sicherheit für Ergebnisse	10M3F1_ 107-128	Stabile Meinungsverschiedenheit
Ergebnisse sind nicht sicher vs. Schlussfolgerungen werden aus Fakten gewonnen	10M2F3_ 364-418	Aussagenveränderung ohne Wirkung auf folgende Aussagenstabilität

9.4.1 Diskursbeschreibung

Die fünf Dialogstellen, im Folgenden Fälle genannt, in denen Aussagenstabilität, Meinungsverschiedenheit oder Aussagenveränderung vorgefunden wurde, werden folgend dargestellt. Die Beschreibungen fassen die Erkenntnisse der formulierenden und der reflektierenden Interpretation zusammen. Sie sollen die Dialog-Analysen nicht in Gänze wiedergeben (Transkriptauszüge, Formulierende und Reflektierende Interpretationen s. Anhang ab S. 274), sondern die Bezüge zum WV herausarbeiten und gleichzeitig einen Nachvollzug ermöglichen. Einen weiteren Schwerpunkt bilden die Unterschiede und Gemeinsamkeiten, die innerhalb dieser Diskurse bezüglich des WV aktualisiert werden.

9.4.1.1 Fall 1: Genügend Fakten ergeben sichere Theorien

Schulstufe 8, Modul 3, *RC*-Tischfrage 2, Z. 113-131 (8M3F2_113-131)

Der Moderator beginnt diesen Diskursabschnitt, indem er provokativ danach fragt, ob man sagen könne, dass Experiment-Ergebnisse automatisch Fakten

seien. Die Proposition - ein Ergebnis ist immer ein Fakt - lädt auf mehreren Ebenen, derjenigen der Totalität und der des Faktischen, zur Opposition ein. 8M6 lehnt die Proposition ab und antithesiert auf Ebene der Totalität. Ergebnisse werden erst zu Fakten, wenn sie mehrmals unter denselben Bedingungen erzeugt werden können. Um daraus aber Wissen entwickeln zu können, bedarf es weiterer Experimente mit veränderten Variablen. Die daraus entstehenden „neuen Fakten“ erweitern und vervollständigen das Wissen. Vor dem positiven Horizont des vollständigen und faktisch richtigen Wissens entwirft 8M6 einen Enaktierungshorizont: Experimente, die alle Variablen beforschen und schrittweise das Wissen vom Forschungsgegenstand vervollständigen. Den Negativ-Horizont bilden fehlerhaft durchgeführte Experimente und aktuell bestehende Unvollständigkeit.

Durch Impulsfragen nach der Möglichkeit abweichender Ergebnisse und Interpretationen verlegt der Moderator den negativen Horizont: Ergebnisse sind aus unterschiedlichen Gründen ungenau und können valide unterschiedlich interpretiert werden, wodurch das resultierende Wissen Unsicherheiten besitzt. 8M6 verlegt sich auf einen humoristischen Kommentar zu „erstaunlichen“ Interpretationen anderer Gruppen und aktualisiert seine These, dass abweichende Ergebnisse und Interpretationen durch äußere Umstände verursacht werden und nicht im Forschungsprozess oder Forschungsgegenstand liegen können. Der Moderator konkludiert rituell, da die Positionen nicht vereinbar sind.

M6 zeigt in Bezug auf NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS und SICHERHEIT NATURWISSENSCHAFTLICHEN WISSENS die folgenden stabil im Diskurs bestehenden Vorstellungen:

- Experimentelle Ergebnisse sind Fakten, wenn sie wiederholbar sind.
- Experimentelle Ergebnisse sind Fakten, wenn sie auf die richtige Weise interpretiert werden.
- Naturwissenschaftliches Wissen ist unsicher, weil es unvollständig ist.

9.4.1.2 Fall 2: Ordentliches Arbeiten ergibt wahre Ergebnisse

Schulstufe 9, Modul 1, RC-Tischfrage 3, Z. 240-254 (9M1F3_240-254)

Der Diskurs wird durch die Tischfrage „Wie subjektiv waren eure heutigen Erkenntnisse und sind naturwissenschaftliche Erkenntnisse generell?“ eröffnet. Proposiert wird hier, dass subjektive Beeinflussung stets vorliegt, lediglich deren Grad variiert. Von welcher Qualität diese Beeinflussung ist, bleibt offen.

M5 validiert die Proposition, kann jedoch nicht mit konkreten Beispielen oder Argumenten aufwarten. „Bestimmt irgendwie“ werden Ergebnisse unterbewusst beeinflusst, sodass man ein gewünschtes Resultat erhält. Der hier skizzierte Negativ-Horizont der unbewusst geschönten Ergebnisse wird von 9M6 geteilt, der validierend den letzten propositierenden Satz vollendet. Allerdings verstummt er im weiteren Verlauf, sodass seine Zustimmung nicht gesichert ist.

In 9M5s Elaboration des Enaktierungshorizonts wird auch der Positivhorizont klarer ausgearbeitet: ein vor unterbewussten Einflüssen geschütztes „wahres“ Ergebnis. Um unbewusster Beeinflussung entgegenzuwirken, existieren Handlungsanweisungen und wird die Arbeit von Forschenden kontrolliert.

M5 zeigt in Bezug auf NATURWISSENSCHAFTLICHE PRAXIS die folgenden stabil gezeigten Vorstellungen:

- Experimentelle Ergebnisse sind „wahr“, wenn sie unbeeinflusst von den Wünschen der Forschenden sind.
- Experimentelle Ergebnisse sind „wahr“, wenn sie nach Arbeitsanweisungen und unter Kontrolle gewonnen wurden.

9.4.1.3 Fall 3: Gewissheit, Zufall und Wahrscheinlichkeit

Schulstufe 9, Modul 3, *RC-Frage 1*, Z. 217-246 (9M3F1_217-246)

Die Moderatorin initiiert den Dialog, indem sie den Themenraum öffnet für Unsicherheiten auf der Ebene der Ergebnisse generell, der Ebene der Interpretation und der Vergleichbarkeit. Im Rahmen der Interpretationseindeutigkeit propiziert 9M1 mangelnde Sicherheit innerhalb seines Beispiels, in dem eine ungenaue Datenlage vorlag. 9W2 validiert die Proposition und entwirft einen Positiv-Horizont der eindeutigen Ergebnisse durch mehrmalige Durchführung. 9M2s Zustimmung ist ritueller Art, der angeführte Negativ-Horizont mit der vorangegangenen Proposition nicht vereinbar: Eindeutige Ergebnisse erhält man auch nach 1.000 Versuchen nicht. Lediglich eindeutiger werden sie, wenn die Mehrzahl der Ergebnisse übereinstimmt. 9W3 opponiert und bestärkt 9W2s Proposition, indem die den zugehörigen Enaktierungshorizont elaboriert. Demnach ist ein Ergebnis sicher, wenn es in acht aus zehn Fällen eintritt. Während 9M1 opponiert und seine Proposition mithilfe des konkretisierenden „Zufalls“ bestärkt, validiert 9W2 die Auslegung 9W3s. Eine Konklusion ist den am Dialog Teilnehmenden nicht möglich, sondern ratifizierend und die eigene Proposition aktualisierend schließt 9M1 an und die Moderatorin wechselt das Thema, sodass der Dialog enden muss.

Die hier vorgefundenen Verständnisse *Sicherheit durch Wiederholung* und *Niedrigere Unsicherheit bei vielfacher Wiederholung* ähneln sich augenscheinlich durch die Forderung nach Wiederholungen, basieren jedoch auf unterschiedlichen Ansichten über Verlässlichkeit von Experiment-Ergebnissen im Allgemeinen. Die beiden Positionen bestehen stabil nebeneinander und beeinflussen sich nicht gegenseitig, vorgebrachte Argumente können nicht überzeugen. Die Standpunkte werden im Kontrast zueinander sehr deutlich ausgesprochen. Dabei nähern sich beide Positionen aus unterschiedlichen Richtungen dem Begriff der „Wahrscheinlichkeit“, der für gegenseitige Akzeptanz der Positionen notwendig wäre. Jedoch kontrastieren sich die Standpunkte aneinander und können sich nicht annähern. Ihre Ausprägungen im WV stellen sich ebenso kontrastreich dar:

9W2/W3	9M1
Durch Wiederholungen eines Experiments erhält man ein eindeutiges Ergebnis.	Durch Wiederholungen eines Experiments erhält man ein eindeutigeres, aber niemals ein eindeutiges Ergebnis.
Ein vielmals aufgetretenes Ergebnis ist sicher.	Ein vielmals aufgetretenes Ergebnis kann dennoch zufällig entstanden sein, sodass es niemals sicher ist.

9.4.1.4 Fall 4: Gruppenkontrolle

Schulstufe 10, Modul 3, *RC-Frage 1*, Z. 107-128 (10M3F1_107-128)

Der Dialog zwischen 10W10 und 10W11 zeichnet sich durch Übereinstimmung auf der dokumentarischen Ebene und geäußerte Opposition aus. Durch die Moderationsfrage nach dem zu 100% richtigen Ergebnis angeleitet, entwirft 10M10 den positiven Horizont von richtigen und verlässlichen Ergebnissen, wenn sie durch mehrere parallel arbeitende Gruppen verifiziert wurden. 10W11 elaboriert im selben Rahmen den Negativ-Horizont des für sich allein stehenden, wenig vertrauenswürdigen Ergebnisses. Dem Enaktierungshorizont der Verifikation durch weitere Forschungsgruppen stellt sie die eigene Experimentwiederholung an die Seite.

Eine echte Konklusion kommt nicht zustande, da den Gesprächsteilnehmerinnen entweder die Übereinstimmungen ihrer Positionen nicht bewusst sind oder die Opposition aus sozialdynamischer Sicht wichtiger ist.

Die folgenden WV-Inhalte können für beide Sprechenden gelten:

- Ein Ergebnis ist unsicher, wenn es allein für sich steht.
- Ein Ergebnis wird sicher, wenn es durch weitere Ergebnisse verifiziert wird.

9.4.1.5 Fall 5: Fakten zusammenzählen

Schulstufe 10, Modul 2, *RC-Frage 3*, Z. 364-418 (10M2F3_364-418)

Die Moderatorin grenzt mangelnde Lust am Arbeiten als Faktor für Ergebnisunsicherheit aus und erfragt Aussagen dazu, inwiefern Ergebnisse die Realität direkt abbilden und daher Interpretationen nicht bedürfen. Für 10M12 bedeutet Interpretation „Hinein-Interpretieren“. Er beschreibt ein klares, also nicht durch Interpretation verklärtes, Ergebnis eines, das durch zusammengezählte Fakten und Überlegungen entsteht. Die Moderatorin fordert zur Elaboration auf, woraufhin 10M12 anhand von Beispielen den Horizont seiner Proposition mehrmals verschiebt.

Der eingangs entworfene Negativ-Horizont der Unsicherheit von Ergebnissen verursacht durch mangelnde Vergleichbarkeit mit anderen Ergebnissen aufgrund verschiedener Herangehensweisen wird zunächst erweitert. Auch die

Testsubjekte, die anders als Objekte große Verhaltensvarianz sowohl zwischen Individuen als auch innerhalb eines Individuums zwischen Testzeitpunkten besitzen, erschweren Vergleichbarkeit und damit Ergebnisabsicherung. Diesem Horizont wird ein weiterer hinzugefügt: Nicht nur Experimentdurchführung und -subjekte, auch die Forschenden bilden eine Quelle der Unsicherheit. Unterschiedliche Menschen besitzen „eine andere Art zu denken“ und können beim eingangs bereits angeführten Zusammenzählen der Fakten zu unterschiedlichen Erkenntnissen gelangen, ohne dass fehlerhaft vorgegangen oder interpretiert wurde. Dieser Negativ-Horizont beinhaltet inhärent unsichere Erkenntnisse, die nur durch Nachvollzug der „Art zu denken“ Gültigkeit erlangen können. Den Positiv-Horizont bilden nebeneinander existierende Erkenntnisse, gewonnen durch unterschiedliche Personen, die nicht nur ihre Erkenntnisse präsentieren, sondern die Art und Weise der Gewinnung, experimentell wie kognitiv, darlegen und rechtfertigen müssen.

Die Moderatorin beschreibt ein konkretes Experiment und fordert die weiteren Gesprächsteilnehmenden auf, sich mit 10M12s Proposition auseinanderzusetzen. 10M13 und 10M14 aber sind bemüht, ihre Ergebnisinterpretationen miteinander und mit der Moderation in Übereinstimmung zu bringen und folgen damit 10M12s Eingangsproposition. Wiederholt gibt die Moderatorin Alternativinterpretationen der Experimentergebnisse ein. 10M14 elaboriert die Interpretation der Gruppe, stellt sie aber als alleiniges zwingend logisches Ergebnis dar und verbleibt somit im Positiv-Horizont der richtigen Erkenntnisse durch fehlerfreies Arbeiten. Abweichende Erkenntnisse sind für ihn in Bereichen möglich, in denen subjektive Anteile existieren. Diese sind für 10M14 begrenzte Bereiche, die er als Randbereich von Forschung ausklammert und so den Dialog mittels Verlagerung des Themas schließt.

Die Unterschiede im WV zwischen 10M12 und 10M13/M14 treten kaum hervor, da die Ausgangsposition für alle dieselbe ist. 10M12s Position verändert sich innerhalb seiner Äußerung sanft und von den weiteren Gesprächsteilnehmenden eventuell unbemerkt.

10M13/14:

- Die Mehrheit einer Gruppe und naturwissenschaftliche Autoritäten sind im Besitz der „richtigen“ Interpretation.
- Verschiedene Interpretationsweisen von Forschenden können Ergebnisse subjektiv beeinflussen, bilden aber nur einen kleinen Teil eines Experiments.

10M12:

Ein klares Ergebnis entsteht, wenn alle Fakten zusammengezählt werden und überlegt wird.



Ein klares Ergebnis wird durch methodische und gegenstandsinhärente Eigenschaften erschwert.



Mehrere Ergebnisse können nebeneinander stehen und Gültigkeit besitzen.

9.4.2 Kontrastierung der Fälle

Die Dialoge unterscheiden sich in Verlauf, Zusammensetzung und geäußertem Wissenschaftsverständnis. Die Äußerungen lassen sich jedoch thematisch innerhalb des Kontinuums „Sicherheit von Ergebnissen“ verorten. Vergleichbar werden sie erst durch das Einebnen der den Ergebnissen und Erkenntnissen⁴ zugeschriebenen Adjektive. Zwischen den genutzten Begriffen „sicher“, „wahr“, „eindeutig“ und „klar“ bestehen Unterschiede: „Eindeutig“ und „klar“ beziehen sich auf die Interpretation von Ergebnissen. Das eindeutige Ergebnis lässt sich zweifelsfrei interpretieren, ein klares Ergebnis kann dies ebenfalls bedeuten oder lediglich auf eine kategorisierbare Verteilung von Daten referenzieren. „Sicher“ und „wahr“ hingegen beziehen sich auf die Wahrscheinlichkeit, dass die gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse die Realität so beschreiben, wie sie ist. Während sich das erste Begriffspaar auf die Qualität der Interpretierbarkeit bezieht, beschreibt das zweite Paar die Beziehung zwischen Erkenntnis und Phänomen. Dennoch ist allen Begriffen die Annahme von Verlässlichkeit gemein. Daten, Ergebnisse und Erkenntnisse bilden verlässliche Quellen für weitergehende Forschungsschritte oder daraus erwachsende Überzeugungen. In

⁴In den Lernenden-Äußerungen werden Ergebnisse und Erkenntnisse teils synonym verwendet bzw. Unterschiede sind nicht bewusst. Meist wird der Begriff genutzt, der durch die Moderatorin vorgegeben wird. Hier wird angenommen, dass die Äußerungen sowohl für Ergebnisse - Datenreihen etc. - als auch für Erkenntnisse - Schlussfolgerungen aus den Datenreihen - gelten.

diesem Sinne werden alle Begriffe synonym für „verlässlich“ verstanden, sodass die Aussagen auf dieser Ebene vergleichbar sind.

Die in den Dialogen zu Wort kommenden Lernenden beschreiben die Verlässlichkeit ihrer Ergebnisse und Erkenntnisse unter verschiedenen Bedingungen: Ergebnisse und Erkenntnisse sind verlässlich, wenn sauber und sorgfältig gearbeitet wurde. Macht man keine Fehler, gelangt man automatisch zu deutlichen und klaren Ergebnissen, die verlässliche Erkenntnisse ergeben. Den Gegenpol hierzu bilden Erkenntnisse und Ergebnisse, die niemals verlässlich sind. Selbst eindeutige Ergebnisse können durch Zufall entstanden sein. Dazwischen existieren verschieden anspruchsvolle Anforderungen, um ein verlässliches Ergebnis zu produzieren bzw. unterschiedlich viele und starke Gründe für mangelnde Verlässlichkeit.

Überzeugt von der Verlässlichkeit zeigt sich 8M6 (Fall 1). *„So bei einem Experiment, wo äh die gleichen Verhältnisse wie bei einem anderen gelten, sollte schon das Gleiche rauskommen, und wenn nicht, hat man irgendwas falsch gemacht.“* (8M3F2_123-125). In ähnlichem Maße äußert sich 9M6 (Fall 2) auch über Interpretationen. Für ihn bestehen Ergebnisse und Erkenntnisse als Tatsachen, die durch Fehler verschleiert werden können. Ähnlich beschreibt auch 10M12 (Fall 5) zunächst Ergebnisse: *„[...] - also man möchte nicht immer alles interpretieren, manchmal möchte man ja ein klares Ergebnis haben, das heißt, man zählt alle Fakten zusammen, überlegt sich was und kommt dann auf das Ergebnis, das ist so und so.“* (10M2F3_369-371). Auch hier kommt die Annahme zum Ausdruck, dass bei Berücksichtigung aller notwendigen Informationen das Ergebnis verlässlich und von den Forschenden unbeeinflusst vorliegt.

Eine Gefahr für verlässliche Ergebnisse wird von 9M5 (Fall 2) in den Forschenden, ihren bewussten und unterbewussten Beeinflussungen gesehen. Ein wirklich verlässliches Ergebnis erhält man, *„[...] wenn man den Anweisungen folgt, was man ja eigentlich immer machen sollte, und das wurde ja auch durch Sie dann halt auch sozusagen überwacht, ob wir das richtig gemacht haben [...]“* (9M1F3_246-248). Dagegen sehen 9W2 und 9W3 (Fall 3) sowie 10W10 und 10W11 (Fall 4) Wiederholungen eines Experiments und die Bezugnahme der Ergebnisse auf andere Experimente und Forschungsgruppen als notwendig, um subjektive Beeinflussung, aber auch Fehler, Methodeneinflüsse und Schwierigkeiten mit den Forschungsgegenständen auszumerzen. Das erlangte Ergebnis, die entwickelte Erkenntnis kann auf diese Weise absolute Verlässlichkeit erreichen: *„Auch bei zehnmal kann man sich sicher sein, wenn achtmal das passiert und zweimal das, dann kann man sich doch auch schon sicher sein, dass das so ist.“* (9M3F1_240-241).

Den ersten Hinweis auf mögliche Unsicherheit wissenschaftlicher Forschung bietet 10M14 (Fall 5), der die Schlussfolgerungen aus einem Experiment als *„dieses Subjektive“* bezeichnet, das *„dann halt auch nur wieder ein kleiner Teil von dem Experiment“* sei (10M2F3_415-416). Seine beschriebenen Schlussfolgerungen belegt er argumentativ. Auf weitere Interpretationsmöglichkeiten wird

nicht mit Absicherungsmaßnahmen reagiert, sondern der Geltungsbereich der Unsicherheit durch Subjektivität verringert. Der ungewissen Verlässlichkeit bewusster werdend beschreibt 10M12 (Fall 5) Methoden, Gegenstände und Forschende als Ursachen für mangelnde Verlässlichkeit, der nur ungenügend begegnet werden kann: „[...] wenn man alle Fakten zusammenzählt, kommt man einfach ohne es zu wollen auf ein anderes Ergebnis“ (10M2F3_385-386). Hier tritt nicht das Fehlerhafte oder Unsorgfältige in den Vordergrund, sondern die menschliche Art zu denken wird problematisiert. Theoriegebundenheit ist 10M12 vermutlich nicht bekannt, kann jedoch das von ihm beschriebene Phänomen erklären. Noch weiter geht 9M1 (Fall 3), der alle Verlässlichkeit und damit kausale Zusammenhänge an sich negiert. Für ihn können Ergebnisse durch Wiederholung sicherer sein, aber niemals sicher, da der „Zufall“ niemals auszuschließen sei (9M3F1_242).

9.5 Diskussion der Falluntersuchungen

In den untersuchten Dialogen vermitteln die meisten der Lernenden das Verständnis, dass Ergebnisse aus naturwissenschaftlichen Experimenten als zweifellos verlässlich gelten, wobei unterschiedliche Anforderungen an die Gütekriterien bestehen. Aus entwicklungs-epistemologischer Sicht sind diese Lernenden als „Absolutisten“ („absolute knowing“, s. Kap. 3.2.1, S. 50) einzustufen, die annehmen, dass Forschung Fakten sammelt, die die Wirklichkeit korrekt darstellen. Damit können sie zudem als mehr oder weniger „unkritisch“ naturwissenschaftlichen Methoden und Erkenntnissen gegenüber gelten.

Die Darstellung subjektiver Einflüsse als Verlässlichkeit störend kann als eine pluralistische Einstellung gedeutet werden, da nicht absichernde Maßnahmen vorgeschlagen werden, sondern die Einflüsse als unvermeidlich, aber gering, betrachtet werden. Forschende erlauben damit ihrer persönlichen - von Argumentation unabhängigen - Meinung, Einfluss auf Schlussfolgerungen zu nehmen, wodurch Erkenntnisse einen nur persönlich gültigen Meinungscharakter erlangen (Kuhn & Weinstock, 2002). Diese Position weist eine „unkritische“ oder „nur-skeptische“ Haltung der Universalität von Erkenntnissen gegenüber auf. Die geschilderte Beeinflussung bildet einen für Verlässlichkeit beunruhigenden Umstand, allerdings wirkt 10M14 (Fall 5) wenig beunruhigt, sodass Skepsis nicht gesichert angenommen werden kann. Ein „logisch-skeptisches“ Verständnis bezöge Kriterien zur Akzeptanz und zum Ausschluss von Erkenntnissen ein, die keinen Bezug zu absoluter Verlässlichkeit böten, sondern Verlässlichkeit der Erkenntnisse in Relation zueinander. Beide Positionen könnten einem naiven WV-Niveau zugerechnet werden, da sie weder dem Aspekt des Abgeleitetseins naturwissenschaftlichen Wissens, noch der Vorläufigkeit oder der Stabilität gerecht werden (s. Kap. 2.1, S. 8).

Wird eine absolute Verlässlichkeit negierende Position eingenommen, geschieht dies stets im Kontrast zur gegenteiligen Position, entweder Gesprächs-

partnern oder sich selbst widersprechend. Das in Fall 3 dokumentierte, Verlässlichkeit gegenüber sehr kritische, Verständnis wird als Antithese aktualisiert und tritt so im Diskurs besonders deutlich hervor. Es kann nicht bestimmt werden, ob die impliziten Annahmen über mangelnde Absicherung zufälliger bzw. unbekannter Variablen bereits vor dem Dialog in dieser Form vorlag oder während des Beziehens der oppositionellen Stellung ausreift. Da für 9M2 Ergebnisse durch Wiederholung sicherer werden können, ist der Lernende als „Evaluist“ einzustufen, der Ergebnisse anhand ihrer Beweiskraft beurteilt und vergleicht (Kuhn & Weinstock, 2002), also Überlegungen zur „Wahrheit“ aus dem Beurteilungsprozess ausklammert.

Die vorgebrachten Argumente werden von den anderen Gesprächsteilnehmenden nicht akzeptiert oder aufgegriffen, sondern These und Antithese stehen unvereinbar einander gegenüber. Auch in Fall 5 geschieht keine Fortführung der oder Stellungnahme zur Proposition. Das Vokabular wird übernommen, der Inhalt aber weder aufgegriffen noch weiterentwickelt. Es ist nicht auszuschließen, dass das Gehörte zunächst „verdaut“ werden muss und später doch noch Berücksichtigung in der Verständniskonstruktion findet. Andererseits geben Jugendliche eigenen Argumenten und Standpunkten mehr Gewicht als denen anderer und versuchen weniger, andere Standpunkte zu verstehen (Kuhn & Dean Jr., 2004). Zudem neigen sie dazu, Konflikte zu ignorieren (Baker, 1992). Wenn allerdings - wie in Fall 4 - die Erkenntnis missglückt, dass man dieselbe Überzeugung teilt, muss das Verständnis für eine anhand impliziter Hinweise erkennbare abweichende Meinung schwerfallen. Eine im Sinne von Chi & Wylie (2014) interaktiv konstruierte neue Bedeutung ist unwahrscheinlich umsetzbar, wenn der Gegenstand, implizites Wissen über Forschung, derart schwierig zu dekodieren ist.

Während die Interaktion zwischen den Lernenden keine sichtbaren Hinweise auf eine förderliche Wirkung der *RC*-Gespräche bietet, zeigt jedoch eine Positionsveränderung der Sprechenden Potenzial auf: Im Dialog zwischen 10M12 und der Moderatorin (Fall 5) wird von 10M12 zunächst das bereits beschriebene „absolutistische“ Verständnis von Experiment-Ergebnissen als der Natur entnommenen Fakten dokumentiert. Die Moderatorin entwirft ein Experiment-Beispiel und fordert dazu auf, das Geäußerte darauf anzuwenden. Im nun folgenden Monolog von einer außenstehenden, die Handlungen bewertenden Position aus (Minnameier, 2000) schränkt 10M12 seine eigene These immer weiter ein, bis die Grundfesten seines Verständnisses demontiert sind. Der entwickelte Skeptizismus betrifft zunächst die Ausführung von Methoden, also Defizite der Forschenden, dann Defizite der Methoden und schließlich Defizite in der Vergleichbarkeit von Denken und Logik. Dieser Wandel kann durch ein instabiles WV bezüglich SICHERHEIT verursacht sein, das je nach Kontext unterschiedliche Ansichten aktualisiert und bei dem die verschiedenen Verständnisausprägungen parallel existieren. Es kann sich aber auch um einen beobachteten Wandel, ein Aussortieren nicht mehr passender Parallelausprägungen, handeln, das in eine mehr oder weniger stabile Konzeptveränderung münden wird. Da keine dem

entgegenstehenden Maßnahmen benannt werden, kann nicht zweifelsfrei ein „Evaluist“ angenommen werden, da auch pluralistische Einschätzungen in der Äußerung verborgen sein können. Eine Veränderung fort von der Stufe des „Absolutisten“ ist jedoch dokumentiert.

In Fall 3 tritt ein Wandel nicht mit Sicherheit zu Tage, doch die außenstehende, da hypothetische, Position ist auch in diesem Fall zu finden. Während 9W2 und 9W3 innerhalb einer Position verbleiben, die ihren bisherigen Erfahrungen entspringen kann, betrachtet 9M1 1.000 Experiment-Ergebnisse, weitet also das Beispiel des Dialogs drastisch aus. Damit macht er deutlich, dass für ihn eine bloße Steigerung der Ergebnisanzahl nicht ausreicht, um Verlässlichkeit zu erzeugen. Reflexive Positionsveränderung innerhalb der *RC*-Dialoge mag philosophische Gedanken sichtbar machen oder sie hervorrufen. Zur Klärung sind weitere, stärker in die gewünschte Untersuchungsrichtung gesteuerte Fallbeispiele nötig.

Das von der Moderatorin in Fall 5 eingegebene Beispiel ist für den Gesprächsverlauf von Bedeutung insofern, als es Forschungsaktivitäten hervorholt, die durch ihre Offenheit in Gestaltung und Auswertung Planungsschwierigkeiten bei Experimenten und Interpretationsschritten deutlich hervortreten lassen. Mit Vorgabe des experimentellen Vorgehens entfällt die Grundlage für mögliche Gedanken zu Vergleichbarkeit und Aussagestärke. Werden auch die Interpretationsschritte angeleitet oder vorgegeben, wird eine Trennung von Daten und Ableitung ebenso schwierig wie eine Vorstellung davon, dass Interpretationen begründet abweichen können. Nicht nur für Bildung des impliziten Wissens (s. Kap. 2.4.1, S. 30), auch für explizierende Reflexion sind der Forschungsrealität sich annähernde Tätigkeiten hilfreich, oder sogar notwendig. Es ist anzunehmen, dass das Zusammentreffen von NOS/I-Thema, genannter Beispielaktivität, dessen tatsächliche Bearbeitung sowie verknüpfte Erinnerung des Lernenden und sein WV-Skeptizismus-Level zur Entwicklung dieses Wandel-Gesprächs führte.

Im genannten Beispiel treffen „absolutistische“ Vorstellungen des Lernenden auf nicht integrierbare Beobachtungen. Werden die epistemologischen Stufen ähnlich denen der Moralentwicklung (Standard Issue Scoring, Colby *et al.*, 2011) betrachtet, kann eine solche Dissonanz „[...] und die Reflexion auf die Grenzen der eigenen Problemlösekapazität [sie dazu bringen], ihr Denken in Richtung einer höheren Entwicklungsstufe zu verändern“ (Becker, 2008: 185). Dabei profitieren Lernende vor allem von der direkt höheren Stufe, akzeptieren die mangelnde Rationalität niedrigerer Stufen nicht mehr, können aber der Argumentation viel höherer Stufen noch nicht folgen (Becker, 2008). Dies kann die mangelnde Bezugnahme und Übernahmebereitschaft der Dialogpartner in Fall 3 erklären, deren Stufen weit auseinander liegen. Wissenschaftsverständnis und Moral sind sehr verschiedene Konstrukte: WV bezeichnet das Verständnis über Forschung und Wissen inhärente Strukturen und Charakteristika, während Moral Ansichten zum „Sollen“, moralische Entscheidungen fußend auf Werten, Normen und Fairness subsumiert. Doch für beide Konstrukte ist der Perspektivwechsel, das Heraustreten „aus sich“ und aus den eigenen Handlungen

notwendig, wenn ein angemessenes Verständnis ausgebildet werden soll (Becker, 2008).

9.6 Zusammenfassung: Merkmale der *Reflexionscafé*-Dialoge

Ziele und Durchführungsschritte:

- Mittels der Dokumentarischen Methode (Bohnsack, 2014) werden mögliche WV-förderliche Gesprächsmerkmale untersucht.
- Lernende können neue Bedeutungen interaktiv im Dialog konstruieren.
- Reflexivität kann neue Bedeutungen evozieren, Verknüpfungen herstellen oder erweitern.
- Anhand der zuvor durchgeführten strukturierten Inhaltsanalyse werden Textstellen mit NATURWISSENSCHAFTLICHEM PRAXIS-Schwerpunkt identifiziert.
- In einer formulierenden Interpretation wird geklärt, welches Wissen innerhalb der Textstelle ausgedrückt wird.
- Die reflektierende Interpretation erschließt und interpretiert darauf aufbauend das implizite Wissen der Handelnden.

Ergebnisse der Analysen:

- In den fünf beschriebenen Dialogstellen zeigen die Lernenden Aussagenstabilität und stabile Meinungsverschiedenheit sowie im 5. Fall eine Aussagenveränderung.
- Die Mehrzahl der Lernenden äußert „absolutistisches“ und „unkritisches“ WV: Ergebnisse und Erkenntnisse sind durch Fakten gebildete korrekte Darstellungen der Wirklichkeit.
- Ein Lernender (10M14, Fall 5) kann als „pluralistisch“ eingeordnet werden, da unterschiedliche Forschenden-Meinungen innerhalb von Erkenntnissen als unvermeidbar - aber vernachlässigbar - angesehen werden.
- Als „Evaluist“ kann 9M2 (Fall 3) gelten, für den Ergebnisse bei Wiederholung sicherer, aber niemals sicher, werden können.
- Fall 5 bietet eine dokumentierte Stufenveränderung, wobei die Zielstufe nicht gesichert angegeben werden kann.
- Interaktivität als WV-förderlicher Faktor ist in den Dialogen nicht zu finden.

Interpretation:

- Dies kann in der generellen Schwierigkeit, die Äußerungen zu dekodieren, begründet sein oder darin, dass Integration fremden Gedankenguts dem eigenen vorhandenen ähnlich sein muss.
- Reflexive Positions-Verlagerung aus eigenen Erfahrungen und Handlungen heraus kann, kombiniert mit geeigneten Redeanlässen, zu kognitiven Dissonanzen führen, die die Notwendigkeit neuer Erklärungsmuster erzeugen.

Khishfe & Abd-El-Khalick (2002) konnten zeigen, dass Schüler-Lehrkraft-Gespräche über Charakteristika von Naturwissenschaften, die Forschungstätigkeiten innewohnen, zu angemessenem Wissenschaftsverständnis bei Lernenden führen können (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Dabei muss Wissen über die zu reflektierende Aktivität ebenso vorliegen wie genügend Raum und Zeit zu denken, mit den Gegenständen zu hantieren, sie hervorrufen, bewerten und optimieren zu können (Hatton & Smith, 1995). Sollen Veränderungen in den Konzepten über Naturwissenschaften hervorgerufen werden, genügen einmalige Maßnahmen nicht (Leach *et al.*, 2003). Durch etwa Aufmerksamkeitslenkung auf übersehene Aspekte oder das Nutzen von Lernenden-Vorstellungen in Diskussionen können Lernende veranlasst werden, ihr unangemessenes WV zu untersuchen, statt Diskrepanzen zu ignorieren (Bransford *et al.*, 2004). Dabei sollte das Wissenschaftsverständnis derjenigen, die Interventionen entwickeln und/ oder durchführen, ebenfalls angemessen sein (McComas *et al.*, 2002).

Eine für das BaSci Schülerlabor konzipierte Methode zur WV-Förderung soll die folgenden Eigenschaften aufweisen:

- **Vorausgehende Forschungsaktivitäten/ Reflexionsanlässe, die Charakteristika der Naturwissenschaften besitzen**
- **Thematische Offenheit**
- **Zeit und Gelegenheit, Gedanken zu fassen und zu fixieren**
- **Aufmerksamkeitslenkung, Reflexionshilfe durch behutsame Moderation**
- **Lehrende, Betreuende und Moderatorinnen mit angemessenem WV**

„Eine angebotene Konzeption kann aus Sicht von Experten (Lehrkräfte, Fachwissenschaftler) noch so gut gelungen sein; wenn sie nicht die erhoffte Wirkung auf Seiten der Schüler entfaltet, ist sie für ein Schülerlabor in der vorliegenden Form nicht geeignet“ (Aufschnaiter *et al.*, 2007: 134). Aus diesem Grund wird das nach oben genannten Maßgaben konzipierte *Reflexionscafé* im Schülerlabor auf Wirksamkeit in der WV-Förderung, deren Nachhaltigkeit sowie das bestehende Interesse an Biologie und dessen Beeinflussung durch die Methode untersucht. Zur Überprüfung wird ein Versuchsplan benötigt, der mit Kontrollgruppen im Kreuzdesign arbeitet. Im Vergleich unterschiedlich mit

Schülerlabormodulen und Reflexionsmethode „behandelter“ Gruppen können verlässlichere Aussagen über die Wirksamkeit getroffen werden.

Die Ergebnisse stützen die vorangegangener Studien, in denen effektive WV-Förderung beobachtet werden konnte, wenn die WV-Aspekte expliziert wurden (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Khishfe, 2008). Sowohl die Fragebogen-Ergebnisse als auch die der strukturellen Inhaltsanalyse zeigen, dass angemesseneres WV nach mehreren Besuchen des BaSci Labors mit *Reflexionscafé* erworben werden kann. Während Dialoge zwischen Mitschülerinnen und Mitschülern zumindest auf beobachtbarer Ebene keinen Einfluss auf die WV-Entwicklung zu haben scheinen, bietet die im Lernenden entstehende logische Dissonanz zwischen vorhandenen WV-Vorstellungen und beobachtetem Verhalten einen Auslöser für Vorstellungsänderungen.

Dabei verändert sich das Lernenden-Interesse an Biologie nicht signifikant während des Schuljahres, innerhalb dessen die vorliegende Studie durchgeführt wurde. Möglicherweise konnte der mehrfache Schülerlaborbesuch Veränderungen im Interesse der Lernenden (Daniels, 2008) positiv beeinflussen. Damit erfüllt das BaSci Schülerlabor Forderungen des RRI Aspekts *Education* - das Begeistern Jugendlicher für Naturwissenschaften (Elster *et al.*, 2017).

10.1 RRI-Betrachtungen

Das Interesse an naturwissenschaftlichen Themen ist für ein lebenslanges Lernen in diesem Bereich und damit mündige gesellschaftliche Teilhabe notwendig. Aber auch die Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte im Bezug zu gesellschaftlichen Problemen und Fragestellungen kann Lernende darin unterstützen, als Bürgerinnen und Bürger am gesellschaftlich-wissenschaftlichen Diskurs teilzunehmen. Hierfür ist es nicht nur notwendig, sich für einen Sachverhalt zu interessieren, sondern Thematik, Zusammenhänge und Relevanz müssen verstanden und kritisch hinterfragt werden können.

In den Forschungsmodulen haben die Lernenden die Möglichkeit, diese Fähigkeiten einzuüben und zu demonstrieren. Anhand der im Anschluss an jedes Forschungsmodul stattfindenden „Forscherkongresse“ können Engagement, Multiperspektivität und Fachwissen der Lernenden beobachtet werden, kritische Reflexion erfolgt im *Reflexionscafé*. Indem die Vorstellungen der Lernenden zu *Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry* geprüft, untereinander verglichen und argumentativ bearbeitet werden, können diese Vorstellungen einen angemesseneren Grad erreichen und die Lernenden den reflexiven Dialog und kritisches Hinterfragen impliziter Inhalte einüben.

Dabei erhalten die Lernenden beider Geschlechter gleichermaßen die Möglichkeit, naturwissenschaftlich zu arbeiten und sich darüber reflexiv auszutauschen. Die Inhalte sind auf vielfältige Weise präsentiert (haptisch - audiovisuell, symbolisch - real, emotional - neutral) und können auf unterschiedlichen Wegen bearbeitet werden, sodass individuelle Lernbedürfnisse berücksichtigt sind.

Wege und Chancen, Grenzen und Schwierigkeiten naturwissenschaftlichen Arbeitens können durch die Module und *Reflexionscafés* des BaSci Schülerlabors selbst erfahren und reflexiv betrachtet werden. Dies stellt die Basis für eine mündige Teilhabe an wissenschafts-gesellschaftlichen Prozessen dar, für den Erwerb naturwissenschaftlichen Grundwissens und eine realistische Einstellung zu den Naturwissenschaften. Im Rahmen von RRI werden mit der Befähigung zur kritischen Reflexion und Wissensaneignung die Grundlagen für *Public Engagement* gelegt. Hiermit ist auch die naturwissenschaftliche *Education* eng verwoben, die zum Ziel hat, Freude an Naturwissenschaften und die Befähigung lebenslangen Lernens in diesem Bereich zu entwickeln. Da der Schülerlaborbesuch beide Geschlechter gleichermaßen anspricht, werden zudem Gleichstellungseffekte naturwissenschaftlicher Bildung (*Gender*) berücksichtigt.

10.2 Ausblick

Reflexionscafés in Verbindung mit Forschungsaktivitäten können Einsichten darüber vermitteln, was naturwissenschaftliche Forschung ist und welche grundlegenden Prinzipien sich darin verbergen. Die Reflexion anhand von Leitfragen, tiefer gehenden Nachfragen und Gegenpositionen ermöglicht Gedankenwege auf neuen Pfaden, sodass neue Ideen und Erkenntnisse entstehen können. Dazu gilt es zu untersuchen, welche zugrunde liegende Mechanismen diese Gedankenwege generieren oder stützen, behindern oder sogar ausschließen könnten. In Verbindung mit der Identifikation von „Reflexionstypen“ können an dieser Stelle wertvolle Einsichten für Reflexionsprozesse im schulischen Unterricht allgemein gewonnen werden.

Wird die Effizienz betrachtet, muss das *Reflexionscafé* verglichen werden mit weiteren Reflexionsmethoden: Das fragegeleitete „philosophische“ Klassengespräch, Arbeitsblätter mit Leitfragen oder Dialoge in Partnerarbeit können ebenso neue Ideen und Erkenntnisse evozieren. Als Forschungsdesiderat besteht die Frage, welche dieser und weiterer Methoden größere Effekte in der WV-Förderung zeigen, bei ähnlichen Resultaten Zeitersparnis bringen oder größeres Interesse bei den Lernenden wecken.

Da das *RC* eingebettet in den Schülerlaborbesuch konzipiert wurde, lässt es sich in dieser Form nicht auf den Schulunterricht übertragen. Neben dem größeren Zeitaufwand existiert auch keine verschriftlichte Sicherung der Erkenntnisse und es werden mehrere Lehrkräfte als Moderatorinnen und Moderatoren benötigt. Jedoch spielen nicht nur organisatorische Probleme eine Rolle, sondern die Situation (Belastung, Beziehung zur Klasse, institutionelle Vorgaben) und Einstellungen (zu NOS/I generell und als Unterrichtsthema, Reflexionen im Unterricht, Gruppenarbeit) der Lehrkräfte bilden den Schwerpunkt. Die Frage, inwieweit eine Gruppenreflexionsmethode gewinnbringend in den Unterricht integriert werden kann und welche unterrichtsspezifischen Eigenschaften diese besitzen muss, bildet ein weiteres Forschungsdesiderat.

Schulischer Unterricht wird immer weiter aufgebrochen: Freiarbeit, Projektlernen und Wochenarbeitspläne finden an vielen Schulen Beachtung. In diesem Zusammenhang individualisierten Lernens sind die Unterschiede zwischen Lernenden und ihren Bedürfnissen von besonderer Bedeutung, sodass die Erforschung der Wirksamkeit von Gruppen-, Einzel- und anderen Reflexionsformen auf das WV für verschiedene Lerntypen erfolgen sollte. Das Ergebnis könnten maßgeschneiderte Reflexionsaktivitäten sein, die Lernenden Kompetenzen, Inhalte und Ideen, als auch - vielleicht - Freude am reflexiven Diskurs vermitteln können.

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. & Lederman, N. (1998). The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural. *Science Education*, 82(4), 417–436.
- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. (2000a). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665–701.
- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. (2000b). The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057–1095.
- Amplewski, J. & Poerschke, C. (2014). *Der Zebrafisch (Danio rerio) als Modellorganismus in der Forschung*. (Magisterarb., Universität Bremen).
- Anderson, R. (2002). Reforming Science Teaching: What Research says about Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1–12.
- ASA. (2016). The ASA's Statement on p-Values: Context, Process, and Purpose. *The American Statistician*, 70(2), 129–133.
- Asay, L. & Orgill, M. (2010). Analysis of Essential Features of Inquiry Found in Articles Published in *The Science Teacher*, 1998-2007. *Science Teacher Education*, 21, 57–79.
- Asbrand, B. & Nohl, A.-M. (2013). Lernen in der Kontagion: Interpretieren, konjunktives und aktionistisches Verstehen im Aufbau gegenstandsbezogener Erfahrungsräume. In P. Loos, A.-M. Nohl, A. Przyborski & B. Schäffer (Hrsg.), *Dokumentarische Methode. Grundlagen - Entwicklungen - Anwendungen*. (S. 155–169). Budrich Verlag.
- Aufschnaiter, C., Dudzinska, M., Hauenschild, S. & Rode, H. (2007). Lernprozesse im Schülerlabor anregen und evaluieren. Eine Untersuchung im *TechLab* der Universität Hannover. *MNU*, 60(3), 132–139.
- Bady, R. (1979). Students' Understanding of the Logic of Hypothesis Testing. *Journal of Research in Science Teaching*, 16(1), 61–65.
- Baker, M. (1992). An Analysis of Cooperation and Conflict in Students' Collaborative Explanations for Phenomena in Mechanics. In A. Tiberghien & H. Mandl (Hrsg.), *Intelligent Learning Environments and Knowledge Acquisition in Physics*. (S. 153–180). Berlin: Springer.
- Bastian, O., Syrbe, R.-U., Rosenberg, M., Rahe, D. & Grunewald, K. (2013). The five pillar EPPS framework for quantifying, mapping and managing ecosystem services. *Ecosystem Services*, 4, 15–24.
- Bauer, M. (2008). Paradigm Change for Science Communication: Commercial Science Needs a Critical Public. In D. Cheng, M. Claessens, T. Gascoigne, J. Metcalfe, B. Schiele & S. Shi (Hrsg.), *Communicating Science in Social Contexts. New models, new practices*. (S. 7–26). New York, NY: Springer.

- Baumert, J., Bos, W., Brockmann, J., Gruehn, S., Klieme, E., Köller, O., Lehmann, R., Lehrke, M., Neubrand, J., Schnabel, K.-U. & Watermann, R. (2000). *TIMSS III - Deutschland. Der Abschlussbericht. Zusammenfassung ausgewählter Ergebnisse der Dritten Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie zur mathematischen und naturwissenschaftlichen Bildung am Ende der Schullaufbahn*. Berlin: Max-Planck-Institut.
- Baxter Magolda, M. (2002). Epistemological reflection: The evolution of epistemological assumptions from age 18 to 30. In B. Hofer & P. Pintrich (Hrsg.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. (S. 89–102). New York, NY: Routledge.
- Becker, G. (2008). *Soziale, moralische und demokratische Kompetenzen fördern*. Weinheim: Beltz.
- Bell, P. & Linn, M. (2002). Beliefs About Science: How Does Science Instruction Contribute? In B. Hofer & P. Pintrich (Hrsg.), *Personal Epistemology. The Psychology of Beliefs About Knowledge and Knowing*. (S. 321–346). New York, NY: Routledge.
- Bendixen, L. (2002). A Process Model of Epistemic Belief Change. In B. Hofer & P. Pintrich (Hrsg.), *Personal Epistemology. The Psychology of Beliefs About Knowledge and Knowing*. (S. 191–208). New York, NY: Routledge.
- Benz, M., Scharf, K.-H. & Weber, T. (2001). *Nachwachsende Rohstoffe*. Köln: Aulis.
- Bianchini, J. & Colburn, A. (2000). Teaching the Nature of Science through Inquiry to Prospective Elementary Teachers: A Tale of Two Researchers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 177–209.
- Biermann, U., Bornscheuer, U., Meier, M., Metzger, J. & Schäfer, H. (2011). Fette und Öle als nachwachsende Rohstoffe in der Chemie. *Angewandte Chemie*, 123, 3938–3956.
- Birkholz, J. & Elster, D. (2016). Wirkung von Reflexionen über Forschungstätigkeiten im Schülerlabor auf ausgewählte Aspekte des Wissenschaftsverständnisses. In U. Gebhard & M. Hammann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*. (S. 75–91). Innsbruck: Studienverlag.
- Birkholz, J. & Elster, D. (2017). The *Reflective Reviewing Café* - Qualitative analyses of students' views on Nature of Science. In *Conference Proceedings. New Perspectives in Science Education*. (Bd. 6), Florence, IT: Libreriauniversitaria.it.
- Blair, R. & Higgins, J. (1980). A Comparison of the power of Wilcoxon's rank-sum statistic to that of students t Statistic under various nonnormal Distributions. *Journal of educational statistics*, 5(4), 309–335.
- Blanz, M. (2015). *Forschungsmethoden und Statistik für die Soziale Arbeit: Grundlagen und Anwendungen*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Blickenstaff, J. (2005). Women and science careers: leaky pipeline or gender filter? *Gender and Education*, 17(4), 369–386.

- Bock, R. (1976). Basic issues in the measurement of change. In D. DeGruijter & L. Van Der Kamp (Hrsg.), *Advances in Psychological and Educational Measurement*. (S. 75–96). New York, NY: John Wiley und Sons.
- Bodzin, A. & Beerer, K. (2003). Promoting Inquiry-Based Science Instruction: The Validation of the Science Teacher Inquiry Rubric (STIR). *Journal of Elementary Science Education*, 15(2), 39–49.
- Bohnsack, R. (2014). *Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden*. (9. Aufl.). Opladen: Barbara Budrich UTB.
- Bohnsack, R., Nentwig-Gesemann, I. & Nohl, A.-M. (2013). Einleitung: Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. In R. Bohnsack, I. Nentwig-Gesemann & A.-M. Nohl (Hrsg.), *Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung*. (3. Aufl., S. 9–32). Wiesbaden: Springer.
- Bonate, P. (2000). *Analysis of Pretest-Posttest Design*. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC.
- Boone, H. & Boone, D. (2012). Analyzing Likert Data. *Journal of Extension*, 50(2). www.joe.org (03.12.2016).
- Boring, E. (1969). Perspective: Artifact and Control. In R. Rosenthal & R. Rosnow (Hrsg.), *Artifact in Behavioral Research*. (S. 1–12). New York, NY: Academic Press.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. (4. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. (7. Aufl.). Berlin: Springer.
- Bransford, J., Brown, A. & Cocking, R. (Hrsg.). (2004). *How People Learn. Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Brennan, R. & Prediger, D. (1981). Coefficient Kappa: Some Uses, Misuses, and Alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, 41, 687–699.
- Brickhouse, N. (1990). Teachers' Beliefs About the Nature of Science and Their Relationship to Classroom Practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53–62.
- Brown, J. & Isaac, D. (2007). *Das World Café. Kreative Zukunftsgestaltung in Organisation und Gesellschaft*. Heidelberg: Carl Auer.
- Burgin, S. & Sadler, T. (2016). Learning Nature of Science Concepts Through a Research Apprenticeship Program: A Comparative Study of Three Approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(1), 31–59.
- Bybee, R. (1997). *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*. Westport, CT: Heinemann.
- Campbell, D. (1969). Prospective: Artifact and Control. In R. Rosenthal & R. Rosnow (Hrsg.), *Artifact in Behavioral Research*. (S. 351–382). New York, NY: Academic Press.
- Catsambis, S. (1995). Gender, race, ethnicity, and science education in the middle grades. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 243–257.

- Chen, S. (2006). Development of an Instrument to Assess Views on Nature of Science and Attitudes Toward Teaching Science. *Science Education*, 90(5), 803–819.
- Chi, M. & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243.
- Clough, M. (2006). Learners' Responses to the Demands of Conceptual Change: Considerations for Effective Nature of Science Instruction. *Science Education*, 15, 463–494.
- Cofré, H., Vergara, C., Lederman, N., Lederman, J., Santibáñez, D., Jiménez, J. & Yancovic, M. (2014). Improving Chilean In-service Elementary Teachers' Understanding of Nature of Science Using Self-contained NOS and Content-Embedded Mini-Courses. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 759–783.
- Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. (2. Aufl.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Colby, A., Kohlberg, L., Speicher, B., Hewer, A., Candee, D., Gibbs, J. & Power, C. (2011). *The Measurement of Moral Judgement: Volume 2. Standard Issue Scoring Manual*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Copp, G., Wesley, K. & Vilizzi, L. (2005). Pathways of ornamental and aquarium fish introduction into urban ponds of Epping Forest (London, England): the human vector. *Journal of applied Ichthyology*, 21(4), 263–274.
- Crawford, B., Capps, D. & Ross, R. (2009). Developing Teachers' Knowledge of Inquiry, Nature of Science, and Evolutionary Concepts in an Authentic Context. ESERA.
- Creswell, J. (2014). *Educational Research: Planning, Conducting and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. (4. Aufl.). Harlow, UK: Pearson.
- Cronbach, L. (1951). Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334.
- Crumb, G. (1965). Understanding of Science in High School Physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 3, 246–250.
- Daniels, Z. (2008). *Entwicklung schulischer Interessen im Jugendalter*. Münster: Waxmann.
- De Schrijver, J. (2016). Daring visitors to think about The Nature of Science in botanic gardens. *Roots Education Review*, 13(1), 6–8.
- De Schrijver, J., Tamassia, L., Van de Keere, K., Vervae, S. & Cornelissen, E. (2016). Reflecting about the Nature of Science through Philosophical Dialogue. *ESERA, Strand6*, 793–798.
- De Vries, E., Lund, K. & Baker, M. (2002). Computer-Mediated Epistemic Dialogue: Explanation and Argumentation as Vehicles for Understanding Scientific Notions. *The Journal of The Learning Sciences*, 11(1), 63–103.

- Deci, E. & Ryan, R. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York, NY: Plenum.
- Deci, E. & Ryan, R. (2010). Self-Determination. *Corsini Encyclopedia of Psychology*, 1-2.
- Demirdogen, B. & Uzuntiryaki-Kondakçi, E. (2016). Closing the Gap between Beliefs and Practice: Change of Pre-service Chemistry Teachers' Orientation during a PCK-Based NOS Course. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 818–841.
- Dillenbourg, P., Baker, M., Blaye, A. & O'Malley, C. (1995). The Evolution of Research on Collaborative Learning. In P. Reiman & H. Spada (Hrsg.), *Learning in Humans and Machines. Towards an Interdisciplinary Learning Science*. (S. 189–211). Oxford, UK: Elsevier.
- Dimitrov, D. & Rumrill, P. (2003). Pretest-posttest design and measurement of change. *Work*, 20, 159–165.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young people's image of science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Dümpelmann, C., Kremer, M. & Gimpel, K. (2009). *Deutscher Edelkrebs. Ein Projekt im Biospärenreservat Rhön*. Gersfeld.
- Duschl, R. & Osborne, J. (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education*, 38(1), 39–72.
- Eastwood, J., Sadler, T., Zeidler, D., Lewis, A., Amiri, L. & Applebaum, S. (2012). Contextualizing Nature of Science Instruction in Socioscientific Issues. *International Journal of Science Education*, 34(15), 2289–2315.
- EC. (2009). Toolkit. Gender in EU-funded research. Luxembourg, B.
- Elis, P. (2010). *The Essential Guide to Effect Sizes: Statistical Power, Meta-Analysis, and the Interpretation of Research Results*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Elster, D. (2010). *Zum Interesse Jugendlicher an den Naturwissenschaften. Ergebnisse der ROSE Erhebung aus Deutschland und Österreich*. Aachen: Shaker.
- Elster, D. (2018). Das BaSci Lab Biologie an der Universität Bremen. Interdisziplinär forschen, lehren und lernen. *LeLa magazin*, 20, 9.
- Elster, D., Barendziak, T. & Birkholz, J. (2017). Science Education as a Trigger to Attain Responsible Research and Innovation (RRI) in Biosciences. In *New Perspectives in Science Education: 6th Edition*. (S. 402–406). Florenz, IT: Pixel.
- Elster, D., Glade, U., Herrmann, S. & Schultz-Siatkowski, A. (2011). Backstage Science - Forschungsbasiertes Lernen im Oberstufenlabor. In FDdB (Hrsg.), *Internationale Tagung der FDdB im Vbio „Didaktik der Biologie - Standortbestimmung und Perspektiven“* (S. 92–93). Universitätsdruck.
- Engeln, K. & Euler, M. (2004). Forschen statt Pauken. Aktives Lernen im Schülerlabor. *Physik Journal*, 3(11), 45–48.

- Felt, U. (2008). Gestaltungsversuche des Verhältnisses von Naturwissenschaften und Gesellschaft: Leben und implizites Lernen von Bürger/inne/n in der Wissenschaft. *Report*, 3/2008, 32–43.
- Feyerabend, P. (1978). *Der wissenschaftstheoretische Realismus und die Autorität der Naturwissenschaften*. Braunschweig: Vieweg.
- Firus, S., Meißner, G. & Bernhardt, G. (2002). Die Kartoffel als Rohstoff für bio-abbaubare Kunststoffe. *Landtechnik*, 57(6), 350–351.
- Flick, U. (2011). *Triangulation. Eine Einführung*. Wiesbaden: VS Verlag.
- FNR. (2014). *Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe*. (F. N. Rohstoffe, Hrsg.). Gülzow-Prüzen. Zugriff 9. April 2018 unter <https://fnr.de/marktanalyse/marktanalyse.pdf>
- Fontane, T. (1998). *Frau Jenny Treibel*. Projekt Gutenberg.de. First published in 1892. München: DTV. Zugriff unter <http://gutenberg.spiegel.de/buch/frau-jenny-treibel-4451/10>
- Fouad, K., Masters, H. & Akerson, V. (2015). Using History of Science to Teach Nature of Science to Elementary Students. *Science and Education*, 24, 1103–1140.
- FraunhoferIRB. (2017-2019). Innovativer Hochleistungsfaserbeton zur deutlichen Steigerung der Durchstantragfähigkeit von Flachdächern. Zugriff 9. April 2019 unter <https://www.irb.fraunhofer.de/bauforschung/baufolit/projekt/Innovativer-Hochleistungsfaserbeton-zur-deutlichen-Steigerung-der-Durchstantragf%C3%A4higkeit-von-Flachdecken/20170180/>
- Frick, C., Guthapfel, N. & Hebeisen, T. (2004). Nachwachsende Rohstoffe in der Schweiz - eine Übersicht. *AgrarForschung*, 11(9), 372–377.
- Fromm, S. (2010). *Datenanalyse mit SPSS für Fortgeschrittene 2: Multivariate Verfahren für Querschnittsdaten*. Wiesbaden: VS Verlag.
- Gaedtke-Eckardt, D. (2007). *Außerschulische Lernorte. Studenten schreiben für Studenten und Referendare. Mit einer Einführung in das Thema außerschulisches Lernen*. Hildesheim: Franzbecker.
- Gallagher, S., Sher, B., Stepien, W. & Workman, D. (1995). Implementing Problem-Based Learning in Science Classrooms. *School Science and Mathematics*, 95(3), 136–146.
- Gehlhaar, K., Klepal, G. & Fankhänel, K. (1999). Analyse der Ontogenese der Interessen an Biologie, insbesondere an Tieren und Pflanzen, an Humanbiologie und Natur- und Umweltschutz. In R. Duit & J. Mayer (Hrsg.), *Studien zur naturwissenschaftsdidaktischen Lern- und Interessenforschung*. (S. 118–130). Kiel: IPN.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 867–888.
- Glowinski, I. (2007). *Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen*. (Diss., Christian-Albrechts-Universität zu Kiel).
- Green, N. & Green, K. (2005). *Kooperatives Lernen im Klassenraum und im Kollegium: Das Trainingsbuch*. (7. Aufl.). Kallmeyer.

- Greenland, S., Senn, S., Rothman, K., Carlin, J., Poole, C., Goodman, S. & Altman, D. (2016). Statistical tests, p values, confidence intervals, and power: a guide to misinterpretations. *European Journal of Epidemiology*, 31, 337–350.
- Gropengießer, H. (1997). *Didaktische Rekonstruktion des »Sehens«*. (Diss., Carl von Ossietzky Universität Oldenburg).
- Gropengießer, H., Kattmann, U. & Krüger, D. (2012). *Biologiedidaktik in Übersichten. Biologie allgemein*. Köln: Aulis.
- Guderian, P. (2006). *Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte. Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik*. (Diss., Humboldt-Universität zu Berlin).
- Hammann, M. (2007). Das Scientific Discovery as Dual Search-Modell. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin: Springer.
- Hammann, M., Thi, T., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei experimentieren. *MNU*, 59(5), 292–299.
- Hammerich, P. (2002). Confronting Students' Conceptions of the Nature of Science with Cooperative Controversy. In W. McComas (Hrsg.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. (S. 127–136). New York, NY: Kluwer.
- Hammersley, M. (1996). The relationship between qualitative and quantitative research: paradigm loyalty versus methodological eclecticism. In J. Richardsin (Hrsg.), *Handbook of Qualitative Research Methods for Psychology and the Social Science*. (S. 159–174). Leicester, UK: BPS Books.
- Harlen, W. (2001). The Assessment of Scientific Literacy in the OECD/ PISA Project. *Studies in Science Education*, 36(1), 79–103.
- Hartig, J. & Klieme, E. (2006). Kompetenz und Kompetenzdiagnostik. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik*. (S. 128–143). Heidelberg: Springer.
- Hattie, J. (2012). *Visible Learning for Teachers: Maximizing Impact on Learning*. London, UK: Routledge.
- Hatton, N. & Smith, D. (1995). Reflection in Teacher Education: Toward Definition and Implementation. *Teaching & Teacher Education*, 11(1), 33–49.
- Haugwitz, M. (2009). *Kontextorientiertes Lernen und Concept Mapping im Fach Biologie. Eine experimentelle Untersuchung zum Einfluss auf Interesse und Leistung unter Berücksichtigung von Moderationseffekten individueller Voraussetzungen beim kooperativen Lernen*. (Diss., Universität Duisburg-Essen).
- Hedges, L. & Olkin, I. (1985). *Statistical Methods for Meta-Analysis*. New York, NY: Academic Press.
- Heisenberg, W. (1949). *Die Physik der Atomkerne*. (W. Westphal, Hrsg.). Braunschweig: Vieweg.

- Heisenberg, W. (1959). *Physik und Philosophie*. Stuttgart: Hirzel.
- Henning, K. (2014). *Der Wert von Pflanzen - Konzeption und Evaluation einer Unterrichtseinheit zur Bildung für nachhaltige Entwicklung am Beispiel der Ringautobahn auf Teneriffa*. (Magisterarb., Universität Bremen, Bremen).
- Hofer, B. & Pintrich, P. (1997). The Development of Epistemological Theories: Beliefs About Knowledge and Knowing and Their Relation to Learning. *Review of Educational Research*, 67(1), 88–140.
- Hoffmann, L. (2002). Promoting girls' interest and achievement in physics classes for beginners. *Learning and Instruction*, 12, 447–465.
- Hofstein, A. & Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 105–107.
- Holstermann, N. & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 71–86.
- Hooper, D., Adair, E., Cardinale, B., Byrnes, J., Hungate, B., Matulich, K., Gonzales, A., Duffy, J., Gamfeldt, L. & O'Connor, M. (2012). A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*, 486(7), 105–109.
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der „Natur der Naturwissenschaften“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7, 7–23.
- Hume, D. (1748). *An enquiry concerning human understanding*. Zugriff 27. November 2017 unter http://www.bookwolf.com/newsite1%5C_No%5C_Use/Wolf/pdf/DavidHume-AnEnquiryConcerningHumanUnderstanding.pdf
- Hurley, T. & Brown, J. (2009). Conversational Leadership: Thinking Together for a Change. *System Thinker*, 20(9), 2–7.
- Irzik, G. & Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science and Education*, 20, 591–607.
- Jansen, F. & Voogt, P. (2002). Learning by Designing: A Case of Heuristik Theory Development in Science Teaching. In W. McComas (Hrsg.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. (S. 151–162). New York, NY: Kluwer.
- Janssen, J. & Laatz, W. (2017). *Statistische Datenanalyse mit SPSS. Eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests*. (9. Aufl.). Berlin: Springer.
- Kaiser, H. (1974). An Index of Factorial Simplicity. *Psychometrika*, 39(1), 31–36.
- Kant, I. (1781). *Critik der reinen Vernunft*. Riga, LVA: Hartknoch.
- Karafyllis, N. (2012). Nachwachsende Rohstoffe als Modellfall der Agrarethik. In U. Meier (Hrsg.), *Agrarethik. Landwirtschaft mit Zukunft*. (S. 43–66). Clenze: Agrimedia.

- Karisan, D. & Zeidler, D. (2016). Contextualization of Nature of Science Within the Socioscientific Issues Framework: A Review of Research. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(2), 139–152.
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion - eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. (S. 93–104). Heidelberg: Springer.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschafts-didaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Kegan, R. (1994). *In Over Our Heads- The Mental Demands of Modern Life*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kelava, A. & Moosbrugger, H. (2012). Deskriptivstatistische Evaluation von Items (Itemanalyse) und Testwertverteilungen. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. (2. Aufl., S. 75–102). Berlin: Springer.
- Khishfe, R. (2008). The Development of Seventh Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 470–496.
- Khishfe, R. (2012). Nature of Science and Decision-Making. *International Journal of Science Education*, 34(1), 67–100.
- Khishfe, R. (2014). Explicit Nature of Science and Argumentation Instruction in the Context of Socioscientific Issues: An effect on student learning and transfer. *International Journal of Science Education*, 36(6), 974–1016.
- Khishfe, R. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of Explicit and Reflective versus Implicit Inquiry-Oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551–578.
- Khishfe, R., Alshaya, F., BouJaoude, S., Mansour, N. & Alrudiyan, K. (2017). Students' understandings of nature of science and their arguments in the context of four socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 39(3), 299–334.
- Khishfe, R. & Lederman, N. (2006). Teaching Nature of Science within a Controversial Topic: Integrated versus Nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395–418.
- King, P. & Kitchener, K. (1994). *Developing Reflective Judgement: Understanding and Promoting Intellectual Growth and Critical Thinking in Adolescents and Adults*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- King, P. & Kitchener, K. (2002). The Reflective Judgement Model: Twenty Years of Research on Epistemic Cognition. In B. Hofer & K. Kitchener (Hrsg.), *Personal Epistemology. The Psychology of Beliefs About Knowledge and Knowing*. (S. 37–62). New York, NY: Routledge.

- Kirschner, P. (2002). Cognitive load theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and Instruction, 12*, 1–10.
- Klauer, K. (1973). *Das Experiment in der pädagogisch-psychologischen Forschung*. (D. (Rost, Hrsg.). Düsseldorf (Münster): Schwann (Reprint: Waxmann).
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H. & Vollmer, H. (2003). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise. DIPF, BMBF. Berlin.
- Klieme, E. & Leutner, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Beschreibung eines neu eingerichteten Schwerpunktprogramms der DFG. *Zeitschrift für Pädagogik, 52*(6), 876–903.
- Klieme, E., Maag-Merki, K. & Hartig, J. (2007). Kompetenzbegriff und Bedeutung von Kompetenzen im Bildungswesen. In J. Hartig & E. Klieme (Hrsg.), *Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik*. (S. 5–16). Bonn: BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Klimczak, M., Kampa, M., Bürgermeister, A., Harks, B., Rakoczy, K., Besser, M., Klieme, E., Blum, W. & Leiss, D. (2012). *Dokumentation der Befragungsinstrumente der Interventionsstudie im Projekt 'Conditions and Consequences of Classroom Assessment' (Co2CA)*. Frankfurt a.M.: DIPF. Zugriff unter http://www.pedocs.de/volltexte/2016/12119/pdf/Klinczak_et_al_2012_Dokumentation_der_Befragungsinstrumente.pdf
- Klopfer, L. & Cooley, W. (1963). The History of Science Cases for High School in the Development of Student Understanding of Science and Scientists. A Report on the HOSC Instruction Project. *Journal of Research in Science Teaching, 1*, 33–47.
- KM. (2007). *Naturwissenschaften. Kerncurriculum für das Gymnasium Schuljahrgänge 5-10*. (N. Kultusministerium, Hrsg.).
- KMK. (2004). *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz. Erläuterungen zu Konzeption und Entwicklung*. (Kultusministerkonferenz, Hrsg.).
- Konjevic, N. & Yaman, D. (2014). *Nachwachsende Rohstoffe im BaSci-Schülerlabor - Entwicklung und Evaluation eines Unterrichtsmoduls*. (Magisterarb., University of Bremen, Bremen).
- Kowarik, I. (2003). Human agency in biological invasions: secondary releases foster naturalisation and population expansion of alien plant species. *Biological Invasions, 5*, 293–312.
- Krapp, A. (1992). Konzepte und Forschungsansätze zur Analyse des Zusammenhangs von Interesse, Lernen und Leistung. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung*. (S. 9–52). Münster: Aschendorff.

- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction, 12*, 383–409.
- Krapp, A. (2005). Basic needs and the development of interest and intrinsic motivation orientations. *Learning and Instruction, 15*, 381–395.
- Kremer, K. (2010). *Die Natur der Wissenschaften verstehen - Untersuchungen zu Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I*. (Diss., Universität Kassel, Kassel).
- Kruse, A. & Denz, C. (2016). *Philosophie und Physik am außerschulischen Lernort. Konzepte zur Natur der Naturwissenschaften an Schule und Hochschule*. Wiesbaden: Springer.
- Kuhn, D. & Dean Jr., D. (2004). Connecting Scientific Reasoning and Causal Inference. *Journal of Cognition and Development, 5*(2), 261–288.
- Kuhn, D. & Weinstock, M. (2002). What Is Epistemological Thinking and Why Does It Matter? In B. Hofer & P. Pintrich (Hrsg.), *Personal Epistemology. The Psychology of Beliefs About Knowledge and Knowing*. (S. 120–144). New York, NY: Routledge.
- Lana, R. (1969). Pretest Sensitization. In R. Rosenthal & R. Rosnow (Hrsg.), *Artifact in Behavioral Research*. (S. 121–146). New York, NY: Academic Press.
- Landis, R. & Koch, G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics, 33*(1), 159–174.
- Leach, J., Hind, A. & Ryder, J. (2003). Designing and Evaluating Short Teaching Interventions About the Epistemology of Science in High School Classrooms. *Science Education, 87*, 831–848.
- Leach, J. & Scott, P. (2002). Designing and Evaluating Science Teaching Sequences: An Approach Drawing upon the Concept of Learning Demand and a Social Constructivist Perspective on Learning. *Studies in Science Education, 38*(1), 115–142.
- Lederman, N. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Avoiding De-Natured Science: Activities that Promote Understandings of the Nature of Science. In W. McComas (Hrsg.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. (S. 83–126). New York, NY: Kluwer.
- Lederman, N. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(4), 331–359.
- Lederman, N. (2006). Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. In L. Flick & N. Lederman (Hrsg.), *Scientific Inquiry and Nature of Science. Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education*. (S. 301–317). Dordrecht, NL: Springer.
- Lederman, N. (2007). Nature of Science: Past, Present and Future. In S. Abell & N. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education*. (S. 831–880). Mahawah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. & Schwartz, R. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521.
- Lederman, N., Antink, A. & Bartos, S. (2014). Nature of Science, Scientific Inquiry, and Socio-Scientific Issues Arising from Genetics: A Pathway to Developing a Scientifically Literate Citizenry. *Science and Education*, 23, 285–302.
- Lederman, N. & Zeidler, D. (1987). Science Teachers Conceptions of the Nature of Science: Do They Really Influence Teaching Behaviour? *Science Education*, 71(5), 721–734.
- LernortLabor. (2017). Schülerlaboratlas. Zugriff 14. Juli 2017 unter <http://www.schuelerlabor-atlas.de/home>
- Likert, R. (1932). A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, 22(140), 1–55.
- Loewenthal, M. (2001). *An Introduction to Psychological Tests and Scales*. (2. Aufl.). East Sussex, UK: Psychology Press.
- Lunetta, V., Hofstein, A. & Clough, M. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory and practice. In S. Abell & N. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education*. (S. 393–441). Mahawah, NJ: Lawre.
- Lüsebrink, I. & Grimminger, E. (2014). Fallorientierte Lehrer/innenausbildung evaluieren - Überlegungen zur Modellierung von unterrichtsbezogener Reflexionskompetenz. In I. Pieper, P. Frei, K. Hauenschild & B. Schmidt-Thieme (Hrsg.), *Was der Fall ist. Beiträge zur Fallarbeit in Bildungsforschung, Lehramtsstudium, Beruf und Ausbildung*. (S. 201–211). Wiesbaden: Springer.
- Mannheim, K. (1980). *Strukturen des Denkens*. (D. Kettler, M. Volker & N. Stehr, Hrsg.). Frankfurt a.M.: Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft.
- Matthews, M. (2002). Foreword and Introduction. In W. McComas (Hrsg.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. (S. 11–21). New York, NY: Kluwer.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. (S. 177–186). Berlin: Springer.
- Mayer, J. & Ziemek, H. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 30(317), 4–12.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. (12. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- McComas, W. (1993). The Effects of an Intensive Summer Laboratory Internship on Secondary Students' Understanding of the Nature of Science as Measured by the Test on Understanding of Science (TOUS). In *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Atlanta, GA.

- McComas, W. (2002). The Principal Elements of the Nature of Science: Dispelling the Myths. In W. McComas (Hrsg.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. (S. 53–70). New York, NY: Kluwer.
- McComas, W., Almazroa, H. & Clough, M. (1998). The Nature of Science in Science Education: An Introduction. *Science & Education*, 7, 511–532.
- McComas, W., Clough, M. & Almazroa, H. (2002). The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. In W. McComas (Hrsg.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. (S. 3–40). New York, NY: Kluwer.
- McComas, W. & Olson, J. (2002). The Nature of Science in international science education standards documents. In W. McComas (Hrsg.), *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. (S. 41–52). New York, NY: Kluwer.
- Meichtry, Y. (1992). Influencing student understanding of the nature of science: Data from a case of curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 389–407.
- Meijer, I., Mejlgaard, N., Lindner, R., Woolley, R., Rafols, I., Griesler, E., Wroblewski, A., Buehrer, S., Stilgoe, J., Tsipouri, L., Maroulis, N. & Peter, V. (2016). Monitoring the Evolution and Benefits of Responsible Research and Innovation (MoRRI) - a preliminary framework for RRI dimensions & indicators. OECD Blue Sky Forum.
- Mendel, G. (1911). *Versuche über Pflanzenhybriden. Zwei Abhandlungen. (1866 und 1870)*. (2. Aufl.) (E. Tschermak, Hrsg.). Leipzig: Wilhelm Engelmann.
- Merriënboer, J. v. (1999). Cognition and Multimedia Design for Complex Learning. given at the public acceptance of the professorship in Educational Technology at the Open University of the Netherlands. Zugriff 10. November 2018 unter <http://dspace.ou.nl/bitstream/1820/1615/1/Jeroen%5C%20van%5C%20Merriënboer%5C%20oratie.pdf>
- Mesci, G. & Schwartz, R. (2017). Changing Preservice Science Teachers' Views of Nature of Science: Why Some Conceptions May be More Easily Altered than Others. *Research in Science Education*, 47(2), 329–351.
- Michel, F., Dienstbier, L., Tilly, M. & Beinlich, B. (2010). Untersuchungen zu Flusskrebsvorkommen im Kreis Höxter. *Beiträge zur Naturkunde zwischen Egge und Weser*, 22, 19–26.
- Minnameier, G. (2000). Die Genese komplexer kognitiver Strukturen im Kontext von Wissenserwerb und Wissensanwendung. In G. Neuweg (Hrsg.), *Wissen - Können - Reflexion. Ausgewählte Verhältnisbestimmungen*. (S. 131–154). Innsbruck: Studienverlag.
- Mitchell, M. (1993). Situational Interest: Its multifaceted Structure in the Secondary Mathematics Classroom. *Journal of Educational Psychology*, 85(3), 424–436.
- Moss, D. (2001). Examining student conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 23(8), 771–790.

- Moss, D., Abrams, E. & Kull, J. (1998). Describing students conceptions of the nature of science over an entire school year. In *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. San Diego, CA.
- Mossig, I. (2012). Stichproben, Stichprobenauswahlverfahren und Berechnung des minimal erforderlichen Stichprobenumfangs. *Beiträge zur Wirtschaftsgeographie und Regionalentwicklung*, 1, 1–27.
- Mummendey, H. & Grau, I. (2014). *Die Fragebogen-Methode*. (6. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Nachtigall, C. & Suhl, U. (2002). Der Regressionseffekt. Mythos und Wirklichkeit. *metheval*, 4(2), 1–9.
- Nagel, T. (1974). What Is It Like to Be a Bat? *The Philosophical Review*, 83(4), 435–450.
- Neozoen, A. (1996). „Stuttgarter Thesen“ zur Neozoen-Thematik. In S. Kinzelbach & H. Schmidt-Fischer (Hrsg.), *Gebietsfremde Tierarten - Auswirkungen auf einheimische Arten, Lebensgemeinschaften und Biotope. - Situationsanalyse*. (S. 311–312). Landsberg: ecomed.
- Neumann, I. & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen - Ähnlichkeiten und Unterschiede. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 209–232.
- Neuweg, H. (2004). Tacit knowing and implicit learning. In M. Fischer, N. Boreham & B. Nyhan (Hrsg.), *European perspective on learning at work. The acquisition of work process knowledge*. (S. 130–147). Luxembourg: Cedefop.
- Nohl, A.-M. (2012). Dokumentarische Methode. In K.-P. Horn, H. Kemnitz, W. Marotzki & U. Sandfuchs (Hrsg.), *Klinkhardt Lexikon Erziehungswissenschaft. Aa, Karl von der - Gruppenprozesse*. (S. 281–283). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- NRC. (1996). *National Science Education Standards. Observe, Interact, Change, Learn*. Washington, DC: National Research Council.
- NRC. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. (S. Olsen & S. Loucks-Horsley, Hrsg.). Washington, DC: National Research Council.
- Nunnally, J. & Bernstein, I. (1994). *Psychometric Theory*. (3. Aufl.). New York, NY: McGraw-Hill.
- OECD. (2007). *Pisa 2006 - Schulleistungen im internationalen Vergleich. Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen*. Bielefeld: Bertelsmann.
- Ohlsson, S. (1995). Learning to do and learning to understand: A lesson and a challenge for cognitive modeling. In P. Reimann & H. Spada (Hrsg.), *Learning in humans and machines*. (S. 37–62). Oxford, UK: Elsevier.
- Oidtmann, B. & Hoffmann, R. (1998). Die Krebspest. *Stapfia*, 58(137), 187–196.
- Orne, M. (1969). Demand Characteristics and the Concept of Quasi-Controls. In R. Rosenthal & R. Rosnow (Hrsg.), *Artifact in Behavioral Research*. (S. 147–181). New York, NY: Academic Press.

- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What „Ideas-about-Science“ Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720.
- Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe*. (Diss., Christian-Albrechts-Universität, Kiel).
- Peters, H., Heinrichs, H., Jung, A., Kallfass, M. & Petersen, I. (2008). Media-ization of Science as a Prerequisite of Its Legitimization and Political Relevance. In D. Cheng, M. Claessens, T. Gascoigne, J. Metcalfe, B. Schiele & S. Shi (Hrsg.), *Communicating Science in Social Contexts. New models, new practices*. (S. 71–92). New York, NY: Springer.
- Pfaff, N. & Bohnsack, R. (2010). Die dokumentarische Methode: Interpretation von Gruppendiskussionen und Interviews. *EEO. Enzyklopaedie Erziehungswissenschaft Online*.
- Polanyi, M. (1985). *Implizites Wissen*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft.
- Popper, K. (1970). Normal Science and its dangers. In I. Lakatos & A. Musgrave (Hrsg.), *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Pott, R., de la Torre, W. & Hüppe, J. (2003). *Die Kanarischen Inseln. Natur- und Kulturlandschaften*. Stuttgart: Ulmer.
- Prenzel, M. (1992). Selective persistence of interest. In K. Renninger, S. Hidi & A. Krapp (Hrsg.), *The role of interest in learning and development*. (S. 71–98). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Prenzel, M., Rost, J., Senkbeil, J., Häußler, P. & Klopp, A. (2001). Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse. In J. Baumert, E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider, P. Stranat, K.-J. Tillmann & M. Weiß (Hrsg.), *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. (S. 192–250). Opladen: Leske+Budrich.
- Przyborski, A. (2004). *Gesprächsanalyse und dokumentarische Methode. Qualitative Auswertung von Gesprächen, Gruppendiskussionen und anderen Diskursen*. Wiesbaden: VS Verlag.
- Przyborski, A. & Wohlrab-Sahr, M. (2014). *Qualitative Sozialforschung. Ein Arbeitsbuch*. (4. Aufl.). München: Oldenbourg.
- Raithel, J. (2008). *Quantitative Forschung. Ein Praxiskurs*. (2. Aufl.). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Rittel, H. & Webber, M. (1973). Dilemmas in a General Theory of Planning. *Policy Sciences*, 4, 155–169.
- Rosenthal, R. (1969). Interpersonal Expectations: Effects of the Experimenter's Hypothesis. In R. Rosenthal & R. Rosnow (Hrsg.), *Artifact in Behavioral Research*. (S. 182–279). New York, NY: Academic Press.

- Rosenthal, R. & Rosnow, R. (Hrsg.). (1969a). *Artifact in Behavioral Research*. New York, NY.
- Rosenthal, R. & Rosnow, R. (1969b). The Volunteer Subject. In R. Rosenthal & R. Rosnow (Hrsg.), *Artifact in Behavioral Research*. (S. 61–120). New York, NY: Academic Press.
- Roth, G. (1996). *Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen*. Berlin: Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft.
- Rusch, G. (1992). Auffassen, Begreifen und Verstehen. Neue Überlegungen zu einer konstruktivistischen Theorie des Verstehens. In S. Schmidt (Hrsg.), *Kognition und Gesellschaft. Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus 2*. (S. 214–256). Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Ryan, R. & Deci, E. (2000). Authors' Response. The Darker and Brighter Sides of Human Existence: Basic Psychological Needs as a Unifying Concept. *Psychological Inquiry*, 11(4), 319–338.
- Sadler, T., Romine, W. & Topçu, M. (2016). Learning Science content through socio-scientific issues-based instruction: a multilevel assessment study. *International Journal of Science Education*, 38(10), 1622–1635.
- Saitta, L., Neri, F., Bajo, M., Cañas, J., Chaiklin, S., Esposito, F., Kayser, D., Nédellec, C., Sabah, G., Tiberghien, A., Vergnaud, G. & Vosniadou, S. (1995). Knowledge Representation Changes in Humans and Machines. In P. Reiman & H. Spada (Hrsg.), *Learning in Humans and Machines. Towards an Interdisciplinary Learning Science*. (S. 109–129). Oxford, UK: Elsevier.
- Säljö, R. (1995). Mental and Physical Artifacts in Cognitive Practice. In P. Reiman & H. Spada (Hrsg.), *Learning in Humans and Machines. Towards an Interdisciplinary Learning Science*. (S. 83–96). Oxford, UK: Elsevier.
- Sälzer, C. & Reiss, K. (2016). PISA 2015 - die aktuelle Studie. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. (S. 13–44). Münster: Waxmann.
- SBW. (2006). *Naturwissenschaften, Biologie - Chemie - Physik. Bildungsplan für das Gymnasium Jahrgangsstufe 5-10*. (S. für Bildung und Wissenschaft Bremen, Hrsg.). Bremen.
- SBW. (2010). *Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik. Bildungsplan für die Oberschule*. (S. für Bildung und Wissenschaft Bremen, Hrsg.). Bremen.
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12(1), 45–66.
- Schiefele, U. (1991). Interest, learning and motivation. *Educational Psychologist*, 26(2/3), 299–323.

- Schiefele, U. (2000). Befunde - Fortschritte - neue Fragen. In U. Schiefele & K.-P. Wild (Hrsg.), *Interesse und Lernmotivation. Untersuchungen zu Entwicklung, Förderung und Wirkung*. (S. 227–241). Münster: Waxmann.
- Schiefele, U. (2001). The role of interest in motivation and learning. In S. Messick & J. Collins (Hrsg.), *Intelligence and personality*. (S. 177–214). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Schiele, B. (2008). On and about the Deficit Model in an Age of Free Flow. In D. Cheng, M. Claessens, T. Gascoigne, J. Metcalfe, B. Schiele & S. Shi (Hrsg.), *Communicating Science in Social Contexts. New models, new practices*. (S. 93–118). Springer.
- Schiepe-Tiska, A., Rönnebeck, S., Schöps, K., Neumann, K., Schmidtner, S., Parchmann, I. & Prenzel, M. (2016). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2015 - Ergebnisse des internationalen Vergleichs mit einem modifizierten Testansatz. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. (S. 45–98). Münster: Waxmann.
- Schmidt, S. (1992). Radikaler Konstruktivismus. Forschungsperspektiven für die 90er Jahre. In S. Schmidt (Hrsg.), *Kognition und Gesellschaft. Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus 2*. (S. 7–23). Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Schön, D. (1987). *Educating the Reflective Practitioner. Toward a New Design for Teaching and Learning in the Professions*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Schwab, J. (1958). The Teaching of Science as Inquiry. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 14(9), 374–379.
- Schwartz, R. & Lederman, N. (2002). “It’s the Nature of the Beast“: The Influence of Knowledge and Intentions on Learning and Teaching Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205–236.
- Schwartz, R., Lederman, N. & Lederman, J. (2008). An Instrument To Assess Views Of Scientific Inquiry: The VOSI Questionnaire. presented at National Association for Research in Science Teaching (Narst).
- Schwegler, H. (1992). Konstruierte Wissenschaftswelten. Die Erfahrungen eines Physikers. In S. Schmidt (Hrsg.), *Kognition und Gesellschaft. Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus 2*. (S. 257–276). Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Shapiro, A. (1960). A contribution to a history of the placebo effect. *Behavioral Sciences*, 5(2), 109–135.
- Siegel, H. (1989). The Rationality of Science, Critical Thinking, and Science Education. *Synthese*, 80(1), 9–41.
- Skinner, B. (1948). “Superstition“ in the pigeon. *Journal of Experimental Psychology*, 38, 168–272.
- Solomon, J., Scott, L. & Duveen, J. (1996). Large-scale exploration of pupils’ understanding of the nature of science. *Science Education*, 80, 493–508.

- Songer, N. & Linn, M. (1991). How Do Students Views of Science Influence Knowledge Integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 761–784.
- Lexikon der Biologie. (1999). <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/>. Heidelberg.
- Spörhase, U. (2012). Was soll Biologiedidaktik leisten? In U. Spörhase (Hrsg.), *Biologiedidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (7. Aufl., S. 10–24). Berlin: Cornelsen.
- Steinke, I. (1999). *Kriterien qualitativer Forschung: Ansätze zur Bewertung qualitativ-empirischer Sozialforschung*. Weinheim: Juventa.
- Strike, K. & Posner, G. (1992). A Revisionist Theory of Conceptual Change. In R. Duschl & R. Hamilton (Hrsg.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*. (S. 147–176). Albany, NY: Suny Press.
- Tala, S. & Vesterinen, V. (2015). Nature of Science Contextualized: Studying Nature of Science with Scientists. *Science and Education*, 24, 435–457.
- Tambolo, L. (2015). A tale of three theories: Feyerabend and Popper on progress and the aim of science. *Studies in History and Philosophy of Science*, 51, 33–41.
- Tomczak, M. & Tomczak, E. (2014). The need to report effect size estimates revisited. An overview of some recommended measures of effect size. *Trends in Sport Sciences*, 1(21), 19–25.
- Tourangeau, R., Rips, L. & Rasinski, K. (2000). *The Psychology of Survey Response*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Trench, B. (2008). Towards an Analytical Framework of Science Communication Models. In D. Cheng, M. Claessens, T. Gascoigne, J. Metcalfe, B. Schiele & S. Shi (Hrsg.), *Communicating Science in Social Contexts. New models, new practices*. (S. 119–135). Springer.
- Tyson, L., Venville, G., Harrison, A. & Treagust, D. (1997). A Multidimensional Framework for Interpreting Conceptual Change Events in the Classroom. *Science Education*, 81, 387–404.
- Upmeier zu Belzen, A. & Vogt, H. (2001). Interessen und Nicht-Interessen bei Grundschulkindern. Theoretische Basis der Längsschnittstudie PEIG. *Biologie Lehren und Lernen - Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 10, 17–31.
- Urhahne, D., Kremer, K. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. *Unterrichtswissenschaft*, 36(1), 71–93.
- von Hauff, M. (2014). *Nachhaltige Entwicklung. Grundlagen und Umsetzung*. (2. Aufl.). München: De Gruyter.
- Vosniadou, S. (1995). A Cognitive Psychological Approach to Learning. In P. Reiman & H. Spada (Hrsg.), *Learning in Humans and Machines. Towards an Interdisciplinary Learning Science*. (S. 23–36). Oxford, UK: Elsevier.

- Vygotsky, L. (1981). The genesis of higher mental functions. In J. Wertsch (Hrsg.), *The concept of activity in Soviet psychology*. (S. 144–188). Armonk, NY: Sharpe.
- Weinert, F. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen*. (S. 17–31). Weinheim: Beltz.
- White, B., Shimoda, T. & Frederiksen, J. (1999). Enabling Students to Construct Theories of Collaborative Inquiry and Reflective Learning: Computer Support for Metacognitive Development. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10, 151–182.
- Wickström, G. & Bendix, T. (2000). The „Hawthorne effect“ - what did the original Hawthorne studie actually show? *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 26(4), 363–367.
- Wiltsche, H. (2013). *Einführung in die Wissenschaftstheorie*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Zürich, U. (2016). Methodenberatung Datenanalyse. Zugriff unter <http://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse/>.html

Anhang

Inhalt

Leitfaden zur Modulerstellung	S. 249
Leitfaden zur Modulbetreuung	S. 250
Das <i>RC</i> - Moderationsleitfaden	S. 252
Eingesetzter Fragebogen	S. 258
Itemkatalog	S. 262
Strukturierte Inhaltsanalyse	S. 267
Dokumentarische Analyse	S. 274

Leitfaden zur Modulerstellung

1. Kontext: Jedes Modulthema ist in einen Kontext gebettet, der den Schülerinnen und Schülern Orientierung und Anbindung an die Lebenswelt ermöglicht. Zugleich soll der Kontext ein Problem aufwerfen, in dessen Lösungsprozess verschiedene fachwissenschaftliche und die Natur der Wissenschaften betreffende Erkenntnisse gewonnen werden. Die Bearbeitung des Problems wird in einem Forscherkongress beendet, in dem die Erkenntnisse kontextbezogen diskutiert werden.
2. Kompetenzen: Die Module werden nach den IBSE-Kriterien zum forschenden Lernen gestaltet, d.h. die Lernenden entwickeln Forschungsfragen und Hypothesen, planen Untersuchungen und werten diese aus, kommunizieren und reflektieren sie. Der Offenheitsgrad der einzelnen Kompetenzbereiche richtet sich nach inhaltlichen, lerngruppenspezifischen und organisatorischen Anforderungen.
3. Wissenschaftsverständnis: Durch die Bearbeitung des Problems werden die Schülerinnen und Schüler an verschiedene Bereiche des wissenschaftlichen Arbeitens herangeführt, wobei nicht alle Aspekte berücksichtigt werden müssen und können.
 - Beweglichkeit naturwissenschaftlichen Wissens (Kremer: Sicherheit/-Entwicklung, Lederman: Tentativeness),
 - Beweiskraft naturwissenschaftlichen Wissens (Kremer: Rechtfertigung, Lederman: Justification/Community of practice),
 - Subjektiver Charakter naturwissenschaftlichen Wissens und Arbeitens (Kremer: Subjektivität/Kreativität, Lederman: Multiple

methods of scientific investigation/Distinctions between data and evidence/Community of practice)

- Grenzen wissenschaftlichen Wissens und Arbeitens (Kremer: Rechtfertigung/Entwicklung, Lederman: Justification)
 - Ziele naturwissenschaftlichen Arbeitens (Kremer: Zweck, Lederman: Multiple purposes of scientific investigation)
4. Assessment: Die Lernenden geben ihre Einschätzungen zum Problem in den Forscherkongress und argumentieren auf Basis 1. ihres Verständnisses von Naturwissenschaften, 2. ihres Verständnisses des Problems und 3. ihren subjektiven Überzeugungen dem Thema gegenüber.

Argumentationsstruktur: Die Lernenden bekommen das Ziel (Interessen der Gruppe vertreten) vorgegeben, das übrige Vorgehen kann mittels verschiedener Methoden als Hilfestellungen unterstützt werden. Hierzu zählen Argumentsammlungen und -sortierungen, Gewichtungshilfen, betreuerische Unterstützung beim Finden der Argumente, Hilfen und Tipps zur Diskussion, Argumentationshilfe nach Toulmin (1969).

Leitfaden zur Modulbetreuung

1. Wissenschaftsverständnis
 - a) Nature of Science/ Die Natur der Naturwissenschaften: Das naturwissenschaftliche Wissen besteht aus Theorien, die so einfach wie möglich einen Sachverhalt erklären. Sie sind vom Forscher aus beobachteten oder manipulierten Gegebenheiten abgeleitet.

Naturwissenschaftliche Theorien sind vorläufig, sie sind keine Gesetze und vor allem keine Wahrheiten. Sie gelten, bis Ergebnisse nicht mehr mit ihnen vereinbar sind oder eine einfachere Theorie entwickelt wurde. Manchmal können mehrere unterschiedliche Theorien gleichzeitig gelten.

Forschung hat viele verschiedene Ziele und Zwecke: Probleme lösen, Entdeckungen machen, Dinge erklären, Zusammenhänge aufdecken usw. usf.

Auch für Forschung werden Kreativität und Einfallsreichtum benötigt, z.B. um ein Experiment zu entwickeln oder aus den Ergebnissen eine Theorie zu erschaffen. Diese Personeneigenschaften und weitere (Geschlecht, Religiosität, Interessen, Fachwissen, Motivation, Intelligenz, Gesellschaftszugehörigkeit usw.) beeinflussen sowohl die Richtung von Forschung als auch die Interpretationen und Schlussfolgerungen aus Ergebnissen.
 - b) Nature of scientific Inquiry/ Die Natur des wissenschaftlichen Arbeitens: Hypothesen und Theorien können niemals wirklich bewiesen,

sondern immer nur falsifiziert werden. Aber je mehr Ergebnisse aus je mehr Experimenten zu einer Theorie oder Hypothese passen, desto wahrscheinlicher wird sie = die Beweiskraft nimmt zu. Sorgfältig muss zwischen Daten und Belegen unterschieden werden. Erstere werden erhoben, gemessen, gezählt usw. Aus ihnen können Rückschlüsse gezogen werden, die dann als Beleg für oder gegen eine Theorie benutzt werden können. Unterschiedliche Wissenschaftler können aus denselben Daten unterschiedliche Schlüsse ziehen!! Forschung benötigt Forschungsfragen und logisches Vorgehen nach den Regeln der jeweiligen Wissenschaft, damit Schlussfolgerungen gezogen und verglichen werden können.

- c) Häufige Fehlvorstellungen bei Lernenden
- Naturwissenschaften wollen vor allem anderen die Welt kategorisieren und benennen.
 - Wissenschaftliches Wissen ist wahr und bewiesen.
 - Wissenschaftler sind objektiv bzw. die Daten sprechen für sich selbst.
 - Ein Experimentergebnis zeigt die Wahrheit an.

2. Betreuung während des Moduls

- a) Mache Dich vertraut mit der Station, die Du betreust.
- b) Stell Dich vor und begrüße die Lernenden, wenn sie an Deine Station kommen. Sollten sie nicht wissen, was sie tun sollen, verweise auf das Laborbuch.
- Im besten Fall beginnen die Lernenden, sich umzuschauen und zu überlegen, wie die Station ihnen nutzen kann. Dann formulieren sie eine Frage und mögliche Antworten.
 - Sollten sie das nicht tun, bitte sie darum, o.g. zu tun. „Was könnten eure Auftraggeber hier erfahren wollen?“ ist das Beispiel einer Impulsfrage dazu.
- c) Nun beginnen die Lernenden, zu experimentieren oder zu recherchieren. Hilfestellungen werden in dieser Reihenfolge gegeben: 1. Frage an die Gruppe geben, 2. Auf die Hilfskarten verweisen, 3. Hinweise geben.
- d) Nur bei groben Fehlern (Sicherheitsgefährdung, Experiment schlägt sonst in jedem Fall fehl) sollte eingeschritten werden. Bitte behutsam als Berater vorgehen, nicht als „Richter“.
- e) Wenn Zeit dazu übrig ist, schlage die Wiederholung des Experiments und damit sicherere Ergebnisse vor.

- f) Nachdem eine Station bearbeitet wurde, ziehen die Lernenden aus den Ergebnissen Schlussfolgerungen/ Antworten für ihre Fragen und leiten evtl. Argumente für den Forscherkongress ab. Sollten sie das nicht tun, fordere sie mit „Und wie helfen euch eure Erkenntnisse/ Ergebnisse?“ oder ähnlichem dazu auf.
3. „Assistance dilemma“ Die Schüler sollen so unabhängig und selbständig wie möglich arbeiten. Achte bitte darauf, nicht zu viel zu tun. Auf keinen Fall führst Du Experimente für sie durch oder notierst Ergebnisse für sie. Lass dich nicht als Lexikon missbrauchen. Was die Schüler wissen können und müssen, steckt im Material.
- Als Tutor bist du nicht „Überwacher“ oder „Beurteiler“, sondern Berater. Versuche, in dieser Rolle zu bleiben, damit die Schüler nicht verunsichert werden.

Das *Reflexionscafé* - Moderationsleitfaden

1. Ziele: Die Lernenden sollen
 - ihre eigenen Erfahrungen innerhalb eines „gefahrlosen“ Umfeldes verbalisieren.
 - ihre Tätigkeiten abstrahieren, verallgemeinern, mit Zielen, Gesellschaft, Person etc. in Beziehung setzen → reflektieren.
 - ihre Ansichten, Meinungen usw. mit denen der anderen vergleichen, Unterschiede feststellen und diskutieren.
2. Ablauf:
 - a) Runde 1: SuS schreiben ein paar Minuten, still, damit nicht alle dasselbe aufschreiben. Dann sprechen alle darüber.
 - b) Runde 2 und 3: SuS lesen Texte ihrer Vorgänger und schreiben Eigenes oder kommentieren. Dann sprechen alle darüber.
 - c) Runde 4: SuS sitzen am Ausgangstisch, lesen die erweiterten, kommentierten Texte. Dann teilen sie sich gegenseitig mit, was zu ihren Aussagen dazugekommen ist und sprechen darüber.

1. Welche Vorgehensweisen naturwissenschaftlichen Forschens habt ihr heute angewendet und wozu?

Ziele:

- Austausch von Erfahrungen bei den verschiedenen Tätigkeiten im Schülerlabor: Fragen stellen, Hypothesen formulieren, Daten sammeln/ auswerten/ interpretieren, Ergebnisse kommunizieren

-
- Vergleich von Lernerfahrungen kleingruppenübergreifend

hohes Niveau	Diskussion über Schwierigkeiten bei den Tätigkeiten, Genauigkeit/ Verlässlichkeit der Ergebnisse, Beantwortung der Hypothese, Aussagekraft; Diskussion über Subjektivität und den Zwang, sich in der Gruppe auf eine Deutung einigen zu müssen.
	→ Kein Eingreifen, kein externer Input, auch keine wertende Bestätigung → Zusammenfassen und ggf. auf den Punkt bringen (Moderation) erlaubt
mittleres Niveau	Aufzählen der benutzten Methoden naturwissenschaftlichen Arbeitens; Begründung des Vorgehens
	→ durch gezielte Fragen im Gesprächsverlauf versuchen, SuS auf die Bewertungsebene zu bringen, z.B. „Traust du den Ergebnissen der Raps-Gruppe? Traust du euren Ergebnissen?“, „Wie war denn euer Plan, nach dem ihr vorgegangen seid? War es der einzig richtige/ logische Weg?“ → kein externer Input, auch keine wertende Bestätigung → Zusammenfassen und ggf. auf den Punkt bringen (Moderation) erlaubt
naives Niveau	Aufzählen von z.B. Messmethoden und Verbleiben auf der Hands-on-Ebene; Fehlerdiskussionen etc. ohne theoretische Begründungsversuche
	→ durch gezielte Fragen versuchen, SuS auf die Minds-on-Ebene zu bringen, z.B. „Ihr habt ja nicht wild in der Gegend herum experimentiert. Was war euer Ziel? Stand euer Ergebnis irgendwo geschrieben oder was musstet ihr alles machen?“ → Input, Zusammenfassen, auf den Punkt bringen/ „Übersetzung“ der Äußerungen auf nächste Abstraktionsebene erlaubt (Ihr seid mit eurem Plan einer Forschungsfrage nachgegangen/ ihr habt ja Bekräftigungen für eure Hypothese gesucht etc.)

Bereiche von NOS/I (Schwartz, Lederman & Lederman, 2008)

- a) Scientific questions guide investigation
- d) Justification of scientific knowledge
- e) Recognition and handling of anomalous data

Bereiche von Wissenschaftsverständnis (Kremer, 2010)

1. Herkunft des Wissens
2. Sicherheit des Wissens
3. Entwicklung des Wissens

2. Welche Ziele hatte das Naturwissenschaftliche Arbeiten heute und hat es generell?

Ziele:

- Austausch über Fragestellung und Ziel des bearbeiteten Moduls (Ist mein Rohstoff geeignet? Untersuchung von Zusammenhang Boden-Klima-Nutzen-Ökonomie und Pflanze)
- Austausch über Ziele der naturwissenschaftlichen Arbeit (Phänomene, Ereignisse, Sachverhalte erklären, Lösungen für (gesellschaftliche) Probleme finden, Beziehungen feststellen, tieferliegende Gesetzmäßigkeiten finden/ Umwelt ordnen, Vorhersagen treffen können)
- Vergleich von subjektiven Wahrnehmungen zu Ziel und Thema generell kleingruppenübergreifend

<p>hohes Niveau</p>	<p>Diskussion über tatsächliches Erreichen der Ziele und was noch hätte getan werden können (Einbezug weiterer Informationen, mehr/ andere Versuche, Marktanalysen etc.); Diskussion über Nutzen der Naturwissenschaften für die Gesellschaft (Umweltproblematik durch Wissenschaften verursacht?); Diskussion über Vorgehen in den Naturwissenschaften, „Überwachung“ von Ergebnissen, Standards.</p> <p>→ Kein Eingreifen, kein externer Input, auch keine wertende Bestätigung → Zusammenfassen und ggf. auf den Punkt bringen (Moderation) erlaubt</p>
<p>mittleres Niveau</p>	<p>Nennen der abstrakten Ziele und mit welchen Schritten (Belege sammeln, Möglichkeiten ausschließen, Fakten gewichten usw.) sie erreicht wurden; Nennen weiterer Ziele von Naturwissenschaften.</p> <p>→ durch gezielte Fragen im Gesprächsverlauf versuchen, SuS auf die Bewertungsebene zu bringen, z.B. „Wurde das Ziel wirklich erreicht? Was hätte noch getan werden können/ müssen? Wie müsste die Forschung noch weiter gehen“ oder „Welche Ziele sollten eurer Meinung nach verfolgt werden?“ → kein externer Input, auch keine wertende Bestätigung → Zusammenfassen und ggf. auf den Punkt bringen (Moderation) erlaubt</p>

naives Niveau	Nennen des konkreten Ziels des Moduls (den Bauern beraten), Verbleiben auf der Hands-on-Ebene; Nennung diffuser Ziele wie „Gesellschaft verbessern“ oder „mehr Wissen finden“
	→ durch gezielte Fragen versuchen, SuS auf die Minds-on-Ebene zu bringen, z.B. „Was genau wird von den Naturwissenschaften gemacht, um die Gesellschaft zu verbessern?“, „Was für Wissen, worüber, wozu?“ → Input, Zusammenfassen, auf den Punkt bringen/ „Übersetzung“ der Äußerungen auf nächste Abstraktionsebene erlaubt (Ihr habt hier also einen Sachverhalt auf verschiedene Zusammenhänge hin untersucht, Wissen über die Welt ist ja Wissen über bestimmte Phänomene, die man beobachtet oder Zusammenhänge und Veränderungen, die auftreten usw.)

Bereiche von NOS/I (Schwartz, Lederman & Lederman, 2008)	Bereiche von Wissenschaftsverständnis (Kremer, 2010)
a) Scientific questions guide investigation	2. Sicherheit des Wissens
c) Multiple purposes of scientific investigation	3. Entwicklung des Wissens
g) Community of practice	6. Zweck des Wissens

3. Wie subjektiv waren eure heutigen Erkenntnisse und sind wissenschaftliche Erkenntnisse generell?

Ziele:

- Austausch über Vorgehensweisen beim wissenschaftlichen Arbeiten, Methoden für größere Genauigkeit und Objektivität
- Austausch über den Unterschied zwischen Daten und Ergebnissen
- Austausch über Handhabung in der wissenschaftlichen Gemeinschaft

hohes Niveau	Diskussion über Subjektivität der Ergebnisse, der Bewertung der Ergebnisse, Abhängigkeit von Vorlieben und Umständen; Diskussion über Methoden, was noch selbst hätte getan werden müssen; Diskussion über die Verlässlichkeit der Ergebnisse anderer Gruppen, wie alles vertrauenerweckender hätte sein können; Diskussion über die Vorgabe des Rohstoffs und damit einhergehende Vorwertung der eigenen Ergebnisse.
-----------------	---

	<p>→ Kein Eingreifen, kein externer Input, auch keine wertende Bestätigung</p> <p>→ Zusammenfassen und ggf. auf den Punkt bringen (Moderation) erlaubt</p>
mittleres Niveau	<p>Nennen der Objektivität von verschiedenen Faktoren (Gründlichkeit, Fehlerlosigkeit, Dokumentation) bei den eigenen Ergebnissen; Nennen von Verfahrensweisen, die Objektivität erhöhen (Versuche wiederholen, nachprüfen, Logik untersuchen).</p> <p>→ durch gezielte Fragen im Gesprächsverlauf versuchen, SuS auf die Bewertungsebene zu bringen, z.B. „Habt ihr eure Ergebnisse objektiviert? Was hätte noch getan werden können/ müssen? Wie muss Forschung verfahren, um dieses Problem anzugehen?“ oder „Welche Rolle spielen eurer Meinung nach Religion, Staatszugehörigkeit oder Einfallsreichtum eines Forschers?“</p> <p>→ kein externer Input, auch keine wertende Bestätigung</p> <p>→ Zusammenfassen und ggf. auf den Punkt bringen (Moderation) erlaubt</p>
naives Niveau	<p>Nennung konkreter Probleme (Fehler bei der Experimentdurchführung); Verbleiben auf der Ansicht, dass das Ergebnis sich automatisch aus den Daten ableitet (alles von der Pflanze verwerten zu können ist automatisch besser, Effizienz/regionale/ zeitliche Gegebenheiten etc. werden ignoriert).</p> <p>→ durch gezielte Fragen versuchen, SuS auf die Mindson-Ebene zu bringen, z.B. „Ihr habt 3g Boden auf Nitrat untersucht und 10 ppm gefunden, eine andere Gruppe 300 ppm. Wie kann das sein? Was muss man mit diesem Ergebnis machen, damit es objektiver wird?“ oder „Ihr meint, es sei optimal, wenn alles von der Pflanze verwertet wird, andere sehen das nicht so.“, „Gab es Informationen, bei denen ihr euch nicht einig ward, ob es ein Argument für euren Rohstoff war?“</p> <p>→ Input, Zusammenfassen, auf den Punkt bringen/ „Übersetzung“ der Äußerungen auf nächste Abstraktionsebene erlaubt (Ihr habt also aus euren Daten dieses Ergebnis geschlussfolgert, habt euch auf eine Interpretationsweise geeinigt usw.)</p>

Bereiche von NOS/I (Schwartz, Lederman & Lederman, 2008) | Bereiche von Wissenschaftsverständnis (Kremer, 2010)

b) Multiple methods of scientific investigation	3. Entwicklung des Wissens
d) Justification of scientific knowledge	4. Rechtfertigung des Wissens
e) Recognition and handling of anomalous data	7. Kreativität von Naturwissenschaftlern
f) Distinction between data and evidence	
g) Community of practice	

Eingesetzter Fragebogen

Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Du besuchst heute ein Schülerlabor, das von der Biologiedidaktik der Universität Bremen betreut und untersucht wird. Das Ziel dieser Studie ist die Qualitätssicherung und Weiterentwicklung von außerschulischen Bildungseinrichtungen wie diesem Schülerlabor. Dafür brauchen wir Deine Hilfe. Bei den folgenden Fragen handelt es sich nicht um einen Test über Dein Wissen wie bei einer Klassenarbeit. Es gibt also keine falschen Antworten.

Bitte lies jede Frage sorgfältig durch und beantworte sie wahrheitsgemäß.

Mache ein Kreuz bzw. schreibe die Antworten auf die dafür vorgesehenen Zeilen.

Im Anschluss an den Besuch des Schülerlabors wirst Du nochmals befragt.

Alle Fragebögen bleiben anonym, aber die Fragebögen müssen eindeutig einander zugeordnet werden können. Dafür erhält jede befragte Person einen Erkennungscode.

Erstelle bitte zunächst Deinen Code (benutze bitte immer den gleichen):

Die ersten beiden Buchstaben des Vornamens Deiner Mutter:	In welchem Monat bist Du geboren (bitte einkreisen)?	In welchem Jahr bist Du geboren?	Du bist	Jetzige Klassenstufe (10, 11 etc.)
1. ___ 2. ___	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12	19 ____ oder 20 ____	<input type="checkbox"/> w(eiblich) <input type="checkbox"/> m(ännlich)	
Dein Alter:	Heutiges Datum:	Schule:		

Notiere den Code, bestehend aus den gewählten Ziffern und Buchstaben der grau unterlegten Felder, bitte auf einen der Klebestreifen vor Dir und bewahre ihn gut auf.

Für Rückfragen zu dieser Untersuchung stehen wir Dir gerne zur Verfügung.

Vielen Dank im Voraus für Deine Mithilfe!

Kevin Henning, Julia Birkholz
 Prof. Dr. Doris Elster
 Institut für Didaktik der Biologie
 Universität Bremen
 NW2 / Raum A 1300
 Tel.: 0049 421 218 63260

Bitte bewerte die folgenden Aussagen mit einem Kreuz. Das erste Kästchen entspricht völliger Ablehnung, das fünfte Kästen völliger Zustimmung.

		Stimmt gar nicht	Stimmt völlig
A. Individuelles Interesse						
1.	Biologie bringt mir Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Ich informiere mich mittels verschiedener Medien (wie TV, Handy, Zeitschriften, Internet, Bücher) über aktuelle Forschung und biologische Themen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Ich finde es wichtig, zu wissen, welche Auswirkungen vom Menschen verursachte Eingriffe in die Natur auf die Tiere und Pflanzen haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	In meiner Freizeit habe ich besseres zu tun, als über biologische Phänomene nachzudenken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Wenn ich Tiere beobachte, dann finde ich das sehr interessant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Wenn ich Organismen untersuchen kann, dann finde ich das sehr interessant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Ich finde es spannend, biologische Phänomene aufzuklären.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Experimente zu planen ist langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	Ich finde es interessant, mir aus Experiment-Ergebnissen eigene Theorien zu überlegen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	Ich setze mich häufig mit dem Thema <i>Nachhaltigkeit</i> auseinander.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B. Selbstkonzept						
11.	Experimente durchzuführen macht mir einfach keinen Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.	Es fällt mir leicht, Forschungsfragen auszudenken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.	Bei der Auswertung von Versuchsergebnissen bin ich oft unsicher.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.	Das Lernen biologischer Theorien fällt mir leicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15.	Wissenschaftliches Vorgehen mit all der Planung und dem Protokoll-Führen ist mir zu kompliziert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16.	Für Biologie habe ich einfach keine Begabung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.	Es fällt mir schwer, aus Experiment-Ergebnissen Theorien zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18.	Ich führe selbst gern Experimente durch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19.	Obwohl ich mir sicher Mühe gebe, fällt mir Biologie schwer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.	Experimente durchzuführen liegt mir ganz besonders.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21.	Hypothesen aufzustellen finde ich schwierig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22.	Ich diskutiere gern die möglichen Fehler fehlgeschlagener Experimente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23.	Wenn wir im Unterricht Experimente durchführen, nutze ich zur Erklärung meiner Ergebnisse auch die anderer Gruppen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C. Wissen über Wissenschaft						
24.	Auf naturwissenschaftliche Fragen gibt es nur eine Antwort, auch wenn unterschiedliche Wissenschaftler ihr nachgehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

		Stimmt gar nicht			Stimmt völlig
25	Naturwissenschaftler stellen Forschungsfragen, denen sie nachgehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26.	Naturwissenschaftler stimmen immer darin überein, was in ihrem Fach wahr ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27.	Naturwissenschaftliche Theorien werden verändert oder ersetzt, wenn neue Beweise vorliegen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28	Die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens hängt davon ab, wie einflussreich Naturwissenschaftler sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29.	Forschungsfragen helfen bei der Planung von Experimenten, aber sie sind nicht zwingend notwendig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30.	Gute Theorien stützen sich auf die Ergebnisse aus vielen verschiedenen Experimenten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31.	Das kreative Denken von Naturwissenschaftlern ist zu wenig vertrauenswürdig, um dadurch naturwissenschaftliche Fortschritte zu erzielen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32.	Durch neue Entdeckungen kann sich verändern, was Naturwissenschaftler für richtig halten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33.	Naturwissenschaftler sammeln <i>in erster Linie</i> Daten, um der Welt Ordnung zu geben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34.	Es ist wichtig, eine konkrete Vorstellung zu haben, bevor man mit einem Experiment beginnt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35.	Naturwissenschaftler führen Experimente durch, um neue Entdeckungen zu machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36.	Es gibt nur die eine Lösung, wenn Naturwissenschaftler einmal das Ergebnis eines Experiments gefunden haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37.	Es gibt manche Fragen in den Naturwissenschaften, die auch Naturwissenschaftler nicht beantworten können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38.	Im Verlauf einer Untersuchung können sich neue Forschungsfragen ergeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39.	Für Naturwissenschaftler sind Experimente mit nicht wiederholbaren Ergebnissen wertlos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40.	Naturwissenschaftler untersuchen Naturphänomene und liefern Erklärungen, warum diese auftreten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
41.	Modelle und Theorien werden aus Experiment-Ergebnissen abgeleitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
42.	Manchmal ändern Naturwissenschaftler ihre Meinung darüber, was in ihrem Fach wahr ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
43.	Es ist wichtig, Experimente mehr als einmal durchzuführen, um Ergebnisse abzusichern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44.	Naturwissenschaftler führen Experimente durch, um zu erklären, wie bestimmte Ereignisse zustande kommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
45.	Kreatives Denken verträgt sich nicht mit den auf Logik beruhenden Naturwissenschaften.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
46.	Naturwissenschaftler dürfen in Ergebnissen gefundene Theorien nicht verändern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
47.	In den Naturwissenschaften kann es mehrere Wege geben, um Vorstellungen zu überprüfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48.	In den Naturwissenschaften ist beinahe alles bekannt; es gibt nicht mehr viel, was man herausfinden könnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
49.	Die Ergebnisse und Theorien anderer werden von Naturwissenschaftlern nicht in Frage gestellt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fragebogensubskalen (Wissenschaftsverständnis)

Subskala und Items, entnommen aus Kremer, 2010 (S. 161-163).	Item, wie in der Studie verwendet.
SICHERHEIT DES WISSENS	Negativ formulierte Skala
Bewährte naturwissenschaftliche Theorien dürfen nicht in Frage gestellt werden. Naturwissenschaftliche Fragen haben genau eine Lösung.	Die Ergebnisse und Theorien anderer werden von Naturwissenschaftlern nicht in Frage gestellt. Auf naturwissenschaftliche Fragen gibt es nur eine Antwort, auch wenn unterschiedliche Wissenschaftler ihr nachgehen.
Naturwissenschaftler stimmen immer darin überein, was in ihrem Fach wahr ist.	Unverändert übernommen.
Das Beste an den Naturwissenschaften ist, dass viele Probleme nur eine richtige Lösung aufweisen.	Ausgelassen.
Das Wissen in den Naturwissenschaften ist für alle Zeit wahr.	Ausgelassen.

<p>In den Naturwissenschaften ist beinahe alles bekannt; es gibt nicht mehr viel, was man herausfinden könnte. Es gibt nur die eine Lösung, wenn Naturwissenschaftler einmal das Ergebnis eines Experiments gefunden haben.</p>	<p>Unverändert übernommen. Unverändert übernommen.</p>
<p>ENTWICKLUNG DES WISSENS</p> <p>Naturwissenschaftliche Theorien werden verändert oder ersetzt, wenn neue Beweise vorliegen. Manchmal verändern sich die Vorstellungen in den Naturwissenschaften. Manchmal ändern Naturwissenschaftler ihre Meinung darüber, was in ihrem Fach wahr ist. Durch neue Entdeckungen kann sich verändern, was Naturwissenschaftler für richtig halten. Es gibt manche Fragen in den Naturwissenschaften, die auch Naturwissenschaftler nicht beantworten können. Einige Vorstellungen in den Naturwissenschaften sind heute anders als das, was Naturwissenschaftler früher dachten. Die Vorstellungen in Naturwissenschaftsbüchern verändern sich manchmal. Naturwissenschaftliche Theorien verändern und entwickeln sich mit der Zeit.</p>	<p>Positiv formulierte Skala</p> <p>Unverändert übernommen. Ausgelassen. Unverändert übernommen. Unverändert übernommen. Unverändert übernommen. Ausgelassen. Ausgelassen. Ausgelassen.</p>
<p>RECHTFERTIGUNG DES WISSENS</p> <p>Gute Theorien stützen sich auf die Ergebnisse aus vielen verschiedenen Experimenten. Wenn Naturwissenschaftler Experimente durchführen, legen sie im Voraus einige Aspekte der Untersuchung fest.</p>	<p>Positiv formulierte Skala</p> <p>Unverändert übernommen. Ausgelassen.</p>

<p>Es ist wichtig, eine konkrete Vorstellung zu haben, bevor man mit einem Experiment beginnt. Für Naturwissenschaftler sind Experimente mit unerwarteten Ergebnissen wertlos.</p>	<p>Unverändert übernommen. Zunächst unverändert übernommen. Im 2. Durchlauf unformuliert: Für Naturwissenschaftler sind Experimente mit nicht wiederholbaren Ergebnissen wertlos.</p>
<p>Es ist wichtig, Experimente mehr als einmal durchzuführen, um Ergebnisse abzusichern.</p>	<p>Unverändert übernommen.</p>
<p>Die Ideen zu naturwissenschaftlichen Experimenten kommen daher, dass man neugierig ist und darüber nachdenkt, wie etwas funktioniert.</p>	<p>Ausgelassen.</p>
<p>In den Naturwissenschaften können sich neue Vorstellungen aus den eigenen Fragen und Experimenten entwickeln.</p>	<p>Ausgelassen.</p>
<p>In den Naturwissenschaften kann es mehrere Wege geben, um Vorstellungen zu überprüfen.</p>	<p>Unverändert übernommen.</p>
<p>Ein Experiment ist ein guter Weg um herauszufinden, ob etwas wahr ist.</p>	<p>Ausgelassen.</p>
<p>ZWECK NATURWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG</p>	<p>Positiv formulierte Skala</p>
<p>Ziel naturwissenschaftlicher Theorien ist es, einem Teil menschlicher Erfahrung eine Ordnung zu geben.</p>	<p>Zunächst unverändert übernommen. Im 2. Durchlauf negativ unformuliert: Naturwissenschaftler sammeln in erster Linie Daten, um der Welt eine Ordnung zu geben.</p>
<p>Naturwissenschaftler führen Experimente durch, um neue Entdeckungen zu machen.</p>	<p>Unverändert übernommen.</p>
<p>Ziel naturwissenschaftlicher Theorien ist es, Naturvorgänge zu erklären. Naturwissenschaftler untersuchen Phänomene und liefern Erklärungen, warum diese auftreten.</p>	<p>Ausgelassen. Unverändert übernommen.</p>

Naturwissenschaftler führen Experimente durch, um zu erklären, wie bestimmte Ereignisse zustande kommen.	Unverändert übernommen.
<i>Kreativität von Naturwissenschaftlern</i>	Positiv und negativ formulierte Skala (+ -)
Naturwissenschaftliche Theorien und Gesetze haben mit Kreativität nichts zu tun. (-)	Ausgelassen.
Naturwissenschaftliches Wissen ist auch ein Ergebnis menschlicher Kreativität. (+)	Die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens hängt davon ab, wie einfallsreich Naturwissenschaftler sind.
Kreatives Denken verträgt sich nicht mit den auf Logik beruhenden Naturwissenschaften. (-)	Unverändert übernommen.
Das naturwissenschaftliche Wissen zeigt die Kreativität von Naturwissenschaftlern. (+).	Ausgelassen.
Das kreative Denken von Naturwissenschaftlern ist zu wenig vertrauenswürdig, um dadurch naturwissenschaftliche Fortschritte zu erzielen. (-)	Unverändert übernommen.

Zum Forschungsprozess (Fragengeleitetsein, Inferenz) aus dem Antworthorizont des VNOS-C (Lederman *et al.*, 2002: 514-516) entwickelte Items (+ positiv formuliert, - negativ formuliert):

- Naturwissenschaftler stellen Forschungsfragen, denen sie nachgehen. (+)
- Forschungsfragen helfen bei der Planung von Experimenten, aber sie sind nicht zwingend notwendig. (-)
- Im Verlauf von Untersuchungen können sich neue Forschungsfragen ergeben. (+)
- Modelle und Theorien werden aus Experiment-Ergebnissen abgeleitet. (+)
- Naturwissenschaftler dürfen in Ergebnissen gefundene Theorien nicht verändern. (-)
- Die Schlussfolgerungen aus einem Experiment sind unabhängig davon, welcher Naturwissenschaftler sie zieht. (-)

Hauptkomponentenanalyse

	Komponente				
	1	2	3	4	5
Naturwissenschaftliche Theorien werden verändert oder ersetzt, wenn neue Beweise vorliegen.	.708				
Durch neue Entdeckungen kann sich verändern, was Naturwissenschaftler für richtig halten.	.647				
Naturwissenschaftler untersuchen Naturphänomene und liefern Erklärungen, warum diese auftreten.	.618				
Im Verlauf einer Untersuchung können sich neue Forschungsfragen ergeben.	.618				
Naturwissenschaftler stellen Forschungsfragen, denen sie nachgehen.	.614				
Manchmal ändern Naturwissenschaftler ihre Meinung darüber, was in ihrem Fach wahr ist.	.604				
Es gibt manche Fragen in den Naturwissenschaften, die auch Naturwissenschaftler nicht beantworten können.	.562				
In den Naturwissenschaften kann es mehrere Wege geben, um Vorstellungen zu überprüfen.	.531				
In den Naturwissenschaften ist beinahe alles bekannt; es gibt nicht mehr viel, was man herausfinden könnte.	.522	.377			
Gute Theorien stützen sich auf die Ergebnisse aus vielen verschiedenen Experimenten.	.514		.405		
Die Ergebnisse und Theorien anderer werden von Naturwissenschaftlern nicht in Frage gestellt.	.507				
Naturwissenschaftler führen Experimente durch, um zu erklären, wie bestimmte Ereignisse zustande kommen.	.463			.352	
Auf naturwissenschaftliche Fragen gibt es nur eine Antwort, auch wenn unterschiedliche Wissenschaftler ihr nachgehen.	.655				
Es gibt nur die eine Lösung, wenn Naturwissenschaftler einmal das Ergebnis eines Experiments gefunden haben.	.624				
Naturwissenschaftler stimmen immer darin überein, was in ihrem Fach wahr ist.	.620				
Kreatives Denken verträgt sich nicht mit den auf Logik beruhenden Naturwissenschaften.	.509	.454			
Naturwissenschaftler dürfen in Ergebnissen gefundene Theorien nicht verändern.	.463				
Naturwissenschaftler sammeln in erster Linie Daten, um der Welt Ordnung zu geben.	-.401	.458			
Das kreative Denken von Naturwissenschaftlern ist zu wenig vertrauenswürdig, um dadurch naturwissenschaftliche Fortschritte zu erzielen.	.422				
Die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens hängt davon ab, wie einflussreich Naturwissenschaftler sind.			.760		
Modelle und Theorien werden aus Experimentergebnissen abgeleitet.	.380	.524			
Naturwissenschaftler führen Experimente durch, um neue Entdeckungen zu machen.	.389			.604	

Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation; 5 Komponenten vorgegeben; Ladungen $\leq .35$ werden unterdrückt; Erklärte Gesamtvarianz 46.2%

Strukturierte Inhaltsanalyse (Mayring, 2015)

Kodierleitfaden

1. Kleinste kodierbare Einheit ist eine Äußerung, außer sie ist deutlich gekennzeichnet durch heute/generell zweigeteilt. Zwei Codes werden aber nur vergeben, wenn sie unterschiedlich sind und keiner der beiden [A] ist.

Ziel heute war es zu erfahren, ob es sinnvoll ist, Edelkrebse zurückzuholen. Wir haben genaueres über Krebse gelernt und über Naturwissenschaften. Allgemeine Ziele sind neue Erkenntnisse über Naturphänomene und andere wichtige Sachen. (8M2F2_221-24)

Zweiteilung durch „Ziel heute“ und „Allgemeine Ziele“, 1. Satz [Ze], 2. Satz [A], weil beide zu heute gehörend → zusammengezogen zu [Ze]. 3. Satz [Zn].

2. Gipfel einer Äußerung oder „Wie entscheide ich, welcher Code dominiert?“

Code-Hierarchie: *Unsere Arbeitsweisen waren das Entwickeln von Hypothesen, Experimente, Prüfen der Hypothesen oder eventuell Widerlegung, dann die Wiederholung von Experimenten, um diese zu überprüfen. Weitere waren Argumente sammeln und diskutieren. (8M3F1_113-15)*

Der erste Teil des ersten Satzes (bis Prüfen) zählt Methoden auf, wäre also [Pms], dann wird jedoch ein Forschungsprozess beschrieben. Wegen des größeren Gewichts von [Pf] wäre die Äußerung von nun an so zu kodieren. Aber [Ps] fällt noch stärker ins Gewicht, sodass das Satzende den Code bestimmt. Der zweite Satz ist nur Aufzählung nichtwissenschaftlicher Tätigkeiten und damit [A] und vernachlässigbar.

Generelle Ziele wissenschaftlicher Arbeit sind neue Erkenntnisse und Theorien zu bestätigen oder zu widerlegen, Errungenschaften für die Menschheit wie z.B. neue Medikamente gegen Krankheiten. Heute war das Ziel, eine sinnvolle, nachhaltige und für Natur vertretbare [Anm.: Lösung zu finden], ob es überhaupt möglich ist und die Umstände. (8M3F2_85-89)

Der erste Satz besteht aus Forschen als Zweck des Forschens [Pf] und Entwicklung von Lösungen (Medikamenten) [Zf]. Da [Z] mehr Gewicht hat als [P], hat der erste Satz den Code [Zf]. Der zweite Satz ist deutlich durch das „Heute“ sinngemäß von den generellen Zielen abgetrennt, beschreibt aber das Finden einer Lösung und einer Möglichkeit für das Modulproblem, was ebenfalls in [Zf] gehört. Also wird die Aussage trotz deutlicher Trennung mit nur einem Code versehen.

Gipfeln: *Beim naturwissenschaftlichen Arbeiten sind Logik und manchmal auch Kreativität wichtig. Manchmal muss man sich eine Lösung durch Kreativität erarbeiten und manchmal braucht man sogar ein bisschen Phantasie oder man denkt nach. Man denkt sich keine Lösung aus, sondern*

nimmt eine, die nahe an der Logik ist und dann überprüft man die experimentell mit Kreativität. Nach der Überprüfung hat man noch keine Gewissheit, denn es können Fehler im Experiment sein oder auch andere Sachen. Wenn ein Experiment eins sagt und ein anderes was anderes, heißt das nicht, dass ein Experiment Recht hat. Es können auch z.B. beide falsch sein. Es könnten auch beide richtig sein, dann gibt es unterschiedliche Lösungen. (8M3F2_181-207)

Zunächst legt der Aussagende dar, wie wissenschaftlich gearbeitet wird und welchen Stellenwert Kreativität und Logik haben [Pf]. Dann jedoch bewertet er die Sicherheit dieser Ergebnisse und sagt zunächst, dass Experimentergebnisse nicht unbedingt wahr sein müssen, denkt dann jedoch weiter und stellt fest, dass sich widersprechende Ergebnisse auch nicht unbedingt falsch sein müssen [Uw]. Dieses Weiterdenken wird für das Kodieren verfolgt bis zum Ende des Gedankens, dessen Code die Aussage dann bekommt (außer es ist [A], [Pms] oder [Zn], dann liegt der Gipfel davor ;-).

Gruppenarbeit macht Sinn, weil man verschiedene Ansichtsweisen von jedem einzelnen hat und dann die beste oder die, auf die man sich am Ende einigt, verwenden oder auch mehrere verwenden oder sie als mehrere Möglichkeiten offen lassen, denn es gibt ja nicht nur eindeutige Ergebnisse. (9aM3F1_189-194)

Sich in der Gruppe auf eine Ansichtweise einigen, gehört noch in [A], da dort noch kein Hinweis auf Wissenschaft zu finden ist, sonst wäre es [Ps]. Dann jedoch taucht ein wissenschaftlicher Bezug auf, der in uneindeutigen Ergebnissen gipfelt und damit [Uw] ist.

3. Ankerzitate des Kodiersystems:

WV-Aspekt	Kürzel	Zitat
Praxis des Forschens u. Überprüfens	[Pms]	<i>Wir haben Experimente durchgeführt und Probe mit Krebsen und Hypothesen und Fragen aufgestellt. 8M2F1_30f</i>
	[Pf]	<i>Beim Experimentieren werden die Hypothesen oft widerlegt und man findet dann neue Sachen heraus, aus denen man dann Theorien aufstellen kann wieder neu. Die muss man mit anderen Experimenten wieder beweisen und das ist auch alles nicht so schwer, wenn man sich an die Regeln hält. 8M1F1_328-31</i>

	[Ps]	<i>Man muss nicht nur mehrere Experimente durchführen, um ein genaues Ergebnis zu bekommen. Damit man ein richtiges Ergebnis bekommt, muss man viele Experimente machen und die Ergebnisse muss man dann auch richtig auswerten und zusammenführen. 8M1F1_246-49 Bei mehrfacher Durchführung würd das Ergebnis sicherer. 10M1F1_332</i>
(Un)Sicherheit	[Uf]	<i>Es sind nicht alles Fakten und Wahrheit. Verschiedene Forscher haben ihre eigenen Theorien und die werden nicht von allen Forschern akzeptiert. 9bM3F3_378-86</i>
	[Uw]	<i>Die Natur macht, was sie will. Deswegen kann man einen Vulkanausbruch nicht vorhersagen. 9bM3F3_78f</i>
Änderbarkeit	[Äf]	<i>Das muss man unter verschiedensten Umständen versuchen und [Anm.: die Theorie] muss immer wieder angepasst werden, wenn neue Experimente und neue Fakten vorliegen. 8M3F2_123-25</i>
	[Äw]	<i>Die Natur macht, was sie will. Deswegen kann man einen Vulkanausbruch nicht vorhersagen. 9bM3F3_78f</i>
Zwecke des Forschens	[Zn]	<i>Generell ist naturwissenschaftliches Arbeiten wichtig, um zu verstehen, was passiert und wieso das passiert. 9bM1F2_162</i>
	[Ze]	<i>Der pH- und Nitrat/Nitritgehalt wurde heute wegen der Pflanzen ermittelt. Ob der Boden sauer ist, ob die Pflanzen da wachsen können. Ob das überhaupt Sinn macht, die da anzupflanzen. 9bM1F2_275-78</i>
	[Zf]	<i>Vielleicht muss Wissenschaft jetzt wieder gutmachen, was sie angerichtet hat. 9aM1F2_169f</i>
	[Zü]	<i>Naturwissenschaftliches Vorgehen ist sinnvoll und seriös. Auf einer Basis von Wissen wird durch logisches Denken, Experimente usw. weiteres Wissen erlangt. Auf solche Weise erlangtes Wissen ist glaubwürdiger und von Leuten, die einen damit informieren, hat man einen guten Eindruck. 8M1F2_18-23</i>

Wissen- schaftsethik	[W]	<i>Wenn ein Wissenschaftler herausgefunden hätte, dass es da Flusskrebse geben müsste, aber sein Verein dagegen wäre, würde er trotzdem sagen, dass er dafür ist. 8M2F1_126f; Wenn der Wissenschaftler dafür bezahlt wird, nicht. Wenn [Anm.: seine Auftraggeber] ihm dafür Geld geben, hätte ich auch gesagt, dass wir keine Flusskrebse brauchen. Wenn ich dafür Geld bekomme, sag ich doch nicht die Wahrheit. 8M2F1_128-30</i>
Andere Themen	[A]	<i>Ziele wissenschaftlicher Arbeit sind eine neue eigene Meinung und mehr zu erfahren. 8M1F2_159; Ein echter Forscher wäre professioneller [Anm.: vorgegangen]. 8M2F1_117; Ziele naturwissenschaftlicher Arbeit sind es, Tierarten zu schützen oder Tierarten wieder anzusiedeln. 8M2F2_71; Wenn wir konzentrierter gearbeitet haben, sind wir schneller zu unseren Ergebnissen gekommen. Wenn man konzentrierter gearbeitet hat, hat man schneller und besser die Ergebnisse. Dann konnte man sich mehr Gedanken machen, wie man die am besten präsentiert. 9aM1F3_100-104</i>

4. Wo sind Code-Überschneidungen und -grenzen?

- Abgrenzung [P] oder [W]:

Man muss bei den Experimenten genau sein, darf nicht grob schluren. (8M1F1_318-20)

Wenn man Experimente durchführt, muss man sorgfältig arbeiten. → Hier steht die Arbeitsweise im Vordergrund, „so gehört sich das“. Es geht nicht darum, dass man grob schluren könnte und dann die Ergebnisse weniger gut wären. Da es um Arbeitsmethoden und nicht den ethischen Aspekt geht: [P].

Der Bauer hätte sicher nachgeprüft, wie wir vorgegangen sind und wenn man bei den Experimenten z.B. ungenau war und Experimente ausgelassen hat, dann haben die Ergebnisse keinen Wert mehr und deshalb ist wissenschaftliches Arbeiten wichtig. (8M1F2_112-21)

Es war wichtig, wissenschaftlich ordentlich zu arbeiten, denn wenn man ungenau gearbeitet und sich Ergebnisse ausgedacht hat, war die Erkenntnis wertlos und der Bauer hätte das herausgefunden. → Hier geht es um unlauteres Vorgehen und dass man dabei auch noch erwischt würde: [W].

-
- Abgrenzung [Pms] oder [Pf]:

Wir haben Proben genommen und ausgewertet anschließend, Hypothesen aufgestellt und Fragen. Wir haben argumentiert und einen Forscherkongress [Anm.: Diskurs] am Ende geführt. (8M2F1_32-34)

Wir haben verschiedene Forschungsmethoden angewendet, unter anderem haben wir den Boden untersucht und die Ergebnisse ausgewertet. → Die meisten Methoden werden wahllos aneinandergereiht und die Diskussionsaufzählungen zielen nicht auf Wissenschaft ab. Aber weil Ergebnisse gewonnen und ausgewertet wurden, also sinnvoll in Reihenfolge gebracht wurde, wird die gesamte Äußerung hochgestuft in [Pf].

Wir haben Hypothesen und Fragen aufgestellt [lacht]. Dann haben wir Versuche und Experimente und Textarbeit gemacht. Das Wissen haben wir im Forscherkongress selektiert, sodass jeder nochmal die anderen Seiten gesehen hat. (10M2F1_228-32)

Hypothesen und Fragen sind vertauscht, die Aufzählung der wahllosen Methoden folgt unverbunden, ohne irgendeinen Zusammenhang zum vorher Gesagten. Das Wissen kam aus dem Nichts und was daran selektiert wurde und weshalb man dadurch andere Seiten sehen kann, ist unklar: [Pms]

- Abgrenzung [Zn] oder ein übergeordnetes [Z]:

Ziele sind, Hypothesen aufzustellen, bekannte Theorien zu beweisen und neue herauszufinden und die Ergebnisse auch für die Menschen nutzbar zu machen, die letzten noch unbekannt Phänomene zu ergründen, forschend zu erklären. (9aM2F2_49-52)

Der erste Teilsatz steigt von [Pms] auf zu [Pf] und man könnte behaupten, das Nutzbarmachen sei [Zf]. Dann wäre das folgende [Zn] „überstimmt“, aber das Nutzbarmachen ist zu generisch, es wird nicht klar, ob als Entscheidungshilfe, als Lösung oder als Theorie, die ein Schüler dann lernen muss. Es könnte alles sein, also ist es nichts: [Zn].

Der pH- und Nitrat/Nitritgehalt wurde heute wegen der Pflanzen ermittelt. Ob der Boden sauer ist, ob die Pflanzen da wachsen können. Ob das überhaupt Sinn macht, die da anzupflanzen. (9bM1F2_275-78); Die Werte wurden ermittelt, um herauszufinden, ob [Anm.: der Boden] geeignet ist für die Pflanzen. (9bM1F2_279)

Beide Äußerungen handeln vom selben Umstand, werden auch direkt hintereinander geäußert. Dennoch ist die erste dem Code [Ze] zuzuordnen, weil die Ergebnisse dienen, um herauszufinden, ob eine Anpflanzung sinnvoll wäre, also eine Entscheidungshilfe. Die zweite Äußerung mag dasselbe meinen, aber der Inhalt bezieht sich nur darauf, einen Sachverhalt herauszufinden, sodass hier [Zn] greift.

Gerade bei nah beieinander stehenden Äußerungen „strahlt“ die vorhergehende gern ihren Inhalt auf die folgenden, also VORSICHT, bitte nicht überinterpretieren, sondern nur kodieren, was tatsächlich da steht.

5. Grenzfälle:

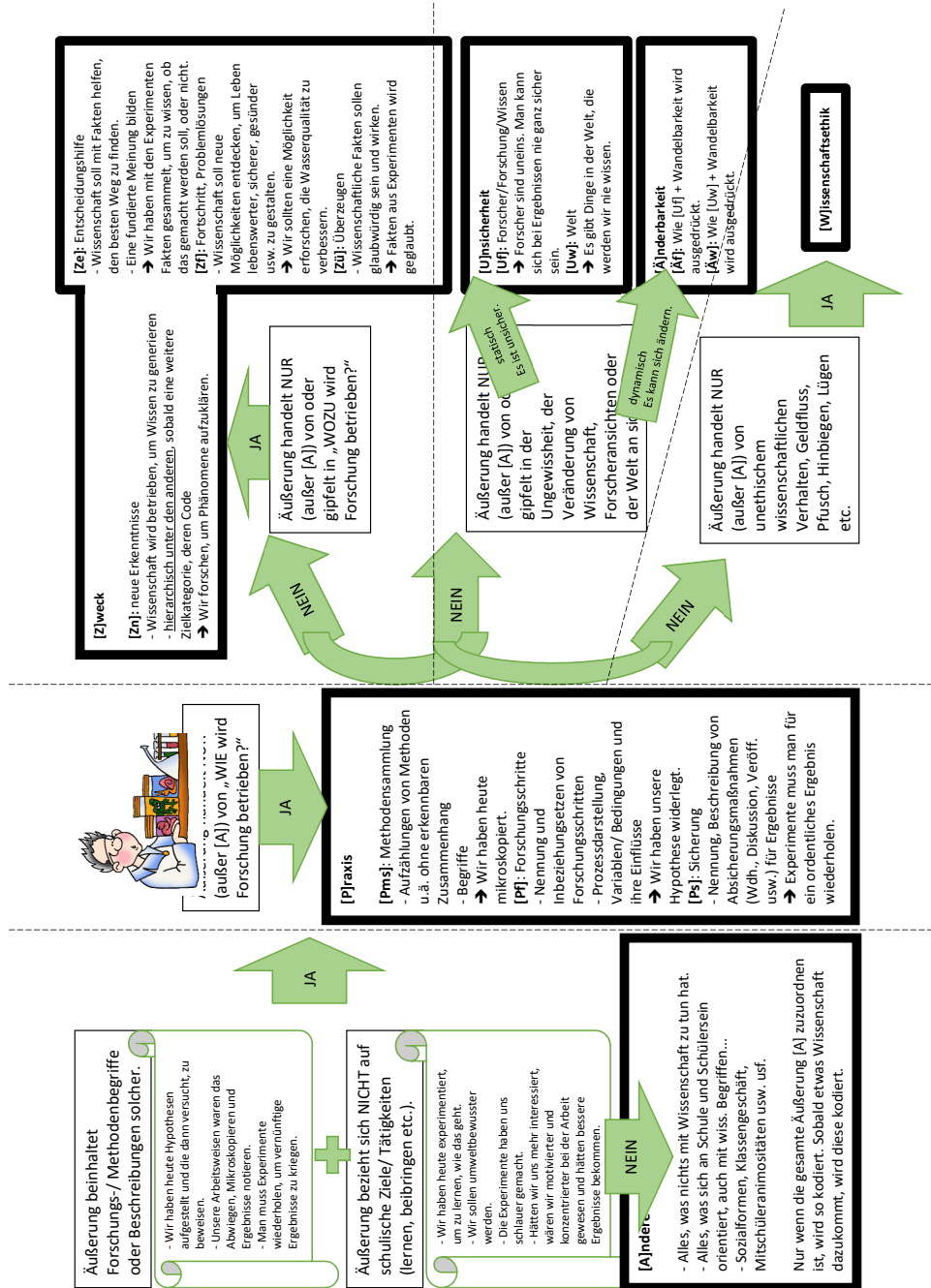
Unsere Erkenntnisse waren subjektiv, da sie mit der eigenen Logik und den eigenen Erinnerungen zusammen hingen. Wissenschaft hängt auch vom Vorwissen ab. Wenn ein Wissenschaftler etwas nicht weiß, zieht er einen anderen Schluss als ein anderer, der einen gewissen Aspekt weiß.
(8M3F3_204-17)

Dass Erkenntnisse logisch mit existierendem Wissen gebildet werden, verweist die Äußerung nach [Pf], da sie Forschungsvorgänge darstellt. Der letzte Satz könnte dazu verführen, die Äußerung nach [Uf] (Die Forscher ziehen unterschiedliche Schlüsse.) oder gar [Uw] (Die ungewisse Welt lässt uns andere Schlüsse ziehen.) hoch zu stufen, aber es muss dem Lernenden das Einfachste unterstellt werden, dass einfach gemeint ist, dass ein Forscher nicht gründlich recherchiert hat oder sich einfach nicht erinnert: [Pf].

Wir haben heute ordentlich und gezielt auf einen Punkt hin gearbeitet.
(9aM1F1_177f)

Eigentlich kommt hier kein wissenschaftlicher Begriff vor und die Aussage könnte alles heißen. Stellt man sie aber in den Modulkontext, in dem die Sprechenden sich befinden, wird mit kruden Worten die Zielgerichtetheit von Forschung beschrieben: [Pf].

Schnellkodierhilfe „Bestimmungsschlüssel“



Dokumentarische Analyse (Bohnsack, 2014)

Begriffe zur Diskursbeschreibung nach A. Przyborski (2004)

1. **Proposition** bezeichnet eine aufgestellte Behauptung, einen geäußerten Fakt. Implizit wird ein Orientierungsrahmen aufgeworfen, ein neues Thema beginnt.
2. **Elaboration** bedeutet Weiterbearbeitung der Proposition durch Beispiele, Erklärungen, Argumente oder auch Anbringen eines Gegenhorizonts. Die Proposition wird dadurch deutlicher.
3. **Differenzierung** begrenzt den Horizont, aber nicht durch einen Gegenhorizont, sondern durch Einschränkungen von Zugehörigkeit oder Geltung, Modifizierungen oder Ausklammerungen.
4. **Validierung** bezeichnet Zustimmungen, Bestätigungen zu einer Proposition, ohne das weitere Inhalt hinzugefügt wird.
5. **Ratifizierung** kann ebenfalls Zustimmung bedeuten, aber es ist nicht ganz gewiss und kann ebenso als Signal gedeutet werden, dass das Gesagte verstanden wurde.
6. **Antithese/ Synthese** bedeuten, dass die Proposition abgelehnt und eine Gegenthese aufgeworfen wird. In der Synthese werden beide Thesen durch einen Kompromiss oder ähnliches vereint, aufgelöst oder z.B. unterschiedlichen Geltungsbereichen zugeteilt.
7. **Opposition** meint nicht Gegenhorizont, sondern eine Orientierung, die unvereinbar mit der der Proposition ist. Hier muss rituell beendet werden, da keine Synthese möglich ist.
8. **Divergenz** bezeichnet einen Diskurs, in dem dieselben Begriffe benutzt werden, die Sprechenden aber sich in unterschiedlichen Orientierungsrahmen bewegen.
9. **Konklusion** markiert das Ende der Darlegung eines Themas und seines Orientierungsrahmens. In der **echten Konklusion** kommt die Proposition wieder auf, wird erneuert, generalisiert, validiert u.ä., wohingegen die **rituelle Konklusion** eine bloße Metarahmung bildet, die weder für das Thema noch den Orientierungsrahmen eine Rolle spielt.

Transkripte, formulierende und reflektierende Interpretation der Fälle

Verzeichnis der Fundstellen:

Fall	Fundstelle	Seite
1	8M3F2_113-131	275
2	9M1F3_240-254	278
3	9M3F1_217-246	280
4	10M3F1_107-128	282
5	10M2F3_364-418	284

Rohtranskript 8M3F2_113-131

- 113 K: Okay. Vielen Dank. Äh, Messungen und Fakten hast du grade angesprochen. Heißt das,
 114 wenn du ein Experiment machst, ähm, dass das Ergebnis automatisch ein Fakt ist oder ein
 115 Gesetz ist? Kann man das so sagen? #00:16:33-5#
 116 M6b: Nein, also das muss natürlich ähm wiederholbar sein. [K: Okay.] Man kann nicht, wenn
 117 ein Experiment einmal funktioniert hat, muss das nicht für äh alles andere gelten und ähm
 118 das muss man dann halt noch unter verschiedensten Umständen versuchen und ähm das
 119 Gesetz muss auch immer wieder angepasst werden, wenn äh neue Experimente und neue
 120 Fakten vorliegen. #00:16:54-4#
 121 K: Okay. Und ähm das heißt, man kann also auch bei nem gleichen Experiment
 122 unterschiedliche Ergebnisse rauskriegen? #00:17:01-2#
 123 M6c: Ja, unter untersch- unterschiedlichen ähm Verhältnissen halt. So bei einem
 124 Experiment, wo äh die gleichen Verhältnisse wie bei einem anderen gelten, sollte schon das
 125 Gleiche rauskommen, und wenn nicht, hat man irgendwas falsch gemacht. #00:17:15-2#
 126 K: Generell oder ähm kann man auch gleiche Ergebnisse unterschiedlich interpretieren?
 127 #00:17:18-6#
 128 M6d: Man kann gleiche Ergebnisse natürlich unterschiedlich interpretieren. Das hat man vor
 129 allem bei unserer Biologie-Gruppe gesehen. Also bei den Biowissenschaftlern, die ihre
 130 Ergebnisse sehr erstaunlich interpretiert haben. #00:17:32-2#
 131 K: Okay. Vielen Dank.

Formulierende Interpretation

Ist ein	
OT	Experimentergebnis die Wahrheit?
UT 113- 126	Ein gründliches, wiederholbares Ergebnis ist ein Fakt.
	K greift in anderem Kontext geäußerte Begriffe auf und fragt nach der Gültigkeit von Experimentergebnissen, indem er wissen möchte, ob Ergebnisse immer gleich Fakten seien. M6 erläutert, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit ein Ergebnis ein Fakt ist. Das Ergebnis muss wiederholbar sein und es muss unter Berücksichtigung der Variablen und weiterer Experimente bzw. vorliegender Fakten durchgeführt worden sein. Unter diesen Voraussetzungen ist ein Experimentergebnis dann ein Fakt, wenn man keinen Fehler beim Experimentieren gemacht hat.
UT 127- 133	Ergebnisse können unterschiedlich interpretiert werden.
	K fragt nach Interpretationen von Ergebnissen, inwiefern diese unterschiedlich sein können. Für M6 können sie unterschiedlich sein und er gibt ein Beispiel aus dem Labormodul an, wo Ergebnisse "erstaunlich" interpretiert wurden, was wohl absonderlich bzw. falsch meint, da seiner Meinung nach "Biowissenschaftler" nicht den Bau der Autobahn als Erkenntnis hätten haben sollen. K schließt den Dialog dankend.

Reflektierende Interpretation

Verlauf	K stellt eine anknüpfende Impulsfrage mit Proposition, M6 bringt eine Antithese/Differenzierung und elaboriert, K fragt nach weiterer Elaboration, M6 differenziert und synthetisiert??, K fragt proposierend, M6 divergiert mit Hilfe eines Beispiels, K ratifiziert und beendet damit rituell
113-115	K greift die Begriffe "Messungen" und "Fakten" aus dem vorangegangenen Gespräch auf und wechselt das Thema mit einer Impulsfrage, in der er danach fragt, ob Experimentergebnisse, also solche "Messungen" automatisch Fakten seien. Dann setzt er Fakt mit Gesetz gleich. Mit dem Nachsatz "Kann man das so sagen?" scheint K die Frage in eine Proposition umzuwandeln.
116-120	M6 antithesiert "Nein", so könne man das nicht sagen. Er weist das "automatische" zurück und beginnt, Bedingungen zu erläutern. Ein Ergebnis muss wiederholbar sein, das ist für ihn "natürlich", aber es genügt noch nicht. Auch die "Umstände", die Variablen müssen bedacht und verändert werden, um den Gültigkeitsrahmen zu erweitern. Neue Experimente können neue Fakten hervorbringen und diese gilt es ebenfalls zu berücksichtigen. Es wird deutlich, dass die "Antithese" eine Differenzierung darstellt. Das hier gezeichnete Bild von Gültigkeit berücksichtigt sowohl das Design als auch Variablen und die Einbindung in Forschung und Theorie. Die Möglichkeit des Sich-der-Sache-nur-unvollständig-nähern-Könnens und andere philosophische Gedanken werden nicht in Betracht gezogen.
121f	K fragt nach weiterer Elaboration, versucht vermutlich, eine subjektive Komponente im Forschungsgeschehen herauszuarbeiten, indem er einen Gegenentwurf zur vorherigen Proposition vorlegt: bestand zunächst die Möglichkeit eines "automatischen" Faktums, wird nun die Möglichkeit des parallelen Bestehens sich widersprechender Fakten vorgelegt.
123-126	Für M6, der auf seiner These beharrt, können unterschiedliche Ergebnisse nur bei unterschiedlichen Variablen entstehen. Bei dem gleichen Experiment "sollte schon das Gleiche rauskommen". Mit Blick auf Schulexperimente ist das sicherlich nicht falsch, da diese auf ein sichtbares, eindeutiges Ergebnis ausgelegt sind und ihm wohl vorschweben. Fehler machen ist in der Forschung eher kein Thema, da die Vermeidung bzw. Darlegung, dass man es nicht gemacht hat, weit vor Präsentation der Ergebnisse kommt. In der Forschung wird wiederholt (oder verworfen), wenn ein Fehler gemacht wurde. In der Schule hat man dann ein falsches Ergebnis, das irrelevant ist und für die Schlussbetrachtung ignoriert wird.
127f	Nun geht K einen Schritt weiter in Richtung Subjektivität und bringt die Komponente "Forscher" als "Interpretierender" dazu. Er möchte die Abhängigkeit der Forschungen und Erkenntnisse von den Forschern thematisieren.

Rohtranskript 9M1F3_240-254

240 M5: Ähm, teilweise sind- kann man das bestimmt unterbewusst irgendwie beeinflussen, das
 241 Ergebnis, wenn man jetzt sich vorstellt, ach, das ist bestimmt so, aber dann ist es aber so
 242 enttäuschend, dass es nicht so ist und dann- wenn man es denn nochmal nachprüft, dann ist
 243 es dann auf einmal doch so. Obwohl man das gar nicht so- #00:23:33-4#
 244 M6: So wollte. #00:23:34-9#
 245 M5b: So unterbewusst das halt macht, dass man das irgendwie beeinflussen kann. Und
 246 manchmal kann man das nicht beeinflussen, wenn man den Anweisungen folgt, was man ja
 247 eigentlich immer machen sollte, und das wurde ja auch durch Sie dann halt auch sozusagen
 248 überwacht, ob wir das richtig gemacht haben, auch aus Sicherheitsgründen- und deswegen
 249 äh, denk ich, dass es manchmal, bei manchen Aufgaben konnte man sie unterbewusst
 250 beeinflussen und auch so stellen, wie man sie gerne hätte und bei anderen ist es halt
 251 schwierig gewesen und deswegen denke ich, dass manche wahr sind und teilweise wurden
 252 die dann halt auch von uns beeinflusst oder unbewusst beeinflusst. #00:24:07-1#

Formulierende Interpretation

OT	Ergebnisse beeinflussen	
UT 240-246, 250-254	Unterbewusste Beeinflussung	Die Leitfrage nach subjektiven Einflüssen der Forschenden auf Ergebnisse wird vorsichtig bejaht. Manchmal möchte man gern, dass ein bestimmtes Ergebnis herauskommt, sodass das Unterbewusstsein eingreift und manipuliert oder einschlägig interpretiert und ausblendet. Dies ist nicht bei allen Aufgaben im Modul möglich gewesen, aber bei einigen schon und deren Ergebnisse sind dann nicht wahr.
UUT 247-250	Gegenmaßnahmen	Manches kann nicht beeinflusst werden, jedenfalls nicht unbeabsichtigt. Die Arbeitsanweisungen und Anleitungen machen ein beeinflusstes Arbeiten schwierig und die "Überwachung" durch die Betreuer verhinderte solche Beeinflussungen ebenfalls, wobei die Betreuer mehr aus Sicherheitsgründen, denn aus Gründen der guten wissenschaftlichen Arbeit "überwachten".

Reflektierende Interpretation

Verlauf	L gibt Impuls und Proposition, M5 verifiziert differenzierend und elaboriert, M6 verifiziert vervollständigend, M5 elaboriert und konkludiert konkretisierend
240-244	M5 validiert die Proposition der Leitfrage, aber nicht uneingeschränkt. "Bestimmt irgendwie" zeigt auf vage Vorstellungen, aber wahrscheinlich keine konkreten Erfahrungen. Er beschreibt, wie eine unfreiwillige, eine unterbewusste Beeinflussung verlaufen könnte, die Enttäuschung, wenn eine Erwartung nicht erfüllt wurde und dass ein Ergebnis dann "auf einmal" doch den Erwartungen entspricht, ohne dass man hätte schummeln wollen.
245	M6 validiert dadurch, dass er den Satz vollendet. Dies drückt nicht nur Verstehen des Gesagten, sondern auch Zustimmung zur Aussage aus.

246-250 M5 wiederholt seine Proposition und stellt das "unterbewusst" nochmals heraus. Das unterstreicht, dass es hier nicht um Schummeln oder Betrug geht, sondern Beeinflussung, die ohne Kontrolle darüber erfolgt. Nun entwirft er den Gegenhorizont, wann diese Art der Beeinflussung nicht stattfinden kann. Für M5 sind die Arbeitsanweisungen, also die Regeln, nach denen man vorgehen muss, Maßnahmen gegen eine solche Beeinflussung ebenso, wie die "Überwachung" durch andere, in diesem Fall die Betreuer.

250-254 Als Konklusion konkretisiert er zunächst seine Äußerungen und bezieht die Möglichkeit bzw. Unmöglichkeit der ungewollten Beeinflussung auf die Modul-"Aufgaben". Einige waren beeinflussbar, andere nicht und dies hat Konsequenzen für den Wahrheitsgehalt der Ergebnisse: manche sind "wahr", andere wurden beeinflusst.

Rohtranskript 9M3F1_217-246

217 T: Genau, traut- traut ihr euren Ergebnissen, die ihr heute bekommen habt? - - Glaubt ihr,
 218 die Ergebnisse sind sicher, die ihr heute bekommen habt? - Waren die eindeutig? Glaubt ihr,
 219 das würden andere auch so rausbekommen? #00:00:42-5#
 220 M1: Also, wir haben ja auch schon so Richtwerte also vorher gehabt. Also, das sind nie so
 221 richtig genaue- also- oder nicht immer genaue Angaben, also mit diesen Jahren und so, was
 222 wir da bei dem Vulkanausbruch hatten, das waren ja auch eher so- ja- das war ja auch
 223 geschätzt eher oder wir haben- das war ja- also das war ja nur ungefähr so ein Richtwert, wo
 224 man also das ungefähr berechnen könnte, wann der ausbrechen würde, also man sagt, das
 225 könnte ja auch schon das- also, man weiß das nie irgendwie und deswegen glaube ich-
 226 #00:01:15-2#
 227 W2: Der hätte ja auch in 300 Jahren erst ausb- #00:01:16-0#
 228 M1b: Ja, der kann ja auch in 400 Jahren ausbrechen, aber dann bricht er vielleicht fünfmal
 229 oder so aus. Also, man weiß das ja nie eigentlich. Deswegen weiß ich nicht. Also, eindeutig
 230 ist das nie irgendwie. #00:01:26-2#
 231 W2b: Wir haben auch letztes Mal bestimmte Experimente viel viel öfter durchführen muss,
 232 damit man ein eindeutiges Ergebnis äh rausbekommt. #00:01:34-4#
 233 M1c: Ja, also man- man müsste auch, glaub ich, also ein Versuch reicht auf jeden Fall nicht,
 234 also man müsste da irgendwie mehrere Versuche machen und dann so kann man das, glaub
 235 ich, erst richtig- äh, so, kann man das, glaub ich, erst richtig, äh, festlegen. Also, wenn man
 236 dann tausendmal irgendwie was- äh- also die gleiche- das gleiche Experiment macht und
 237 dann jetzt von den tausend Mal fünfhundert Mal das- oder sechshundert Mal das Gleiche
 238 passiert, dann kann man sich schon sicherer sein, also, als dass man jetzt das nur zehnmal
 239 macht und das dann zweimal passiert irgendwie, also... #00:02:03-9#
 240 W3: Auch bei zehnmal kann man sich sicher sein, wenn achtmal das passiert und zweimal
 241 das, dann kann man sich doch auch schon sicher sein, dass das so ist. #00:02:08-4#
 242 M1d: Ja, aber wer weiß. Vielleicht war das auch nur Zufall. Also es war vielleicht doch nur-
 243 [W2c: Achtmal Zufall] Ja. Vielleicht. Kann sein. Das weißt du ja nicht. #00:02:15-3#
 244 T: Ihr habt ja heut als Gruppe gearbeitet. Ähm, glaubt ihr, das war sinnvoll oder hätte man
 245 das- hätte man genauso gut alleine arbeiten können? #00:02:21-2#

Formulierende Interpretation

OT	Ungewissheit von Erkenntnissen	Moderatorenfrage T nach Eindeutigkeit, Vertrauen und ob andere das auch herausbekommen hätten.
UT 220- 30	Manches kann man nicht wissen, nur schätzen	M1 verlegt sich auf das Beispiel des Vulkanausbruchs und erklärt, dass sie "Richtwerte" erzeugt haben, Schätzungen, wann der ausbrechen könnte. Sie hatten zwar einen Wert, aber der hat nur ungefähr den nächsten Ausbruch berechnet, da man es nicht genau wissen kann, ob er in 300 oder 400 Jahren ausbricht und wie oft hintereinander. Dieses Ergebnis war nicht eindeutig und es war vom Gegenstand her nicht möglich, es eindeutig zu machen.
UT 231- 43	Wiederholungen machen sicherer	Für eindeutige Ergebnisse müssen Experimente "viel viel öfter" durchgeführt werden, bei großen Mengen an Experimenten genügt es, wenn in 60% der Fälle dasselbe passiert, um eindeutig zu sein.

UUT 244- 46	Es kann trotzdem alles Zufall sein	Wenn ein Experiment zehnmal durchgeführt wird und achtmal dasselbe passiert, kann das eindeutig sein oder Zufall. Man weiß es nicht.
-------------------	---------------------------------------	--

Reflektierende Interpretation

Verlauf	T gibt Propositionsfrage ein, M1 propondiert und elaboriert, W2 validiert, M1 elaboriert, W2 antithesiert, M1 differenziert opposierend, W3 opposiert, M1 konkludiert rituell
217-19	T fragt nach der Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse der Lernenden, umschreibt dies mit "daran glauben" und zeigt als Konsequenz den Gegenhorizont auf, nämlich dass bei unglaubwürdigen Ergebnissen eine andere Gruppe zu einem anderen Ergebnis gekommen sein kann.
220-226	M1 propondiert gewisse Unsicherheit der Ergebnisse und begründet dies zum Einen mit "Richtwerten", mit denen sie gearbeitet haben und die nicht ganz genau sind. Er beschreibt die Vorgehensweise der Vulkanausbruchsermittlung als Schätzung, wobei man "das nie irgendwie weiß", sondern "nur ungefähr". Allerdings differenziert er mit "nicht immer genaue Angaben", dass diese eventuell möglich sind und damit auch sicherere Ergebnisse, wobei der Grad der Sicherheit, den er bereit ist anzunehmen, nicht bestimmt werden kann.
227	W2 validiert durch weiteren Erklärungsversuch, inwiefern das Ergebnis unsicher ist, wird aber unterbrochen von M1.
228-230	M1 elaboriert weiter mit W2s Eingabe und validiert die eigene Proposition nochmals.
231-232	W2 erläutert nun, wie man bei "bestimmten Experimenten" zu eindeutigen Ergebnissen kommt. Wiederholte Durchführungen führen zu sicheren Ergebnissen, was nicht als Gegensatz zur Proposition, sondern als weiterer Spezialfall nebengestellt wird. Dennoch ist dies die Antithese.
233-240	M1 verteidigt seine Proposition, indem er die Antithese differenziert: Es müssen sehr sehr viele ("tausendmal") Wiederholungen sein und dann kann man sich immer noch nicht sicher, sondern nur "sicherer" sein, als wenn man das Experiment weniger oft durchführt.
241-243	W3 opposiert die Unsicherheits-Proposition und ihre Wiederholungsangabe. Bei 8 von 10 mal das gleiche Ergebnis benennt sie das Ergebnis als sicher.
244-246	M1 ratifiziert, das "Ja" scheint eine Zustimmung, aber eigentlich stimmt er nicht zu, sondern negiert die von W3 propondierte "Sicherheit" vollkommen, indem er den Zufall als unbekannte Größe einbringt und seine ursprüngliche Proposition mit der Ungewissheit des Zufalls und "Das weißt Du ja nicht" bestärkt. Dieser letzte Satz bringt den Dialog zum Ende. Niemand kann Zufall mit Gewissheit ausschließen, Wahrscheinlichkeit ("Achtmal Zufall") wird ignoriert. Diese Konklusion ist rituell, es existiert kein Verständnis der Positionen bzw. wurden diese im Verlauf des Dialogs auseinanderbewegt.

10osM3F1 107-128

107 C: Hm-hm. Okay, und würdet ihr jetzt allgemein sagen, dass die Ergebnisse, die ihr erlangt
 108 habt, dass ihr denen vertrauen würdet? Würdet ihr sagen: Das, was wir rausbekommen
 109 haben, ist wirklich hundertprozentig das- das richtige? #00:10:37-7#

110 W10: Ja. #00:10:37-7#

111 W11: Nein. #00:10:39-0#

112 W10b: Ja, weil andere haben ja auch andere Versuche gemacht, die hatten ja dasselbe raus
 113 nur auf 'ne andere Art und Weise. #00:10:43-6#

114 W11b: Aber wenn- wenn man jetzt genau von unserer Seite ausgeht und jetzt die anderen
 115 Gruppen ausschließt, würde ich dann sagen- #00:10:50-3#

116 W10c: Ja, aber dafür unterhält man sich ja mit den anderen Gruppen. Das macht man ja
 117 auch, wenn man alleine forscht. Da würde man ja auch sagen: Mach doch mal denselben
 118 Versuch vielleicht auf 'ne andere Art und Weise, um das zu kontrollieren. #00:10:57-7#

119 W11c: Aber bevor du dich mit anderen Gruppen unterhältst, machst du die Ergebnisse-
 120 #00:11:01-1#

121 W12: Wenn man auf das gleiche Ergebnis kommt, ist es ja eigentlich- #00:11:01-0#

122 W10d: Ja, aber da weißt du es ja immer noch nicht. Ja. #00:11:01-6#

123 W11d: Ja, und da- warum machst du denn diesen Test oder dieses Experiment oder so-
 124 machst du ja auch zweimal oder so, um dir sicher zu sein. Vielleicht hast du ja mal was
 125 vergessen oder hast vielleicht 'ne Verbesserungsidee. #00:11:11-4#

126 W10e: Ja, aber das hat ja nichts mit subjektiv und objektiv zu tun. Das ist ja "richtig oder
 127 falsch". #00:11:15-8#

Formulierende Interpretation

OT Vertrauenswürdige
 Ergebnisse

UT 107-111	Unsere Ergebnisse sind richtig	C fragt danach, ob die eigenen Ergebnisse "das Richtige" seien, was von W10 bejaht und von W11 verneint wird. W10 begründet die Richtigkeit der eigenen Ergebnisse mit den belegenden Ergebnissen der anderen Gruppen, W11 beurteilt die Ergebnisse ohne die Belege und ist deshalb anderer Ansicht. W10 führt an, dass in der Wissenschaft auch andere Experimente als Beleg hinzugezogen würden und W11 entgegnet, dass zunächst die eigenen Ergebnisse gemacht werden müssen. W12 schließt sich der "Belegtheorie" an.
UT 112-122	Absicherung durch weitere Experimente	

UT 123-126	Absicherung durch Fehlerausmerzen	W11 erklärt, dass Fehler gemacht worden sein können, sodass eine Durchführung nicht genügt.
------------	-----------------------------------	---

Reflektierende Interpretation

Verlauf C erfragt Zustimmung zur Proposition, W10 validiert, W11 antithesiert, W10 elaboriert, W11 differenziert, W10 elaboriert, W11 versucht, antithetisch zu elaborieren, W12 validiert W10s Elaboration, W10 antithesiert, W11 elaboriert die Antithese, W10 konkludiert rituell

107-109 C fragt, ob die erlangten Ergebnisse "hundertprozentig das Richtige" sind und ob die Lernenden ihren Ergebnissen vertrauen.

110-111 W10 bejaht, W11 verneint. Zunächst ist nur klar, dass sie nicht einer Meinung sind, ob jedoch W11 antithesiert oder in Opposition gehen wird, kann noch nicht gesagt werden.

-
- 112-113 W10 elaboriert die Validierung der Proposition, indem sie die Ergebnisse der anderen Gruppen anführt. "dasselbe raus, nur auf 'ne andere Art und Weise" kann als stichhaltiger Beleg genommen werden, da zum Einen das Ergebnis mehrfach auftritt und zum anderen sogar durch abgewandelte Experimente bestätigt wurde. Für W10 beweisen diese Belege, dass das Ergebnis richtig ist und sie ihm vertrauen kann.
- 114-115 W11 differenziert, bezieht ihre Verneinung auf das Gruppenergebnis an sich, ohne die "Forschergemeinschaft". Und dieses Ergebnis ist für sie nicht vertrauenswürdig.
- 116-119 W10 unterbricht W11 und elaboriert ihren Standpunkt, indem sie angibt, dass Ergebnisse auch in der Forschung durch andere Forscher "kontrolliert" werden.
- 120-121 W11 versucht erneut, ihren Standpunkt darzulegen, schafft es aber nicht, mehr zu sagen, als dass das "Ergebnisse machen" zuerst kommt.
- 122 W12 validiert die Proposition, spricht aber nicht zu Ende, sodass keine inhaltliche Aussage stattfinden kann. Sie beginnt mit "Wenn das gleiche Ergebnis - dann...", was vermuten lässt, dass etwas Verlässlichkeit bestätigendes folgen soll. '... dann sinkt die Verlässlichkeit' wäre unlogisch, wobei natürlich nicht auszuschließen ist, dass vielleicht noch etwas ganz anderes gesagt werden wollte.
- 123 Wieder fällt W10 ins Wort und entgegnet, dass man "es dann immer noch nicht weiß", wenn man auf das gleiche Ergebnis gekommen ist. Hier ist schwierig zu entscheiden, was W10 aus der unterbrochenen Aussage verstanden hat. Es entsteht der Eindruck, als habe W10 das Einsprechen von W12 als W11-zu-Hilfe-Kommen interpretiert. Für sie scheint die Grenze zwischen ihrer Ansicht und der W11s/12s dort zu liegen, wo Ergebnisse vorliegen und mit denen anderer verglichen werden. Für W10 sind die eigenen Ergebnisse nie wirklich verlässlich, bis sie nach außen getragen werden. Sie differenziert, indem sie die Gültigkeit der 'Richtigkeit' weg vom Einzelergebnis einer Forschergruppe verlegt.
- 124-126 W11 hingegen opponiert, indem für sie nur die Ergebnisse aus der Gruppe nicht 'richtig' sind, weil das Experiment nicht wiederholt wurde und es keine Fehlerkorrekturen und Reflexion gab. Wären diese Mechanismen zum Greifen gekommen, würde sie dem Gruppenergebnis mehr trauen.
- 127-128 W10 beendet die Diskussion, indem sie die Ebenen wechselt und zusammenhanglose Begriffe auf den Tisch bringt. Diese rituelle Konklusion zeigt wie auch das Unterbrechen und die erstaunlichen Überschneidungen in den Propositionen der Mädchen, die aber in der Unterhaltung mehr verdeckt denn offengelegt wurden und trotz der Möglichkeit keine Synthese vollzogen wurde, dass hier keine sachliche Unterhaltung geführt wurde.
- Korrektur: W10 legt dar, weshalb ihr der Ergebnisvergleich mit anderen Gruppen so wichtig ist: Erst im Vergleich mit anderen verlassen die Ergebnisse die Ebene des Subjektiven, werden intersubjektiv. Diese klärende Konklusion zieht eine klare Grenze zwischen "Das haben wir richtig gemacht" und "Das hätten andere genauso gemacht".

Rohtranskript 10M2F3_364-418

364 J: Die Lust sollte vielleicht einfach keinen großen- keine große Rolle spielen, wünscht man
 365 sich. Seht ihr das auch so, dass- dass äh Experimentergebnisse für sich stehen und dass man
 366 da nichts reininterpretieren kann? Sollte? Wie seht ihr das? [Murmeln] Ich hab dich da doch
 367 richtig verstanden? [Ja, genau] Okay. #00:33:51-7#

368 M12: Es ist ja auch unterbewusst manchmal, also man interpretiert ja nicht immer
 369 vollkommen - also man möchte nicht immer alles interpretieren, manchmal möchte man ja
 370 ein klares Ergebnis haben, das heißt, man zählt alle Fakten zusammen, überlegt sich was und
 371 kommt dann auf das Ergebnis, das ist so und so. #00:34:07-5#

372 J: Ja, nehmen wir doch mal das Beispiel hier: Lebensraumversuch mit dem Krebs. Ihr baut
 373 das auf und setzt den Krebs dann da rein und dann messt ihr, ich weiß nicht, die meisten
 374 haben, glaub ich, die Zeit gemessen, wie lange er braucht oder wie lange er sich wo aufhält
 375 oder irgendwie sowas- #00:34:21-7#

376 M12b: Und da fängt's z.B. auch schon an, z.B. wann man Zeit misst, z.B. ab dem Zeitpunkt,
 377 wo man ihn in das- in das Aquarium setzt, wobei er sich da ja immer nochmal an die neue
 378 Umgebung gewöhnen muss, vielleicht erst äh wie lange- wenn er sich gewöhnt hat, braucht,
 379 um die Wohnung zu finden oder wie lange er sich in der Wohnung aufhält. Alles immer
 380 dieser- dieser äh Werdegang des Experiments, wie man nun vorgeht. Wenn man jetzt
 381 komplett gleich vorgeht, was mit lebenden Testsubjekten jetzt ein bisschen blöd ist, ähm,
 382 weil sie halt anders [J: Ist schwierig] weil sie halt anders agieren, auch wenn es der gleiche
 383 Krebs wäre, ähm, wird es schwieriger, allerdings ähm hat man ja ein- hat jeder Mensch ja
 384 eine andere Art zu denken, nicht jeder denkt gleich, nicht jeder hat die glei- das gleiche
 385 logische Verständnis manchmal oder demnach ist es auch so, wenn man alle Fakten gleich
 386 zusammenzählt, kommt man einfach ohne es zu wollen auf ein anderes Ergebnis. #00:35:13-
 387 6#

388 J: Hm-hm. Ja, und jetzt, hätte man das Ergebnis: Ja, der weiße Krebs verkriecht sich auf dem
 389 Kies in der Röhre und der rote Krebs verkriecht sich im Sand in ,ner Röhre. Was- was könnte
 390 man da alles schließen? Was habt ihr denn geschlossen aus dem- aus so einem Ergebnis?
 391 #00:35:29-7#

392 M13: Wir haben einfach nur geguckt, ob die - äh was die machen, haben die da reingesetzt
 393 und dann war es halt irgendwie- hat der der rote Krebs hat direkt so- hat sich da in diesen
 394 Pott reingesetzt und sobald man da was vorgehalten hat, also den Spiegel da, denn war der
 395 gleich- also hat sich da- verkrochen, weil man dann halt so'n anderen Krebs simuliert hat,
 396 also mit dem Spiegelbild, ist er gleich aggressiv gewesen, hat sein dingsbums verteidigt da,
 397 seinen Platz und der weiße Krebs ist die ganze Zeit immer so hin und her und der- der ist vor
 398 dem Spiegelbild zurückgeschreckt und ist abgehauen. #00:36:03-7#

399 J: Und wie habt ihr das mit dem roten Krebs interpretiert, also habt ihr- habt ihr
 400 angenommen- #00:36:08-0#

401 M13b: Wir haben einfach nur daraus geschlossen am Ende, dass die sich beide verstecken,
 402 weil der hat sich nicht die Umgebung angeguckt, sondern hat sich direkt verkrochen.
 403 #00:36:14-5#

404 J: Also, dass er sich einfach nur verstecken wollte. Und ihr- man hätte ja aber auch
 405 schlussfolgern können, dass ihm dieser Topf besonders gut gefällt. #00:36:20-8#

406 M13c: Ja, das haben wir auch schlussfolgert, oder? #00:36:23-6#

407 [Ja, durcheinander] #00:36:24-6#

408 M14: Ja, also, das beides ist ja eigentlich ein Schutzreflex, auch wenn man angreift, ist das ja
 409 auch ein äh Schutzmechanismus. [J: Hm-hm.] Und der eine verkriecht sich halt und bei dem
 410 einen könnte man sch- bei dem anderen könnte man dann schlussfolgern, dass er aggressiv

411 ist, aber eigentlich will er sich auch beschützen, weil danach hat er sich da auch gleich
 412 wieder zurückgezogen. #00:36:41-1#
 413 J: Das ist dann immer die Frage, ob man den Krebs eher als ängstlichen Krebs dann sehen
 414 möchte oder als aggressiven Krebs oder als- #00:36:45-7#
 415 M14b: Ja, und das- da kommt dann wieder dieses Subjektive ran und das ist dann halt auch
 416 nur wieder ein kleiner Teil von dem Experiment. #00:36:51-5#

Formulierende Interpretation

OT	Erkenntnis als Ergebnis oder Schlussfolgerung	Moderatorenfrage J nach dem "Reininterpretieren" oder ob Experimentergebnisse für sich stehen.
UT 368-371	Interpretation in der Wissenschaft	Für M12 sind Interpretationen nicht unbedingt "reininterpretiert". Für ein klares Ergebnis beziehen sich die Gedanken auf die ermittelten Fakten. Aus deren "Zusammenzählen" und "was überlegen" dazu ermittelt man das klare Ergebnis, das aussagt, wie etwas ist.
UUT 415-418	Interpretationen haben eine subjektive Komponente	J macht auf interpretative Unsicherheiten im geschilderten Beispiel aufmerksam: Das gleiche Verhalten der beobachteten Krebse wurde mal als ängstlich, mal als aggressiv interpretiert. M14 nimmt diesen Hinweis als Beleg für kleine Bereiche im Experiment, in denen Subjektivität möglich ist.
UT 372-388	Das Vorgehen im Experiment und die Testsubjekte verändern das Ergebnis	J gibt das Krebs-Lebensraum-Experiment als Beispiel, um mehr über die konkrete Auswertung und Interpretation zu erfahren. M12 beschreibt zunächst, welche Faktoren in der Experimentplanung eine Rolle spielen und merkt dann an, dass diese stabil gehalten werden müssen, was in der Arbeit mit lebenden Tieren schwierig ist. Hier sieht M12 ebenso eine Möglichkeit für differierende Ergebnisse wie auch in der unterschiedlichen Art zu denken verschiedener Menschen.
UT 389-414	Interpretation von Krebsverhalten	J konkretisiert das Beispiel auf eine interpretierbare Gegebenheit und fragt nach Interpretationsmöglichkeiten. M13 beschreibt die Handlungen "ihrer" Krebse und ihre Interpretationen daraus. Als J eine weitere Interpretationsmöglichkeit aufzeigt, nimmt M13 diese als die der Gruppe auf. M14 beschreibt die Interpretationen und ihre Unsicherheit.

Reflektierende Interpretation

Verlauf J propositiert, M12 differenziert, J gibt Impuls zu Elaboration, M12 differenziert zunächst, **antithesiert** dann, J gibt Elaborationsimpuls, M13 elaboriert, J validiert die Antithese, M13 divergiert, M14 elaboriert Proposition, J synthetisiert, M14 konkludiert. J greift bisherige Äußerungen auf, fasst sie zusammen und abstrahiert als Proposition das "Für sich Stehen" von Experimentergebnissen, in die keine subjektiven Interpretationsleistungen einfließen. Das "reininterpretieren" ist vermutlich aus einer Lernendenäußerung zitiert und suggeriert, dass interpretative Leistungen etwas schlechtes seien, etwas, das da nicht hingehört.

364-367

- 368-371 M12 schränkt die Gültigkeit der Proposition dahingehend ein, dass "interpretieren", wahrscheinlich im Sinne von reininterpretieren, etwas anderes ist, als "sich was überlegen" und dass "interpretieren" einem klaren Ergebnis im Wege steht. Für ihn sind Interpretationsleistungen im Sinne des Überinterpretierens eventuell unbewusst verlaufende Vorgänge, abzugrenzen vom klaren Ergebnis eines Experiments, für das die "Fakten zusammengezählt" werden und man dazu überlegt. Das so erzeugte Ergebnis beschreibt, wie etwas ist. Es scheint sicher zu sein, das Berufen auf Fakten lässt die Wahrnehmung der Verlässlichkeit vermuten.
- 372-375 J beschreibt ein konkretes Experiment und fordert damit zur Elaboration der eigenen Experimentaufbauten und ihrer Ergebnisse auf.
M12 differenziert zunächst die Vergleichbarkeit von Ergebnissen, indem er die notwendige Vergleichbarkeit der Faktoren elaboriert und dies als Problem der Experimentplanung verortet. Die Faktoren müssen für ihn stabil gehalten werden, "komplett gleich vorgehen", damit vergleichbare Ergebnisse überhaupt möglich werden. Der Beginn mit "Und da fängt's auch schon an..." legt nahe, dass M12 schon die Experimentplanung als schwierig zu beseitigende Fehlerquelle für vergleichbare Ergebnisse betrachtet. Nun im weiteren Gedankengang wirft er die Schwierigkeit der Vergleichbarkeit bei Lebewesen auf: Die "Testsubjekte agieren halt anders", selbst wenn es sich um dasselbe Subjekt handelt, kann es zu verschiedenen Zeitpunkten verschieden agieren, was weitere Unsicherheit aufwirft.
- 376-384 M12 antithesiert seine anfängliche Proposition vom auf Fakten beruhenden, gewissen Ergebnis, indem er nun nicht mehr Schwierigkeiten bei der Erfüllung der Anforderungen für ein sicheres Ergebnis aufzählt, sondern ein konzeptionelles Problem aufwirft: "Nicht jeder hat das gleiche logische Verständnis" wird klar getrennt von falsch vs. richtig, indem M12 den Umstand auch als "nicht gleich denken", "andere Art zu denken" umschreibt. Menschen denken auf unterschiedlichen Wegen, haben andere Ansichten, Gewichtungen, Perspektiven auf Fakten, wodurch "einfach ohne es zu wollen" ein anderes Ergebnis herauskommt, obwohl alle Fakten zusammengezählt wurden.
- 384-388 J beschreibt ein konkretes Ergebnis und fordert zur Elaboration der eigenen Abläufe beim Interpretieren auf.
- 389-392 M13 beschreibt das Vorgehen und das Verhalten der Krebse, fügt Interpretationen hinzu, die nicht zur Schilderung passen: "hat sich da verkrochen" und "ist er gleich aggressiv gewesen" werden in ihrem Zusammenhang nicht erklärt. J fragt nochmals nach der Interpretation des geschilderten Verhaltens. M13 nimmt die unpassende Interpretation zurück und gibt für beide dieselbe Interpretation "Verstecken" an, die er mit "haben sich verkrochen" begründet.
- 393-405 J gibt zu bedenken, dass der Antithese "Menschen denken unterschiedlich" gemäß auch andere Interpretationen möglich wären.
- 406-407 M13 weicht von seiner erinnerten Interpretation ab und übernimmt die neue mit Nachfragen bei anderen Gruppenmitgliedern. Dies deutet auf große Unsicherheit entweder dem Experimentergebnis gegenüber oder wegen der Unsicherheit, welche Antwort von ihm erwartet wird. Er divergiert von der Proposition und ihrer Antithese, indem er sich der intellektuellen Leistung der Interpretation verweigert und die Verantwortung wechselnd an Moderatorin und Gruppenmitglieder abgibt.
- 408-409

-
- M14 elaboriert die mögliche Interpretation und begründet sie. Damit folgt er der Proposition, dass beim Zusammenzählen der Fakten ein verlässliches Ergebnis
- 410-414 herauskommt, denn er produziert und begründet ein Ergebnis, das er als gültig ansieht. Eine andere Schlussfolgerung wäre auch denkbar, aber falsch, "schlussfolgern, dass er aggressiv ist, aber eigentlich will er sich beschützen".
- J stellt heraus, dass die Interpretation eines Verhaltens zu einem gewissen Grad offen ist. Der Krebsangriff kann als aggressiv oder als ängstlich gewertet werden. Indem sie
- 415-416 die Interpretationsfreiheit einschränkt, aber nicht Gewissheit für eine der Interpretationen gibt, synthetisiert sie "Gewissheit" und "Ungewissheit" zu "eingeschränkte Gewissheit".
- M14 konkludiert die Proposition validierend durch Verlegung auf "ein kleiner Teil vom Experiment". Er verneint die Möglichkeit der Synthese, sondern die Antithese ist "das
- 417-418 Subjektive" und gilt nur für einen kleinen Teil des Experiments, wird aber für das Interpretieren von Ergebnissen allgemein abgelehnt.

Curriculum Vitae

Berufliche Ausbildung

12.1999 - 07.2002	Praktikum und Ausbildung zur Buchhändlerin, Buchhandlung Decius, Hannover
10.2002 - 01.2008	Studium Universität Bremen, Lehramt Sek. II Erweiterung Sek. I, Biologie und Deutsch
05.2008 - 04.2010	Referendariat Studienseminar Stade, LA Gy Ausbildungsschule: Albert-Einstein-Gymnasium, Buchholz i.d.N.

Aktuelle Tätigkeit

seit 02.2013	Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften (IDN), Abt. Biologiedidaktik, Universität Bremen
--------------	--

Lehrerfahrungen

09.2011 - 07.2013	Dozentin (IT-Infrastruktur) an der Fachhochschule für Ökonomie und Management (FOM), Bremen
11.2011 - 01.2013	Naturwissenschaftliche Lehrkraft (Chemie und Biologie) an der Oberschule am Goldbach, Flecken Langwedel
seit 02.2013	Vorlesung: Das Konzept des Lebendigen (Biologische Grundlagen für Lehramtsstudierende GS) Seminare: Biologiedidaktik für den Sachunterricht Grundlagen des Lehrens und Lernens von Biologie

Liste der Publikationen

Artikel

Birkholz, J. & Elster, D. (2018). Reflective Reviewing operating on concepts of Nature of Science (796-803). In: Finlayson, O., McLoughlin, E., Erduran, S. & Childs, P. (Hrsg.). *Research, Practice and Collaboration in Science Education*. Proceedings of ESERA 2017 Conference, Dublin: Dublin City University.

Colizzi, V., Mezzana, D., Ovseiko, P., Caiati, G., Colonnello, C., Declich, A., Buchanan, A., Edmunds, L., Buzan, E., Zerbini, L., Djilianov, D., Kalpazidou Schmidt, E., Bielawski, K., Elster, D., Salvato, M., Alcantara, L., Minutolo, A., Potesta, M., Bachiddu, E., Milano, M., Henderson, L., Kiparoglou, V., Friesen, P., Sheehan, M., Moyankova, D., Rusanov, K., Wium, M., Raszczyk, I., Konieczny, I., Gwizdala, J., Sledzik, K., Barendziak, T., **Birkholz, J.**, Müller, N., Warrelmann, J., Meyer, U., Filser, J., Khouri Barreto, F. & Montesano, C. (2018). Structural Transformation to Attain Responsible BIOSciences (STAR-BIOS2): Protocol for a Horizon 2020 Funded European Multicenter Project to Promote Responsible Research and Innovation. *JMIR Research Protocol*, 8(3): e11745.

Birkholz, J. & Elster, D. (2017). The Reflective Reviewing Café - Qualitative analyses of students' views on Nature of Science. In: *New Perspectives in Science Education*. Conference Proceedings 2017, Florence.

Elster, D. & **Birkholz, J.** (2016). Context-based learning and practical work at the basci-lab Bremen: Issues and Challenges. In: Eilks, I., Makic, S. & Ralle, B. (Hrsg.) *Science education research and practical work*. Aachen: Shaker.

Birkholz, J. & Elster, D. (2016). Die Forschungstätigkeiten im Schülerlabor reflektieren - Die Natur der Naturwissenschaften offenlegen. In: Krüger, D., Schmiemann, P., Möller, A., Dietmar, A. & Kotzebue, L. (Hrsg.): *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 14*, Berlin: Universitätsdruck Berlin.

Birkholz, J. & Elster, D. (2016). Impact of reflective reviews on students' conceptions of Nature of Science (855-876). In: Lavonen, J., Juuti, K., Lampiselkä, J., Uitto, A. & Hahl, K. (Hrsg.). *Engaging Learners for a Sustainable Future*. Proceedings of ESERA 2015 Conference, Helsinki: University of Helsinki.

Eschweiler, M., **Birkholz, J.** & Elster, D. (2016). What Do Teacher Students Learn in a School-Based Environmental Course? In: *New Perspectives in Science Education*, Conference Proceedings 2016, Florence.

Birkholz, J. & Elster, D. (2016). Wirkung von Reflexionen über Forschungs-

tätigkeiten im Schülerlabor auf ausgewählte Aspekte des Wissenschaftsverständnisses (75-91). In: Gebhard, U. & Hammann, M. (Hrsg.) *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*. Innsbruck: Studienverlag.

Vorträge

ESERA (European Science Education Research Association) Conference in Dublin (2017). *Reflective Reviewing operating on Concepts of Nature of Science*.

NPSE (New Perspectives in Science Education) Conference in Florenz (2017). *The Reflective Reviewing Café. Qualitative analyses of students' concepts of Nature of Science*.

ESERA (European Science Education Research Association) Conference in Helsinki (2015). *Impact of reflective reviews on students' reasonable concepts of Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry*.

20. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBIO in Hamburg (2015). *Wie wirken sich mehrfache Besuche des basci-Schülerlabors und Reflexionscafés auf das Wissenschaftsverständnis aus?*

Posterbeiträge

Birkholz, J. & Elster, D. (2017). *Flusskrebsinvasion - Forschendes Lernen im basci Schülerlabor*. Forschendes Lernen - The Wider View. Eine Tagung des Zentrums für Lehrerbildung der WWU Münster.

Birkholz, J. & Elster, D. (2015). *Über das Forschen reflektieren - Notwendigkeit oder Zeitverschwendung?*. Frühjahrsschule München.

Birkholz, J. & Elster, D. (2014). *Entwicklung von Wissenschaftsverständnis durch mehrfache Besuche des basci Schülerlabors*. Frühjahrsschule Trier.

Projektskizze

Birkholz, J. & Elster, D. (2015). Ermittlung von Wissenschaftsverständnis durch *Reflexionscafés* im basci Schülerlabor - Projektskizze. In: Krüger, D., Schmiemann, P., Dittmer, A. & Möller, A. (Hrsg.) *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 13*, Berlin: Universitätsdruck Berlin.

Workshop

Nature of Science im Unterricht sichtbar machen - Das *Reflexionscafé*.
MINT Tagung Hamburg, 19.02.2016

