

---

# Untersuchung von Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern und deren Beeinflussung durch ein Schülerlabor

---

Von der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften  
der RWTH Aachen University zur Erlangung des akademischen Grades  
eines Doktors der Naturwissenschaften genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Diplom-Physiker

**Fabian Leiß**

aus Duisburg

Berichter: Prof. Dr. rer. nat. Heidrun Heinke  
Prof. Dr. rer. nat. Josef Riese

Tag der mündlichen Prüfung: 17.12.2019

Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der Universitätsbibliothek verfügbar.



---

## Publikationen

Teile der vorliegenden Dissertation wurden bereits in nachfolgend aufgeführten Arbeiten bzw. im Rahmen von Konferenzen veröffentlicht:

Leiß, F., Detemple, R. & Heinke, H. (2017). Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern. In: Nordmeier, V. & Grötzebauch, H. (Hrsg.). *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Dresden 2017* (S. 195-201), Berlin.

Leiß, F., Detemple, R. & Heinke, H. (2017). Der Arbeitsalltag von NaturwissenschaftlerInnen aus Schülersicht. In: Maurer, C. (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016* (S. 600-603). Universität Regensburg.

Leiß, F., Detemple, R. & Heinke, H. (2016). Wie arbeiten Wissenschaftler? - Antworten aus dem Schülerlabor. In: Maurer, C. (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015* (S. 503-505). Universität Regensburg.

Leiß, F., Detemple, R., Salinga, M. & Heinke, H. (2015). Nanoswitches - kleine Schalter, große Zukunft? *Praxis der Naturwissenschaften, Physik in der Schule*, 64 (3), S. 29-32.

Leiß, F., Detemple, R. & Heinke, H. (2015). Planspiel zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (NAW) im Schülerlabor. In: Bernholt, S. (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014* (S. 543-545). Kiel: IPN.

Workshop: Leiß, F. (2017), *Wie arbeiten Naturwissenschaftler heute? Schülervorstellungen und Antworten aus dem Schülerlabor SCiPhyLAB\_nano*, MINT-Unterricht: zeitgemäß und nachhaltig, Bundeskongress des MNU, Aachen 2017.

Poster: Leiß, F., Detemple, R. & Heinke, H. (2016). *Einblick in die moderne Forschung - Nanoschalter im Schülerlabor*. LernortLabor - Bundesverband der Schülerlabore e.V., Jahrestagung in Saarbrücken 2016.

---

Poster: Leiß, F., Schwarzer, S., Heinke, H. & Parchmann, I. (2015). *Schülerlabore als Maßnahme zur Öffentlichkeitsarbeit und Bildung in Sonderforschungsbereichen am Beispiel von Nanoschaltern*. LernortLabor - Bundesverband der Schülerlabore e.V., Jahrestagung in Berlin 2015.

Poster: Leiß, F., Detemple, R. & Heinke, H. (2015). *Große Zukunft für kleinste Schalter? Planspiel zu Nanoswitches im Schülerlabor*. LernortLabor - Bundesverband der Schülerlabore e.V., Jahrestagung in Berlin 2015.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Ziele der Arbeit . . . . .	3
1.2	Struktur der Arbeit . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>7</b>
2.1	Projektzusammenhang . . . . .	7
2.1.1	Charakteristika und Bedeutung von Sonderforschungsbereichen . . . . .	7
2.1.2	Der Sonderforschungsbereich Nanoswitches . . . . .	9
2.1.2.1	Forschungsziele des SFB Nanoswitches . . . . .	9
2.1.2.2	Organisation und Strukturen des SFB Nanoswitches . . . . .	11
2.1.2.3	Das Öffentlichkeitsarbeitsprojekt des SFB Nanoswitches . . . . .	13
2.2	Fachdidaktische Grundlagen . . . . .	13
2.2.1	Schülerlabore in Deutschland . . . . .	13
2.2.1.1	Ursprünge der Schülerlaborbewegung . . . . .	14
2.2.1.2	Ziele und Kategorien von Schülerlaboren . . . . .	15
2.2.1.3	Lernen im Schülerlabor . . . . .	16
2.2.1.4	Fachdidaktische Forschung zu Schülerlaboren . . . . .	18
2.2.2	Der Themenbereich Natur der Naturwissenschaften . . . . .	20
2.2.2.1	Schülervorstellungen über Naturwissenschaftler . . . . .	26
2.2.2.2	Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern und RIASEC-Modell . . . . .	28
<b>3</b>	<b>Entwicklung und Status quo des Schülerlabors SCIphyLAB_nano</b>	<b>35</b>
3.1	Konzept des Schülerlabors . . . . .	35
3.1.1	Ziele des Schülerlabors . . . . .	35
3.1.2	Didaktische Herangehensweise . . . . .	37
3.1.2.1	Auswahl und Aufbereitung der Fachinhalte . . . . .	38
3.1.2.2	Methodik des Schülerlabors . . . . .	39
3.2	Programmangebot des Schülerlabors . . . . .	41
3.2.1	Ablauf eines typischen Schülerlaborbesuchs . . . . .	41
3.2.1.1	Räumlichkeiten für Schülerlaborbesuche . . . . .	43
3.2.1.2	Betreuer im Schülerlabor . . . . .	44
3.2.2	Module und Experimente im Überblick . . . . .	44
3.2.2.1	Modul <i>Datenspeicher der Zukunft</i> . . . . .	45
3.2.2.2	Modul <i>Nanowelt</i> . . . . .	46
3.2.2.3	Experimente im Schülerlabor . . . . .	47

3.3	Durchführungen und Feedback . . . . .	55
3.3.1	Aktivitäten des Schülerlabors SCIphyLAB_nano . . . . .	55
3.3.2	Feedback und Weiterentwicklung der Materialien . . . . .	56
3.3.3	Außendarstellung und Kooperation mit anderen Schülerlaboren . . . . .	57
<b>4</b>	<b>Forschungsfragen</b>	<b>59</b>
<b>5</b>	<b>Explorative Studie: Untersuchung von Schülervorstellungen</b>	<b>63</b>
5.1	Studiendesign und Erhebungsinstrument . . . . .	63
5.2	Durchführung der Erhebung an Schulen . . . . .	68
5.3	Auswertungsmethodik für die explorative Studie . . . . .	68
5.4	Ergebnisse der explorativen Studie . . . . .	77
5.4.1	Angaben zur Stichprobe . . . . .	77
5.4.2	Datengrundlage für die Inhaltsanalyse . . . . .	79
5.4.3	Das entwickelte Kategoriensystem . . . . .	82
5.4.4	Die Kategorien für die Frequenzanalyse . . . . .	86
5.4.5	Ergebnisse der Analyse von Tätigkeiten . . . . .	89
5.4.5.1	Die Häufigkeiten der Tätigkeiten . . . . .	89
5.4.5.2	Kommunikation und Kooperation in den Schülerdarstellungen	100
5.4.5.3	Ergebnisse der Zusatzkategorien . . . . .	103
5.4.6	Reliabilität des Erhebungsinstrumentes und Fazit zu dessen Einsatz . . . . .	117
5.5	Vergleich mit Vorstellungen der Teilnehmer einer Schüleruniversität . . . . .	120
5.6	Zusammenfassung der explorativen Studie . . . . .	126
<b>6</b>	<b>Interventionsstudie: Untersuchung des Einflusses eines Schülerlaborbesuchs</b>	<b>131</b>
6.1	Das Erhebungsinstrument . . . . .	131
6.2	Erprobung des Erhebungsinstrumentes . . . . .	141
6.2.1	Durchführung der Erprobung und Beschreibung der Stichprobe . . . . .	141
6.2.2	Überprüfung von Gütekriterien des Fragebogenteils über Tätigkeiten . . . . .	145
6.2.2.1	Ergebnisse der Itemanalyse . . . . .	145
6.2.2.2	Prüfung von Gütekriterien der Tätigkeitsbereiche . . . . .	148
6.2.3	Die Bewertung von Bildern im Fragebogen . . . . .	153
6.2.4	Untersuchung von Lesekompetenz und Bewertung der Darstellungsform . . . . .	155
6.2.5	Fazit und Ergebnisse der Erprobung im Überblick . . . . .	159
6.3	Untersuchung des Einflusses des Schülerlabors . . . . .	160
6.3.1	Studiendesign . . . . .	160
6.3.2	Beschreibung der Stichprobe . . . . .	162
6.3.3	Ergebnisse der Interventionsstudie . . . . .	164
6.3.3.1	Ergebnisse des Pre-Tests . . . . .	164
6.3.3.2	Ergebnisse des Post-Tests . . . . .	166
6.3.3.3	Ergebnisse des Follow-up-Tests . . . . .	167
6.3.3.4	Ergebnisse für die Tätigkeitsbereiche im zeitlichen Verlauf . . . . .	169
6.4	Zusammenfassung der Interventionsstudie . . . . .	178

<b>7 Zusammenfassung der Arbeit und Ausblick</b>	<b>181</b>
7.1 Ausblick . . . . .	185
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>187</b>
<b>A Der Sonderforschungsbereich 917 Nanoswitches</b>	<b>195</b>
<b>B Kurzbeschreibung der statistischen Methoden</b>	<b>197</b>
<b>C Materialien des Schülerlabors</b>	<b>199</b>
<b>D Materialien der explorativen Studie</b>	<b>201</b>
<b>E Materialien der Interventionsstudie</b>	<b>203</b>
E.1 Fragebogen mit Bildern . . . . .	203
E.2 Erprobung des Fragebogens der Interventionsstudie . . . . .	208
<b>F Danksagung</b>	<b>217</b>
<b>G Eidesstattliche Erklärung</b>	<b>219</b>



# 1 Einleitung

Ein Naturwissenschaftler wird in Film und Fernsehen des Öfteren als allein arbeitender Mann mit Brille, grauen Haaren und weißem Laborkittel dargestellt<sup>1</sup>. Auf der anderen Seite sorgen in der erfolgreichen Comedy-Serie *The Big Bang Theory* junge Physiker durch ihr Auftreten als Nerds für Unterhaltung. Derartige Darstellungen geben jedoch einen stark eingeschränkten Blick auf die Realität von Naturwissenschaftlern<sup>2</sup> wieder. Es ist aber davon auszugehen, dass sich diese Darstellungen auch auf die Vorstellungen von Schülern auswirken und bei ihnen gegebenenfalls zu einem verzerrten Bild von Naturwissenschaftlern und ihren Tätigkeiten führen. Dies ist aus verschiedenen Gründen problematisch:

Unter der Annahme, dass Schüler ihre Studien- und Berufswahl auf Basis ihrer Vorstellungen von Tätigkeitsfeldern treffen, kann ein negativ verzerrtes Bild dazu führen, dass Berufe im MINT<sup>3</sup>-Bereich nicht in Betracht gezogen werden, obwohl sie tatsächlich viele Kriterien von Berufswünschen erfüllen. So gehören beispielsweise auch gemeinsamer Austausch und Kooperation unter Naturwissenschaftlern zum Forschungsalltag in den Naturwissenschaften dazu (Gebhard, Höttecke und Rehm, 2017, S. 17ff). Darüberhinaus sind die Berufsaussichten und Arbeitsbedingungen im MINT-Bereich generell als sehr gut zu bezeichnen, beispielsweise wegen guter Karriereperspektiven und guter Chancen für Bildungsaufsteiger sowie aufgrund von stärker steigenden Einkommen als in anderen Branchen (MINT-Frühjahrsreport, 2018).

Doch ein negatives Bild von Naturwissenschaftlern und ihren Tätigkeiten ist nicht nur wegen der Berufswahl einzelner Schüler bedenklich, sondern auch weil sich das Problem auf die Gesellschaft in Deutschland insgesamt auswirkt. So hatten über 82% der Erwerbstätigen in Forschungsabteilungen im Jahr 2015 eine MINT-Qualifikation und trugen wesentlich zur Innovationskraft des Landes bei (MINT-Frühjahrsreport, 2018). Damit ist es weiterhin von entscheidender Bedeutung Nachwuchs im MINT-Bereich auszubilden. Denn obwohl die Zahl der erwerbstätigen MINT-Akademiker von 2011 bis 2015 um 14% gestiegen ist, stellte das Institut der deutschen Wirtschaft den höchsten Bedarf an MINT-Fachkräften und -Akademikern seit Beginn der Untersuchungen im Jahr 2011 fest (MINT-Frühjahrsreport, 2018).

Doch nicht nur für naturwissenschaftlich-technisch interessierte Schüler sind Kenntnisse über Naturwissenschaften bzw. über Naturwissenschaftler wichtig, wie in den bundesweiten Bildungsstandards begründet wird: „Naturwissenschaftliche Bildung ermöglicht dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung und ist deshalb wesentlicher Bestand-

---

<sup>1</sup>z.B. Doc Brown in *Zurück in die Zukunft*, Jonathan Frink in *Die Simpsons* u.v.m.

<sup>2</sup>Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit stets die männliche Form stellvertretend für alle Geschlechter verwendet.

<sup>3</sup>Abkürzung für Mathematik-Informatik-Naturwissenschaften-Technik.

teil von Allgemeinbildung.“ (KMK, 2005, S. 6). So wurde nach dem unerwartet schlechten Abschneiden der Schüler in Deutschland bei der PISA<sup>4</sup>-Studie im Jahr 2000 die Einführung von Kompetenzen beschlossen, im Rahmen derer - neben dem Fachwissen - auch verstärkt naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung beitragen sollen (KMK, 2005). Vorstellungen und Wissen über Naturwissenschaftler und ihre Tätigkeiten lassen sich im naturwissenschaftsdidaktischen Themenbereich *Natur der Naturwissenschaften* verorten - einer Form des Metawissens über Naturwissenschaften, welches im Zusammenhang mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen steht. Solches Metawissen ist gerade nötig für Debatten über „gesellschaftlich bedeutsame und naturwissenschaftlich relevante Probleme“ (Gebhard et al., 2017, S. 86), wie beispielsweise den Klimawandel, die Nutzung von Kernenergie oder den Einsatz von Gentechnik. Allein naturwissenschaftliches Fachwissen reicht zur eigenen Meinungsbildung nicht aus. Vielmehr sind dabei auch Aspekte der Entstehung bzw. Absicherung von Wissen durch die naturwissenschaftliche Gemeinschaft wichtig sowie die Erkenntnis, dass auch Politik, Wirtschaft und Medien versuchen können auf Forschungseinrichtungen und -ergebnisse Einfluss zu nehmen (Gebhard et al., 2017, S. 85ff). Untersuchungen von Schülervorstellungen zum Themenbereich *Natur der Naturwissenschaften* werden bereits seit mehr als fünf Jahrzehnten vor allem im anglo-amerikanischen Raum durchgeführt (N. Lederman, Wade und Bell, 1998; N. G. Lederman, 2008). Dabei standen Vorstellungen über Naturwissenschaftler als Personen insbesondere bei Erhebungen mit *Draw-A-Scientist Test*-Formaten im Fokus (Chambers, 1983, Finson, 2002). Bei derartigen Untersuchungen, bei denen die teilnehmenden Schüler einen Naturwissenschaftler zeichnen sollten, wurden wiederholt bestimmte Merkmale (z.B. Laborkittel, Brille) in den Schülerzeichnungen vorgefunden, die schließlich als stereotypisch für Naturwissenschaftler in Schülervorstellungen bezeichnet wurden (Finson, Beaver und Cramond, 1995).

In seiner Zusammenfassung von Schülervorstellungen über die *Natur der Naturwissenschaften* bzw. über die Personen der Naturwissenschaftler und ihre Arbeitsweisen kam der Physikdidaktiker Höttecke auf Basis vorwiegend englischsprachiger Literatur zu dem Schluss, dass die Vorstellungen der Schüler „als unzureichend und nicht adäquat bezeichnet werden müssen“ (2001, S. 71). Dabei wurde herausgefunden, dass die Schüler sich „einen typischen Naturwissenschaftler einzeln und isoliert arbeitend“ vorstellen (Höttecke, 2001, S. 72). Dies stellt jedoch einen deutlichen Gegensatz zum naturwissenschaftlichen Forschungsalltag dar, bei dem gerade der Austausch und gemeinschaftliches Arbeiten zwischen Naturwissenschaftlern charakteristisch ist (Gebhard et al., 2017, S. 17ff). Aktuelle Untersuchungen, bei denen die Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern ein Schwerpunktthema bildeten, gab es nur vereinzelt (Wentorf, Höffler und Parchmann, 2015; Stamer, Schwarzer und Parchmann, 2018), so dass in diesem Bereich großer Forschungsbedarf besteht. Dies zeigte sich auch darin, dass zu Forschungsbeginn der vorliegenden Arbeit in diesem Bereich keine geeigneten Erhebungsinstrumente vorlagen.

Insbesondere als Reaktion auf die Ergebnisse der PISA-Studie im Jahr 2000 entstanden in Deutschland diverse Initiativen, die Schülern außerhalb des Schulunterrichts Möglichkeiten boten im Bereich der Naturwissenschaften zu experimentieren (LernortLabor, 2015, S. 14). Derartige außerschulische Lernorte sind mittlerweile als Schülerlabore bekannt geworden und bundesweit vertreten. Vor allem in Schülerlaboren, die Unternehmen und Forschungseinrichtungen

---

<sup>4</sup>Programm for International Student Assessment

angegliedert sind, bietet sich Schülern teils auch die Gelegenheit dortige Naturwissenschaftler und deren Arbeitsumfeld kennenzulernen (LernortLabor, 2015). Fachdidaktische Untersuchungen zu Schülerlaboren, die schwerpunktmäßig im Zusammenhang mit dem Themenbereich Natur der Naturwissenschaften stehen oder naturwissenschaftlich-technische Berufsfelder behandeln, lagen bisher jedoch nur wenige vor: Im Rahmen der Arbeit von Uhlmann und Priemer (2009), in welcher ein Schwerpunkt auf dem Themenbereich Natur der Naturwissenschaften lag, wurde ein Schülerlabor im Bereich der Plasmaphysik untersucht, das sich an Schüler der Oberstufe richtete und in dessen Programm auch der Austausch von Schülern mit Naturwissenschaftlern vorgesehen war. Der Untersuchung zufolge konnten einige Ansichten der Schüler im Bereich der Natur der Naturwissenschaften durch einen Schülerlaborbesuch positiv verändert werden. In einer Studie von Weßnigk (2013) wurde ein Schülerlabor im Bereich der industriellen Produktion betrachtet und unter anderem die dort stattfindende Gruppenarbeit sowie Effekte auf die Berufsorientierung der Schüler untersucht. Dabei konnte eine positive Veränderung des Fähigkeitsselbstkonzeptes der Schüler und ihrer Einstellung gegenüber naturwissenschaftlichen Berufen festgestellt werden. In einer Untersuchung von Stamer, Pönicke, Schwarzer und Parchmann (2018) wurden im Schülerlabor konkrete Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern thematisiert und dazu der Einsatz von Videos evaluiert, welche Schülern ersten Ergebnissen zufolge ebenfalls authentische Einblicke in die naturwissenschaftliche Forschung ermöglichen können. Diese drei Arbeiten zeigen, dass eine Beeinflussung von Schülervorstellungen im Rahmen eines Schülerlaborbesuches generell möglich ist. Es gab jedoch noch kein Beispiel für ein Schülerlabor, das bereits mit einem Fokus auf Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern konzipiert wurde. Doch aus Sicht von Schülerlaborverbänden und nachwuchssuchenden Einrichtungen besteht sicherlich großes Interesse an einem entsprechenden Konzept. Die Untersuchung des Einflusses eines derartigen Konzeptes auf Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern besitzt somit großes Potenzial auch über die naturwissenschaftsdidaktische Forschung hinaus einen wichtigen Betrag zur adäquaten Vermittlung von Berufsbildern zu leisten.

## 1.1 Ziele der Arbeit

Das Anliegen, ein größeres Forschungsprojekt der Öffentlichkeit und insbesondere Schülern zu präsentieren, bildete die Ausgangslage der vorliegenden Arbeit. Bei dem Forschungsprojekt handelt es sich um den Sonderforschungsbereich SFB 917 Nanoswitches (SFB Nanoswitches), welcher an der RWTH Aachen und am Forschungszentrum Jülich angesiedelt ist. Im Unterschied zu den zuvor skizzierten Schülervorstellungen, nach denen Naturwissenschaftler vor allem allein arbeiten, weisen insbesondere interdisziplinäre Forschungsprojekte - wie ein Sonderforschungsbereich - vielfältige Formen der Kooperation auf. Aufgrund der fachdidaktischen Forschung im Bereich von Schülervorstellungen über Naturwissenschaftler und ihre Tätigkeiten ergaben sich für die vorliegende Arbeit insbesondere folgende Fragen:

Welche Vorstellungen von Naturwissenschaftlern und ihren Tätigkeiten haben Schüler aktuell? Gibt es eine Möglichkeit Schülern ein authentisches Bild von Naturwissenschaftlern und ihren Tätigkeiten näherzubringen? Lässt sich ein Einfluss auf solche Schülervorstellungen nachweisen? Aufgrund dieser Fragen wurde als erstes wichtiges Ziel dieser Arbeit eine Bestandsaufnahme

me aktuell vorhandener Schülervorstellungen über Naturwissenschaftler und ihre Tätigkeiten angestrebt. Für dieses Ziel war zunächst in Ermangelung eines geeigneten Erhebungsinstrumentes und zur Berücksichtigung der Kritik an bis dahin eingesetzten Instrumenten die Entwicklung eines neuen Erhebungsinstrumentes nötig, mit dem Schülervorstellungen explorativ erfasst werden konnten. Für den Einblick in vorhandene Schülervorstellungen wurde eine Erhebung von Daten bei Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9, das heißt noch vor einer Kurswahl für die Oberstufe, durchgeführt.

Zur Darstellung von Forschungsthemen des SFB Nanoswitches wurde gemeinsam mit Projektverantwortlichen beschlossen ein Schülerlabor im Rahmen eines eigenständigen Teilprojektes zur Öffentlichkeitsarbeit aufzubauen. Dies bot die Chance in der vorliegenden Arbeit ein Konzept für das Schülerlabor zu entwickeln, bei welchem insbesondere Arbeitsweisen und Tätigkeiten in der naturwissenschaftlichen Forschung im Fokus stehen. Dabei wurde insbesondere intendiert den Schülern auch Formen der Kooperation aufzuzeigen und möglichst authentische Einblicke zu ermöglichen, um als gute Entscheidungsgrundlage für eine spätere Berufswahl zu dienen. Mit dem Aufbau des Schülerlabors sollte es somit nicht bei einer Erfassung von Schülervorstellungen bleiben, sondern darüberhinaus eine Möglichkeit geschaffen werden Schülervorstellungen hin zu einem adäquaten und aktuellen Bild naturwissenschaftlicher Tätigkeiten zu beeinflussen.

Das zweite wichtige Ziel dieser Arbeit bestand daher darin zu untersuchen, ob bzw. welchen Einfluss auf bestehende Schülervorstellungen der Besuch des aufgebauten Schülerlabors SCIphyLAB\_nano mit dem neuentwickelten Konzept hat. Wie schon für die Bestandsaufnahme, war für diese Erhebungen jedoch ebenfalls zunächst die Entwicklung eines geeigneten Erhebungsinstrumentes erforderlich, welches in diesem Fall zur Feststellung von Unterschieden in den Vorstellungen der Schülern vor bzw. nach einem Besuch im Schülerlabor benötigt wurde. Ein Schülerlaborbesuch diente somit als Intervention, mithilfe derer ein möglicher Einfluss des Schülerlabors untersucht wurde. Mit der Entwicklung der Erhebungsinstrumente sowie mit der Untersuchung der Schülervorstellungen über Naturwissenschaftler und ihre Tätigkeiten wurde somit ein Beitrag zur fachdidaktischen Forschung geleistet, welcher durch die Entwicklung eines neuen Schülerlaborkonzeptes abgerundet wurde.

## 1.2 Struktur der Arbeit

Zur Übersicht über die vorliegende Arbeit werden ihre Struktur und Bezüge zwischen verschiedenen Kapiteln der Arbeit in der Abbildung 1.1 dargestellt. Nach der Einleitung in diesem Kapitel 1 werden die für das Verständnis dieser Arbeit nötigen fachdidaktischen Grundlagen in Kapitel 2 vorgestellt. Dabei wird am Beispiel des Sonderforschungsbereichs SFB 917 Nanoswitches ein interdisziplinäres Forschungsprojekt präsentiert, welches eine wichtige Rolle für die Entwicklung des Schülerlabors spielte. Des Weiteren werden Entstehungsgeschichte, Konzepte und Kategorien von Schülerlaboren in Deutschland erläutert. Außerdem sind Schülervorstellungen im Bereich der Natur der Naturwissenschaften und insbesondere der Teilbereich der Vorstellungen über Naturwissenschaftler und ihre Tätigkeiten von zentraler Bedeutung für diese Arbeit, weil sie einerseits für die Entwicklung des Schülerlabors berücksichtigt wurden und

andererseits im Fokus der explorativen Studie sowie der Interventionsstudie standen. In Kapitel 3 wird das Schülerlabor SCIphyLAB\_nano der RWTH Aachen präsentiert. Dazu werden die konzeptionelle Entwicklung, ein Beispiel für das Tagesprogramm eines Schulklassenbesuchs sowie Rahmenbedingungen des Betriebs des Schülerlabors vorgestellt. Die fachdidaktischen Forschungsfragen dieser Arbeit werden in Kapitel 4 formuliert. Zu deren Beantwortung wurde unabhängig von der Entwicklung des Schülerlabors eine explorative Studie an Schulen durchgeführt (Kapitel 5) und anschließend eine Interventionsstudie, in deren Rahmen ein möglicher Einfluss von Schülerlaborbesuchen untersucht wurde (Kapitel 6). In Kapitel 7 wird die vorliegende Arbeit abschließend zusammengefasst.

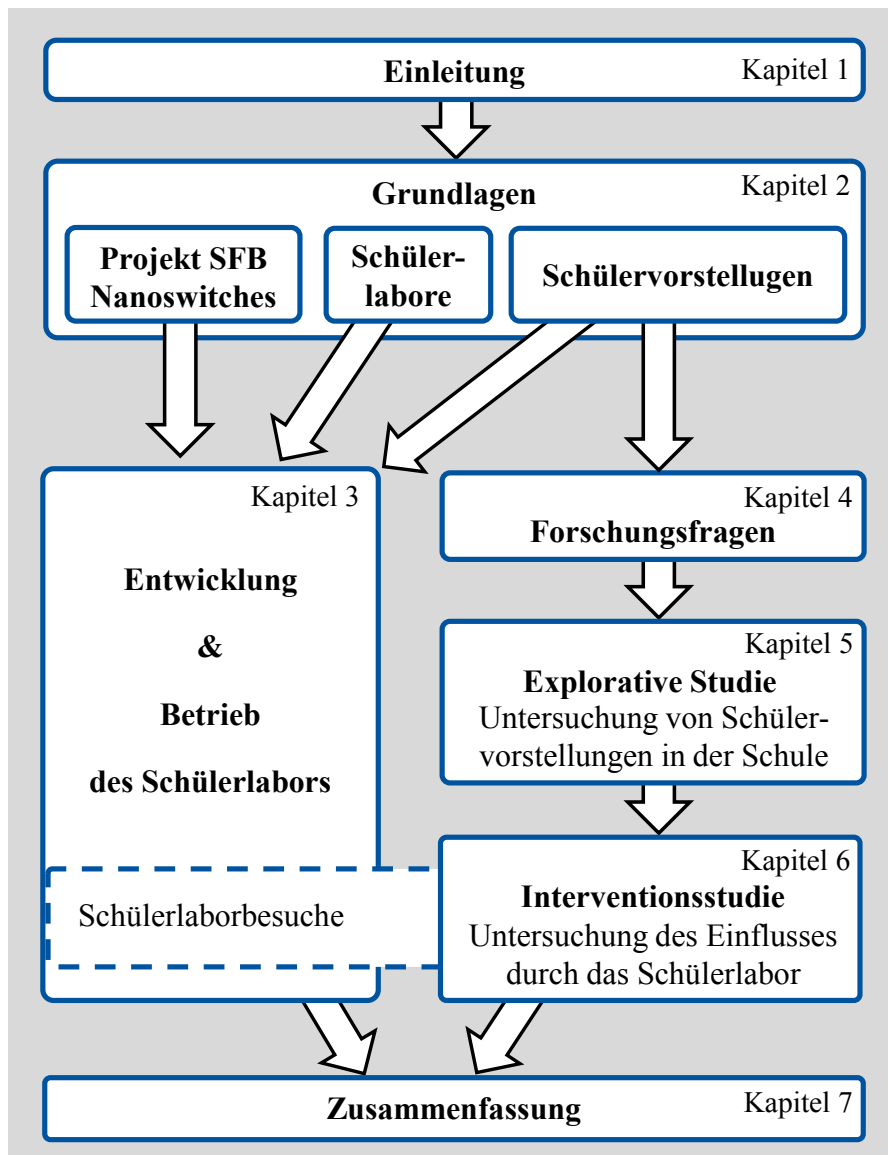


Abbildung 1.1: Struktur der vorliegenden Arbeit.



## 2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Grundlagen sowohl des Projektzusammenhangs im Sonderforschungsbereich SFB 917 Nanoswitches (SFB Nanoswitches) als auch der fachdidaktischen Themenbereiche, auf denen die vorliegende Arbeit aufbaut, erläutert.

Im Unterkapitel 2.1 wird der Projektzusammenhang zum SFB Nanoswitches dargestellt, weil er für die Konzeption des Schülerlabors (Kapitel 3) nicht nur wegen der fachlichen Inhalte wichtig war, sondern auch weil der SFB Nanoswitches mit seinen Organisationsstrukturen und Arbeitsabläufen stellvertretend für größere Projekte in den Naturwissenschaften steht. Im Unterkapitel 2.2 wird ein Überblick über die fachdidaktische Forschung im Bereich der Schülerlabore und über den Themenbereich der Natur der Naturwissenschaften gegeben. Dabei wird jeweils der Forschungsbedarf für die vorliegende Arbeit aufgezeigt.

### 2.1 Projektzusammenhang

Das Schülerlabor zur vorliegenden Arbeit wurde im Rahmen eines Teilprojektes des SFB Nanoswitches an der RWTH Aachen aufgebaut. Aufgrund der Bedeutung von Sonderforschungsbereichen in der deutschen Forschungslandschaft wird zunächst auf Sonderforschungsbereiche im Allgemeinen eingegangen und anschließend der SFB Nanoswitches im Speziellen betrachtet.

#### 2.1.1 Charakteristika und Bedeutung von Sonderforschungsbereichen

Sonderforschungsbereiche (SFB) gehören zu den sogenannten „koordinierten Programmen“, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert werden und die für „kooperative, überwiegend interdisziplinär ausgerichtete Forschung“ gedacht sind (DFG, 2019). Nach Angaben der DFG werden SFB meist von einer Hochschule beantragt und geleitet, wobei auch Kooperationen mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen explizit begrüßt werden. SFB zeichnen sich besonders durch ihre langfristigen Projektlaufzeiten von bis zu 12 Jahren aus (DFG, 2019) und stellen nach Aussage des ehemaligen Präsidenten der DFG Prof. Kleiner damit in der internationalen Forschungslandschaft einzigartige Projekte dar (DFG, 2008, S. 5). Für das Jahr 2017 plante die DFG für insgesamt 268 laufende SFB eine Fördersumme von 661 Mio. Euro ein (DFG, 2019). Dies entsprach rund 22% des Gesamthaushaltes der DFG, die ihre finanziellen Mittel zum größten Teil von Bund und Ländern erhält (DFG, 2019).

SFB sollen bei antragstellenden Hochschulen eine „Koordination und Konzentration von Personen und Ressourcen“ für „die Bearbeitung besonders innovativer, anspruchsvoller, aufwendiger

und langfristig konzipierter Forschungsvorhaben“ ermöglichen (DFG, 2019). Anlässlich des 40-jährigen Jubiläums der SFB im Jahre 2008 äußerte sich der derzeitige Vorsitzende des Wissenschaftsrates Prof. Dr. Peter Strohschneider wie folgt: „[D]ie DFG hat die Sonderforschungsbereiche zu ihrem erfolgreichsten Instrument langfristiger Forschungsförderung entwickelt, das von Wissenschaftlern wie Hochschulleitungen gleichermaßen geschätzt wird.“ (DFG, 2008, S. 8). Seiner Aussage nach fanden sich bereits in den „Empfehlungen des Wissenschaftsrates zum Ausbau der wissenschaftlichen Hochschulen bis 1970“ (Wissenschaftsrat, 1967) zentrale Funktionen der SFB-Förderung: „Sonderforschungsbereiche dienen einer Stärkung der Forschung in den Universitäten, der Schwerpunktbildung und der fach- und institutionenübergreifenden Kooperation, sie sollen in den Universitäten strukturbildend wirken sowie den Nachwuchs und eine Öffnung der Forschung gegenüber der Öffentlichkeit fördern.“ (DFG, 2008, S. 8). An diesen Beispielen wird deutlich, welche große Bedeutung dieser Form der Kooperation in der Forschung und darüber hinaus zugesprochen wird.

Die Erfolgsgeschichte von SFB zeigt sich außerdem darin, dass es mittlerweile eine Reihe von Programmvarianten und -ergänzungen gibt. So können nach Angaben der DFG (2019) von zwei oder drei Hochschulen sogenannte „SFB/Transregio“ beantragt werden. Dabei sollten die Beiträge der Hochschulen „für das gemeinsame Forschungsziel essentiell, komplementär und synergetisch“ sein (DFG, 2019). Des Weiteren werden die Zusammenarbeit mit ausländischen Hochschulen oder Forschungseinrichtungen sowie Projekte mit der Wirtschaft „mit dem Ziel des Erkenntnistransfers“ (DFG, 2019) ermöglicht. Neben diesen Programmergänzungen für weitere Kooperationsmöglichkeiten war nach Aussage des ehemaligen Präsidenten der DFG Prof. Kleiner auch eine Öffnung aus dem Wissenschaftsbetrieb hinaus nötig: „Es wird immer wichtiger, wissenschaftliche Erkenntnisse - nicht allein Technologien! - Wirtschaft und Gesellschaft zur Verfügung zu stellen“ (DFG, 2008, S. 4). Seit 2006 können daher finanzielle Mittel für Teilprojekte zur Öffentlichkeitsarbeit beantragt werden. Laut DFG gab es von SFB bis zum Jahr 2014 dafür 173 Anträge und „in 103 Anträgen wurden umfangreichere Aktivitäten vorgestellt“ (DFG, 2014, S. 48f).

Neben Aktivitäten für die breite Öffentlichkeit, die beispielsweise in Form von Beiträgen in den Medien, bei Vorträgen oder Ausstellungen stattfinden, gibt es auch eine Reihe von Sonderforschungsbereichen, in deren Rahmen Angebote speziell für Kinder und Jugendliche konzipiert wurden bzw. werden. So wurden zum Beispiel im SFB 1070 an der Universität Tübingen eine Kinderuni ausgerichtet und Projektstage an Schulen durchgeführt (SFB 1070, 2019). Im SFB 653 an der Universität Hannover, dessen Thema mit der Industrie 4.0 zusammenhängt, lag ein Fokus der Öffentlichkeitsarbeit auf Schülern im Alter von 15-19 Jahren, um sie als Nachwuchs für Wissenschaft und Technik zu begeistern und um für diese Zielgruppe langfristig ein Schülernetzwerk aufzubauen (SFB 653, 2019). Mit Schülern und Lehrkräften als Zielgruppe startete das Angebot SFB@School des SFB 803 der Universität Göttingen, bei dem Fachdidaktik und Fachwissenschaft kooperierten, um Experimente, Videos und Unterrichtseinheiten zu entwickeln und diese Lehrkräften sowie weiteren Interessierten zur Verfügung zu stellen (Milsch, von Hoff, May und Waitz, 2018; SFB 803, 2018).

Umfangreiche Aktivitäten im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit finden im SFB 677 an der Universität zu Kiel statt. Dort wurden Themen des SFB 677 unter anderem für ein Schülerlabor und in Form von schülerkuratierten Ausstellungen aufbereitet (Schwarzer, Rudnik und Parchmann, 2013; Kampschulte und Schwarzer, 2015; klick!-Schülerlabor, 2019). Der SFB 677 „Funktion

durch Schalten“ (SFB 677, 2019) hat sich die Erforschung von molekularen Schaltern zum Ziel gesetzt und besitzt damit im Bereich der Nanotechnologie inhaltliche Gemeinsamkeiten mit Themenbereichen des SFB Nanoswitches, der im Folgenden präsentiert wird.

## 2.1.2 Der Sonderforschungsbereich Nanoswitches

In diesem Abschnitt wird der SFB Nanoswitches vorgestellt, weil seine fachlichen Inhalte und Organisationsstrukturen die Grundlage für das Schülerlabor bilden, das im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelt wurde. Dazu wird in den nachfolgenden Unterabschnitten ein Überblick über die Forschungsziele, die Organisation und Strukturen sowie den Ursprung der Schülerlaboraktivitäten gegeben.

Der SFB Nanoswitches ist eine Kooperation von wissenschaftlichen Einrichtungen der RWTH Aachen und des Forschungszentrums Jülich. Für die interdisziplinäre Zusammenarbeit, die charakteristisch für Sonderforschungsbereiche ist (vgl. Abschnitt 2.1.1), haben sich im SFB Nanoswitches Institute und Einrichtungen<sup>5</sup> vor allem aus Bereichen der Chemie, Physik, Elektrotechnik sowie aus der Analytik zusammengeschlossen. Der SFB Nanoswitches startete mit der ersten der jeweils vier Jahre dauernden Förderphasen im Jahr 2011. Zwei weitere Förderphasen<sup>6</sup> schlossen sich daran in den Jahren 2015 bzw. 2019 an.

### 2.1.2.1 Forschungsziele des SFB Nanoswitches

In der Satzung des Sonderforschungsbereiches Nanoswitches werden als generelle Ziele unter anderem die Koordination und Stimulation von „gemeinsamen und längerfristigen Forschungsvorhaben zwischen den beteiligten Einrichtungen und verschiedenen Disziplinen“ angestrebt sowie die Organisation von gemeinsamen Veranstaltungen, wie zum Beispiel Kolloquien und Vortragsveranstaltungen (SFB 917, 2010, S. 359). Vorteile der Kooperation werden in der gemeinsamen Beschaffung und Nutzung von Anlagen sowie einer vereinfachten Zusammenarbeit über Instituts- und Fakultätsgrenzen hinweg gesehen (SFB 917, 2010). Die inhaltlichen Forschungsziele des SFB Nanoswitches werden im Folgenden erläutert.

Der SFB Nanoswitches hat sich zum Ziel gesetzt Schaltmechanismen bestimmter Materialien, insbesondere einiger Oxide und Chalkogenide, zu erforschen, um damit die Grundlage für eine neue Generation von elektronischen Datenspeichereinheiten zu schaffen. Diese kleinsten, schaltbaren Speichereinheiten, die sogenannten *Nanoswitches*, könnten sich im Idealfall dadurch auszeichnen, dass sie - im Unterschied zu herkömmlichen Arbeitsspeichern (DRAM) - nicht-flüchtig sind, dabei mindestens genauso hohe Lese- und Schreibgeschwindigkeiten besitzen, weniger Energie benötigen und außerdem eine kleinere Bauteilgröße und somit höhere

---

<sup>5</sup>Für eine detaillierte Auflistung der am SFB Nanoswitches beteiligten Einrichtungen siehe Anhang A.

<sup>6</sup>Für diese Förderphasen wurden dem Forschungsfortschritt entsprechend Anpassungen einiger Teilprojekte vorgenommen, die jedoch den Charakter des Gesamtprojektes für die vorliegende Arbeit nicht wesentlich veränderten, so dass die Förderphasen in vielen Fällen nicht weiter unterschieden werden.

Speicherdichten erlauben. Damit könnten sie zu universellen elektronischen Datenspeichern werden, welche die bisherige Trennung von Arbeitsspeicher und Festplatte überflüssig machen (Welnic und Wuttig, 2009).

Auf Basis des Forschungsantrags des SFB Nanoswitches (SFB 917, 2010) werden in diesem Unterabschnitt die Entwicklung elektronischer Datenspeicher dargestellt sowie die Schaltprinzipien, mit denen die Forschungsziele erreicht werden sollen, erläutert:

Elektronische Bauteile alltäglicher Geräte basieren traditionell auf dem Halbleiterelement Silizium. Der Erfolg der Halbleiterbauteile in den vergangenen 40 Jahren war möglich durch eine stetige Verkleinerung der Bauteilgröße (down scaling) und die kontinuierliche Verringerung von Strukturdefekten. Seit den 1960er Jahren konnte daher die Voraussage von Moore, dass sich die Dichte von Transistoren eines integrierten Schaltkreises alle zwei Jahre verdoppelt, eingehalten werden (Moore, 1965). In naher Zukunft wird dieser Trend jedoch nicht weiter fortgesetzt werden können, weil bei Strukturgrößen im Bereich von wenigen Nanometern der Einfluss von quantenphysikalischen Effekten, wie Tunnelströmen, zunimmt. Um den steigenden Anforderungen zu genügen, müssen daher in Zukunft neue Ansätze gefunden werden, die einen fundamentalen Wandel in der Bauteilherstellung zur Folge haben werden. Im SFB Nanoswitches wird aus diesem Grund der Ansatz des resistiven Schaltens (resistiv switching; Wouters, Waser und Wuttig, 2015) verfolgt. Dabei wird der elektrische Widerstand (engl. resistance) des Materials zwischen einem hochohmigen (HRS) und einem niederohmigen Zustand (LRS) hin- und hergeschaltet. Gerade die bisher unerwünschten Strukturdefekte werden hierbei für neue Ansätze genutzt. Bei Strukturdefekten in Oxiden und Chalkogeniden (Verbindungen, die Schwefel, Selen oder Tellur enthalten bzw. Legierungen aus Silber, Indium, Antimon und Tellur) sind einige Phänomene bekannt, die dazu genutzt werden sollen Speichereinheiten in einer Größenordnung von Nanometern zu realisieren. Für dieses resistive Schalten gibt es drei vielversprechende Mechanismen, die im SFB Nanoswitches untersucht werden:

- Der Phasenwechselmechanismus: Hierbei kann zwischen einer hochohmigen, amorphen Phase und einer niederohmigen, kristallinen Phase durch zwei unterschiedlich intensive Spannungspulse und den dadurch verursachten Temperaturgradienten hin- und hergeschaltet werden. Dafür kommen vor allem Telluride ( $\text{GeSbTe}$  oder  $\text{AgInSbTe}$ ) oder Selenide zum Einsatz. Diese Materialien wurden bzw. werden in wiederbeschreibbaren CDs, DVDs und BluRay-Discs bereits erfolgreich als optische Speichermedien verwendet.
- Der Valenzwechselmechanismus: Er beruht auf lokalen Redoxreaktionen an Zwischengitterplätzen, bei denen sich einerseits Sauerstoff-Leerstellen ansammeln und Ti-Ionen reduziert werden, so dass eine Art pn-Übergang induziert wird. Daher spielt bei diesem Mechanismus die Polarität beim Schaltvorgang eine Rolle. Aus diesem Grund wird auch von einem bipolaren Schaltmechanismus gesprochen. Dieser Valenzwechselmechanismus wird besonders in einigen Übergangsmetalloxiden ( $\text{SrTiO}_3$  und  $\text{TiO}_2$ ) und verwandten Materialien festgestellt.
- Der thermo-chemische Mechanismus: Hier wird durch Joulesche Wärme ein leitfähiges Filament - je nach Spannungspuls - erzeugt oder getrennt. Vermutlich liegt dies an thermischen Redoxreaktionen an Metall-Oxid-Grenzflächen. Dieser Mechanismus vereint Aspekte der beiden zuvor beschriebenen Mechanismen. So ist er ein thermischer Effekt,

wie auch beim Phasenwechselmechanismus und damit unipolar, andererseits kommen Übergangsmetalloxide (vor allem NiO oder TiO<sub>2</sub>) ähnlich wie beim Valenzwechselmechanismus zum Einsatz.

Allen drei Mechanismen ist gemeinsam, dass ihre Kennlinien eine Form der Hysterese annehmen und teils bipolar, das heißt abhängig von ihrem Vorzeichen und nicht nur von der Amplitude der Spannung, geschaltet werden können. Die drei Schaltmechanismen laufen vor allem aufgrund von Gradienten der Temperatur  $\nabla T$ , der Struktur  $\nabla S$  und des elektrochemischen Potentials  $\nabla \mu$  ab. Das Verständnis und die erfolgreiche Anwendung dieser Schaltmechanismen sind somit zentrale Ziele des SFB Nanoswitches. Zu deren effizienter Bearbeitung ist eine organisierte und strukturierte Vorgehensweise erforderlich, bei der die unterschiedlichen Einrichtungen und Arbeitsgruppen eingebunden werden. Dies wird im nachfolgenden Unterabschnitt genauer beschrieben.

### 2.1.2.2 Organisation und Strukturen des SFB Nanoswitches

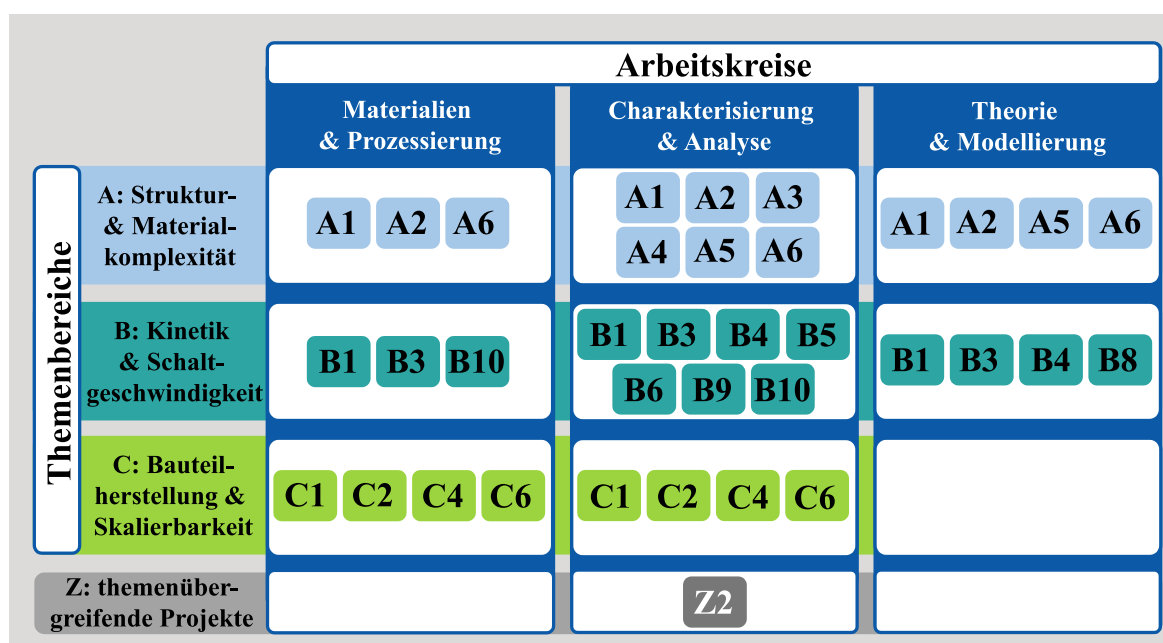
In diesem Unterabschnitt werden die Organisation und Strukturen des SFB Nanoswitches beschrieben, wie sie in den Forschungsanträgen der ersten und zweiten Förderphase dargestellt sind (SFB 917, 2010; SFB 917, 2014).

Als kleinste Organisationseinheiten des SFB Nanoswitches sind Teilprojekte zu nennen, die vielfach von einzelnen Arbeitsgruppen der Institute bzw. Einrichtungen bearbeitet werden, in manchen Fällen aber auch von Arbeitsgruppen mehrerer Institute bzw. Einrichtungen gemeinsam. An den Teilprojekten beteiligt sind neben den Teilprojektleitern vor allem wissenschaftliche Mitarbeiter (Post-Docs, Doktoranden), außerdem wissenschaftliche Hilfskräfte sowie teils unterstützendes technisches Personal.

Die Teilprojekte haben alle Schnittmengen mit den übergeordneten Fragestellungen der drei Schaltmechanismen, für die jeweils Untersuchungen sowohl der mikroskopischen Strukturen als auch ihr Zusammenspiel mit den elektronisch aktiven Defekten nötig sind. Entsprechend inhaltlicher Gesichtspunkte wurden die Teilprojekte den folgenden drei thematischen Bereichen zugeordnet:

- Bereich A: Struktur- und Materialkomplexität: Hier werden Materialien und ihre Strukturen in der Größenordnung von Nanometern hinsichtlich ihrer elektronischen, chemischen, optischen und thermischen Eigenschaften untersucht, um insbesondere den Einfluss der Defekte herauszufinden (Teilprojekte A1-A6).
- Bereich B: Kinetik und Schaltgeschwindigkeit: In diesem Themengebiet geht es darum, die Schaltmechanismen auf atomarer Ebene zu verstehen und ihre stark nichtlineare Kinetik zu untersuchen (Teilprojekte B1-B10).
- Bereich C: Bauteilherstellung und Skalierbarkeit: Für die Herstellung neuartiger Speicherarchitekturen und immer kleinerer Strukturen müssen besonders auch die für die Schaltmechanismen nötigen Defekte genau kontrolliert werden können. Dies wird in diesem Themengebiet untersucht (Teilprojekte C1-C6).

Neben diesen Teilprojekten wurden weitere, bereichsübergreifende Teilprojekte Z1 und Z2 initiiert, die die Infrastruktur für alle Teilprojekte zur Verfügung stellen. Dabei wird bei der Herstellung, Charakterisierung und Analyse von Proben teilweise eine atomare Auflösung erreicht. Zur Schaffung von weiteren Synergien innerhalb des SFB Nanoswitches wurden außerdem drei Arbeitskreise eingerichtet, um die Koordination und Entwicklung von themenübergreifenden Methoden zu übernehmen (SFB 917, 2010). Die drei Arbeitskreise beschäftigen sich mit *Materialien & Prozessierung*, *Charakterisierung & Analyse* sowie *Theorie & Modellierung*. Ein einzelnes Teilprojekt ist somit eindeutig einem thematischen Bereich zugeordnet und ist darüberhinaus in einem Arbeitskreis involviert. Die Abbildung 2.1 zeigt eine Organisationsmatrix, in der die Kooperationen der Teilprojekte innerhalb der thematischen Bereiche (Topical Areas) und Arbeitskreise (Working Groups) dargestellt sind.



**Abbildung 2.1:** Organisationsmatrix der Teilprojekte (A1-Z2) im SFB Nanoswitches während der zweiten Förderphase 2015-2019 (nach SFB 917, 2014, S. 33).

Zur gemeinsamen Organisation und Kooperation innerhalb der Teilprojekte, der Bereiche, der Arbeitskreise sowie des gesamten SFB Nanoswitches gibt es, wie auch in anderen (wissenschaftlichen) Projekten üblich, diverse Formen des Austauschs wie z.B. Meetings, Telefonkonferenzen und Tagungen. Für die Arbeitsabläufe in der Forschung und Entwicklung sind zudem enge Kontakte nötig, um beispielsweise Materialien, Proben, Daten und Ergebnisse auszutauschen und zu koordinieren. So werden beispielsweise Studien zur Herstellung, zum Schalten und zur Charakterisierung der zu untersuchenden Materialien von verschiedenen Teilprojekten durchgeführt. Auf eine derartige Arbeitsteilung mit ihren spezialisierten Tätigkeiten sowie auf die Strukturierung der Teilprojekte in Bereiche und Arbeitskreise innerhalb des Sonderforschungsbereiches Nanoswitches wird später bei der Konzeption des Schülerlabors noch Bezug genommen (vgl. Kapitel 3).

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Teilprojekten wurde zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und dabei speziell für Doktoranden ein Modul Graduiertenkolleg (MGK) eingerichtet, welches als Teilprojekt im SFB Nanoswitches integriert ist. Zusammen mit einem weiteren Projekt für zentrale, organisatorische Aufgaben (Teilprojekt Z2) umfasste der SFB Nanoswitches in der ersten Förderphase insgesamt 22 Teilprojekte. Für die zweite Förderphase wurde die Gesamtanzahl von Teilprojekten durch die Beendigung und den Neustart von Teilprojekten konstant gehalten, jedoch wurde ein weiteres, bereichsübergreifendes Teilprojekt zur Öffentlichkeitsarbeit beantragt, das im nachfolgenden Unterabschnitt beschrieben wird.

### 2.1.2.3 Das Öffentlichkeitsarbeitsprojekt des SFB Nanoswitches

In der ersten Förderphase des SFB Nanoswitches wurden erste Ideen zur Aufbereitung der Arbeit des SFB Nanoswitches in Form von Lernstationen für ein Schülerlabor entwickelt (Felker und Borowski, 2014). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde dann mit der Ausarbeitung von Experimenten und mit der Entwicklung eines fachdidaktischen Konzeptes für das Schülerlabor begonnen (Leiß, Detemple und Heinke, 2015). Aufbauend auf diesen Vorarbeiten wurde für die zweite Förderphase des SFB Nanoswitches ab 2015 ein eigenständiges Teilprojekt zur Öffentlichkeitsarbeit beantragt, das den Aufbau des Schülerlabors als zentrale Aufgabe hatte. Durch die Bewilligung der zweiten Förderphase des SFB Nanoswitches inklusive des Teilprojektes zur Öffentlichkeitsarbeit war es dann möglich die begonnene Entwicklung des neuen Schülerlabors weiter voranzutreiben. Die Entwicklung, das Konzept sowie der weitere Betrieb des Schülerlabors werden in Kapitel 3 vorgestellt.

## 2.2 Fachdidaktische Grundlagen

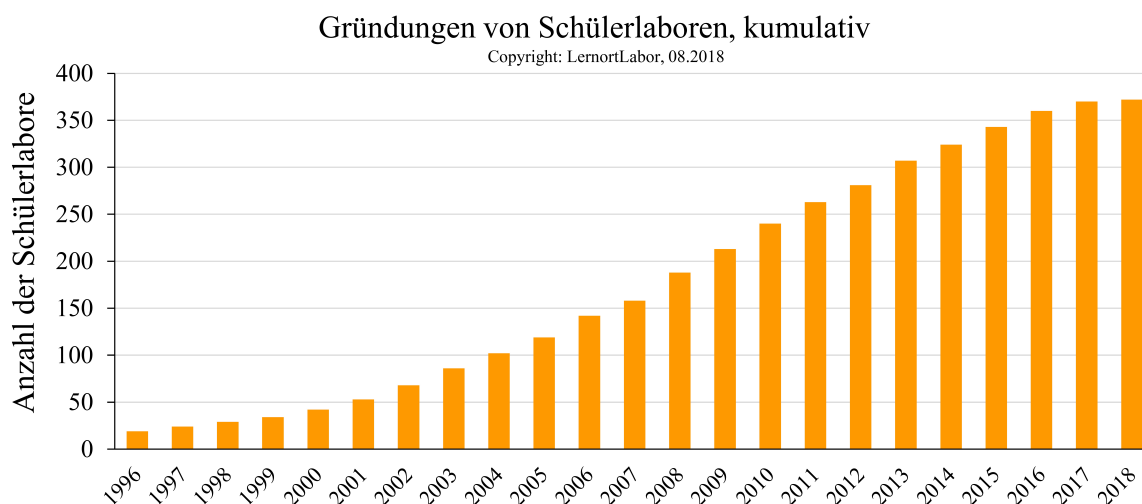
In diesem Unterkapitel werden fachdidaktische Grundlagen, die zum Verständnis der vorliegenden Arbeit wichtig sind, erläutert. Dazu wird als erstes eine Einordnung des Konzeptes von Schülerlaboren in die deutsche Bildungslandschaft in Abschnitt 2.2.1 vorgenommen. Anschließend wird in den Themenbereich *Natur der Naturwissenschaften* eingeführt, in welchem diese Arbeit zu verorten ist (Abschnitt 2.2.2). Es wird dabei jeweils der aktuelle Stand der Forschung dargestellt sowie der Forschungsbedarf aufgezeigt.

### 2.2.1 Schülerlabore in Deutschland

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über Schülerlabore in Deutschland gegeben. Dabei wird in den nachfolgenden Unterabschnitten auf die Ursprünge von Schülerlaboren (2.2.1.1), ihre Ziele (2.2.1.2), Lernformen (2.2.1.3) sowie auf ausgewählte Untersuchungen im Bereich der Schülerlabore eingegangen (2.2.1.4).

### 2.2.1.1 Ursprünge der Schülerlaborbewegung

Schülerlabore gehören zu außerschulischen Lernorten, die nicht im traditionell für Unterrichtsveranstaltungen genutzten Klassenraum angesiedelt sind (Karpa, Lübbecke und Adam, 2015). Doch Schülerlabore unterscheiden sich von anderen außerschulischen Lernorten, wie beispielsweise Museen oder Theatern. Mitmachlabore und ähnlich bezeichnete Einrichtungen gibt es seit mehr als 20 Jahren. Meist organisierten einzelne Akteure von Instituten, Hochschulen oder der Industrie für Schüler Veranstaltungen, die häufig in den eigenen Forschungslaboren stattfanden (LernortLabor, 2015, S. 14). Anstoß für ein breites Entstehen einer „Schülerlabor-Bewegung“ in Deutschland waren jedoch die Ergebnisse der ersten TIMSS<sup>7</sup>-Studie und der darauffolgenden PISA-Studie im Jahr 2000 (LernortLabor, 2015, S. 14). Die bis dahin bei vielen Bildungspolitikern und Bildungswissenschaftlern vorherrschende Auffassung, das deutsche Bildungssystem sei besonders im Bereich der naturwissenschaftlichen Grundbildung ausgezeichnet, wurde durch die Studienergebnisse widerlegt. Aus diesem Grund entstanden insbesondere im MINT-Bereich vermehrt Mitmachlabore, für die sich mit der Arbeit von Engeln seit 2004 die Bezeichnung *Schülerlabor* etabliert hat (LernortLabor, 2015). Im Bundesverband *LernortLabor* können sich Einrichtungen als Schülerlabore registrieren, um eine Vernetzung untereinander und eine verbesserte Außenwirkung für alle Beteiligten und Interessierten zu erreichen (LernortLabor, 2018b). Die Zahl der Schülerlabore im Laufe der Zeit ist in der Abbildung 2.2 dargestellt. Während sich die Anzahl der Schülerlabore bis zum Jahr 2000 nur langsam erhöhte, stieg sie danach deutlich stärker an mit teils über 25 Neugründungen pro Jahr (LernortLabor, 2018a). In letzter Zeit ließ dieser Trend wieder etwas nach (Stand: August 2018). Bereits im Jahr 2014 gab es mehr als 300 bei LernortLabor registrierte Schülerlabore, die von etwa 700.000 Schülern besucht wurden (LernortLabor, 2015, S. 34). Die Anzahl der Schülerlabore ist mittlerweile auf über 370 gestiegen (LernortLabor, 2018a).



**Abbildung 2.2:** Entwicklung der Anzahl von Schülerlaboren im Laufe der Jahre, kumulativ (freundliche Bereitstellung der Daten durch LernortLabor (2018a)).

<sup>7</sup>Third International Mathematics and Science Study

### 2.2.1.2 Ziele und Kategorien von Schülerlaboren

Schülerlabore sind vor allem durch den Einsatz besonders engagierter einzelner Personen entstanden und sind daher sehr unterschiedlich ausgestaltet und oft schwer vergleichbar (Schülerlaboratlas, S.15). Die Ziele von Schülerlaboren sind daher so vielfältig wie die Einrichtungen selbst. Trotz der großen Diversität der Schülerlabore lassen sich dennoch einige grundlegende, gemeinsame Ziele identifizieren, die von den einzelnen Schülerlaboren unterschiedlich stark verfolgt werden. Von Guderian und Priemer (2008) wurden dafür vier verschiedene Zielbereiche unterschieden: *schülerbezogene Ziele*, *lehrerbezogene Ziele*, *forschungsbezogene Ziele* und *institutionsbezogene Ziele*. Zu den schülerbezogenen Zielen gehören:

- „Förderung von Interesse und Aufgeschlossenheit von Schülerinnen und Schülern für Naturwissenschaften und Technik,
- Ermöglichung der selbstständigen Auseinandersetzung mit authentischen Forschungszusammenhängen und Arbeitsweisen im Rahmen aktivierender Lehrformen,
- Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte, Arbeitsweisen und adäquater Ansichten über Naturwissenschaften und Technik,
- Vermittlung der Bedeutung von Naturwissenschaften und Technik für unsere Gesellschaft
- Abbau von Schwellenängsten und Vorbehalten gegenüber Naturwissenschaften und Technik
- Sicherung des Nachwuchses für naturwissenschaftliche und technische Studiengänge und Berufe“ (Guderian und Priemer, 2008, S. 27)

Der zweite Zielbereich bezieht sich auf Lehrkräfte und er wird vor allem von Schülerlaboren an Universitäten verfolgt (Guderian und Priemer, 2008). Hier werden von Schülerlaboren zum Beispiel Anregungen für den Unterricht angeboten, es werden Lehrerfortbildungen durchgeführt oder Schülerlabore werden in die Ausbildung von zukünftigen Lehrkräften eingebunden (z.B. Völker und Trefzger, 2010; siehe auch: Schülerlabor-kategorie der Lehr-Lern-Labore). Mit der Einbindung der Lehramtsausbildung in ein Schülerlabor gehen bisweilen die forschungsbezogenen Ziele einher (dritter Zielbereich). Das heißt, es werden Untersuchungen fachdidaktischer Fragestellungen angestellt, z.B. zu Lernkonzepten der Schüler oder der Entwicklung der Lehramtsstudierenden im Rahmen ihrer Ausbildung. Der vierte Zielbereich beinhaltet institutionsbezogene Ziele, die entweder besonders dem Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft dienen oder der Präsentation der Einrichtung in der Öffentlichkeit (Guderian und Priemer, 2008).

Zur Schärfung des Profils der Schülerlabore gab es bereits mehrere Ansätze zur Typisierung (LernortLabor, 2015, S. 17). So wurde eine Kategorisierung anhand der Betreiberorganisation vorgeschlagen (Dähnhardt et. al, 2007, zitiert nach LernortLabor, 2015, S. 17), anhand von verschiedenen Generationen gemäß der zeitlichen Gründung und ihrer Betreiber (Pfenning, 2013; zitiert nach LernortLabor, 2015, S. 17) oder anhand von strikten Kriterien bezüglich der Handlungsweisen der Schüler (Dähnhardt et. al, 2009; zitiert nach LernortLabor, 2015, S. 17). Diese Versuche einer Definition des Begriffs Schülerlabor grenzten jedoch entweder zu sehr ein oder

waren nicht konkret genug. Die Heterogenität der Schülerlaborlandschaft macht es so schwierig eine einzige Definition zu finden. Mittlerweile wurden von Haupt et al. (2013) eine Reihe von Erkennungsmerkmalen für eine Art Leitbild entworfen sowie Primär- und Sekundärkriterien zur Kategorisierung herausgearbeitet, die im nachfolgenden Absatz beschrieben werden: Zum gemeinsamen Leitbild der Schülerlabore gehört demnach, dass sie Interesse an und Verständnis für Naturwissenschaften und Technik wecken und fördern wollen sowie der Vermittlung von naturwissenschaftlicher Grundbildung (Scientific Literacy) dienen. Damit soll langfristig auch Nachwuchs für MINT-Studiengänge und -Berufe gefördert und sichergestellt werden. Zur Unterscheidung von anderen MINT-Lernorten werden folgende Primärziele hinzugefügt: Die Aktivitäten eines Schülerlabors finden in festen, fachadäquaten ausgestatteten Laboren oder Räumlichkeiten in aller Regel an außerschulischen Orten statt<sup>8</sup>. Entscheidendes Merkmal für Schülerlabore ist, dass das eigene Entdecken und Experimentieren durch die Schüler im Mittelpunkt steht. Ein weiteres Primärkriterium ist, dass Schülerlabore - im Unterschied zu anderen Projekten - auf Dauer angelegt und mindestens an 20 Tagen im Jahr Angebote für Kinder und Jugendliche bieten.

Zur weiteren Unterscheidung von Schülerlaboren wurden Kategorien entwickelt, die sich auch als „Betriebsmodus“ eines Schülerlabors verstehen lassen. Denn meist werden dieselben Ziele auch mit ähnlichen Konzepten verfolgt (LernortLabor, 2015, S. 18). So kann ein Schülerlabor je nach Veranstaltung durchaus unterschiedliche oder mehrere Konzepte bzw. Betriebsmodi verwenden. Die Tabelle 2.3 stellt die Kategorien von Schülerlaboren und ihre Kriterien dar (Haupt et al., 2013). Die Schülerlabor-Kategorien E, G und M sind als jüngste Kategorien hinzugekommen (LernortLabor, 2018b): Dies sind zum einen Schülerlabore, die ähnlich wie Schülerforschungszentren, Angebote im Bereich Engineering/Entwicklung und Produktion zur Verfügung stellen beispielsweise in FabLabs, Jugendwerkstätten und MakerSpaces (Schülerlabor-Kategorie E (Engineering)). Zum anderen sind dies Schülerlabore aus dem Bereich der Geistes-, Sozial- und Kulturwissenschaften (Schülerlabor-Kategorie G), die Schüler handlungsorientiert an ihre Themen heranzuführen (Heß, 2017a; Heß, 2017b), und Schülerlabore, die keine stationären Räumlichkeiten nutzen, sondern mobil sind (Schülerlabor-Kategorie M). Auf Unterschiede zwischen Konzepten im traditionellen Schulunterricht und im Schülerlabor wird im nachfolgenden Abschnitt eingegangen.

### 2.2.1.3 Lernen im Schülerlabor

Traditioneller Schulunterricht und Schülerlabore unterscheiden sich nicht nur darin, dass sie einerseits im Klassenraum stattfinden und andererseits an einem außerschulischen Lernort. Vielmehr unterscheiden sie sich häufig auch durch ihre Lehr- und Lernkonzepte. In Schülerlaboren „steht der Forschungsprozess im Mittelpunkt, der durch entdeckendes Experimentieren oder geführtes entdeckendes Forschen gekennzeichnet ist.“ (LernortLabor, 2015, S. 18). Die Schüler sollen die Gelegenheit haben möglichst eigenständig zu experimentieren, zu forschen und sich auszuprobieren, um im Sinne des konstruktivistischen Lernens (Widodo und Duit, 2004) selbst

---

<sup>8</sup>Bei Schülerlaboren, die innerhalb einer Schule angesiedelt sind, sollte insbesondere auch eine Nutzung durch Schüler anderer Schulen möglich sein (Roth, 2006 zitiert nach Haupt et al., 2013, S. 325).

neues Wissen konstruieren zu können. Dazu heißt es: „Konstruktivistische Ansätze scheinen insgesamt gesehen besser als traditionelle geeignet zu sein, Schülerinnen und Schüler zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung im Sinne von 'scientific literacy' zu führen“ (Widodo und Duit, 2004, S. 233).

Zur Unterscheidung verschiedener Lernformen werden auch die Bezeichnungen *formelles* Lernen und *informelles* Lernen verwendet, wobei formelles Lernen klassischerweise an Bildungseinrichtungen stattfindet, informelles Lernen hingegen nicht mit einem Ort oder einer Einrichtung verknüpft ist. Wellington (1990, zitiert nach Guderian (2007), S. 9) vergleicht Merkmale von formellen und informellen Lernformen und stellt dabei u.a. folgende Unterschiede heraus: Während formelles Lernen eher geplant, strukturiert, Lehrkraft-geleitet, kontrolliert, benotet, institutionsbezogen und weniger auf soziale Aspekte ausgerichtet ist, werden beim informellen

Kategorie	Modus	Kriterien
<b>alle</b>	Leitbild und allgemeine, generell gültige Kriterien	<ul style="list-style-type: none"> <li>Steigerung von Wissenschaftsinteresse und Wissenschaftsverständnis</li> <li>Nachwuchsförderung für MINT-Berufe und MINT-Studiengänge</li> <li>Außerschulischer Lernort im MINT-Bereich</li> <li>Dauerhafter Betrieb mit mindestens 20 Tagen pro Jahr</li> <li>Eigenes Experimentieren mit dem Forschungsprozess als Schwerpunkt</li> </ul>
<b>K</b>	Klassische Schülerlabore	<ul style="list-style-type: none"> <li>Breitenförderung: ganze Klassen oder Kurse</li> <li>genügend Arbeitsplätze für ganze Klassen</li> <li>im Rahmen schulischer Veranstaltungen</li> <li>direkter Bezug zum Lehrplan</li> </ul>
<b>F</b>	Schülerforschungszentrum	<ul style="list-style-type: none"> <li>Individualförderung: interessierte Kinder und Jugendliche</li> <li>außerhalb schulischer Veranstaltungen</li> <li>langfristiges, freies Forschen oder Experimentieren</li> <li>eigenes Gebäude und Einrichtungen</li> <li>kein expliziter Lehrplanbezug</li> </ul>
<b>L</b>	Lehr-Lern-Labor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bestandteil der Lehramtsausbildung an Hochschulen</li> <li>Lehrplan-unterstützend</li> </ul>
<b>W</b>	Schülerlabor zur Wissenschaftskommunikation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vermittlung der Inhalte aus Forschung und Entwicklung der Betreiberorganisation</li> </ul>
<b>U</b>	Schülerlabor mit Bezug zu Unternehmertum	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vermittlung von Unternehmertum und wirtschaftlichen Zusammenhängen</li> </ul>
<b>B</b>	Schülerlabor mit Berufsorientierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schwerpunkt-Angebote zur Berufsorientierung</li> </ul>
<b>E</b>	Schülerlabor im Bereich Engineering	<ul style="list-style-type: none"> <li>Angebote zur Entwicklung/Herstellung eigener Produkte wie z.B. in FabLabs und MakerSpaces</li> </ul>
<b>G</b>	Geisteswissenschaftliches Schülerlabor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schwerpunkt-Angebote im Bereich der Geistes-, Sozial- und Kulturwissenschaften</li> </ul>
<b>M</b>	Mobiles Schülerlabor	<ul style="list-style-type: none"> <li>flexibler Veranstaltungsort</li> <li>regelmäßige Angebote, ggf. jahreszeitenabhängig</li> </ul>

**Abbildung 2.3:** Unterscheidungsmerkmale der verschiedenen Kategorien von Schülerlaboren (nach Haupt et al. 2013, S. 328, mit Ergänzungen).

Lernen eher Freiwilligkeit, Ausprobieren, Schülerzentrierung sowie soziale Interaktionen, kein Druck durch Benotung und feste Zeitrahmen in den Fokus gerückt. Dies bedeutet nicht, dass an schulischen Lernorten nicht auch informelle Lernformen zum Einsatz kommen können.

#### 2.2.1.4 Fachdidaktische Forschung zu Schülerlaboren

Die fachdidaktische Forschung im Bereich der Schülerlabore in Deutschland ist ein vergleichsweise junges Forschungsfeld, das um die Jahrtausendwende mit der verstärkten Gründung von Schülerlaboren aufkam (vgl. Unterabschnitt 2.2.1.1 zu Ursprüngen von Schülerlaboren). Durch ihre Vielfalt und Individualität lassen sich Schülerlaborveranstaltungen häufig nur schwer miteinander vergleichen und fachdidaktische Arbeiten decken längst noch nicht alle Fachrichtungen, Schulformen und Jahrgangsstufen ab. Im Folgenden werden einige wichtige Ergebnisse der Forschung über Schülerlabore präsentiert und vor allem ausgewählte Forschungsarbeiten vorgestellt, die einen inhaltlichen Bezug zur vorliegenden Arbeit aufweisen.

Als erste umfangreichere Arbeit im Bereich der Schülerlabore ist das Promotionsprojekt von Engeln (2004) zu nennen, bei dem fünf Schülerlabore untersucht wurden, die vor allem Veranstaltungen im Bereich der Physik anbieten. Bei den Untersuchungen standen verschiedene Komponenten des Interesses sowie Laborvariablen im Fokus. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigten unter anderem, dass eine Steigerung des Interesses an Naturwissenschaften und Technik möglich ist. Außerdem wurde herausgefunden: „Die Schülerlabors sollten das Merkmal 'Authentizität' der Lernumgebung voll sichtbar machen, da dies insbesondere die persönliche Wertschätzung der Schülerinnen und Schüler beeinflusst. Weiterhin scheinen authentische Lernumgebungen, der Kontakt mit 'echter' Wissenschaft und Technik, das Potential zu haben, Schülerinnen und Schüler angemessen kognitiv zu aktivieren.“ (Engeln, 2004, S. 137). Als offene Fragestellung sollte der Autorin zufolge noch untersucht werden, „inwieweit das eigentliche Experimentieren der Schülerinnen und Schüler authentisch ist und welches Wissenschaftsbild ihnen dadurch vermittelt wird.“ (Engeln, 2004, S. 140).

Das Wecken und Steigern von Motivation und Interesse an naturwissenschaftlich-technischen Themen ist eines der zentralen Ziele von Schülerlaboren. So spielten verschiedene Aspekte von Motivation und Interesse in diversen Untersuchungen eine wichtige Rolle (z.B. in den Dissertationen von Scharfenberg, 2005; Brandt, 2005; Guderian, 2007; Glowinski, 2007; Zehren, 2009; Pawek, 2009); Huwer, 2015). Gemäß Modellen zum Konstrukt des Interesses von Mitchell (1993) und Krapp (2002) gibt es Einflüsse von Person und Lernumgebung auf das aktuelle Interesse, wobei das Interesse einer Person mehrere Stufen durchlaufen kann. Demnach gelingt es in Schülerlaboren vor allem kurzfristiges Interesse zu wecken durch *Catch*-Faktoren, wie beispielsweise Neuheitseffekte des Lernortes, eigenständiges Experimentieren oder das Anknüpfen an Vorkenntnisse (LernortLabor, 2015, S. 26). Zur Stabilisierung von aktuellem Interesse können dann weitere verschiedene Einflüsse (*Hold*-Faktoren), wie bestimmte Merkmale eines Schülerlabors, die Einbindung in den Schulunterricht und das Erleben von Grundbedürfnissen der sozialen Eingebundenheit und Autonomie, beitragen (LernortLabor, 2015, S. 26). Auf der höchsten Stufe des Modells der Interessensgenese (Krapp, 2002) führt eine wiederholte

Beschäftigung idealerweise zur Ausbildung von langfristigem individuellen Interesse an dem behandelten Themengebiet. In Übereinstimmung mit dieser Annahme konnte gezeigt werden, dass Mehrfachbesuche im Schülerlabor bzw. eine Vor- und Nachbereitung von Schülerlaborbesuchen einen positiven Einfluss auf das Interesse haben können (Guderian, 2007; Glowinski, 2007; Zehren, 2009; Streller, 2015).

Neben verschiedenen Formen des Interesses wurden außerdem damit in Verbindung stehende Konstrukte wie das Fähigkeitsselbstkonzept untersucht, das durch Besuche im Schülerlabor gesteigert werden konnte (z.B. Brandt, 2005; Pawek, 2009; Damerau, 2012).

Mehrfach im Zusammenhang mit Schülerlaborbesuchen untersucht wurden außerdem Formen des Wissenserwerbs bzw. des Lernzuwachses (Scharfenberg, 2005; Damerau, 2012; Huwer, 2015), auf die sich die Besuche insgesamt positiv auswirkten, wenn auch mit unterschiedlichem langfristigen Erfolg.

In einer Studie von Weßnigk (2013) wurde erstmals das Konzept eines industrienahen, interdisziplinären Schülerlabors (Baylab plastics) untersucht, das „Naturwissenschaft und Technik mit Wirtschaft und Industrie im lebensweltlichen Bezug“ (Weßnigk, 2013, S. 149) verbindet. Der Autorin zufolge bestehen wichtige Ziele des Schülerlabors einerseits darin zu zeigen „wie ein Unternehmen im Bereich der chemischen Industrie funktioniert“ (Weßnigk, 2013, S. 149) und andererseits darin, den Schülern Einblicke in verschiedene Berufsfelder zu bieten. Dazu wurden die Schüler in mehrere Teams mit jeweils unterschiedlicher Aufgabe eingeteilt, aus deren Kooperation im Laufe des Besuchs gemeinsam ein Kunststoffprodukt hergestellt wurde. Im Rahmen der Studie wurde vor allem gezeigt, dass durch den Schülerlaborbesuch das Fähigkeitsselbstkonzept und das Image von Physik und Chemie positiv beeinflusst werden konnten. Außerdem konnte durch eine Typisierung der Schüler gemäß dem Modell von Holland<sup>9</sup> (1963) festgestellt werden, dass „die Schülerinnen und Schüler ihre Teams und damit die entsprechenden Tätigkeiten nach ihren Neigungen, Interessen und Begabungen“ (Weßnigk, 2013, S. 152) wählten.

Von Uhlmann und Priemer (2009) wurde erstmals ein Schülerlaborprojekt vorgestellt, welches außer Fachinhalten explizit Aspekte des Themenbereichs *Natur der Naturwissenschaften* - einer Form von Metawissen über Naturwissenschaften (vgl. Abschnitt 2.2.2) - behandelte. Im Rahmen des Schülerlaborprojektes nahmen Oberstufenschüler an einer Art Vorlesung über Plasmaphysik teil, führten zugehörige Versuche ähnlich wie in der Schule durch und diskutierten anschließend über „Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen einem typischen Schulversuch und wissenschaftlichen Experimenten“ (Uhlmann und Priemer, 2009, S. 280). Insbesondere hatten sie die Möglichkeit „Plasmaphysikexperten aus der Fakultät“ (Uhlmann und Priemer, 2009, S. 280f) zu interviewen und an Laborführungen teilzunehmen. Zuletzt wurden Ergebnisse und Erfahrungen gemeinsam reflektiert. Während in einem ersten Untersuchungsteil mit offenem Fragebogen nur selten „Aussagen über Prozesse, also das Forschen und Handeln von Wissenschaftlern (z.B. Wie arbeiten Forscher? [...])“ (Uhlmann und Priemer, 2009, S. 281) gefunden wurden, zeigte sich in einem zweiten Untersuchungsteil mit geschlossenem Fragebogen, „dass nicht zu allen Kategorien inadäquate Vorstellungen vorherrschen: der Mythos des einsamen Forschers wird bspw. nicht mehr mehrheitlich vertreten.“ (Uhlmann und Priemer, 2009, S. 282). Insgesamt konnte von Uhlmann und Priemer (2009) festgestellt werden, dass durch den

---

<sup>9</sup>Dieses Modell wird in Unterabschnitt 2.2.2.2 beschrieben.

Schülerlaborbesuch signifikante Veränderungen hin zu adäquaten Vorstellungen im Bereich der Natur der Naturwissenschaften möglich waren.

Untersuchungen zu einem Schülerlabor und zu Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern und über die Wahrnehmung von Authentizität durch Schüler wurden von Stamer, Schwarzer und Parchmann (2018) berichtet. Im Kieler Schülerlabor *klick!* wird Schülern ermöglicht Experimente im Bereich der Nanowissenschaften kennenzulernen und durchzuführen. Aufgrund der Schwierigkeit, bei häufigen Schülerlaborbesuchen Gespräche und Laborbesichtigungen mit Naturwissenschaftlern durchzuführen, wurden insbesondere zur Berufsorientierung von Oberstufenschülern mehrere 5- bis 10-minütige Videos erstellt, die Naturwissenschaftler bei ihren Tätigkeiten im Arbeitsalltag zeigen. In ersten Untersuchungen deuten die Ergebnisse darauf hin, dass mit den Videos die Wahrnehmung authentischer, wissenschaftlicher Tätigkeiten bei Schülern gefördert werden kann (Stamer, Schwarzer und Parchmann, 2018; Stamer, Pönicke et al., 2018).

Mit Fragen nach dem vermittelten Wissenschaftsbild - wie bereits von Engeln (2004, S. 140) angeregt - beschäftigten sich im Zusammenhang mit Schülerlaboren bisher wenige Arbeiten. Nur vereinzelt liegen Untersuchungen vor, bei denen Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern im Zusammenhang mit Schülerlaboren eine Rolle spielten (Uhlmann und Priemer, 2009; Weßnigk, 2013; Stamer, Pönicke et al., 2018). Doch „[d]ie Vorstellungen über das konkrete Tätigkeitsfeld von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern stellen eine Basis für die Berufsorientierung im naturwissenschaftlichen Bereich dar.“ (Wentorf et al., 2015, S. 207). Gerade Schülerlabore als außerschulische Lernorte sind in vielen Fällen prädestiniert dazu Schülern sowohl Räumlichkeiten, Tätigkeiten als auch Naturwissenschaftler vorzustellen und diese Aspekte zu thematisieren. Wo sonst könnte ein authentischer Einblick in naturwissenschaftliche Berufe möglich sein, wenn nicht an den Orten der Forschungsaktivitäten selbst? Doch obwohl sich etwa 15% der Schülerlabore eigenen Angaben zufolge auch im Bereich der Wissenschaftskommunikation einordnen, knapp 26% der Betreuenden in Schülerlaboren Wissenschaftler sind und bereits mehr als jedes vierte Schülerlabor Kurse zur Berufsorientierung anbietet (LernortLabor, 2015), gibt es kaum Untersuchungen in diesem Bereich. Im Forschungsfeld der Schülerlabore besteht im Bereich der Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern sowohl was Konzepte betrifft als auch die Erfassung von Schülervorstellungen demzufolge großer Forschungsbedarf.

## 2.2.2 Der Themenbereich Natur der Naturwissenschaften

In diesem Abschnitt wird der fachdidaktische Themenbereich *Natur der Naturwissenschaften* vorgestellt, weil dessen Inhalte sowohl für die Entwicklung und das Konzept des Schülerlabors (Kapitel 3) als auch für das Verständnis der explorativen Studie sowie der Interventionsstudie essentiell sind (Kapitel 5 & 6).

Welche Ziele werden in den Naturwissenschaften verfolgt? Wie entsteht Wissen? Kann sich wissenschaftliches Wissen ändern oder bleibt es - einmal gefunden - festgelegt? Hängt der wissenschaftliche Erkenntnisprozess von Einzelpersonen bzw. der Gesellschaft ab oder ist er davon völlig unabhängig? Mit der Beantwortung derartiger Fragen beschäftigt sich ein Themenbereich der Naturwissenschaftsdidaktik, der in Anlehnung an die englische Bezeichnung *Nature of Science* (NOS) im Deutschen *Natur der Naturwissenschaften* genannt wird. Gerade

in Zeiten, in denen durch elektronische Medien Informationen immer leichter verfügbar sind, werden Fragen wie die nach der Herkunft und der Entstehung von Wissen immer wichtiger. Die zur Beantwortung derartiger Fragen nötigen Kompetenzen gehören zur naturwissenschaftlichen Grundbildung (Scientific Literacy), die international seit den 1990er Jahren in Leitlinien und Lehrplänen integriert wurde (AAAS, 1990; AAAS, 1993; QCA, 1999). In den National Science Education Standards der USA heißt es dazu: „Students should develop an understanding of what science is, what science is not, what science can and cannot do, and how science contributes to culture“ (NRC, 1996, S. 21). Auch in Deutschland ging bei der Einführung kompetenzorientierter Bildungsstandards der Themenbereich der Natur der Naturwissenschaften implizit in die Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung, Bewertung sowie in Form von naturwissenschaftlichen Denk- bzw. Arbeitsweisen in die Bildungspläne ein (KMK, 2005).

Der Themenbereich Natur der Naturwissenschaften beschäftigt sich mit einer übergeordneten Form des Wissens über Naturwissenschaften, einem Verständnis davon, wie Naturwissenschaft funktioniert. Das englische Wort *Nature* ist in diesem Zusammenhang als Wesen, Charakteristika oder „Geartetheit“ zu verstehen und „auf die Prozeßhaftigkeit von Naturwissenschaft gerichtet“ (Höttecke, 2001, S. 19). Höttecke beschreibt dies auch wie folgt: „Der Begriff *Natur der Naturwissenschaften* ist also eher geeignet eine Richtung des Fragens zu eröffnen, die den fachsystematischen Rahmen verläßt und eine Metaebene des Lernens und Verstehens bezeichnet.“ (Hervorhebung im Original, Höttecke, 2001, S. 19).

Auch wenn im Folgenden „die“ Natur der Naturwissenschaften thematisiert wird, so bezieht sich dies stets auf die eben beschriebene Interpretation als Wesen u.ä. und impliziert nicht, dass es nur *eine einzige* Form gäbe.

Nach Strahl können im Themenbereich Natur der Naturwissenschaften drei Aspekte unterschieden werden (Strahl, 2014, S. 5ff):

1. Wissenschaftstheoretische Aspekte, bei denen es insbesondere um wissenschaftliche Begrifflichkeiten und Methoden (z.B. Induktion, Deduktion) geht.
2. Erkenntnistheoretische Aspekte beschäftigen sich unter anderem mit der Wahrnehmbarkeit der Welt und der Erkenntnisfähigkeit des Verstandes.
3. Wissenschaftsethische Aspekte behandeln beispielsweise Fragen danach, was wissenschaftlich erlaubt ist und welche Forschung die Menschheit braucht.

Diese drei Aspekte sind eng mit verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen verknüpft, vor allem mit der Wissenschaftsgeschichte, der Wissenschaftsphilosophie, der Wissenschaftssoziologie und der Wissenschaftspsychologie (Günther, 2006, S. 6ff). Eine genaue Definition von Naturwissenschaften und ihrer Natur ist nicht nur wegen der Bezüge zu diesen verschiedenen Disziplinen schwierig, sondern auch weil es teilweise unter Vertretern derselben Disziplin unterschiedliche Auffassungen gibt (Gebhard et al., 2017, S. 10). Über die Bedeutsamkeit und Wichtigkeit des Themenbereichs Natur der Naturwissenschaften besteht jedoch weitgehend Einigkeit.

Seit den 1950er und 1960er Jahren werden Vorstellungen von Schülern und Studierenden bezüglich *Nature of Science* im anglo-amerikanischen und asiatischen Raum untersucht, wie beispielsweise von N. Lederman et al. (1998) und Deng, Chen, Tsai und Chai (2011) zusam-

mengefasst wurde. Obwohl sich das Ziel, die Natur der Naturwissenschaften in Lehrpläne zu integrieren, in den USA bereits Anfang der 1900er Jahre findet (N. Lederman et al., 1998), gab es jedoch lange Zeit wenig Konsens darüber, was unter der Natur der Naturwissenschaften zu verstehen sei. Erst Ende des 20. Jahrhunderts wurden von verschiedenen Autoren einige generelle Aspekte der Natur der Naturwissenschaften herausgearbeitet, die von Koska und Krüger (2012) einander gegenübergestellt und zu sechs übergreifenden Aspekten sowie einigen weiteren Aspekten zusammengefasst wurden (Abbildung 2.4).

Demnach beinhaltet ein Verständnis des Themenbereichs Natur der Naturwissenschaften Aspekte bzw. Kategorien von der Veränderbarkeit des naturwissenschaftlichen Wissens, dessen Abhängigkeit von kulturellen und sozialen Einflüssen sowie der Abhängigkeit von der Kreativität der beteiligten Naturwissenschaftler. Des Weiteren geht es um die Handlungen des Beobachtens und Schlussfolgerns sowie um das Aufstellen von Theorien und Gesetzen, wobei es nicht *die eine* Methode, sondern eine Vielfalt von naturwissenschaftlichen Methoden gibt, die wiederum selbst einem Wandel unterworfen sind. Zudem gibt es einige weitere Aspekte wie zum Beispiel, dass Wissen in den Naturwissenschaften graduell fortschreitet und globalen Einfluss hat (Koska und Krüger, 2012).

Von Müller wurde angemerkt, dass diese Aspekte natürlich nicht falsch seien, sie jedoch nicht überbetont werden sollten „gegenüber der immer noch unbestrittenen Tatsache, dass die Naturwissenschaften - nach den Beweisen der Mathematik - das sicherste Wissen liefern, das wir besitzen.“ (2014, S. 4).

Die Formulierung von Kompetenzen im Bereich der Natur der Naturwissenschaften in Bildungsplänen impliziert, gemäß der zugrundeliegenden Definition von Kompetenz nach Weinert (2001, S. 27 zitiert nach Kremer, 2010, S. 6), dass es sich dabei um erlernbare kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten handelt. Bei dem Verständnis von der Natur der Naturwissenschaften handelt es sich jedoch um „ein komplexes Konstrukt“, das sowohl durch Überzeugungen beeinflusst wird als auch auf Wissen basiert (Kremer, 2010, S. 137f). Während sich Überzeugungen vom Wissenserwerb (epistemologische Überzeugungen) beispielsweise über die Sicherheit von Wissen „traditionell mit gutem Erfolg durch quantitative Messverfahren“ erfassen lassen (Kremer, 2010, S. 137f), ließ sich in Untersuchungen von Kremer der Einfluss des Wissens auf das Naturwissenschaftsverständnis nur schwer mit quantitativen Messverfahren ermitteln. Weiter führt Kremer an:

„Durch den Erwerb von deklarativem Wissen über naturwissenschaftliche Konzepte, aber auch über den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess (Mayer, 2007; Mayer et al., 2009; Roberts & Gott, 1999), werden Überzeugungen im Verlauf der Sekundarstufe I kontinuierlich modifiziert und relativiert. Auf diese Weise bildet sich eigentlich erst ein ausgereiftes Naturwissenschaftsverständnis aus (Lederman, 2007; Stathopoulou & Vosniadou, 2007).“ (Kremer, 2010, S. 138)

Im Unterschied zu Überzeugungen, die sich demnach vor allem über längere Zeiträume verändern (lassen), lässt sich Wissen auch in vergleichsweise kurzen Zeiträumen aufnehmen und entsprechend des Vorwissens bzw. der vorhandenen Vorstellungen einordnen und integrieren. Für die Benennung von Formen des Vorwissens bzw. von Vorstellungen existieren in der Literatur eine Reihe von Begriffen, wie Duit anführt:

„Viele Termini sind in Gebrauch, um das, was ich hier 'Vorstellungen' genannt habe, zu kennzeichnen. Im deutschen Sprachraum handelt es sich vor allem um Schülervorstellungen, Schülervorverständnis, Präkonzepte und eben Alltagsvorstellungen, im englischen Sprachraum neben vielen anderen um alternative frameworks, students' conceptions, misconceptions und student belief systems.“ (Duit, 1990, S. 112)

Darüber hinaus wird im Zusammenhang mit der Natur der Naturwissenschaften auch von Perspektiven bzw. Ansichten (views) gesprochen (z.B. Koska und Krüger, 2012; N. G. Lederman,

Kategorie	McComas & Olson 2002	Osborne et al. 2003	Lederman et al. 2002
<b>Sozialer und kultureller Einfluss</b>	scientific ideas have been affected by their social and historical milieu	historical development of scientific knowledge	human enterprise
	science is a part of social tradition	cooperation and collaboration in the development of scientific knowledge	
		science and questing	
<b>Kreativität in der Naturwissenschaft</b>	scientists are creative	creativity	imagination and creativity
<b>Beobachtung und Schlussfolgerung</b>	new knowledge must be reported clearly and openly	analysis and interpretation of data	observation & inference
		diversity of scientific thinking	
<b>Veränderbarkeit von naturwissenschaftlichem Wissen</b>	scientific knowledge is tentative	science and certainty	scientific knowledge is never absolute or certain
<b>Theorie und Gesetz</b>	science is an attempt to explain phenomena	hypothesis and prediction	scientific theories and laws
	science relies on empirical evidence		
<b>Vielfalt naturwissenschaftlicher Methoden</b>	scientists require replicability and truthful reporting	scientific method and critical testing	scientific method
<b>Weitere Aspekte</b>	science has played an important role in technology		
	changes in science occur gradually		
	science has global implications		

**Abbildung 2.4:** NOS-Aspekte verschiedener Autoren und ihre Zuordnung zu gemeinsamen Kategorien (nach Koska und Krüger (2012), S. 118).

Abd-El-Khalick, Bell und Schwartz, 2002). Zur Übersicht und Klärung dieser vielfältigen Begrifflichkeiten vergleichen Neumann und Kremer (2013) den Forschungsbereich der epistemologischen Überzeugungen mit demjenigen über naturwissenschaftliches Wissen im Bereich der Natur der Naturwissenschaften. Dabei kommen die Autorinnen zu dem Schluss, dass sich aufgrund inhaltlicher Unschärfen und Gemeinsamkeiten keine klare Abgrenzung festlegen lässt, „[n]ichtsdestotrotz sind sie jeweils vor dem Hintergrund ihrer jeweiligen naturwissenschaftsdidaktischen (*nature of science*) bzw. entwicklungs- und kognitionspsychologischen (epistemologischen Überzeugungen) Forschungstradition zu betrachten.“ (Neumann und Kremer, S. 227, Hervorhebung im Original). Aufgrund von - teils nur subtilen - Unterschieden in fünf untersuchten Aspekten<sup>10</sup> wird jedoch für eine „klare Sprachregelung“ empfohlen, die Begriffe „Ansichten“ und „Überzeugungen“ im Zusammenhang mit epistemologischen Überzeugungen zu nutzen, wohingegen „Vorvorstellungen“ und „Alltagsvorstellungen“ im Zusammenhang mit inadäquaten Vorstellungen im Bereich Natur der Naturwissenschaften zu verwenden seien (Neumann und Kremer, S. 227). Für die vorliegende Arbeit wird die Bezeichnung der *Vorstellungen* gewählt und synonym verwendet für Begriffe wie Vorverständnis und Alltagsvorstellungen. Dies geschieht auch in Anlehnung an themennahe Arbeiten aus dem deutschen Sprachraum im Bereich der Natur der Naturwissenschaften (Höttecke, 2001; Mikelskis-Seifert und Müller, 2005; Wentorf et al., 2015;).

Eine allgemein angelegte Definition des Begriffs *Vorstellung* wurde von Krey basierend auf Perspektiven der deutschsprachigen Mathematik- und Physikdidaktik sowie der Sozialpsychologie formuliert:

„Vorstellungen sind zugängliche mentale Repräsentationen von Objekten, Vorgängen, Sachverhalten, Personen, Begriffen oder anderen 'Dingen', die kognitive, affektive und motivationale (evt. auch behaviorale) Komponenten besitzen und in mehr oder weniger strukturierte Vorstellungssysteme eingebunden sind. Sie sind Einheiten menschlicher Kognition, die Denken, Fühlen und Handeln beeinflussen und zeitlichen Veränderungen unterliegen.“ (Krey, 2012, S. 83)

Dabei merkt der Autor weiter an:

„Dieses theoretische Konstrukt [der Begriff der Vorstellung] ist Resultat von Interpretations- und Rekonstruktionsprozessen. Es muss daher als Modell, also als zweckmäßig konstruierter Entwurf der Realität verstanden werden und kann wie jedes Modell bestenfalls zweckdienlich, aber nicht wahr sein. Dies ist schon deshalb der Fall, weil der Untersuchungsgegenstand nicht direkt zugänglich ist. Da es sich um mentale Repräsentationen (und bereits das ist ein Konstrukt, Modell, Bild oder eben eine Vorstellung) des eigentlich zu Untersuchenden handelt, die ihrem Wesen nach individuell und subjektiv sind, bleibt Forscherinnen und Forschern auch nichts anderes übrig, als auf diese Repräsentationen zu schließen - mehr oder weniger theoriegeleitet, hermeneutisch oder normativ.“ (Krey, 2012, S. 89f)

---

<sup>10</sup>Fünf Aspekte wurden als „Ansatzpunkte zu einer Abgrenzung der beiden Forschungstraditionen - zu *nature of science* und zu epistemologischen Überzeugungen“ von Neumann und Kremer identifiziert: „(1) Disziplinspezifität; (2) Inhalt; (3) Perspektive der ersten vs. der dritten Person; (4) Wissen vs. Ansicht; (5) normative versus deskriptive Herangehensweise.“ (Hervorhebung im Original; Neumann und Kremer, 2013, S. 227).

Auch für die in dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen im Bereich der Vorstellungen wird nicht der Anspruch erhoben, auf Basis der Daten beschreiben zu können, was genau in den Köpfen von Schülern vorgeht. Denn erstens können auch Faktoren wie die „Test“-Situation oder soziale Erwünschtheit die Vorstellungen der Schüler beeinträchtigen, ebenso wie eine „Übersetzung“ von Vorstellungen in eine Darstellungsform sicherlich nicht ohne weiteres möglich ist. In Ermangelung besserer Alternativen kann daher lediglich von - gegebenenfalls auf verschiedene Weise erhobenen - Daten auf diese Formen von Vorstellungen geschlossen werden.

Der Themenbereich der Natur der Naturwissenschaften stellt ein breites Forschungsfeld dar, das sich ausgehend von der Beforschung der Vorstellungen von Schülern in diesem Bereich zusätzlich hin zur Untersuchung der Vorstellungen von Lehrkräften entwickelt hat. Eine Übersicht von englischen Forschungsarbeiten im Bereich der Natur der Naturwissenschaften aus etwa 50 Jahren stellte N. G. Lederman zusammen (2008), wobei er unter anderem Erhebungsinstrumente von Untersuchungen im Zeitraum von 1954 bis 2004 auflistet und auf die Untersuchungen von Vorstellungen von Schülern und Lehrkräften sowie auf Lehrmethoden eingeht. Dabei kommt er zu einigen generellen Aussagen (N. G. Lederman, 2008, S. 869): So konnten die Vorstellungen von Schülern und Lehrkräften über die Natur der Naturwissenschaften im Allgemeinen als nicht adäquat bezeichnet werden. Des Weiteren zeigte sich, dass explizite und reflektierende Herangehensweisen am besten dazu geeignet waren Konzepte von der Natur der Naturwissenschaften zu vermitteln, im Unterschied zur reinen Ausübung von naturwissenschaftlichen Tätigkeiten. Außerdem wurden Konzepte von der Natur der Naturwissenschaften von Lehrkräften nicht notwendigerweise auf ihre Schüler übertragen und Lehrkräfte sahen Ergebnisse des Bereichs Natur der Naturwissenschaften nicht als gleichwertig mit denen „traditioneller“ Fachunterrichtsthemen an (N. G. Lederman, 2008, S. 869).

Im deutschen Sprachraum stellte Höttecke als einer der ersten die damals nur vereinzelt vorkommenden Forschungsarbeiten über Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften gemeinsam mit englischer Literatur im Überblick dar und gliederte die „Vorstellungen von SchülerInnen / Kindern“ in vier Bereiche (Höttecke, 2001; Diss., Kapitel I.2.1):

- „Vorstellungen zur Person des Naturwissenschaftlers, seiner Arbeit und ihren Bedingungen
- Vorstellungen zum epistemologischen Status des Wissens in den Naturwissenschaften und zu wissenschaftstheoretischen Begrifflichkeiten
- Vorstellungen zum Experiment im Unterricht und als Forschungspraxis
- Vorstellungen zur naturwissenschaftlichen Wissensproduktion und ihren Bedingungen“ (Höttecke, 2001, S. 42)

In der vorliegenden Arbeit stehen Vorstellungen zu Naturwissenschaftlern und ihren Tätigkeiten im Fokus. Dies ist entsprechend der Gliederung von Höttecke (2001) dem ersten Punkt zuzuordnen, so dass nur dieser Forschungszweig nachfolgend ausführlicher beschrieben wird.

### 2.2.2.1 Schülervorstellungen über Naturwissenschaftler

Die Forschung zu Vorstellungen über die Person des Naturwissenschaftlers hat in der englischsprachigen Forschung eine ähnlich lange Tradition wie auch im Bereich der Natur der Naturwissenschaften, das heißt seit etwa den 1950er Jahren. Im Folgenden werden dazu einige ausgewählte Arbeiten vorgestellt. Für vertiefende Einblicke in dieses Themengebiet sei auf entsprechende Literatur verwiesen (z.B. Höttecke, 2001; Finson, 2002).

Von Mead und Métraux (1957) wurde die erste großangelegte Studie über das „Image“ eines Naturwissenschaftlers vorgestellt. Für diese Studie wurden in den USA Daten von etwa 35.000 High-School-Schülern ausgewertet, die aufgefordert waren ihre Vorstellungen zur Person eines Naturwissenschaftlers in Form eines Aufsatzes aufzuschreiben. Die inhaltliche Auswertung brachte vielfältige Aspekte hervor, war jedoch auch Ausgangspunkt für ein stereotypisches Bild eines Naturwissenschaftlers, basierend auf Beschreibungen wie: Ein Naturwissenschaftler ist männlich, trägt einen weißen Kittel und arbeitet in einem Labor. Er ist klein, dabei manchmal korpulent, oder groß und dünn, kann Glatze oder Bart tragen. Er ist umgeben von Laborutensilien - insbesondere Reagenzgläsern und Chemikalien - und verbringt den Tag mit der Durchführung von Experimenten (Mead und Métraux, 1957, S. 385ff). Während einem Naturwissenschaftler einerseits generell viele positive Aspekte zugeschrieben wurden, wie z. B. dass er sehr intelligent sei, um des Wissens willens und zum Wohl der Menschheit forsche, sowie, dass er hart und ausdauernd arbeite, gab es auf der anderen Seite auch negative Aspekte wie, dass er allein und teils mit gefährlichen Sachen arbeite sowie keine Interessen außer der Wissenschaft habe (Mead und Métraux, 1957, S. 386f).

Eine andere Erhebungsmethode wurde von Chambers (1983) eingesetzt, um zu ermitteln, in welchem Alter das von Mead und Métraux (1957) festgestellte Bild eines Wissenschaftlers bei Kindern bzw. Schülern aufkommt und durch welche Faktoren es gegebenenfalls beeinflusst wird, z. B. durch den sozio-ökonomischen Status, die englisch- oder französischsprachige Kultur oder das Geschlecht. Dafür wurde von Chambers (1983) der *Draw-a-Scientist Test* (DAST) entwickelt, bei dem die Schüler die Aufgabe erhalten einen Naturwissenschaftler zeichnerisch darzustellen. Die Untersuchungen fanden im Zeitraum von 1966 bis 1977 in den USA, in Kanada und Australien statt. Anhand einer Liste von sieben Merkmalen (Laborkittel, Brille, Bart, Symbole des Forschens<sup>11</sup>, Symbole des Wissens<sup>12</sup>, hergestellte Gerätschaften, wichtige Ausrufe und Formeln) wurden die Zeichnungen von etwa 4800 Kindern bzw. Schülern im Alter von ca. 5-11 Jahren analysiert. Mit zunehmendem Alter zeigte sich ein Anstieg der verschiedenen Merkmale, der bei höherer sozioökonomischer Schicht früher auftrat. Wesentliche Unterschiede bei der Anzahl der Merkmale hinsichtlich des Geschlechts oder der Sprache gab es nicht, bis auf die Tatsache, dass Wissenschaftlerinnen ausschließlich von Schülerinnen dargestellt wurden.

Höttecke (2001, S. 43ff) beschreibt eine Untersuchung aus dem englischen Sprachraum, wonach Kinder teils wussten, dass ihre Bilder nicht der Wirklichkeit entsprechen, sondern eher ihrer Phantasie. Aus diesem Grund bewertet Höttecke die Draw-a-Scientist Methode kritisch, merkt jedoch auch an, dass Medien wie Comics und Filme die Phantasie bzw. Vorstellungen der

---

<sup>11</sup>Zu den *Symbolen des Forschens* wurden jegliche Laborutensilien und wissenschaftliche Instrumente gezählt.

<sup>12</sup>Dinge wie Bücher und Akten wurden als *Symbole des Wissens* gewertet.

Schüler über Naturwissenschaftler beeinflussen (2001, S. 44). Weiter berichtet Höttecke über Untersuchungen, in denen sich bei 14- bis 15-jährigen Schülern realitätsnähere Vorstellungen zeigen, die teils unterschiedliche Typen von Wissenschaftlern sichtbar werden lassen (Solomon, 1993; 1996; beide zitiert nach Höttecke, 2001, S. 44). Zusammen mit weiteren Untersuchungen, die als Untersuchungsmethode u.a. auch Fragebögen und/oder Interviews mit Schülern beinhalteten, zeigte sich, dass die Vorstellungen über Naturwissenschaftler sehr unterschiedlich ausfielen und kein einheitliches Bild aufwiesen (Larochelle et al., 1991; zitiert nach Höttecke 2001, S. 45; Driver, Learch, Millar und Scott, 1996).

In seinem Überblicksartikel über 50 Jahre Untersuchungen im Bereich der Schülervorstellungen über die Person des Naturwissenschaftlers kam Finson (2002) zu dem Schluss, dass im Allgemeinen stereotypische Vorstellungen - abgesehen von leichten Änderungen - über Jahrzehnte, über Länder und Altersgruppen hinweg Bestand hatten. Von unterschiedlichen Erhebungsinstrumenten scheint sich dem Autor zufolge die Kombination aus Zeichnungen und Interviews als am besten bewährt zu haben, wonach sich seiner Ansicht nach ebenfalls der *Draw-a-Scientist Test* (Chambers, 1983) und eine Weiterentwicklung zur Auswertung, die *Draw-a-Scientist Test Checklist* (Finson et al., 1995), als valide Instrumente herausgestellt haben. Dennoch wurde angemerkt, dass die Zeichnungen der Schüler mit einer gewissen Vorsicht zu betrachten seien, weil Schüler teils mehrere verschiedene Vorstellungen haben und gegebenenfalls absichtlich alberne bzw. übertriebene Darstellungen anfertigten (Finson, 2002, S. 341). Aus diesem Grund sollten die Zeichnungen nicht überinterpretiert werden. Trotz allgemeinen (Fort-)Bestehens des stereotypischen Bildes eines Naturwissenschaftlers wurden zahlreiche Ansätze gefunden, die eine positive Beeinflussung hin zu einem adäquaten, realitätsnahen Bild eines Naturwissenschaftlers ermöglichten (Finson, 2002, S. 342). Dazu gehörte vor allem die Einbeziehung von Vorbildern (role models), die an Schulen kamen, von Berufsfelderkundungen und außerschulischen Besuchen, bei denen teils einzelne Schüler mit Naturwissenschaftlern zusammenarbeiteten. Solche Aktivitäten sollten gut geplant werden und möglichst über längere Zeiträume stattfinden (Finson, 2002, S. 342). Als offene Punkte sah Finson, 2002 unter anderem Fragen nach der langfristigen Wirkung von Interventionen, wie beispielsweise den Einfluss von Vorbildern, sowie einen möglichen Einfluss kognitiver Entwicklung auf dargestellte Zeichnungen.

Insbesondere in Studien mit *Draw-a-Scientist Test*-Formaten wurde viel über das äußere Erscheinungsbild bzw. über die Eigenschaften eines Naturwissenschaftlers berichtet, wie z. B. dass er Kittel/Brille/Bart trage bzw. dass er als schlau/verrückt/unsozial beschrieben werde (Chambers, 1983, Finson, 2002, Mikelskis-Seifert und Müller, 2005). Natürlich kann es sehr interessant sein die diesbezüglichen Vorstellungen von Schülern zu kennen, jedoch erstaunt es nicht, dass für die Zeichnung eines Naturwissenschaftlers von Schülern bekannte Symbole und Bilder aus den Medien (wie z.B. Filmen, Comics) genutzt werden, um eine gezeichnete Person möglichst als einen Naturwissenschaftler zu erkennen zu geben. Denn die Aufgabe fordert ja gerade zur Unterscheidung des Naturwissenschaftlers von anderen Personen(gruppen) auf. Diesbezüglich wurden in einer Studie von Losh, Wilke und Pop (2008) Unterschiede zwischen drei Berufsgruppen - Lehrkräften, Tierärzten und Naturwissenschaftlern - festgestellt.

Dennoch lauten Fragen, die hierzu gestellt werden müssen: Gibt es für die Schüler überhaupt eine Möglichkeit die Aufgabe - das Aussehen eines Naturwissenschaftlers darzustellen - adäquat

zu erfüllen? Ist eine stereotypische Darstellung weniger adäquat als eine durchschnittliche Person in Alltagskleidung oder umgekehrt? Wie könnte die Vielfalt und Unterschiedlichkeit von Personen und ihrem Arbeitsalltag, die (nicht nur) Naturwissenschaftler auszeichnet, in einer einzigen Zeichnung wiedergegeben werden?

Aufgrund dieser Fragen wurde in der vorliegenden Arbeit insbesondere auf den Aspekt einer einzelnen Möglichkeit zur Darstellung eingegangen und der Fokus wurde statt auf die Person selbst auf die Situationen und Tätigkeiten im Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern gerichtet. Dazu wird im folgenden Unterabschnitt der Forschungsstand zu Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern dargestellt.

### 2.2.2.2 Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern und RIASEC-Modell

In Studien mit *Draw-a-Scientist Test* (DAST)-Formaten lassen sich nur vereinzelt Aussagen zu Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern finden, was sehr wahrscheinlich daran liegt, dass Instrumente zur Auswertung, wie die Checkliste von Finson et al. (1995), vor allem Gegenstände und Merkmale der Person beinhalten.

In einer DAST-Erhebung, bei der neben Zeichnungen offenbar auch schriftliche Aussagen von Schülern erfasst wurden, gab es Aussagen, in denen Tätigkeiten von Physikern vorkamen, wie „Er ist kreativ und experimentiert herum.“ und „Er sieht in die Sterne.“ (Mikelskis-Seifert und Müller, 2005, S. 4).

Explizite Schritte zur Untersuchung von Vorstellungen über Tätigkeiten wurden zunächst im Zusammenhang mit Studien der Vorstellungen über Physiklehrkräfte beobachtet: die DAST-Checkliste von Finson et al. (1995) wurde weiterentwickelt zur *Draw-A-Science-Teacher-Test Checklist* (DASTT-C) und enthielt als offenes Item eine Frage nach der Tätigkeit der in der Zeichnung dargestellten Lehrkraft<sup>13</sup> (Thomas et al., 2001).

So wurde ebenfalls der DAST in folgender Weise von Farland modifiziert (2003, zitiert nach Farland-Smith, 2012, S. 111): Im Unterschied zum bisherigen Auftrag der Schüler, einen Naturwissenschaftler zu zeichnen, enthielt der neue *modified Draw-a-Scientist Test* (mDAST) eine zusätzliche Seite, auf der vier Aspekte abgefragt werden: Das Geschlecht sowohl der zeichnenden als auch der dargestellten Person; ob in der Zeichnung das Arbeiten draußen oder drinnen dargestellt wird und welche Tätigkeit der Naturwissenschaftler in der Zeichnung gerade ausführt<sup>14</sup> (Farland-Smith, 2012). Der Autorin zufolge integrierten Schüler die gefragten Aspekte in ihre Zeichnungen und könnten dadurch zwar in bestimmte Richtungen gelenkt werden - was nicht intendiert sei - aber es wurde als hilfreicher angesehen, diese Daten zu erheben, als sie aus dem allgemeinen DAST zu ermitteln, der aber eher eine Wiedergabe der wahren Schüler-

---

<sup>13</sup>Zentrale Items des Erhebungsinstrumentes lauten: „Draw a picture of yourself as a science teacher at work.“ und „What is the teacher doing?“ (Thomas, Pedersen und Finson, 2001, S. 299).

<sup>14</sup>Die Aspekte lauten im Original: „I am a boy/girl; was the scientist you drew a man or a woman?; was the scientist you drew working outdoors or indoors?; what was the scientist doing in your picture?“ (Farland-Smith, 2012, S. 111).

vorstellungen darstellen könnte<sup>15</sup>.

Neben der Modifikation des Erhebungsinstrumentes (mDAST) wurde von Farland-Smith (2012) außerdem für die Auswertung eine neue Bewertungsskala (DAST Rubric) vorgestellt, die eine differenziertere Betrachtung der Ergebnisse ermöglichen sollte als die bisherige Checkliste (DAST-C). Dabei werden drei Kategorien jeweils auf einer Skala von 0 bis 3 bewertet: Die Erscheinung des Naturwissenschaftlers, der Ort, an dem er sich befindet, sowie seine Tätigkeit. Die Skala reicht von 0 = *nicht bzw. schwer identifizierbar*, über 1 = *außergewöhnlich* (z.B. mit der Darstellung von Monstern, Explosionen, etc.) und über 2 = *naiv oder traditionell* bis hin zu 3 = *breiter/weitergehend als traditionell*. Mit dieser Bewertungsskala soll ein Übergang von herkömmlichen zu aktuellen, adäquaten Vorstellungen messbar werden.

Die Einführung einer solchen Bewertungsskala wird generell als sinnvoll erachtet, jedoch stellt sich die Frage, inwieweit sich die Kategorien 2 und 3 (traditionelle und darüberhinausgehende Vorstellungen) trennen lassen. Denn beispielsweise wird es auch in Zukunft weiterhin Männer mit Bärten, Brillen und Kitteln geben, die im Labor arbeiten, auch wenn die Bedeutung von anderen Tätigkeiten z. B. am Computer oder bei Meetings zunimmt. Somit ist das „traditionelle“ Bild nicht per se hinfällig, wird aber durch andere Tätigkeiten ergänzt und möglicherweise im Vergleich weniger wichtig. Außerdem wird laut Beschreibung der Kategorien mehr Wert auf die Zeichnung gelegt und die Beschreibung gegebenenfalls sogar ignoriert<sup>16</sup>, was angesichts unterschiedlicher zeichnerischer Fähigkeiten der Probanden sicherlich nicht sinnvoll ist. Auf diesen Punkt wird bei der Entwicklung bzw. Auswertung der eigenen explorativen Studie noch eingegangen (vgl. Kapitel 5).

Eine Studie, bei der Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern explizit ein Schwerpunktthema bildeten, wurde von Wentorf et al. (2015) vorgestellt. Darin wurden im Hinblick auf eine Berufsorientierung neben Vorstellungen auch Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen von Schülern erhoben. Denn nach Wentorf et al. (2015) ließen Untersuchungen aus dem Bereich der pädagogischen Psychologie Zusammenhänge zwischen prototypischen Vorstellungen und Interessen erkennen, d.h. im Bereich der Naturwissenschaften vergleichen Schüler ihr Selbstkonzept mit dem Prototypen/Stereotypen eines Interessierten des Schulfaches bzw. dem eines Naturwissenschaftlers. Dazu heißt es: „[d]ie wahrgenommene Ähnlichkeit der Selbsteinschätzung mit dem jeweiligen Prototypen wirkt sich entsprechend auf das Interesse und die Leistungsbereitschaft aus.“ (Wentorf et al., 2015, S. 208). Außerdem diente ein Modell aus der Arbeitspsychologie von Holland (1963; 1997) als Basis für die Entwicklung von Kategorien der Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern. Dem Modell zufolge existieren sechs Orientierungen/Dimensionen, nach denen Berufsgruppen, Tätigkeiten und Personen kategorisiert werden können. Die von Holland (1963; 1997) beschriebenen Dimensionen und zugehörigen Attribute wurden von Wentorf et al. (2015) auf den Bereich naturwissenschaftlicher Berufe übertragen und mit Beispielen für Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern aufgelistet. Diese

<sup>15</sup>Im Original: „[...] , whereas the more general 'draw a scientist' direction for the original DAST did not prejudice students and the drawings that resulted may have been more of a true reflection of what the students' images were.“ (Farland-Smith, 2012, S. 111).

<sup>16</sup>Zu Kategorie 2 heißt es: „This category includes drawings where the student writes, 'this scientist is studying... or trying to...' but does not show how this is being done.“ (Farland-Smith, 2012, S. 116).

Auflistung wird in Tabelle 2.1 wiedergegeben (aus Wentorf et al., 2015, S. 213). Das Akronym RIASEC für das Modell setzt sich dabei aus den Anfangsbuchstaben der Bezeichnungen der sechs Dimensionen zusammen. Ausgehend von theoretischen Überlegungen zu Aspekten des Themenbereichs Natur der Naturwissenschaften und basierend auf Befragungen von Schülern und Naturwissenschaftlern wurden von Wentorf et al. (2015) eine Reihe von Tätigkeiten herausgearbeitet und diese gemäß der RIASEC-Dimensionen kategorisiert. In einem Fragebogen sollte von Schülern u.a. angegeben werden, inwieweit zugestimmt bzw. abgelehnt wurde, dass Naturwissenschaftler sich regelmäßig mit diesen Tätigkeiten beschäftigen.

Bei der Auswertung einer Untersuchung bei 13- bis 16-jährigen Schülern (N=100) konnten die angenommenen RIASEC-Dimensionen bestätigt werden. Zusätzlich zu den bisherigen sechs Dimensionen wurde zudem eine weitere postuliert und zwar die Dimension *Networking* (N). Darin kam beispielsweise ein Item vor, bei dem es um den Austausch zwischen Wissenschaftlern unterschiedlicher Universitäten ging (Wentorf et al., 2015, S. 217). Insgesamt dominierten in dieser Untersuchung Vorstellungen von Tätigkeiten der Naturwissenschaftler, die mit handwerklichen (R), investigativen (I) und kreativen (A) Aspekten zu tun hatten.

Eine Studie, die bei Lehramtsstudierenden zur Untersuchung der Vorstellungen über Naturwissenschaftler durchgeführt wurde, soll an dieser Stelle ebenfalls vorgestellt werden, weil als Erhebungsinstrument eine adaptierte Form des *modified Draw-a-Scientist Tests* (mDAST) eingesetzt wurde und bei der Auswertung auch Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern betrachtet wurden. Von Reinisch, Krell, Hergert, Gogolin und Krüger (2017) wurden in Anlehnung an das Instrument mDAST von Farland-Smith (2012) ebenfalls Vorstellungen zeichnerisch und durch

**Tabelle 2.1:** Dimensionen des RIASEC-Modells bezogen auf naturwissenschaftliche Tätigkeiten (Auflistung aus Wentorf, Höffler und Parchmann, 2015, S. 213).

<b>RIASEC-Dimension</b>	<b>Attribut</b>	<b>Beispiel für Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern</b>
<b>Realistic</b>	Handwerklich geschickt	Stoffe (z.B. Medikamente) im Labor herstellen; Messungen durchführen
<b>Investigative</b>	Analytisch, aufgabenorientiert	Ergebnisse aus Experimenten auswerten; komplizierte Rechnungen lösen
<b>Artistic</b>	Kreativ	Neue Instrumente entwickeln; Ideen für neue Forschungsansätze entwickeln
<b>Social</b>	Sozial, fürsorglich	Studenten betreuen; Lehrveranstaltungen durchführen
<b>Enterprising</b>	Unternehmerisch	Eine Arbeitsgruppe leiten; Gelder für Forschungsprojekte einwerben
<b>Conventional</b>	Präzise	Verwaltungsaufgaben erledigen; Abrechnungen erstellen

zusätzliche, schriftliche Items zu Aussehen, Ort und Tätigkeit der dargestellten Naturwissenschaftler erhoben. Der Fokus der Studie mit angehenden Lehrkräften, die zum überwiegenden Anteil Biologie für weiterführende Schulen studierten, lag vor allem auf methodischen Aspekten wie der Güte der Auswertung mittels Interrating und Zusatzfragen. Von zwei untersuchten Gruppen ( $N_1 = 79$ ,  $N_2 = 101$ ) wurde die zweite um Rückmeldungen zur Methode des Zeichnens und um Begründungen für bestimmte Merkmale ihrer Zeichnungen gebeten (Reinisch et al., 2017). Dabei wurden von Teilnehmenden beispielsweise für die Darstellung von einer einzelnen Person als häufigste Gründe genannt, dass es sich um einen Beruf mit vergleichsweise wenig Zusammenarbeit handle, dass die Aufgabenstellung nur eine Person erfragt hatte oder dass es aufgrund eines Mangels an Zeit, Zeichenfähigkeiten, Motivation oder Platz geschehen war (Reinisch et al., 2017, S. 16). Weniger häufig wurden von den Teilnehmenden Gründe genannt, warum mehrere Naturwissenschaftler dargestellt wurden: vor allem weil Forschung stets als Teamarbeit gesehen wurde und weil es nicht „den einen“ Naturwissenschaftler gebe (Reinisch et al., 2017, S. 16). Bei einer Betrachtung der dargestellten Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern wurde im Unterschied zu den Untersuchungen von Wentorf et al. (2015) eine deutlich überwiegende Mehrheit von Tätigkeiten den praktischen (R) bzw. investigativen (I) Dimensionen gemäß des RIASEC-Modells zugeordnet, während andere Tätigkeitsbereiche nur sehr selten identifiziert wurden. Als Erklärung wurde von den Autoren vermutet, dass dies daran liegen könnte, dass nur die markanteste Tätigkeit („the most prominent activity“) von Naturwissenschaftlern dargestellt wurde (Reinisch et al., 2017, S. 17). Den Autoren zufolge wäre eine Erfassung verschiedener Ideen in einer Zeichnung somit schwierig. Reinisch et al. zufolge wurde dies bestätigt durch Darstellungen von Teilnehmern, die ihre Zeichenfläche eigenständig in mehrere Bereiche unterteilten (2017, S. 14).

Zusammenfassend kommen Reinisch et al. (2017) unter anderem zu dem Schluss, dass aufgrund verschiedener Interpretationsmöglichkeiten zeichnerische Erhebungsinstrumente durch zusätzliche Erklärungen der Teilnehmer ergänzt werden sollten und dass eine Beeinflussung durch die Art der Aufgabenstellung bedacht werden sollte. Ein offenes oder geschlossenes Erhebungsinstrument, wie von Wentorf et al. (2015), jedoch mit weiteren Aspekten bezüglich des Ortes der Tätigkeiten und dem Aussehen der Naturwissenschaftler, wird als vielversprechend erachtet.

Untersuchungen der Vorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern stellen im deutschen Sprachraum und darüberhinaus ein aktuelles Forschungsfeld dar, das zunehmend Aufmerksamkeit erfährt (Farland-Smith, 2012; Frank, 2014; Wentorf et al., 2015; Reinisch et al., 2017). Neben Untersuchungen dieser Vorstellungen gibt es vermehrt auch Bemühungen Konzepte zur Ausbildung realistischer Vorstellungen bei den Schülern zu entwickeln, wie beispielsweise in Form von Projekten für den Unterricht über Naturwissenschaftler (Frank, 2014; Wentorf, 2015b; Wentorf, 2017) oder durch den Einsatz von Videos in einem Schülerlabor (Stamer, Pönicke et al., 2018).

Wie in verschiedenen Studien angemerkt wurde, sind die Darstellungen, die mit *Draw-a-Scientist Test*-Formaten erhoben wurden, aus diversen Gründen mit Vorsicht zu betrachten und sollten nicht überinterpretiert werden. Dennoch hat dieses Format beispielsweise aufgrund seiner einfachen Aufgabenstellung und seiner non-verbalen Erhebungsform diverse Vorteile gegenüber anderen Instrumenten. Die Ergänzung der Zeichnung durch zusätzliche Erklärungen in schrift-

licher Form wurde jedoch von Farland-Smith (2012) und Reinisch et al. (2017) als hilfreiche Unterstützung bei Auswertungen bewertet, bei denen zufriedenstellende Werte beim Interring erzielt wurden. Als eine offene Fragestellung im Zusammenhang mit zeichnerischen Erhebungsinstrumenten wurde von Reinisch et al. (2017) die Analyse von Symbolen und bestimmten Objekten in den Darstellungen gesehen, um ein tieferes Verständnis von den Konzepten der Teilnehmenden zu erlangen. Für eine solche Analyse wurden jedoch im deutschsprachigen Raum kaum Veröffentlichungen zu Studien mit Schülern gefunden, deren Daten dazu genutzt werden könnten.

Wie schon bei Farland-Smith (2012) und Reinisch et al. (2017) zu beobachten, erweiterte sich bei den ergänzenden schriftlichen Aspekten der Blickwinkel vom Aussehen der Person eines Naturwissenschaftlers auch auf dargestellte Orte und die Tätigkeit der Person(en). Um jedoch den stereotypischen Vorstellungen über das Aussehen von Naturwissenschaftlern zu begegnen, ist es fraglich, inwiefern die globale Aufgabenstellung „Draw-a-Scientist“, also die Person selbst darzustellen, dafür zuträglich oder gerade kontraproduktiv ist. Die Schwierigkeit, verschiedene Vorstellungen in einer einzelnen Zeichnung unterzubringen, gerade auch angesichts des so diversen Berufsbildes von Naturwissenschaftlern, war von Reinisch et al. (2017) bereits festgestellt, jedoch nicht näher untersucht worden. Formate wie der *Draw-a-Scientist Test* wurden somit bereits erfolgreich abgewandelt bzw. erweitert und bieten in abgewandelter Form weiterhin Entwicklungspotential.

Andere Erhebungsinstrumente, wie geschlossene Fragebögen über das Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlern von Wentorf et al. (2015), besitzen die Vorteile einer standardisierten Erfassung und Auswertung, bieten jedoch keine Offenheit für neue und andere Aspekte der Teilnehmenden, wie es bei *Draw-a-Scientist Test*-Formaten der Fall ist.

Ein Einsatz von Erhebungsinstrumenten speziell zu Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern im Rahmen von Interventionsstudien findet sich im deutschsprachigen Raum bisher nur bei Stamer, Schwarzer und Parchmann (2018), obwohl gerade Interventionsstudien im Zuge der Vermittlung eines realistischen Bildes von Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern eine entscheidende Rolle zukommt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es bisher nur vereinzelte Studien im deutschsprachigen Raum gibt, bei denen Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern explizit im Fokus standen. Dementsprechend liegen nur wenige Erhebungsinstrumente in diesem Bereich vor<sup>17</sup>. Aus diesem Grund stellte die Entwicklung geeigneter Instrumente in diesem Bereich aus fachdidaktischer Sicht ein wichtiges Ziel dar. Weiterhin wurde der Einfluss von Interventionen auf Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern bisher kaum untersucht, so dass es hier großen Forschungsbedarf gibt. Trotz des Vorliegens einzelner Studien gibt es weiterhin eine Vielzahl von Einflussfaktoren auf diese Schülervorstellungen, die es zu identifizieren gilt. Dabei wird die Untersuchung und Beeinflussung der Vorstellungen über

---

<sup>17</sup>Zum Zeitpunkt der Planung der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten explorativen Studie lagen die Studien von Wentorf et al. (2015) und Reinisch et al. (2017), in denen jeweils Erhebungsinstrumente vorgestellt wurden, noch nicht vor.

konkrete Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern nicht allein aus fachdidaktischer Sicht immer wichtiger. Gleichzeitig haben auch Programme zur Berufsorientierung und teils dahinterstehende Unternehmen ein stärker werdendes Interesse daran Einflussfaktoren auf diese Vorstellungen herauszufinden und beeinflussen zu können. Dieses Forschungsfeld stellt somit ein zukunftsweisendes Gebiet dar, das bereits verstärkt Aufmerksamkeit erfährt.



# 3 Entwicklung und Status quo des Schülerlabors SCIphyLAB\_nano

In diesem Kapitel wird die Entwicklung des Schülerlabors SCIphyLAB\_nano im Fachbereich Physik an der RWTH Aachen beschrieben, beginnend mit dem Konzept in Unterkapitel 3.1 über die Darstellung der erarbeiteten Programmangebote in Unterkapitel 3.2 bis hin zum aktuellen Stand des Schülerlabors in Unterkapitel 3.3.

## 3.1 Konzept des Schülerlabors

Schülerlabore bieten als außerschulische Lernorte vielfältige und häufig über den schulischen Unterricht hinausgehende Möglichkeiten Schülern naturwissenschaftliche Themen zu präsentieren (vgl. Abschnitt 2.2.1). Inhaltliche und methodische Schwerpunkte können von den Schülerlaboren dabei meist individuell festgelegt und ausgestaltet werden. Das im Folgenden beschriebene Schülerlabor SCIphyLAB\_nano wurde im SFB Nanoswitches (Abschnitt 2.1.2) im Rahmen des Teilprojektes zur Öffentlichkeitsarbeit (Unterabschnitt 2.1.2.3) entwickelt. Damit wurde bereits beschlossen, dass die fachlichen Themen des SFB Nanoswitches die Basis für die Inhalte des Schülerlabors bilden. Zusätzlich wurden auf Grundlage der fachdidaktischen Forschung im Bereich Natur der Naturwissenschaften für das Schülerlabor ein Leitziel sowie weitere Ziele entwickelt, die im nachfolgenden Abschnitt 3.1.1 beschrieben werden. Das zur Annäherung an die erklärten Ziele ausgearbeitete didaktische Konzept des Schülerlabors wird in Abschnitt 3.1.2 vorgestellt.

### 3.1.1 Ziele des Schülerlabors

Mit der Entscheidung zur Entwicklung eines Schülerlabors wurden von den Teilprojektverantwortlichen gleichzeitig grundsätzliche Vorsätze zu den Zielen der Öffentlichkeitsarbeit für Schüler getroffen. So werden mit dem Schülerlabor SCIphyLAB\_nano zunächst einmal allgemeine Ziele von Schülerlaboren verfolgt, wie z.B. bei den Schülern Interesse an naturwissenschaftlichen Themen zu wecken und zu steigern und eigenständiges Experimentieren zu ermöglichen (vgl. Unterabschnitt 2.2.1.2). Darüber hinaus bot sich dem Autor jedoch durch die Entwicklung und den Aufbau des Schülerlabors die Gelegenheit ein Gesamtkonzept zu entwerfen, das einerseits die Potenziale der Zusammenarbeit mit dem SFB Nanoswitches nutzt und

andererseits die aktuelle fachdidaktische Forschung im Themenbereich Natur der Naturwissenschaften berücksichtigt. So stellt der SFB Nanoswitches (vgl. Abschnitt 2.1.2) als Kooperationsprojekt verschiedener Einrichtungen mit dazugehörigem naturwissenschaftlichen Personal, Laboren und Ausstattung ein hervorragendes Beispiel für Projektarbeit in der aktuellen naturwissenschaftlichen Forschung dar. Diverse Untersuchungen der fachdidaktischen Forschung, denen zufolge Vorstellungen von Schülern über Naturwissenschaftler nicht als adäquat bezeichnet werden konnten (vgl. Unterabschnitt 2.2.2.1), verdeutlichen die Notwendigkeit nach Möglichkeiten zu suchen Schülern naturwissenschaftliche Forschung und ihre Beteiligten in adäquater Weise näherzubringen. Dabei geht es nicht nur um einzelne Personen und ihre Tätigkeiten, sondern beispielsweise auch darum Vorstellungen von Schülern zu begegnen, die sich „[...] einen typischen Naturwissenschaftler einzeln und isoliert arbeitend vor[stellen]“ (Höttecke, 2001, S. 72). Gerade größere Projekte wie der SFB Nanoswitches bieten die Chance zu verdeutlichen, welche große Bedeutung Kommunikation und Kooperation in der aktuellen Forschung zukommt. Für das Schülerlabor SCIphyLAB\_nano wurde aus diesen Gründen das folgende übergeordnete Ziel gewählt:

**Leitziel des Schülerlabors:**

Das Schülerlabor SCIphyLAB\_nano hat zum Ziel ein authentisches Bild von der Arbeit in der naturwissenschaftlichen Forschung mit Fokus auf kommunikative und kooperative Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern zu vermitteln.

Damit lassen sich die als „institutionsbezogene Ziele“ (Guderian und Priemer, 2008, S. 27) bezeichneten Anliegen des SFB Nanoswitches zur Öffentlichkeitsarbeit und zur Nachwuchsförderung bzw. Berufsorientierung mit Zielen für Schüler sinnvoll in Einklang bringen (siehe auch Unterabschnitt 2.2.1.2 ). Zu schülerbezogenen Zielen, die in Zusammenarbeit mit dem SFB Nanoswitches angestrebt werden, gehören außerdem:

Die Schüler sollen durch die Angebote des Schülerlabors

- Nanotechnologie, Anwendungsmöglichkeiten sowie deren Nutzen kennenlernen
- das grundlegende Speicherprinzip von Nanoswitches mit Phasenwechselmaterialien kennenlernen
- eigenständig Experimente zu Themen des SFB Nanoswitches durchführen
- Methoden und Verfahren aktueller Forschung kennenlernen und anwenden
- einen Eindruck von Abläufen sowie Kommunikation und Kooperation in der Forschung erhalten
- soweit möglich Einblicke in reale Forschungsaktivitäten erhalten (z.B. bei Laborbesichtigungen und durch den Kontakt zu Naturwissenschaftlern)

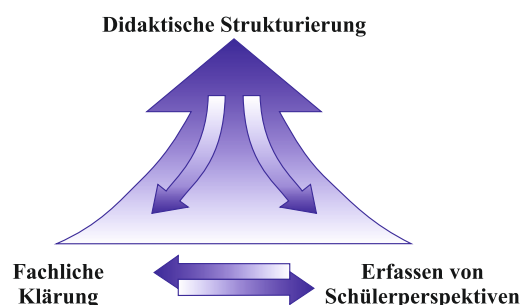
Damit sollen nicht nur konzeptbezogene Kompetenzen, die sich auf die Fachinhalte und das Experimentieren beziehen, gefördert werden, sondern auch prozessbezogene Kompetenzen aus

den Bereichen der Erkenntnisgewinnung, Bewertung und Kommunikation (vgl. z.B. Lehrplan NRW, 2008). Entsprechend dem Fokus des Leitziels soll insbesondere der Kompetenzbereich der Kommunikation durch die Wahl der methodischen Herangehensweise noch besonders hervorgehoben werden (siehe Unterabschnitt 3.1.2.2 zur Methodik). Als primäre Zielgruppe des Schülerlabors wurden zunächst Schüler der Jahrgangsstufen 8 und 9 aller Schulformen ausgewählt. Bei Schülern dieser Jahrgangsstufen kann ein Besuch im Schülerlabor damit noch zur Entscheidung über die Kurswahl für die Oberstufe beitragen.

Das Schülerlabor SCIphyLAB\_nano gehört aufgrund seiner Inhalte und der Zusammenarbeit mit dem SFB Nanoswitches nicht nur der Schülerlaborkategorie des *klassischen Schülerlabors* an, sondern auch der Kategorie von Schülerlaboren zur *Wissenschaftskommunikation*, bei der eine dahinterstehende Organisation aus der Wissenschaft präsentiert wird (vgl. Schülerlaborkategorien im Unterabschnitt 2.2.1.2). Nach der Beschreibung der Ziele des Schülerlabors wird im nachfolgenden Abschnitt erläutert, auf welche Weise die Umsetzung vorgenommen wurde.

### 3.1.2 Didaktische Herangehensweise

Für die Entwicklung der Lernangebote des Schülerlabors SCIphyLAB\_nano wurde das etablierte Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer und Komorek, 1997) als Grundlage verwendet. Längst wird dieses Modell, das ursprünglich für die naturwissenschaftsdidaktische Entwicklung von Unterricht entstand, nicht mehr nur in diesem Zusammenhang verwendet und lässt sich damit ebenso auf Lernangebote wie im Schülerlabor übertragen. Gemäß diesem Modell werden sowohl fachliche Inhalte als auch Perspektiven und Interessen von Schülern für eine didaktische Aufbereitung berücksichtigt. Nach einer Elementarisierung der Fachinhalte, das heißt z.B. nach der Auswahl und Reduktion des Lernstoffs, werden für die Schüler relevante Anknüpfungspunkte gesucht und eine neue Struktur unter didaktischen Gesichtspunkten rekonstruiert. Das Wechselspiel dieser drei Aspekte wird in der Abbildung 3.1 veranschaulicht. Für das Schülerlabor SCIphyLAB\_nano wurden die fachlichen Inhalte des SFB Nanoswitches entsprechend dieses Modells herausgearbeitet und für Schüler aufbereitet.



**Abbildung 3.1:** Für die Entwicklung der Schülerlaborangebote genutztes Modell der Didaktischen Rekonstruktion (nach Kattmann, Duit, Gropengießer und Komorek, 1997, S. 3)

### 3.1.2.1 Auswahl und Aufbereitung der Fachinhalte

Aufgrund der Zugehörigkeit als Teilprojekt zur Öffentlichkeitsarbeit zum SFB Nanoswitches stand fest, dass dessen fachliche Inhalte die Grundlage für die thematische Ausrichtung des Schülerlabors bilden. In Anbetracht der Tatsache, dass im SFB Nanoswitches aktuelle Forschungsthemen auf hohem wissenschaftlichen Niveau bearbeitet werden und für einen typischen Schülerlaborbesuch höchstens ein Schultag zur Verfügung steht, war klar, dass die im Schülerlabor zu vermittelnden Inhalte nur eine stark begrenzte Auswahl der Themengebiete des SFB Nanoswitches darstellen konnten. Jedoch sollten Fachinhalte des SFB Nanoswitches so ausgewählt werden, dass dessen übergeordnetes Ziel, die Erforschung von Nanoswitches, und grundlegende Ideen mindestens eines der drei Speicherprinzipien für die Schüler erkennbar werden. Angesichts des Vorwissens der Schüler und der Komplexität der drei Speicherprinzipien wurde entschieden, den Mechanismus der Phasenwechspeicher (vgl. Unterabschnitt 2.1.2.1, Welnic und Wuttig, 2009) für die Aufbereitung im Schülerlabor auszuwählen. Im Unterschied zu den beiden anderen Mechanismen, dem thermo-chemischem und dem Valenzwechsel-Mechanismus, erschien eine Veranschaulichung des Phasenwechselmechanismus mit einem Hin- und Herschalten zwischen amorpher und kristalliner Phase als am vielversprechendsten. Hierfür wurde passend zum Phasenwechselmechanismus in Nanoswitches mit dem Salzhydrat Natriumacetat-Trihydrat ein Material gefunden, das für verschiedene Experimente im Schülerlabor eingesetzt werden kann<sup>18</sup>. Dieses Salzhydrat, das somit als Analogiematerial dient und unter anderem als Wärmespeicher eingesetzt wird, ist z.B. auch als wesentlicher Bestandteil von Handwärmern vorzufinden. Zudem werden Phasenwechselmaterialien bereits erfolgreich als optische Speichermaterialien in den Schülern bekannten Alltagsgegenständen wie wiederbeschreibbaren CDs, DVDs und BluRay-Discs eingesetzt (Welnic und Wuttig, 2009). Die Entscheidung für das Themengebiet der Phasenwechselmaterialien fiel damit sowohl aufgrund der Möglichkeiten des Analogiematerials als auch aufgrund der bestehenden Anknüpfungspunkte zur Alltagswelt der Schüler.

Nach der Festlegung auf das Themengebiet der Phasenwechselmaterialien wurden gemäß dem im vorherigen Unterabschnitt beschriebenen Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997), das heißt unter Berücksichtigung der Zielgruppe des Schülerlabors und deren Vorstellungen, weitere Themen ermittelt, die für ein Verständnis der Forschung an Nanoswitches besonders wichtig sind. So wurden als erstes die Themenbereiche der *Nanowelt* und der *Datenspeicher* für die Schüler als besonders relevant angesehen, so dass darunter die weiteren Themen der Experimente subsumiert wurden. Für ein Verständnis von Phänomenen und Verfahren im SFB Nanoswitches sind beispielsweise zunächst grundlegende Kenntnisse über - für den Menschen unsichtbare - Strahlungsarten, wie z.B. Infrarot- oder Röntgenstrahlung nötig, mit deren Hilfe Materialeigenschaften untersucht werden. Die einzelnen Themen werden jeweils im Zusammenhang mit ihren Modulen und Experimenten in Abschnitt 3.2.2 vorgestellt.

Für die Aufbereitung der ausgewählten Themen wurde einerseits auf bereits bestehende Ansätze und Arbeiten zurückgegriffen, wie zum Beispiel für Themen im Bereich der Nanotechnologie (Kraynova, 2012; Baum und Schwarzer, 2013) oder zur Gruppenarbeit (Weßnigk, 2013). Ande-

---

<sup>18</sup>Natriumacetat-Trihydrat ist ein Lebensmittelzusatzstoff und somit unproblematisch im Umgang mit Schülern.

rerseits wurden spezielle Themen des SFB Nanoswitches für das Schülerlabor erst ausgearbeitet, wie z.B. ein Experiment zur Kristallisationsgeschwindigkeit eines Phasenwechselmaterials (vgl. Experiment 1 in Unterabschnitt 3.2.2.3 und Leiß, Detemple, Salinga und Heinke, 2015). Dazu wurden Methoden der Elementarisierung bzw. der damit eng verknüpften didaktischen Rekonstruktion angewandt. Kircher bezeichnet mit dem Begriff der „Elementarisierung“ die *Vereinfachung von realen oder theoretischen Entitäten* mit Bezug zu Physik und Technik, - ein Zerlegen von komplexen 'Dingen' in *elementare Sinneinheiten*. 'Didaktische Rekonstruktion' charakterisiert den *Wiederaufbau von Strukturen aus den Sinneinheiten*.“ (Hervorhebungen im Original; Kircher, 2015, S. 108). Im Falle des Experimentes zur Kristallisationsgeschwindigkeit wurde daher vor allem ein Material favorisiert, bei dem zwei Phasen gut zu unterscheiden sind und deren Übergang für Schüler messbar und bestenfalls auch direkt beobachtbar ist. Sofern keine realen, in der Forschung des SFB Nanoswitches eingesetzten Materialien, Geräte oder Messmethoden verwendet werden konnten, wurde nach Analogiematerialien, vereinfachten Herangehensweisen und Untersuchungsmethoden gesucht, die nach Möglichkeit Anknüpfungspunkte zu Alltagsvorstellungen der Schüler bieten. Konkrete Beispiele hierzu folgen bei der Beschreibung der Experimente in Abschnitt 3.2.2.

#### 3.1.2.2 Methodik des Schülerlabors

Schülerlaboren bieten sich aufgrund ihrer Rolle als außerschulische Lernorte im Allgemeinen deutlich andere Möglichkeiten zur Gestaltung ihrer Angebote, als dies im traditionellen Unterricht z.B. aufgrund von Lehrplänen, Ausstattung und Räumlichkeiten der Schule u.ä. möglich ist. Dementsprechend sind in Schülerlaboren informelle Lernformen (vgl. Unterabschnitt 2.2.1.3) verbreitet, bei denen beispielsweise Gruppen- und Projektarbeiten unabhängig von Schulstundenrastern durchgeführt werden.

Zusätzlich zu den generellen Möglichkeiten eines Schülerlabors wurden für das Schülerlabor SCiPhyLAB\_nano Überlegungen angestellt, auf welche Weise dessen Leitziel, einen authentischen Einblick in den naturwissenschaftlichen Arbeitsalltag zu ermöglichen und dabei den Fokus auf Kommunikation und Kooperation zu legen, durch die Wahl einer passenden Methode unterstützt werden kann. Dazu wurde entschieden das Programm des Schülerlabors in Anlehnung an Planspiele zu gestalten. Für Planspiele gibt es viele verschiedene Arten und Varianten, die entsprechend ihrer Ziele sehr unterschiedlich ausgearbeitet sind. So können beispielsweise Schwerpunkte auf Sozial- bzw. Fachkompetenzen oder auf Strukturen und Abläufe in Unternehmen gelegt werden. Auch wenn unterschiedliche Definitionen möglich sind, stellt für den Planspiel-Unternehmer Ulrich die folgende Definition eine praxistaugliche Version dar:

„Die Teilnehmenden erfahren im Planspiel einen ausgewählten Teil der Wirklichkeit sehr direkt, indem sie sich aktiv an einer Simulation dieser Wirklichkeit beteiligen.“  
(Ulrich, 2006, S. 2)

Entsprechend dieser Idee sollen für die Schüler im Schülerlabor Aspekte der Forschung dadurch erlebbar gemacht werden, dass sie selbst die Rollen von Naturwissenschaftlern einnehmen und

neben dem Experimentieren auch weitere, insbesondere kommunikative und kooperative Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern, ausüben. Eine solche Übernahme von Rollen ist ein wichtiges Element von Planspielen, um den Teilnehmenden Perspektiven der realen Akteure zu ermöglichen (Ulrich, 2006; Höttecke, 2013; SAGSAGA, 2019).

Eine ähnliche Idee findet sich auch bei Höttecke (2001) bei der Beschreibung des offenen Experimentierens nach Roth im Unterricht: „Das Klassenzimmer soll zum Mikrokosmos der Naturwissenschaften [...] werden. Die SchülerInnen bilden eine naturwissenschaftliche Kultur, eine Gemeinschaft, die, einschließlich der LehrerIn, genuin Wissen produziert. In einem solchen Unterricht wird angestrebt, dass die Praxen der SchülerInnen denen in der naturwissenschaftlichen Forschung möglichst ähnlich sein sollen.“ (Höttecke, 2001, S. 128).

Für eine größtmögliche Ähnlichkeit zum Forschungsalltag soll den Schülern im Schülerlabor SCIphyLAB\_nano - soweit machbar - eine Beschäftigung mit realen Geräten und Methoden ermöglicht werden und anderenfalls sollen daran angelehnte Varianten und Analogiebeispiele zur Verfügung stehen. Des Weiteren wurden nach dem Vorbild des SFB Nanoswitches (vgl. Abschnitt 2.1.2) außerdem einige wichtige Merkmale und Abläufe der naturwissenschaftlichen Forschung auf die Aktivitäten bzw. das Programm des Schülerlabors übertragen. Die Tabelle 3.1 zeigt die am Vorbild des SFB Nanoswitches ausgewählten Merkmale und in welcher Form diese in einen Schülerlaborbesuch integriert werden.

**Tabelle 3.1:** Übertragung von Merkmalen des SFB Nanoswitches auf das Schülerlabor.

<b>Merkmale</b>	<b>SFB Nanoswitches</b>	<b>Schülerlabor</b>
Projektdauer	4-jährige Phasen	1 Besuch/Schultag
übergeordnetes Thema/Ziel	Erforschung von Nanoswitches	Beschäftigung mit Modultemen (z.B. Nanowelt)
Arbeitsteilung beim Forschen	AG der Institute, 22 Teilprojekte, Arbeitskreise, thematische Bereiche	Arbeit in Teams (2-3 Schüler), Experimente in Gruppen zu unterschiedlichen Themen
Kommunikation & Kooperation durch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meetings, Tagungen</li> <li>• Publikationen in Journals</li> <li>• (internationale) Konferenzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Austausch in den Teams und in den Themengruppen</li> <li>• Veröffentlichungsvorlagen für eine Schülerkonferenz</li> <li>• Schülerkonferenz</li> </ul>

So besitzen sowohl der SFB Nanoswitches als auch ein Schülerlaborbesuch eine begrenzte Projektdauer, die im Falle des SFB Nanoswitches pro Förderphase 4 Jahre beträgt und für die bei einem Schülerlaborbesuch typischerweise ein Schultag eingeplant werden kann. Während der SFB Nanoswitches von verschiedenen Einrichtungen zum Zweck der Erforschung von Nanoswitches gebildet wurde, beschäftigen sich die Schüler im Schülerlabor eingehend mit dem Thema des jeweiligen Tagesprogramms (Moduls, vgl. Abschnitt 3.2.2), wie zum Beispiel mit dem Thema *Nanowelt*. Analog dazu, dass es im SFB Nanoswitches Arbeitsgruppen der Institute und Einrichtungen gibt, die sich entsprechend ihrer Fachgebiete und Kompetenzen zu Teilprojekten zusammengeschlossen haben, werden im Schülerlabor einzelne Teams aus 2-3 Schülern gebildet. Ihnen stehen beim Experimentieren mehrere Themen zur Auswahl, so dass sie ent-

sprechend ihrer Interessen wählen können. Genauso wie in der Forschung eine Arbeitsteilung sinnvoll ist, kann auch im Schülerlabor nicht jedes Thema und Experiment von jedem Schüler bearbeitet bzw. durchgeführt werden. Damit trotzdem alle Schüler den gleichen Wissensstand erreichen können, sind nach dem Vorbild des SFB Nanoswitches mit Meetings, Projektleitertreffen, Klausurtagungen usw. auch im Schülerlabor diverse Ebenen zur Kommunikation und Kooperation vorgesehen. So ist es im Schülerlabor Aufgabe der Teams gemeinsam zu experimentieren und die gewonnenen Daten auszuwerten. Die dabei angewandten Methoden und gefundenen Ergebnisse werden innerhalb der Themengruppen besprochen und werden, in Anlehnung an Publikationen in Fachzeitschriften und Journals, mithilfe von Laborbüchern und kurzen Veröffentlichungsvorlagen bei einer anschließenden Schülerkonferenz präsentiert und diskutiert. Dadurch, dass nicht alle Schüler dieselben Experimente durchführen, ist es für das gemeinsame Projektziel, in diesem Fall die Erforschung bzw. Beschäftigung mit einem bestimmten Modulthema, besonders wichtig sich in Form dieser gemeinsamen Schülerkonferenz auszutauschen. Die hier beschriebene Übertragung von Merkmalen vom SFB Nanoswitches auf das Schülerlabor soll somit wesentlich zum Erreichen des Leitziels des Schülerlabors mit dem Fokus auf die Verdeutlichung kommunikativer und kooperativer Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern beitragen.

## 3.2 Programmangebot des Schülerlabors

Ausgehend von den Zielen des Schülerlabors wurden zu den einzelnen Themen Experimente und dazugehörige Lernmaterialien entworfen, getestet und schließlich in das Gesamtkonzept des Schülerlabors integriert. Die auf diese Weise entstandenen Programmangebote für Schülerlaborbesuche werden im Folgenden beschrieben. Dazu werden zunächst allgemeine und organisatorische Aspekte eines Schülerlaborbesuchs in Abschnitt 3.2.1 erläutert. Im Anschluss werden die erstellten Tagesprogramme - die Module - und deren Experimente in Abschnitt 3.2.2 vorgestellt.

### 3.2.1 Ablauf eines typischen Schülerlaborbesuchs

Nach mehrfacher Durchführung von Schülerlaborbesuchen wurde aus den Erfahrungswerten für die zeitlichen, räumlichen und personellen Anforderungen ein Standard-Programm für einen Schülerlaborbesuch aufgestellt, so dass die Organisation eines Besuchs vereinfacht wurde und sich interessierte Lehrkräfte an diesen Eckdaten orientieren können. Für das Programm eines typischen Schülerlaborbesuchs kristallisierte sich der in Abbildung 3.2 dargestellte Ablaufplan heraus.

Zur Unterscheidung von Tagesprogrammen mit unterschiedlichen Themenschwerpunkten werden diese im Folgenden als *Module* bezeichnet (s. Abschnitt 3.2.2). Die Module folgen dabei generell derselben Struktur, die an dieser Stelle einmal allgemein vorgestellt wird. Nach der Ankunft der Schulklasse werden etwa 35 Minuten für den Einstieg in das jeweilige Thema und den Start als Forschungsgemeinschaft eingeplant. Dabei sollen die Schüler einerseits mit

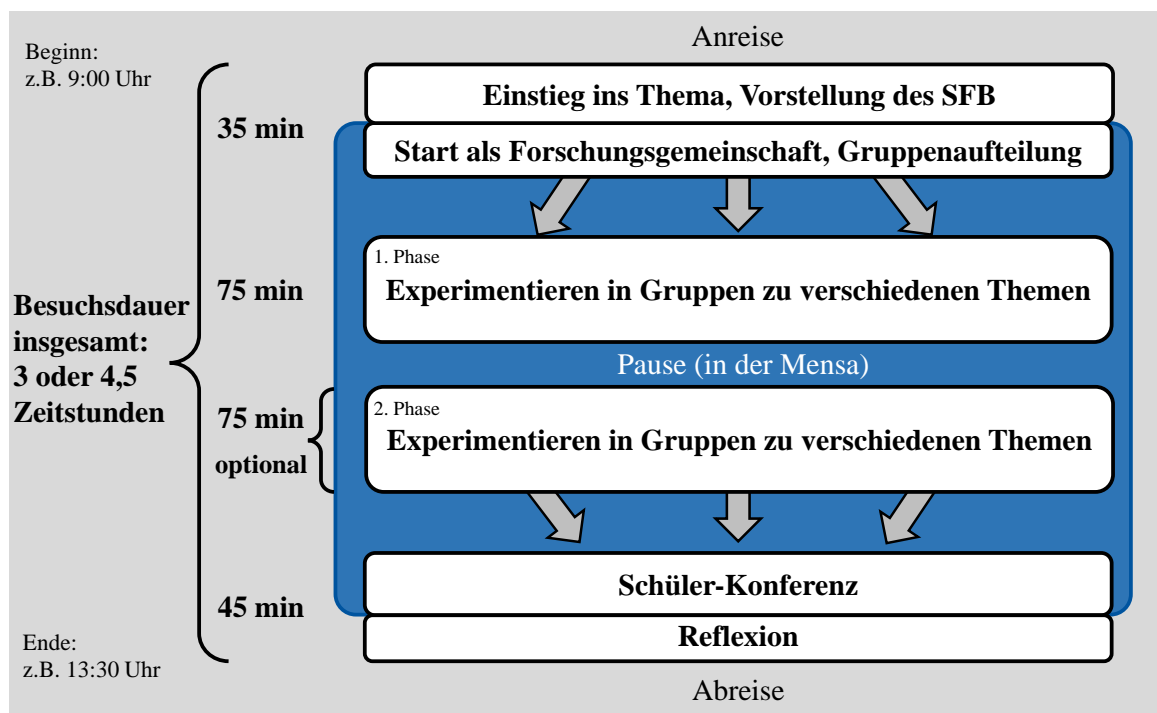
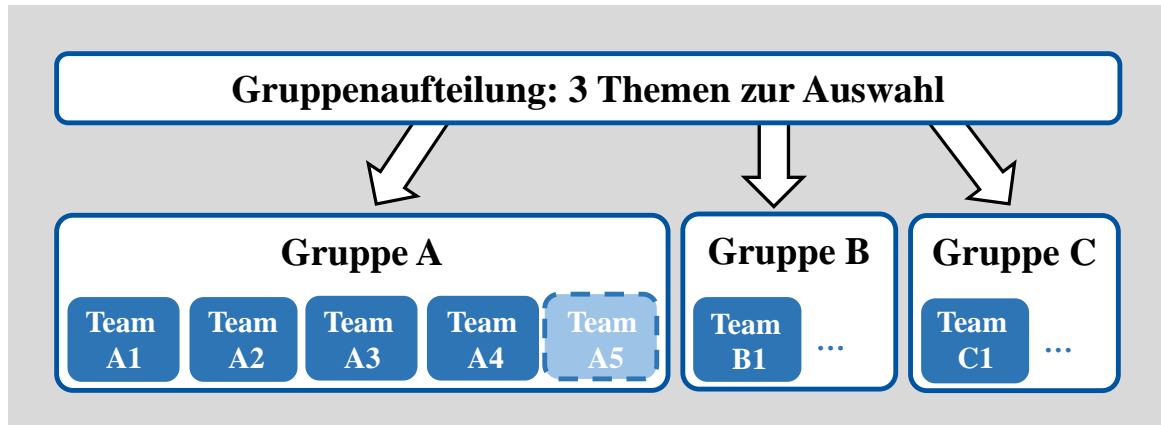


Abbildung 3.2: Ablaufplan eines typischen Schülerlaborbesuchs.

einem für diesen Zweck entwickelten Spiel aktiviert und motiviert werden sich mit dem Thema des Moduls auseinanderzusetzen. Andererseits wird die Idee als Forschungsgemeinschaft zusammenzuarbeiten, wie es am Beispiel des SFB Nanoswitches präsentiert wird, eingeführt. Die Arbeitsweisen und -formen in der Wissenschaft, angefangen von der Entwicklung einer Fragestellung über die Untersuchung mittels Experimenten bis hin zur Auswertung und Präsentation der Ergebnisse, werden besprochen und auf den gemeinsamen Schülerlabortag übertragen, so dass dessen Struktur und Zweck allen bekannt ist. Anschließend erfolgt eine Aufteilung in Gruppen auf standardmäßig drei verschiedene Themen (Abb. 3.3). Pro Thema und Gruppe werden wiederum bis zu fünf Teams gebildet, die standardmäßig aus zwei Schülern bestehen. Je nach Experiment kann auch allein gearbeitet werden oder ist das Arbeiten im Team zu dritt möglich. Für Schülergruppen mit 30 Schülern sind für die drei Gruppen mindestens drei Betreuer im Einsatz, so dass dadurch eine intensive und räumlich getrennte Betreuung möglich ist. Zusätzlich zu einer ersten Experimentierphase ist auch noch eine zweite möglich, bei der die Schüler ein weiteres Thema bearbeiten. In dem Fall bietet sich eine Mittagspause vor oder nach dieser zweiten Experimentierphase in der Mensa an. Zum Abschluss des Programms findet eine Schülerkonferenz statt, bei der die Erfahrungen und Ergebnisse der Experimentierphasen ausgetauscht, besprochen und diskutiert werden. Außerdem werden mit den Schülern, nachdem sie wieder ihre Rolle als Naturwissenschaftler verlassen haben, organisatorische und inhaltliche Aspekte des Besuchs reflektiert. Für die Schülerkonferenz und die Reflexion werden zusammen 45 Minuten eingeplant. Der gesamte Besuch vor Ort im Schülerlabor dauert standardmäßig 3 oder 4,5 Zeitstunden, so dass damit je nach An- und Abreisezeiten ein halber bis ein voller Schultag ausgefüllt wird.



**Abbildung 3.3:** Verteilung der Schüler auf drei Gruppen während der Experimentierphase. Untergliederung der Gruppen in bis zu fünf Teams bestehend aus standardmäßig zwei Schülern.

### 3.2.1.1 Räumlichkeiten für Schülerlaborbesuche

Die Aktivitäten des Schülerlabors finden am Physikzentrum der RWTH Aachen am Campus Melaten statt. Dort wird für die Einstiegsphase und als zentrale Anlaufstelle im weiteren Tagesverlauf ein Seminar- oder Konferenzraum der Fachgruppe Physik genutzt. Von diesem Raum begeben sich die Schüler nach der Gruppenaufteilung mit den Betreuern der Experimente in Räume der physikalischen Praktika, wo sonst Studierende<sup>19</sup> experimentieren. Je nach Besuchsdauer und in Absprache mit den Fachkollegen ist es außerdem möglich, Labore des SFB Nanoswitches zu besichtigen, von denen sich einige im selben Gebäudekomplex befinden. Auch auf den Wegen durch das Physikzentrum während der Raumwechsel (oder ggf. während der Mittagspause auf dem Weg zur Mensa) bieten sich daher vielfältige Gelegenheiten (Poster, Modelle, Büro- und Laborräume), um auf den naturwissenschaftlichen Arbeitsalltag einzugehen und aufkommende Fragen der Schüler zu beantworten. Für die Schülerkonferenz versammeln sich alle Gruppen schließlich wieder im ursprünglichen Seminar- oder Konferenzraum.

Obwohl das Schülerlaborprogramm in Einzelfällen, z.B. im Rahmen einer externen Schülerakademie, bereits an anderen Standorten durchgeführt wurde, ist das Physikzentrum der RWTH Aachen für die Schülerlaborbesuche im Allgemeinen der Ort der Wahl, denn gerade durch die Nähe zu dort beschäftigten Naturwissenschaftlern, ihren Laboren und anderen Arbeitsstätten wird ein persönlicher und authentischer Eindruck des naturwissenschaftlichen Arbeitsalltags für die Schüler möglich.

Aufgrund der Nutzung von teils unterschiedlichen Räumen der physikalischen Praktika sind die Materialien des Schülerlabors vollständig in Boxen und auf Rollwagen verstaubar. Diese Mobilität ist insbesondere auch für Veranstaltungen an anderen Standorten von Vorteil.

<sup>19</sup>Am I. Physikalisches Institut IA werden von der Arbeitsgruppe *Physikalische Praktika* in diesen Räumen die Praktika der Nebenfach- und Lehramtsstudierenden im Fach Physik betreut.

### 3.2.1.2 Betreuer im Schülerlabor

An der Betreuung der Schülerlaboraktivitäten waren außer dem Autor anfangs weitere Doktoranden der Arbeitsgruppe *Physikalische Praktika* aushilfsweise beteiligt. Mit zunehmenden Aktivitäten des Schülerlabors wurden jedoch wissenschaftliche Hilfskräfte eingesetzt, die vorzugsweise Physik als Lehramtsstudiengang gewählt hatten oder die bereits bei der Betreuung der physikalischen Praktika aktiv waren und dabei meist Physik studieren. Bei einer Einführungsveranstaltung für neue Betreuer werden sowohl das Konzept von Schülerlaboren und ihre Ziele im Allgemeinen als auch das Konzept des Schülerlabors SCIphyLAB\_nano im Speziellen vermittelt. Die Betreuer werden dabei explizit ermuntert die Schüler nicht nur beim Experimentieren zu unterstützen und ihnen fachliche Fragen zu beantworten, sondern auch von ihren persönlichen Erfahrungen aus dem Studium und der naturwissenschaftlichen Forschung zu berichten. Auf diese Weise können die Betreuer den Schülern bestenfalls als Vorbilder dienen, was durch den vergleichsweise geringen Altersunterschied begünstigt werden kann. Eine kurze persönliche Vorstellung der Betreuer zu Beginn eines Schülerlaborbesuchs und deren Begleitung während des Tagesprogramms bietet den Schülern vielfältige Möglichkeiten mit den Betreuern auch persönlich ins Gespräch zu kommen.

### 3.2.2 Module und Experimente im Überblick

Nach der allgemeinen Beschreibung des Programms wird in diesem Abschnitt auf die Inhalte der Module und Experimente eingegangen. Einen wesentlichen Unterschied zwischen den beiden aktuellen Modulen stellt der Einstieg zu Beginn des Besuchs dar, bei dem ins jeweilige Thema eingeführt und die gemeinsame Arbeit der Schüler als Forschergruppe motiviert wird. Während des weiteren Ablaufs, das heißt vor allem beim Experimentieren und der anschließenden Schülerkonferenz, wird stets zum jeweiligen Modulthema Bezug genommen, ohne jedoch wesentlich vom generellen Ablauf abzuweichen (vgl. Abbildung 3.2). Aus diesem Grund wird im Folgenden jeweils nur die Einstiegsphase der Module ausführlicher beschrieben. Im Anschluss werden die in beiden Modulen enthaltenen Experimente einzeln vorgestellt, wobei eines der Experimente mit unterschiedlichem Schwerpunkt in beiden Modulen zum Einsatz kommt. Bei der Schülerkonferenz, die nach dem Experimentieren folgt, haben die Schüler für die Präsentation ihrer Experimente und Erfahrungen die Möglichkeit die Anleitungen, Materialien, Aufnahmen usw. per Laptop oder über eine Dokumentenkamera zu zeigen. Die von den Schülern beim Experimentieren erstellten Aufnahmen und Materialien, wie z.B. Handwärmer, können nach dem Besuch mitgenommen werden, so dass sie auch in der Schule für Nachbesprechungen genutzt werden können.

### 3.2.2.1 Modul *Datenspeicher der Zukunft*

Das Modul zum Thema *Datenspeicher der Zukunft* behandelt im Hinblick auf die Themen des SFB Nanoswitches zunächst Datenträger und -speicherprinzipien auf einem grundlegenden Niveau. Im Zuge des allgegenwärtigen Einsatzes von elektronischen Geräten wie Laptops, Smartphones, Tablets uvm. hat nahezu jeder mit der Nutzung von Datenspeichern dieser Geräte zu tun, gegebenenfalls auch ohne über deren Funktionsweisen und Hardware Bescheid zu wissen. Doch auch wenn es als Selbstverständlichkeit hingenommen wird, dass regelmäßig neue Geräte auf den Markt kommen, die größere Speicherkapazitäten besitzen, so ist dafür doch viel Forschungs- und Entwicklungsarbeit nötig. Auf diese Entwicklung von Datenspeichern und auf daran beteiligte Personen aufmerksam zu machen ist ein Ziel dieses Moduls. Nach kurzem Brainstorming zu Datenspeichern werden dazu unter den Schülern reale Datenträger/-speicher verschiedenster Form, angefangen von Lochkarten und Schallplatten bis hin zu BluRay-Discs und USB-Speichersticks, ausgeteilt. Außerdem werden Karten mit Informationen zu den Datenspeichern ausgegeben, so dass als erstes die Karten und Datenträger einander zugeordnet werden können. Nach kurzer Besprechung untereinander ordnen die Schüler dann die Datenspeicher gemäß der Speicherkapazität des jeweiligen Datenspeichers und dem Jahr der Markteinführung auf einem Plakat an der Tafel an (s. Abbildung C.2), wobei sie ihre Entscheidungen und Beobachtungen erläutern. Der generelle Trend zu immer kleineren Abmessungen der Speicher bei gleichzeitig höherer Speicherkapazität wird dabei deutlich.

Dazu werden Diskussionen über die Speicherkapazitäten auf dem eigenen Smartphone angeregt (Wofür stehen z.B. die Einheiten MB, GB bzw. Byte?). Außerdem werden Fragen aufgeworfen, was passieren würde, wenn eines Tages Datenspeicher nicht mehr verkleinert werden können (Wäre das ein Problem? Würde man mit begrenzter Speicherkapazität zurechtkommen? Wieviel Speicherkapazität benötigt man persönlich? Sollten wir Daten löschen, die wir nicht mehr nutzen?).

Die Besprechung derartiger Aspekte bietet eine passende Überleitung zur Aufgabenstellung, die vom SFB Nanoswitches bearbeitet wird: Die Entwicklung von neuartigen Speicherprinzipien für elektronische Datenspeicher, den sogenannten Nanoswitches, die universelle, elektronische Datenspeicher der Zukunft werden könnten (vgl. Unterabschnitt 2.1.2.1 zu Zielen des SFB Nanoswitches bzw. Welnic und Wuttig, 2009). Ausgehend von der binären Speicherung von Daten, d.h. als „1“ oder „0“, wird das Prinzip der Phasenwechselspeicher, wie es in optischen Speichermedien z.B. in wiederbeschreibbaren CDs, DVDs und BluRay-Discs bereits Anwendung findet, am Beispiel des flüssigen bzw. festen Zustands von Handwärmern erläutert.

Die wiederkehrenden Arbeitsweisen in der Forschung von einer Fragestellung bis zur Veröffentlichung von Ergebnissen werden am Beispiel des SFB Nanoswitches besprochen und auf den Schülerlabortag übertragen. Auch im weiteren Tagesverlauf wird das Augenmerk stets auf den Bezug zur Datenspeicherung gelegt. Die Experimente, die standardmäßig im Rahmen dieses Moduls durchgeführt werden (vgl. Unterabschnitt 3.2.2.3), beschäftigen sich mit der Untersuchung der Kristallisationsgeschwindigkeit eines Phasenwechselmaterials (Experiment 1), mit der Untersuchung der Eigenschaften von Infrarotstrahlung (Experiment 2) sowie mit einem hochauflösenden Gerät zur Analyse von Oberflächen (Experiment 3).

### 3.2.2.2 Modul *Nanowelt*

Das Modul zum Thema *Nanowelt* wurde entwickelt, weil sich Phänomene im Bereich der Größenordnung von Nanometern teils deutlich von Alltagserfahrungen im Makroskopischen unterscheiden (Ganteför, 2013). Eine Beschäftigung mit Themen, die über den Mikrokosmos hinausgehen, ist für die Jahrgangsstufen 8 und 9 laut Kernlehrplan in NRW (2008) zwar möglich, z.B. im Rahmen des Basiskonzeptes *Struktur der Materie*, aber Aspekte der Nanotechnologie kommen darin nicht vor. Angesichts der Relevanz, die Produkte der Nanotechnologie mittlerweile im Alltag erlangt haben, stellt die Behandlung des Themas eine sinnvolle Ergänzung zum Lehrplan dar. Zudem stellt der Bereich der Nanotechnologie ein Forschungsfeld dar, das gerade durch interdisziplinäre Kooperationen geprägt ist.

Beim Einstieg ins Thema *Nanowelt* geht es zunächst um die Vorkenntnisse und Vorstellungen, die Schüler im Zusammenhang mit Nano-Themen bereits mitbringen. Zur Aktivierung der Schüler und zur Einschätzung der Größenordnung eines Nanometers erhalten die Schüler Karten mit Darstellungen verschiedener Gegenstände. Nach kurzer Diskussion mit ihren Sitznachbarn sollen die Gegenstände von den Schülern auf einem Plakat an der Tafel entsprechend ihrer geschätzten Größenordnung (größer oder kleiner als 1 m/1 mm/1  $\mu$ m/1 nm) zugeordnet werden (s. Abbildung C.1 im Anhang). Bei der Besprechung der Zuordnungen wird auch diskutiert, auf welcher Grundlage die Größe geschätzt wurde und auf welche Weise die reale Größe ermittelt werden kann (z.B. Einfach googeln?), wie unterschiedliche Angaben einzuschätzen sind (Können wir z.B. demokratisch entscheiden, was richtig ist?), was Hinweise auf (nicht) vertrauenswürdige Quellen/Autoren sein können, wer dazu Ergebnisse hervorbringt und wie sie bekannt gegeben werden. Mit derartigen Diskussionen werden somit diverse Aspekte des Themenbereichs Natur der Naturwissenschaften (vgl. Abschnitt 2.2.2) angesprochen.

Nach Einschätzung der Größe eines Nanometers und einer Begriffsbestimmung der Nanotechnologie<sup>20</sup> werden die Schüler aufgefordert, Beispiele für den Einsatz von Nanotechnologie aus ihrem Alltag zu nennen. Smartphones und die Entwicklung von Speicherchips bilden den Übergang zum SFB Nanoswitches, der dann präsentiert wird mit Anschauungsbeispielen, einer Besprechung von Strukturen und Arbeitsweisen sowie dem Forschungsalltag von der Entwicklung von Fragestellungen bis hin zu Veröffentlichungen. Anschließend wird der weitere Tagesablauf besprochen, wobei erläutert wird, dass die Schüler an diesem Besuchstag selbst die Rolle von Forschern einnehmen und sich als Forschungsgruppen arbeitsteilig mit verschiedenen Themen beschäftigen, die sie sich bei der späteren Konferenz gegenseitig präsentieren werden.

Die Experimente, die standardmäßig im Rahmen dieses Moduls durchgeführt werden, thematisieren insbesondere ein hochauflösendes Gerät zur Analyse von Oberflächen (Experiment 3), die Eigenschaften von (nano-)strukturierten Oberflächen (Experiment 4) sowie die Bestimmung der Dicke von sehr dünnen Schichten (Experiment 5).

---

<sup>20</sup>Unter Nanotechnologie wird im Allgemeinen die Herstellung, die Manipulation und die Nutzung von Partikeln mit einer Größe von unter 100 nm verstanden (Ganteför, 2013).

### 3.2.2.3 Experimente im Schülerlabor






Ein Hauptaugenmerk von Schülerlaboren liegt auf dem Angebot von Experimentiermöglichkeiten für die Schüler, weil häufig eine andere finanzielle, personelle und räumliche Ausstattung sowie zeitliche Rahmung möglich ist als an vielen Schulen. So sollte das Schülerlabor den Schulunterricht sinnvoll ergänzen, zum Beispiel durch die Ermöglichung von Schülerexperimenten in größerer Anzahl, durch intensivere Betreuung oder durch Geräte, deren Einsatz kostspielig ist bzw. spezielles Fachwissen voraussetzt.

Einen wesentlichen Anteil an einem Schülerlaborbesuch im SCIphyLAB nano stellt daher die Experimentierphase dar. Die Schüler teilen sich dazu während der Experimentierphase in drei Gruppen auf, von denen jede zu einem anderen Thema experimentiert (Abb. 3.3). In dieser Arbeit wird im Zusammenhang mit dem Schülerlabor unter einem *Experiment* stets die Beschäftigung einer Gruppe mit einem Thema gemeint, wobei es dabei durchaus mehrere Experimentieraufbauten, Anschauungsobjekte des SFB Nanoswitches, Modelle und ähnliches geben kann. Fünf solche Experimente wurden im Schülerlabor zusammengestellt, die zunächst im Überblick aufgeführt werden (Tabelle 3.2) und zu deren Durchführung einige allgemeine Erläuterungen gegeben werden. Im Anschluss werden die fünf Experimente noch einzeln und ausführlicher vorgestellt. Außerdem wurden eine Reihe weiterer Lernmaterialien, Experimente und Aktivitäten entwickelt, wie zum Beispiel das Modell eines Phasenwechseldatenträgers oder die Herstellung eigener Handwärmer. Teilweise kommen diese weiteren Experimentiermaterialien als Demonstrationsexperimente zum Einsatz, werden bei öffentlichen Veranstaltungen präsentiert oder können zusätzlich genutzt werden, falls einzelne Gruppen oder Teams deutlich schneller arbeiten sollten als andere. Zur Entwicklung und Ausarbeitung einiger Experimente haben Abschlussarbeiten von Studierenden (Winands, 2014; Joußen, 2015; Wohak, 2015; Hermanns, 2016) beigetragen, die vom Autor betreut wurden.

In der Tabelle 3.2 sind die fünf Experimente aufgeführt, die im Schülerlabor standardmäßig durchgeführt werden. Für eine gute Wiedererkennbarkeit wurde für jedes Experiment ein Logo entwickelt und eine Frage formuliert, die durch absichtliche Widersprüche oder scheinbar zusammenhangslose Aspekte Neugier und Interesse wecken sollen. Alle Themen der Experimente hängen inhaltlich mit denen des SFB Nanoswitches zusammen, worauf bei der jeweiligen Einzelbeschreibung noch eingegangen wird.

Zu Beginn der Experimentierphase, nachdem die drei Betreuer mit ihren Schülergruppen die Räume für die Experimente aufgesucht haben, werden jeweils Ziel und Vorgehensweise für das Experiment gemeinsam überlegt und besprochen. Dabei wird - soweit erforderlich - auch der Umgang mit Geräten und Labormaterialien erläutert und vorgeführt, so dass die Schüler anschließend eigenständig weiterexperimentieren können. Die Experimente sind generell so konzipiert, dass außer einer der Jahrgangsstufe entsprechenden Lesekompetenz keine weiteren Vorkenntnisse vorausgesetzt werden. Zu den Experimenten gibt es jeweils eine Anleitung, in der ein mögliches Vorgehen für das Experiment auch nochmal Schritt für Schritt dargestellt ist. Einige der Anleitungen zu den Experimenten sind so konzipiert, dass sie Platz zur Dokumentation von Beobachtungen und Ergebnissen lassen und somit gleichzeitig als Laborbuch dienen (Experiment 2 und 3). Bei den anderen Experimenten (1, 4 und 5) wurde eine Aufteilung vorgenommen in eine Anleitung, die ausschließlich vor Ort am Experimentieraufbau zu nutzen ist, und in ein zugehöriges Laborbuch. Die Laborbücher können von den Schülern nach dem

**Tabelle 3.2:** Die fünf zentralen Experimente des Schülerlabors.

Logo	Experiment	Thema des Experimentes
	1. Wie untersuche ich schnell wachsende Kristalle?	Bestimmung der Kristallisationsgeschwindigkeit eines Phasenwechselmaterials
	2. Wie messe ich Temperaturen berührunglos?	Untersuchung der Eigenschaften unsichtbarer (Infrarot-)Strahlung
	3. Wie wird die Musik einer CD sichtbar?	Hochauflösende Untersuchung von Oberflächenstrukturen
	4. Was lernt die Technik von Kohlrabi?	Untersuchung der Eigenschaften von (nano-)strukturierten Oberflächen
	5. Wie kann ich Nanometer mit der Waage messen?	Bestimmung der Dicke von sehr dünnen Schichten

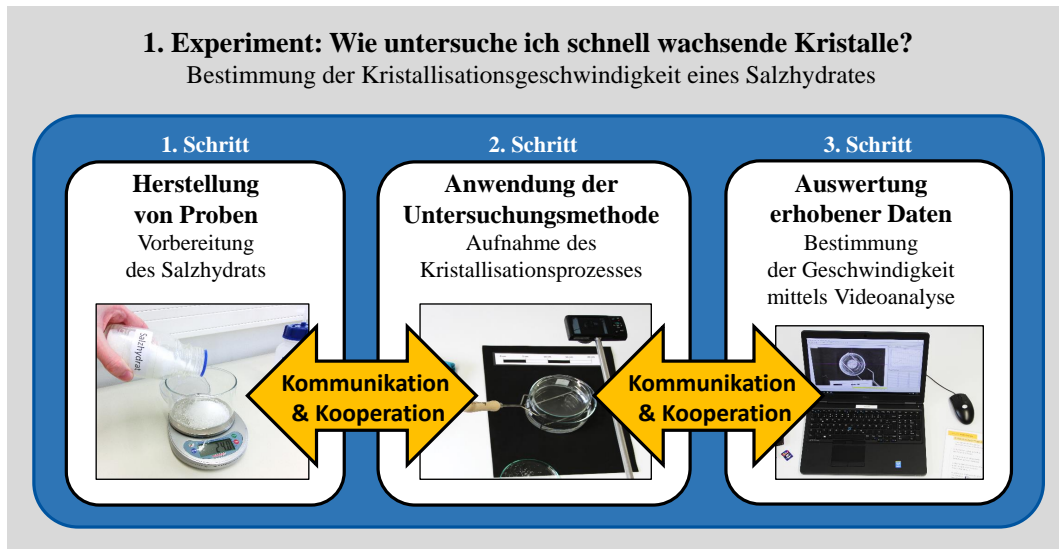
Schülerlaborbesuch mitgenommen werden. Für einige Experimente wurden außerdem kurze Vorlagen für Veröffentlichungen erstellt, die meist ausgewählten Teams zur Vorbereitung für die Schülerkonferenz gegeben werden. Nach dieser Beschreibung der Experimente im Überblick folgt nun die Vorstellung der einzelnen Experimente.

### Experiment 1: Wie untersuche ich schnell wachsende Kristalle?



Das Thema des Experimentes bezieht sich auf den für Speichereinheiten mit Phasenwechselmaterial wichtigen Aspekt der Kristallisationsgeschwindigkeit (Projekt B4; SFB 917, 2019), denn die Geschwindigkeit des Schaltprozesses von amorpher zu kristalliner Phase beeinflusst maßgeblich, wie schnell die Speicherung von Daten in einem späteren Bauteil stattfinden kann. Nach Wouters et al. (2015) liegen die für Phasenwechsel-Speichereinheiten nötigen Schaltzeiten im Bereich von 100 ns und damit unter denen von bislang genutzten Speichereinheiten<sup>21</sup>. Zur Bestimmung von Kristallisationsgeschwindigkeiten der Phasenwechselmaterialien sind diverse Schritte von der Herstellung des Materials über Untersuchungen während des Schaltprozesses bis hin zur Analyse und Auswertung der aufgenommenen Daten nötig.

<sup>21</sup>Für Flash-Speicher (mit NAND-Gatter) werden minimale Schaltzeiten (program time) von 100  $\mu$ s angegeben (Wouters et al., 2015, S. 1277).



**Abbildung 3.4:** Experiment mit Kommunikation und Kooperation in Anlehnung an Arbeitsabläufe in der realen Forschung.

Im Schülerlabor wird in Analogie zu den im SFB Nanoswitches verwendeten Phasenwechselmaterialien in diesem Experiment mit dem Salzhydrat Natriumacetat-Trihydrat gearbeitet (vgl. Leiß, Detemple, Salinga und Heinke, 2015). Bei diesem Salzhydrat kann der Kristallisationsprozess bereits mit bloßem Auge sehr gut beobachtet werden, wie er beispielsweise auch bei Handwärmern zu sehen ist. Zudem ist die Erwärmung des Materials sowie der Phasenwechsel vom flüssigen zum kristallinen Zustand mit den eigenen Händen feststellbar. Ein solcher direkter Zugang zu den Untersuchungsgegenständen ist für Schülerexperimente von großer Bedeutung. Zur Bestimmung einer Kristallisationsgeschwindigkeit werden für dieses Experiment die nötigen Arbeitsvorgänge in drei Schritte aufgeteilt: die Herstellung des Materials, ihre Untersuchung und die Auswertung der gewonnenen Daten (Abbildung 3.4). Die drei Schritte sind dabei so ausgearbeitet, dass sie parallel von drei Schülern begonnen werden können. Arbeiten die Schüler zu zweit im Team, beginnen sie mit dem ersten und zweiten Schritt und führen anschließend den dritten Schritt gemeinsam durch.

Im ersten Schritt wird Phasenwechselmaterial (Salzhydrat) abgewogen und im bestimmten Verhältnis destilliertes Wasser hinzugefügt. Anschließend wird das Gemisch erhitzt, bis es sich vollständig verflüssigt hat. Im zweiten Schritt wird die Aufzeichnung des Kristallisationsvorgangs mit einer Kamera vorbereitet und getestet sowie die Auslösung des Kristallisationsvorgangs vorbereitet. Des Weiteren werden bei diesem Schritt Vorbereitungen für die Abkühlung des Phasenwechselmaterials unter seine Schmelztemperatur von  $58^{\circ}\text{C}$  getroffen. Im dritten Schritt wird die Auswertung von Videos mit einer einfachen Analysesoftware an Beispielen geübt. Dieser dritte Schritt folgt somit zwar auf die ersten beiden, hängt jedoch nicht wie diese durch die Übergabe des Materials zeitkritisch mit ihnen zusammen.

Nach der anfänglichen Arbeitsteilung muss schließlich vom Schüler, der den ersten Schritt bearbeitet, Salzhydrat in flüssigem Zustand an seinen Kollegen übergeben werden, der den zweiten Schritt bearbeitet. Nach einer gewissen Abkühlzeit kann der Kristallisationsprozess durch

Hinzufügen eines Kristallisationskeimes (Salzhydratkorn) ausgelöst und mit der Kamera aufgezeichnet werden. Das erstellte Video wird anschließend im dritten Schritt analysiert, so dass als Ergebnis eine Kristallisationsgeschwindigkeit erhalten wird. Gemeinsame Absprachen und der Austausch von Material und Daten sind somit entscheidend für das Gelingen dieses Experimentes, denn die Schritte und Abläufe derartiger Herstellungsprozesse bauen - wie auch im SFB Nanoswitches - aufeinander auf. Auch wenn die Grundstruktur des Experimentes vorgegeben ist, können die Schüler dennoch eigene Untersuchungen z.B. mit dem flüssigen Salzhydrat anstellen und verschiedene Parameter, wie das Mischungsverhältnis bei der Herstellung oder die Abkühlzeit, variieren.

Zusätzlich zur Idee eines Planspiels (vgl. Unterabschnitt 3.1.2.2), bei dem durch die Strukturierung des Schülerlaborbesuches und durch die Experimente zu verschiedenen Themen ein authentischer Eindruck vom Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern vermittelt werden soll, ist es hier auch innerhalb des Experimentes gelungen Tätigkeiten und Arbeitsschritte sehr nah an reale Abläufe anzulehnen, um die Notwendigkeit zur Kommunikation und Kooperation in Forschungsgemeinschaften zu verdeutlichen und für die Schüler direkt erlebbar zu machen.

### Experiment 2: Wie messe ich Temperaturen berührungslos?



Das Ziel dieses Experimentes ist es, den Schülern ein grundlegendes Verständnis davon zu vermitteln, dass es neben dem sichtbaren Licht weitere Strahlungsarten gibt, deren Eigenschaften sich im Vergleich dazu teilweise deutlich unterscheiden. Als Beispiel für eine unsichtbare Strahlungsart wird bei diesem Experiment die Infrarotstrahlung thematisiert. In der Forschung werden nicht nur im Bereich der Nanotechnologie diverse Verfahren und Untersuchungsmethoden eingesetzt, wie zum Beispiel Ellipsometrie, FTIR<sup>22</sup>- und Röntgen-Spektroskopie, bei denen jeweils eine spezielle Strahlungsart für Untersuchungen von bestimmten Materialeigenschaften genutzt wird. Im SFB Nanoswitches wird beispielsweise Infrarotstrahlung in Kombination mit Messungen eines Rasterkraftmikroskops (vgl. Experiment 3) zur Materialanalyse eingesetzt (Teilprojekt B5; SFB 917, 2019). Ein Besuch der beteiligten Naturwissenschaftler und ihrer Labore im Rahmen eines Schülerlaborbesuchs ermöglicht den Schülern die Anwendung und den Bezug zur Forschung direkt zu erfahren.

Im Experiment wird von den Schülern zunächst an Alltagsbeispielen wie einer Fernbedienung<sup>23</sup> mit Hilfe einer Digitalkamera oder dem eigenen Smartphone<sup>24</sup> untersucht, ob am Display wirklich nur sichtbares Licht dargestellt wird oder ob mit einer Kamera mehr erfasst werden kann als mit dem menschlichen Auge. Die Schüler untersuchen eigenständig verschiedene Lichtquellen wie farbige LED, Glühbirnen oder Kerzenflammen und können dabei herausfinden, welche davon nicht nur sichtbares Licht, sondern auch Infrarotstrahlung emittieren. Durch den Einsatz verschiedener Materialien und Filter können sie feststellen, dass sichtbares Licht und Infrarotstrahlung unterschiedlich transmittiert werden.

---

<sup>22</sup>Abkürzung für Fourier-transformierte Infrarot-Spektroskopie

<sup>23</sup>Es werden Fernbedienungen mit Infrarot-LED untersucht.

<sup>24</sup>Mittlerweile sind in den Kameras einiger Smartphones Infrarotfilter eingebaut, so dass nicht mit allen Geräten Infrarotstrahlung detektiert werden kann.

Nach der Feststellung, dass es unsichtbare Strahlung gibt und wie diese bereits mit einfachen Mitteln erfasst werden kann, werden speziell für diese Strahlungsart ausgelegte Messinstrumente vorgestellt: Zu zweit lernen die Schüler mit einer Infrarot-Kamera oder einem Adapter für iPads<sup>25</sup> zunächst die angezeigten Bilder kennen und interpretieren. Dabei muss darauf hingewiesen werden, dass sich der infrarote Spektralbereich, der mit diesen speziellen Kameras erfasst wird ( $8 - 14$ )  $\mu\text{m}$ , von dem Spektralbereich der nahen Infrarotstrahlung unterscheidet, der sich direkt an den des sichtbaren roten Lichtes anschließt (bis  $0,8 \mu\text{m}$ ) und der daher noch mit Smartphones oder Digitalkameras detektiert werden kann. Zudem ist zu beachten, dass die im Display der Kameras angezeigte Temperatur über die Infrarotstrahlung ermittelt wird und es somit ohne eine Berücksichtigung von Material- und Oberflächeneigenschaften Abweichungen von der tatsächlichen Temperatur des Gegenstandes geben kann.

Mithilfe der Infrarotkameras bzw. -adapter werden diverse kleine Aufgaben gelöst und es bieten sich darüber hinaus vielfältige Möglichkeiten eigene Fragestellungen zu untersuchen, wie z.B.: Welche Stellen an Kopf und Händen sind besonders warm oder kalt? Welche Art der Lichtquelle strahlt am wenigsten Wärme ab und ist daher zur Beleuchtung besonders geeignet? Was zeigt die Kamera an, wenn sie auf eine Fensterscheibe oder eine Metalloberfläche gerichtet wird? Wie sieht ein Luftballon durch die Infrarotkamera aus? Was wird im abgedunkelten Raum auf dem Display der Infrarotkamera angezeigt?

Bei Handwärmern lässt sich außerdem die Temperaturdifferenz zwischen flüssigem und gerade kristallisiertem Zustand ermitteln und so mithilfe der Anleitungen bzw. des Betreuers auf die Wärmeenergie schließen, die frei wird und die theoretisch zur Verflüssigung des Salzhydrates wieder nötig ist. Die Ergebnisse werden mit Energien verglichen, die zum Schalten von Phasenwechsel-Speichereinheiten nötig sind (z.B. Wouters et al., 2015, S. 1277).

Dieses Experiment bietet Anknüpfungspunkte zu anderen Experimenten, die je nach Vorankommen der Schüler während des Experimentierens oder bei der Schülerkonferenz aufgezeigt werden können. So kann mit Schülern von Experiment 1 abgesprochen werden, dass der Kristallisationsprozess zusätzlich mit der Infrarotkamera bestaunt werden kann. Insbesondere im Zusammenhang mit einer Laborbesichtigung bei SFB-Mitarbeitern des Teilprojekts B5 lohnt sich auch das Kennenlernen des Prinzips eines Rasterkraftmikroskops, wie es im Experiment 3 zum Einsatz kommt. Mit Experiment 2 wird somit zunächst ein phänomenologischer Zugang ins Thema Infrarotstrahlung angestrebt, der dann weiter zu Phasenwechsel-Speichereinheiten hin vertieft wird. Die Schüler sollen auf diese Weise für die Möglichkeiten und Besonderheiten unsichtbarer Strahlungsarten sensibilisiert und begeistert werden.

#### Experiment 3: Wie wird die Musik einer CD sichtbar?



Die Frage dieses Experimentes spielt auf die Form der Speicherung von Daten in Hardware wie in einer CD, DVD oder BluRay an, für deren wiederbeschreibbare Varianten auch Phasenwechselmaterialien zum Einsatz kommen. Ein wichtiges Ziel des Experimentes ist es einerseits Strukturen eines Datenträgers sichtbar zu machen, in denen Daten gespeichert sind, und andererseits das Messprinzip ei-

<sup>25</sup>In diesem Experiment wurden Kameras von FLIR des Typs EX6 und ansteckbare Aufsätze des Typ FLIR one verwendet.

nes hochauflösenden Rasterkraftmikroskops<sup>26</sup> zu vermitteln, das zur Analyse von sehr kleinen Strukturen an Oberflächen verschiedener Materialien eingesetzt wird. Aufgrund der Thematisierung sowohl von Aspekten der Datenspeicherung in Form der Hardware als auch von Messprinzipien im Bereich von Nanostrukturen wird dieses Experiment mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung in beiden Modulen eingesetzt. Im SFB Nanoswitches zeugen der Arbeitskreis *Charakterisierung & Analyse* sowie der thematische Bereich *Bauteilherstellung & Skalierbarkeit* von der Bedeutung der Themen des Experimentes (vgl. Unterabschnitt 2.1.2.2). Rasterkraftmikroskope im Speziellen kommen in diversen Teilprojekten für unterschiedliche Fragestellungen zum Einsatz (A2/B1, A2/C2, A3, A4, C1; SFB 917, 2014).

Im Schülerlabor werden zu Beginn des Experimentes zunächst Untersuchungsmöglichkeiten von Materialoberflächen mit Mikroskopen mit sichtbarem Licht besprochen. Bei Lichtmikroskopen ist das Auflösungsvermögen von der Wellenlänge des Lichtes abhängig, wie die Schüler an Beispielen beobachten können. Nach einer Besprechung von Grenzen der Lichtmikroskopie wird die Idee der Rasterkraftmikroskopie vorgestellt und deren grundlegende Prinzipien werden an einem dafür konzipierten Modell gemeinsam entwickelt. Mit dem Modell wird für die Schüler insbesondere das Abrastern einer 'atomaren' Probenoberfläche von Hand erfahrbar gemacht und die Funktionsweise eines dazu nötigen Tastarms, dem sogenannten *Cantilever*, erarbeitet. Die Verbiegung bzw. Auslenkung des Cantilevers kommt aufgrund atomarer Kräfte zwischen einer Spitze am Cantilever und den Strukturen einer Probenoberfläche zustande und wird optisch detektiert. Analog ist es den Schülern mit dem Modell möglich diesen Vorgang nachzuvollziehen, indem mit dem Licht eines Laserpointers die Bewegung des Tastarms auf einen 'Detektorschirm' aus Papier übertragen wird und so ein grobes Abbild der Probenoberfläche entsteht. Nach einem ersten Verständnis des Prinzips eines Rasterkraftmikroskops wird im Anschluss vom Modell zu realen Messgeräten übergegangen. An Rasterkraftmikroskopen, deren Aufbau vergleichsweise gut einsehbar und nachvollziehbar<sup>27</sup> gestaltet ist, werden die zuvor besprochenen Messprinzipien direkt an einem Rasterkraftmikroskop beobachtet und bei Untersuchungen angewandt.

Ein Untersuchungsbeispiel, das den Schülern häufig aus dem Alltag bekannt ist und das Strukturen im Submikrometerbereich besitzt, ist eine Compact Disc (CD). In ihrer gepressten Variante und ohne Schutzschicht zeigt sich bei der Vermessung mit dem Rasterkraftmikroskop ein Muster aus Vertiefungen, die in parallelen Spuren ausgerichtet sind. Entlang einer Spur bildet eine solche Abfolge von *Pits* und *Lands* (Vertiefungen und Umgebung) einen Binärcode<sup>28</sup>, in dessen Form verschiedenste Arten von Daten von Texten über Bilder bis hin zu Musik gespeichert werden kann. Zur Veranschaulichung dieses Speicherprinzips dient das Modell einer CD. An einem übergroßen CD-Modell mit einem Durchmesser von 50 cm werden von den Schülern mittels Laserpointer die gespeicherten Daten in Form eines Binärcode ausgelesen und anschließend dekodiert, so dass sie eine darin enthaltene Botschaft erfahren. Darüberhinaus bieten sich

---

<sup>26</sup>Geläufig ist auch die Bezeichnung AFM (Abkürzung für *atomic force microscope*).

<sup>27</sup>In der Entwicklungsphase des Schülerlabors wurde unter Anleitung von Fachkollegen mit Geräten des Herstellers *Anfatec* aus dem Fortgeschrittenen-Praktikum für Physikstudierende gearbeitet und später mit einem Gerät der Firma *Nanosurf*, das speziell für Lehrzwecke konzipiert ist und für das Schülerlabor beschafft wurde.

<sup>28</sup>Binärcode besteht aus zwei verschiedenen Zeichen, die z.B. mit „1“ und „0“ bezeichnet werden können.

vielfältige Vertiefungsmöglichkeiten, wie z.B. eine Thematisierung des ASCII<sup>29</sup>-Zeichencodes, der unter anderem zur Darstellung von Buchstaben verwendet wird.

Mit diesem Experiment soll den Schülern insbesondere ein Eindruck von den Herausforderungen, aber auch von den Möglichkeiten vermittelt werden, die bei der Untersuchung von Strukturen unterhalb der Auflösungsgrenze von sichtbarem Licht auftreten. Dabei soll auch erfahren werden, dass die erlangten 'Einblicke' in bzw. 'Bilder' der Nanowelt stets auf Messdaten beruhen und dementsprechend zu interpretieren sind.

#### Experiment 4: Was lernt die Technik von Kohlrabi?



In diesem Experiment geht es vor allem um die Eigenschaften von Oberflächen, die nicht nur materialabhängig sein können, sondern sich auch aufgrund ihrer Struktur stark unterscheiden können. Eigenschaften von Oberflächen spielen insbesondere beim Herstellungsprozess von sehr dünnen Schichten - wie sie in der Nanotechnologie benötigt werden - eine wichtige Rolle. Zur Herstellung von Schichten, die im Bereich von Nanometern liegen, gibt es insbesondere in Abhängigkeit vom Beschichtungsmaterial verschiedene Verfahren, wie Epitaxie, Sputtern oder atomlagenweise Deposition. Nahezu bei allen Teilprojekten im SFB Nanoswitches, innerhalb derer Materialien hergestellt werden, kommen derartige Depositionsverfahren zum Einsatz.

Im Schülerlabor werden die Eigenschaften von Oberflächen untersucht, indem ihr Verhalten gegenüber Wasser geprüft wird. Die Schüler beginnen mit Untersuchungen der Oberflächeneigenschaften von verschiedenen Pflanzenblättern. Durch Wassertropfen, die auf den Oberflächen der Pflanzenblätter platziert werden, kann anhand der Form der Tropfen auf die Eigenschaften hydrophob (wasserscheu) und hydrophil (wasserliebend) bzw. auf Abstufungen dazwischen geschlossen werden. Zur vergrößerten Aufnahme von Bildern der Tropfenformen nutzen die Schüler USB-Mikroskope, mit deren Hilfe die Ansichten am Laptop zu beobachten sind. Die Bilder können zudem ausgedruckt oder am Laptop weiter analysiert werden. Im Unterschied zu vielen Laubblättern von Bäumen lässt sich am Beispiel der Blätter von Kohlrabi ein Phänomen feststellen, das - nach der Pflanze bei der es entdeckt wurde - als Lotuseffekt bezeichnet wird (Barthlott und Neinhuis, 1997). Neben der Form der Wassertropfen wird außerdem untersucht, wie diese sich beim Neigen des Blattes und bei Verunreinigungen auf der Blattoberfläche verhalten. Nach den Untersuchungen erster Beispiele sind der Kreativität der Schüler keine Grenzen gesetzt und sie werden ermuntert weitere Oberflächen wie z.B. die der eigenen Regenjacke oder die von zur Verfügung stehenden Nanotextilien oder beschichteten Gläsern zu untersuchen. Denn wasserabweisende Oberflächen werden nach dem Vorbild von Pflanzenblättern hergestellt, bei denen eine Kombination aus Mikro- und Nanostrukturen dafür sorgt, dass Wassertropfen kaum Berührungspunkte mit der jeweiligen Oberfläche haben.

Auch die Herstellung einer besonderen Beschichtung wird bei diesem Experiment mit einfachsten Mitteln selbst vorgenommen und zwar durch das Beruhen eines Glasplättchens mit einer Kerzenflamme. Die zuvor geübten Untersuchungen werden dann auch mit dieser Oberfläche durchgeführt. Die Untersuchungen zur Tropfenform können vertiefend auch durch die Mes-

---

<sup>29</sup>American Standard Code for Information Interchange

sung des sogenannten Kontaktwinkels<sup>30</sup> quantifiziert werden. Diese Herangehensweise wird auch in der realen Forschung angewendet und als Kontaktwinkelmethode bezeichnet.

Die Schüler erfahren bei diesem Experiment, dass die Wirkungen von z.B. nanostrukturierten Oberflächen auch im Makroskopischen sichtbar werden können und dass Produkte der Nanotechnologie bereits in vielen Bereichen des täglichen Lebens Anwendung finden.

### Experiment 5: Wie kann ich Nanometer mit der Waage messen?



Bei diesem Experiment geht es um sehr dünne Schichten sowie um deren Herstellung und Untersuchung. Die Bestimmung bzw. Kenntnis einer Schichtdicke spielt bei Bauteilen der Nanotechnologie eine wichtige Rolle. Zu deren Feststellung können entweder Methoden wie die Ellipsometrie<sup>31</sup> eingesetzt werden oder es wird direkt im Herstellungsprozess über Wachstumsraten auf die Schichtdicke geschlossen. Da der Herstellungsprozess von dünnen Schichten in Laboren des SFB Nanoswitches mit Schülern nur mit sehr großem Aufwand möglich wäre, wurde auf Teile eines vorhandenen Experiments (Baum und Schwarzer, 2013) zurückgegriffen, die für Schüler der Mittelstufe angepasst wurden. Bei dem Experiment stellen die Schüler selbst dünne Schichten her und bestimmen deren Dicke, die im Mikro- bzw. Nanometerbereich liegen kann. Das Ausgangsmaterial ist den Schülern aus dem Alltag bekannt und bietet die große Herausforderung, dass die Schicht sehr schnell vergänglich ist, denn es handelt sich um Seifenblasen. Doch es ist nicht nur die Bestimmung der Dicke einer Schicht Ziel des Experimentes, sondern auch das Kennenlernen von Phänomenen der Interferenz, die bei Schichten im Nanometerbereich auftreten.

Zu Beginn des Experimentes werden Beispiele von Proben mit Nanostrukturen des SFB Nanoswitches gezeigt und nach besonderen Beobachtungen und der Farbe gefragt, die von den Schülern beobachtet werden kann. Anschließend werden dünne, quadratische Siliziumscheiben -sogenannte Wafer- betrachtet, von denen eine gar nicht und weitere bis mehrere 100 nm dick beschichtet sind. Nach der Diskussion, wie trotz desselben Beschichtungsmaterials unterschiedliche Farben zu sehen sein können, wird der Fokus auf die Möglichkeiten der Bestimmung der Masse der Beschichtung durch Wiegen der Siliziumwafer gelenkt. Am vergleichsweise einfachen Beispiel eines solchen flachen und quadratischen Siliziumwafers kann bei bekannter Oberfläche und Dichte des Materials schließlich die Dicke der Beschichtung berechnet werden. Analog dazu wird diese Herangehensweise anschließend auf eine Seifenblase übertragen. Nach der Besprechung einiger Aspekte der Durchführung des Experimentes (Wie wird der Radius gemessen? Wie wiegt man die Seifenblase?) stellen die Schüler Seifenblasen her und charakterisieren sie.

Anschließend gibt es weitere und vertiefende Untersuchungsmöglichkeiten zur Interferenz. So kann beispielsweise bei einer vertikalen Seifenblasenhaut eine unterschiedliche Schichtdicke aufgrund der Gravitation festgestellt werden, die sich durch horizontale farbige Streifen aus-

---

<sup>30</sup>Der Kontaktwinkel wird zwischen der Auflagefläche des Tropfens und der Tangente an die Tropfen(kugel)oberfläche am Auflagepunkt gemessen.

<sup>31</sup>Bei der Ellipsometrie wird polarisiertes Licht bekannter Wellenlänge an der Probe reflektiert, so dass mit dem Brechungsindex des Materials und über den Gangunterschied des ein- und ausfallenden Lichtstrahls die Schichtdicke bestimmt werden kann.

zeichnet. Außerdem kann mithilfe von aufeinanderliegenden Glasplättchen<sup>32</sup> veranschaulicht werden, dass die Interferenzeffekte nicht von dem Material einer dünnen Schicht abhängen, sondern auf die Eigenschaft des sichtbaren Lichtes zurückzuführen sind.

Bei diesem Experiment lernen die Schüler Phänomene dünner Schichten kennen und bestimmen am Alltagsbeispiel von Seifenblasen selbst deren Schichtdicken. Dabei ist nicht nur die praktische Umsetzung ansprechend, aber auch herausfordernd, sondern dies gilt auch für die Überlegungen zur Berechnung der Schichtdicken.

### 3.3 Durchführungen und Feedback

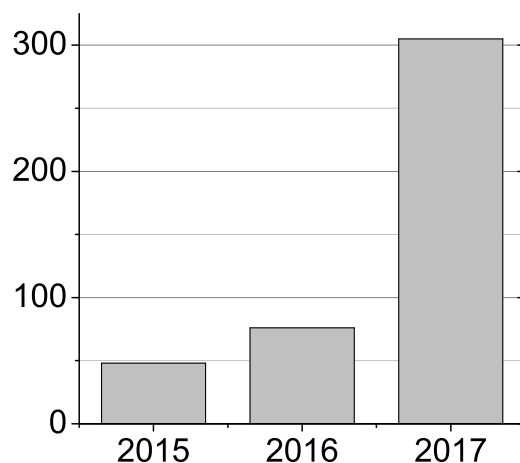
In diesem Unterkapitel werden ausgewählte Aktivitäten des Schülerlabors, Methoden zur Weiterentwicklung der Module sowie die Außendarstellung des Schülerlabors beschrieben.

#### 3.3.1 Aktivitäten des Schülerlabors SCIphyLAB\_nano

Nach der Ausarbeitung erster Experimente wurde das Schülerlabor ab April 2015 von Schulklassen und Kursen besucht. Parallel dazu wurden weitere Experimente entwickelt und bestehende Experimente überarbeitet. Zusätzlich zu den Besuchen von Schulklassen im Schülerlabor wurden die Aktivitäten auch auf andere Veranstaltungsformate ausgedehnt. So wurden Experimente des Schülerlabors beispielsweise auch bei externen Workshops einer Schülerakademie in Viligst angeboten und im Rahmen von Veranstaltungen der RWTH Aachen, wie der Kinderuniversität oder der Wissenschaftsnacht, präsentiert. Vereinzelt gab es auch Kurse, die an zwei aufeinanderfolgenden Tagen das Schülerlabor besuchten, so dass an einem Tag ein Schwerpunkt auf der Theorie und Laborführungen lag und der andere hauptsächlich für Experimente genutzt wurde. Die Entwicklung der Anzahl von Schülern, die das Schülerlabor besuchten, ist in der Abbildung 3.5 dargestellt (ohne Berücksichtigung der Besucher bei öffentlichen Veranstaltungen wie der RWTH-Wissenschaftsnacht). Nach einem geringen Anstieg der Besucherzahlen im Jahr 2015 von 48 Schüler auf 76 Schüler im Jahr 2016, besuchten im Jahr 2017 bereits mehr als dreihundert Schüler das SCIphyLAB\_nano. Insgesamt haben bis Ende 2017 somit 429 Schüler das Schülerlabor besucht und viele weitere haben bei öffentlichen Veranstaltungen die Aktivitäten und Inhalte des Schülerlabors kennengelernt.

---

<sup>32</sup>Hier wurden Objektträger für Mikroskope verwendet, weil die Interferenzeffekte hier gut sichtbar sind, sehr wahrscheinlich wegen des geringen Abstands zwischen Glasträgern beim Lasercut.



**Abbildung 3.5:** Entwicklung der Anzahl von Schülern, die das Schülerlabor bis zum Ende des Jahres 2017 besuchten (ohne Besucher bei öffentlichen Veranstaltungen).

### 3.3.2 Feedback und Weiterentwicklung der Materialien

Zu den einzelnen Experimenten sowie auch zu dem gesamten Programm des Schülerlaborbesuchstages wurde insbesondere bei den ersten Einsätzen der Experimente Feedback von Schülern, Lehrkräften und auch von den Betreuern gesammelt, um die Experimente und zugehörigen Materialien weiterzuentwickeln. Zusätzlich wurden je nach Experiment im Anschluss Daten ausgewertet, die durch die Vorträge und Laborbücher der Schüler vorlagen<sup>33</sup>, während der Experimente als Bild- oder Videomaterial erstellt oder mit einem Screen-Capturing-Programm aufgezeichnet worden waren<sup>34</sup>. Mit dem Screen-Capturing-Programm wurden bei Experimenten mit Laptops die Bildschirmaktivitäten zusammen mit Audiodaten erfasst, so dass später analysiert werden konnte, bei welchen Schritten im Experiment die Schüler Schwierigkeiten hatten. Auf diese Weise ließ sich ebenfalls ermitteln, wieviel Zeit für einzelne Schritte benötigt wurde.

Von Seiten der Schüler gab es überwiegend positive Rückmeldungen zum gesamten Programm. Häufigster Kritikpunkt war, dass nicht jeder Schüler alle Experimente durchführen konnte. Die Frage, ob deshalb ein längeres Programm gewünscht würde, wurde jedoch mehrheitlich verneint. Auch von Seiten der Lehrkräfte wurden die Schülerlaborbesuche mehrheitlich positiv bewertet, was sich teils darin zeigte, dass direkt Termine für Folgebesuche gewünscht wurden.

---

<sup>33</sup>Die Laborbücher mehrerer Klassen wurden in digitaler Form erfasst, so dass die Schüler ihre eigene Version mit nach Hause nehmen konnten.

<sup>34</sup>Die Aufzeichnung von Daten (wie z.B. die Aufnahme von Fotos) erfolgte nur im Falle des erklärten Einverständnisses der Eltern im Vorfeld eines Besuchs.

### 3.3.3 Außendarstellung und Kooperation mit anderen Schülerlaboren

Zur Bereitstellung von Informationen und zur Kontaktaufnahme mit dem SCIphyLAB\_nano wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Internetauftritt<sup>35</sup> mit den wesentlichen Informationen für einen Schülerlaborbesuch erstellt. Des Weiteren gibt es zur Werbung diverse Newsletter und Versandaktionen von Flyern an Schulen, die zentral von der Koordinationsstelle für Schülerprogramme der RWTH Aachen organisiert werden. Über diese Koordinationsstelle erfolgten auch der Austausch und die Planung und Gestaltung gemeinsamer Angebote mit anderen Schülerlaboren der RWTH Aachen, z.B. im Rahmen der Kinderuniversität, der MINT-Schüleruniversität oder des Ferienprogramms Girls-go-MINT+Sports.

---

<sup>35</sup>Informationen zum Schülerlabor SCIphyLAB\_nano sind erreichbar über [www.sciphylab.de](http://www.sciphylab.de).



## 4 Forschungsfragen

In diesem Kapitel werden entsprechend der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit, den Einfluss eines Schülerlabors auf die Schülervorstellungen über die Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern zu untersuchen (Unterkapitel 1.1), konkrete Forschungsfragen formuliert und diese weiter in forschungsleitende Fragen untergliedert.

Im Rahmen der Analyse fachdidaktischer Forschungsarbeiten wurde festgestellt (Unterkapitel 2.2), dass es im deutschsprachigen Raum nur wenige Studien gibt, in denen sowohl Schülerlabore als auch Schülervorstellungen im Themenbereich der Natur der Naturwissenschaften im Fokus der Untersuchungen standen (Uhlmann und Priemer, 2009; Stamer, Pönicke et al., 2018). Aufgrund des sich daraus ergebenden großen Forschungsbedarfs im Bereich der Schülervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften und ebenso über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern im Speziellen wurde zunächst ein explorativer Ansatz gewählt, um einen möglichst breiten Einblick in vorhandene Schülervorstellungen zu erlangen.

Im Hinblick auf die später durchgeführte Interventionsstudie (Kapitel 6), bei der Schüler im Fokus standen, welche das Schülerlabor SCIphyLAB\_nano besuchten, wurden für die explorativ angelegte Studie ebenfalls diese Schüler der Jahrgangsstufen 8 und 9, der Zielgruppe des Schülerlabors (Abschnitt 3.1.1), ausgewählt. Als erstes wurde die folgende Forschungsfrage im Rahmen der explorativen Studie (Kapitel 5) untersucht:

### **Forschungsfrage 1:**

**Welche Vorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in ihrem Arbeitsalltag haben Schüler der Jahrgangsstufen 8 und 9?**

Im Folgenden beziehen sich *Tätigkeiten* stets auf diejenigen Tätigkeiten, die von Naturwissenschaftlern in ihrem Arbeitsalltag ausgeübt werden. Die Bezeichnungen *Vorstellungen* bzw. *Schülervorstellungen* werden synonym verwendet und meinen diejenigen Vorstellungen, welche sich auf die beschriebenen Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern beziehen. Zur Konkretisierung und Beantwortung der ersten Forschungsfrage werden nachfolgend die forschungsleitenden Fragen mit ihren Bezüge zu anderen Teilen dieser Arbeit ausgeführt.

Für die Erfassung von Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in ihrem Arbeitsalltag wurde für die explorative Studie ein Erhebungsinstrument entwickelt<sup>36</sup>, bei dem die Schüler ihre Vorstellungen auf unterschiedliche Arten darstellen können (Unterkapi-

<sup>36</sup>Zum Zeitpunkt der Planungen für die in den nachfolgenden Kapiteln vorgestellte Studie lagen weder Studien noch geeignete Instrumente vor, die speziell Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern thematisierten. Erst im Laufe der explorativen Studie der vorliegenden Arbeit wurden von Wentorf et al. (2015) Untersuchungen vorgestellt, bei denen ein entsprechendes Erhebungsinstrument zum Einsatz kam (Unterabschnitt 2.2.2.2).

tel 5.1). Zunächst galt es die mit diesem sehr offenen Erhebungsinstrument erfassten Darstellungen systematisch zu analysieren, um einen Überblick zu erhalten über das Spektrum der dargestellten Schülervorstellungen und die Häufigkeit des Auftretens einzelner Aspekte. Dazugehörige forschungsleitende Fragen lauteten:

- 1.a) Welche Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern können in dargestellten Schülervorstellungen identifiziert werden und zu welchen Kategorien lassen sie sich zusammenfassen? (Abschnitt 5.4.3)
- 1.b) Welche Kategorien von Tätigkeiten sind in den Darstellungen der Schüler am häufigsten vertreten? (Unterabschnitt 5.4.5.1)

Des Weiteren war neben einer Kategorisierung der identifizierbaren Tätigkeitsfelder insbesondere von Interesse, ob oder in welcher Form Kommunikation und Kooperation unter Naturwissenschaftlern dargestellt wurden. Zum einen geschah dies, weil verschiedene Formen der Zusammenarbeit kennzeichnend für Sonderforschungsbereiche sind (vgl. Abschnitt 2.1.1). Zum anderen wurde es untersucht, weil festgestellt worden war, dass Zusammenarbeit unter Naturwissenschaftlern in Schülervorstellungen eine untergeordnete Rolle spielte (Unterabschnitt 2.2.2.1). Dementsprechend wurde folgende Frage untersucht:

- 1.c) Wie häufig kommen Hinweise auf Kommunikation und Kooperation unter Naturwissenschaftlern in den Schülerdarstellungen vor und welche der identifizierten Tätigkeiten werden gemeinschaftlich ausgeübt? (Unterabschnitt 5.4.5.2)

Für die Beschreibung der Schülervorstellungen über Tätigkeiten wurden die bei deren Ausübung häufig vorkommenden Gegenstände, Orte und äußeren Merkmalen von Personen untersucht. Eine separate Betrachtung dieser Charakteristika bot zusätzliche Möglichkeiten, Vergleiche mit Studien anzustellen, bei denen zwar nicht die Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern im Fokus standen, aber bei denen ebenfalls solche Charakteristika erhoben wurden (z.B. Studien mit *Draw-A-Scientist Tests*, siehe Unterabschnitt 2.2.2.1). Auf diese Weise konnten später Unterschiede der erhobenen Schülervorstellungen untersucht beziehungsweise Rückschlüsse auf die Güte der Erhebungsmethoden gezogen werden. Aus diesem Grund wurde diese forschungsleitende Frage gestellt:

- 1.d) Welche Gegenstände, Orte und weiteren Merkmale kommen in den Schülerdarstellungen vor und mit welcher Häufigkeit treten sie auf? (Unterabschnitt 5.4.5.3)

Als eine weitere wichtige Vergleichsmöglichkeit sollten außerdem die Vorstellungen von Schülern genutzt werden, welche im Rahmen einer Schüleruniversität die Chance hatten sich ein aktuelles Bild der Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern zu machen. So war vor allem von Interesse, ob sich mit dem Erhebungsinstrument realistischere Vorstellungen von naturwissenschaftlich interessierten Schülern erfassen lassen. Außerdem konnte der Besuch einer Schüleruniversität als eine Form der Intervention (wie später ein Schülerlaborbesuch, Kapitel 6) betrachtet werden und somit erste Anzeichen auf einen möglichen Erfolg solcher Interventionen bringen. Die forschungsleitende Frage zu diesem Aspekt lautet wie folgt:

- 1.e) Welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten gibt es zwischen den Darstellungen von Schülern der Jahrgangsstufen 8 bzw. 9 und denen von Schülern, die an einer Schüleruniversität teilnahmen? (Unterkapitel 5.5)

---

Die Ergebnisse der explorativen Studie bildeten die Basis für die sich anschließende Studie mit Besuch im Schülerlabor SCIphyLAB\_nano als Intervention (Kapitel 6). Die übergeordnete Forschungsfrage, welche im Rahmen der Interventionsstudie untersucht wurde, lautete :

**Forschungsfrage 2:**

**Hat der Besuch des Schülerlabors SCIphyLAB\_nano einen Einfluss auf Schülervorstellungen über die Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern?**

Zur Feststellung eines möglichen Einflusses durch den Besuch des Schülerlabors war zunächst wiederum die Entwicklung eines Erhebungsinstrumentes (Unterkapitel 5.1) nötig, mit dem Unterschiede von Schülervorstellungen zwischen mehreren Erhebungszeitpunkten quantitativ feststellbar sind. Für eine Untersuchung dieses Einflusses durch das Schülerlabor wurden im Rahmen der Interventionsstudie die folgenden forschungsleitenden Fragen untersucht:

- 2.a) Welche Schülervorstellungen über die Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern liegen im Vorfeld eines Besuchs im Schülerlabor vor? (Unterabschnitt 6.3.3.1)
- 2.b) Welche Schülervorstellungen werden direkt im Anschluss an einen Besuch im Schülerlabor SCIphyLAB\_nano festgestellt? (Unterabschnitt 6.3.3.2)
- 2.c) Welche Schülervorstellungen lassen sich vier Monate nach einem Schülerlaborbesuch feststellen? (Unterabschnitt 6.3.3.3)
- 2.d) Gibt es Änderungen der Schülervorstellungen zwischen den verschiedenen Erhebungszeitpunkten? Ist ein Einfluss auf einen Besuch des Schülerlabors zurückzuführen und wenn ja, gibt es Unterschiede zwischen den verschiedenen Tätigkeitsbereichen? (Unterabschnitt 6.3.3.4)

Bei der Beantwortung der Forschungsfragen wurden ebenfalls der Einsatz der entwickelten Erhebungsinstrumente sowie weitere fachdidaktische Fragestellungen untersucht und entsprechend ausgewertet.



# **5 Explorative Studie: Untersuchung von Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern**

In diesem Kapitel wird der Beantwortung der ersten Forschungsfrage aus Kapitel 4 nachgegangen, bei der es um eine explorative Erfassung von Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in ihrem Arbeitsalltag ging. Zum Überblick über diese Studie werden an dieser Stelle kurz die übergeordneten Schritte für das weitere Vorgehen genannt:

Zuerst wird auf das Studiendesign eingegangen und das für die Erfassung der Schülervorstellungen entwickelte Erhebungsinstrument in Unterkapitel 5.1 vorgestellt. Anschließend wird die Durchführung der Erhebung in Unterkapitel 5.2 beschrieben und das Vorgehen bei der Auswertung in Unterkapitel 5.3 erläutert. Den zentralen Teil des Kapitels bilden die Ergebnisse der explorativen Untersuchung der Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in Unterkapitel 5.4. Zusätzlich werden in Unterkapitel 5.5 die Ergebnisse für Schüler der Jahrgangsstufen 8 und 9 mit Vorstellungen von Schülern, die eine Schüleruniversität besuchten, verglichen. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der explorativen Studie erfolgt in Unterkapitel 5.6.

## **5.1 Studiendesign und Erhebungsinstrument**

Zunächst wird kurz auf das Design dieser explorativen Studie eingegangen und im Anschluss wird das eingesetzte Erhebungsinstrument erläutert. Das Ziel dieser Studie war die Beantwortung der ersten Forschungsfrage und ihrer untergeordneten forschungsleitenden Fragen (vgl. Kapitel 4), welche darauf zielten ein umfassendes Bild der Schülervorstellungen über den Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern und insbesondere deren Tätigkeiten zu erfassen. Die Schülervorstellungen sollten dazu von den Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9 ohne Vorbereitung auf das Thema der Studie und ohne Einfluss durch das Schülerlabor erfasst werden, so dass als Ort für die Erhebung jeweils die Schule der an der Untersuchung teilnehmenden Schüler gewählt wurde. Entsprechend dem explorativen Charakter der Studie war lediglich eine einmalige Erhebung pro Schüler nötig, so dass keinerlei Zuordnungen zum Beispiel zwischen Datensätzen von verschiedenen Zeitpunkten erforderlich waren. Mit der Auswertung der Daten wurde erst nach der Erhebung aller geplanten Datensätze begonnen, denn beispielsweise eine Kategorienbildung sollte auf Basis der Gesamtheit der erfassten Daten geschehen.

## Das Erhebungsinstrument für die explorative Studie

Die Auswahl eines Erhebungsinstrumentes zur Untersuchung von Schülervorstellungen wird maßgeblich von der zu untersuchenden Fragestellung beeinflusst. Zur Beantwortung der Forschungsfrage 1 (Kapitel 4) war eine Erhebung von Vorstellungen der Schüler der Jahrgangsstufen 8 und 9 nötig, wofür ein geeignetes Erhebungsinstrument erforderlich war. Im Hinblick auf die Forschungsfrage und unter Berücksichtigung einer heterogenen Schülerschaft, welche im Schülerlabor zu erwarten war, wurden folgende Anforderungen an ein Erhebungsinstrument gestellt:

- Das Erhebungsinstrument sollte möglichst offen gestaltet sein, um ein breites Spektrum von Vorstellungen erfassen zu können.
- Die Aufgabenstellung sollte im Hinblick auf unterschiedlich lesestarke Schüler nach Möglichkeit einfach und kurz gehalten werden.
- Die Vorstellungen sollten auf verschiedene Arten (z.B. durch Bilder oder Text) dargelegt werden können, um jedem Teilnehmer der Studie die Wahl der Darstellungsweise zu überlassen.
- Da diese explorative Studie vor allem dazu dienen sollte Tätigkeitsfelder zu identifizieren, die Schüler mit der Arbeit von Naturwissenschaftlern assoziieren, sollte vorzugsweise ein breites Spektrum von Vorstellungen bei einer größeren Anzahl von Schülern erhoben werden anstelle von detaillierten Einzelansichten.

Für die explorative Erhebung von Schülervorstellungen bedurfte es keines Zusammenhangs mit dem Schülerlabor, so dass eine Durchführung in der Schule angestrebt wurde. Dafür wurde es als hilfreich erachtet, wenn Ablauf und Dauer der Erhebung organisatorisch möglichst einfach und kurz gehalten werden könnten, so dass die Erhebung zum Beispiel mit dem normalen Unterrichtsgang vereinbar wäre, keine separaten Räumlichkeiten benötigt würden und keine langen Fehlzeiten im Unterricht entstünden.

Bei der Suche nach einem geeigneten Instrument zur Untersuchung der Forschungsfrage 1 findet sich eine Vielzahl verschiedener methodischer Herangehensweisen. Von Schecker, Parchmann und Krüger (2014) werden Themenfelder und Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung im Überblick dargestellt. Den Autoren zufolge bilden dabei „Interviews, Tests, Fragebögen und verschiedene Beobachtungstechniken“ Standardverfahren für Datenerhebungen, welche sich jeweils wiederum in „eine große Anzahl einzelner Verfahren“ untergliedern lassen (Schecker et al., 2014, S. 12). Zur Eingrenzung eines Verfahrens für die Erhebung von Schülervorstellungen im Themenbereich *Natur der Naturwissenschaften* wurden in Abschnitt 2.2.2 vorgestellte Studien auf ihre Untersuchungsverfahren hin betrachtet. Einige ausgewählte Beispiele sollen hier nochmal erwähnt werden: Im englischen Sprachraum untersuchten Mead und Métraux (1957) Vorstellungen über die Person des Wissenschaftlers in Form von schriftlichen Aufsätzen. Chambers (1983) verwendete erstmalig ein Format zur zeichnerischen Darstellung eines Wissenschaftlers, den *Draw-A-Scientist Test*, der später vielfach eingesetzt wurde, wie Finson (2002) beschreibt. Untersuchungen im Themenbereich *Nature of Science* wurden unter anderem von Driver et al. (1996) mit halbstrukturierten Interviews durchgeführt, während von N. G. Lederman et al. (2002) ein Fragebogen mit offenem Antwortformat

(VNOS<sup>37</sup>-Questionnaire) entwickelt wurde. Diese Beispiele zeigen, dass es zur Untersuchung der Schülervorstellungen im Themenbereich *Natur der Naturwissenschaften* eine große Bandbreite von Untersuchungsmethoden gibt, die entsprechend ihrer Fragestellung ausgerichtet und angepasst wurden. Untersuchungen, in denen explizit Tätigkeiten von Naturwissenschaftler im Fokus standen, waren zum Zeitpunkt der Planung der explorativen Studie nicht bekannt, so dass auch kein entsprechendes Erhebungsinstrument vorlag.

Vor dem vorgestellten Hintergrund der Suche nach einem geeigneten Instrument zur Beantwortung der Forschungsfrage 1 besticht das Format des *Draw-A-Scientist-Tests* insbesondere durch die Offenheit der Aufgabenstellung. Weitere hilfreiche Merkmale sind die Einfachheit der Aufgabenstellung und der Durchführung sowie die Möglichkeit zur zeichnerischen Darstellung der Vorstellungen. Für eine mittlere Größe der Stichprobe (von z.B. n= 100 bis 200) und eine unproblematische Durchführung in der Schule bietet eine solche Erhebungsmethode große Vorteile im Vergleich zu zeit- und auswertungsintensiven Interviewstudien.

Ein Kritikpunkt an *Draw-A-Scientist-Test*-Formaten war jedoch, dass bei dieser Art von Zeichnungen eines Wissenschaftlers wiederholt stereotypische Darstellungen berichtet und vermeintlich provoziert wurden (Finson, 2002; Wentorf et al., 2015). Bei einer Weiterentwicklung dieses Erhebungsformates in einem *Draw-A-Science-Teacher-Test* von Markic (2008) wurden die Probanden (in diesem Fall Lehramtsstudierende) aufgefordert zusätzlich zu den von ihnen angefertigten Zeichnungen einige Fragen in Textform zu beantworten. Diese Möglichkeit zur Beschreibung der Vorstellungen bietet eine passende Ergänzung zur rein zeichnerischen Darstellung und sollte daher im eigenen Erhebungsinstrument aufgegriffen werden.

### Das entwickelte Erhebungsinstrument

Zur Erhebung von Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern bietet das *Draw-A-Scientist-Test*-Format die im vorherigen Absatz genannten Vorteile, so dass entschieden wurde dieses Format grundsätzlich für die explorative Studie aufzugreifen. Aufgrund der hier untersuchten Fragestellung und zur Berücksichtigung von in der Literatur vorgefundener Kritik an der Untersuchungsmethode wurden aber einige Änderungen an der Aufgabenstellung vorgenommen, die nachfolgend erläutert werden (vgl. Abbildung 5.1).

So ging es im Unterschied zu herkömmlichen Untersuchungen mit *Draw-A-Scientist-Test*-Formaten (z.B. Chambers, 1983, Finson et al., 1995, Finson, 2002) bei dieser explorativen Studie nicht vorrangig um die Person des Wissenschaftlers, sondern Tätigkeiten und Situationen im Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern waren wesentlicher Forschungsgegenstand. Im Hinblick auf die Interventionsstudie sollte ebenfalls untersucht werden, ob oder inwieweit Kommunikation und Kooperation unter Naturwissenschaftlern aus Schülersicht im naturwissenschaftlichen Arbeitsalltag vorkommen. Außerdem wurden Schüler bei bisherigen *Draw-A-Scientist-Test*-Formaten aufgefordert lediglich *ein* Bild zu zeichnen. Die Beschränkung auf eine einzige Zeichnung könnte jedoch auch ein Grund dafür sein, dass vielfach stereotypische Bilder entstanden sind. Diesem Umstand sollte dadurch begegnet werden, dass die Schüler in dieser explorativen Studie die Möglichkeit bekamen *drei* Bilder zu zeichnen. Damit ist es gleichermaßen

---

<sup>37</sup>Abkürzung für: Views of Nature of Science

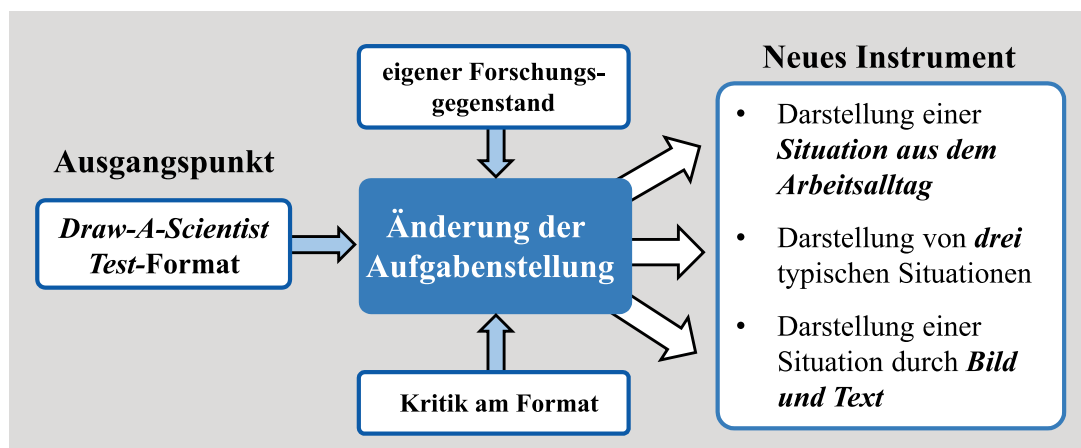


Abbildung 5.1: Änderungsgründe und die Berücksichtigung im neuen Instrument.

möglich bis zu drei aufeinanderfolgende Situationen bzw. Tätigkeiten darzustellen oder einfach drei völlig voneinander unabhängige. Für Schüler, die ihre Zeichnungen gern durch Worte ergänzen oder gegebenenfalls ihre Vorstellungen ausschließlich schriftlich darlegen wollten, gab es zu den Zeichenflächen für die Bilder jeweils ein Freitextfeld. Die Kombination aus einem Bild und dazugehörigem Text wird im Folgenden als eine *Situation* bezeichnet. Es gibt demnach insgesamt drei Möglichkeiten zur Darstellung der eigenen Vorstellungen in Form von Situationen, die für eine gute Übersicht und um Umblättern zu vermeiden auf einem DIN A3-Bogen angeordnet sind.

Die Abbildung 5.2 zeigt eine verkleinerte Version eines solchen DIN A3-Bogens mit Kennzeichnung der wichtigen Elemente. In einem einleitenden Satz werden die Schüler darauf hingewiesen, dass die Darstellungen anonym erhoben und nicht benotet werden und dass es nicht auf künstlerisch ausgefeilte Zeichnungen ankommt. Anschließend folgte der Arbeitsauftrag für die Schüler<sup>38</sup>:

Auftrag:

1. Zeichne deine Vorstellungen von drei typischen Situationen aus dem Arbeitsalltag einer Forscherin oder eines Forschers in den Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Physik).
2. Beschreibe dann in 3 Sätzen das Wichtigste, was du auf deinen Bildern darstellst.

Außerdem werden die Schüler aufgefordert anzugeben, welcher Fachrichtung (*Biologie, Chemie, Physik*) sie jeweils ihre Situationen zuordnen oder ob sie für die Naturwissenschaften *allgemein* gelten<sup>39</sup>. Zur Charakterisierung der Stichprobe der Schüler wurde jeweils ein Feld für die Angabe des Alters und des Geschlechtes eingefügt. Die finale Version des Erhebungsinstrumentes ist in Abbildung 5.2 dargestellt.

<sup>38</sup>Zur Erläuterung, welche Fachrichtungen zu den Naturwissenschaften gezählt werden, wurde im Arbeitsauftrag für Naturwissenschaftler der Begriff *Forscher in den Naturwissenschaften* (Biologie, Chemie, Physik) verwendet.

<sup>39</sup>In einer ersten Version des Erhebungsinstrumentes gab es nur einmal die Möglichkeit der Zuordnung für alle Situationen, in der zweiten Version gab es die Möglichkeit der Zuordnung für jede Situation einzeln.

**Einleitung und Arbeitsauftrag**

Liebe Schülerin, lieber Schüler,  
mithilfe dieser kleinen Aufgabe (10 min) möchten wir gerne wissen, wie du dir das Arbeiten in der naturwissenschaftlichen Forschung vorstellst. Dein Ergebnis wird nicht benotet und es kommt nicht auf deine künstlerischen Fähigkeiten an.

**Auftrag:** 1. Zeichne *deine* Vorstellungen von drei typischen Situationen aus dem Arbeitsalltag einer Forscherin oder eines Forschers in den Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Physik).  
2. Beschreibe dann in 3 Sätzen das Wichtigste, was du auf deinen Bildern darstellst.

Entscheide dich und kreuze jeweils an, ob du Naturwissenschaften allgemein oder davon ein bestimmtes Teilgebiet darstellst.

**1. Situation (Bild + Text)**

Beschreibung der 1. Situation:

allgemein  Biologie  
 Chemie  Physik

**Zuordnung zur Fachrichtung oder den Naturwissenschaften allgemein**

**2. Situation (Bild + Text)**

Beschreibung der 2. Situation:

allgemein  Biologie  Chemie  Physik

**3. Situation (Bild + Text)**

Beschreibung der 3. Situation:

allgemein  Biologie  Chemie  Physik

Bitte trage hier dein Alter ein: \_\_\_\_\_ und hier dein Geschlecht:  weiblich  männlich

Vielen Dank für deine Mitarbeit!

**Angaben zum Alter und zum Geschlecht**

**Abbildung 5.2:** Das entwickelte Erhebungsinstrument für die explorative Studie: verkleinerte Abbildung des DIN A3-Bogens mit drei Möglichkeiten zur Darstellung der Schülervorstellungen von Situationen in der naturwissenschaftlichen Forschung durch Zeichnung und/oder Text. Größere Ansicht siehe Anhang S. 201.

Ein Vorabtest dieses Erhebungsformates wurde bei Schülern im Rahmen einer einwöchigen Schüleruniversität durchgeführt<sup>40</sup>. Nach ersten Rückfragen zum Arbeitsauftrag wurde in der weiteren explorativen Studie stets mündlich ergänzt, dass jeweils Zeichnung *und/oder* Beschreibung möglich sind.

Mit dem ersten Test des Erhebungsinstrumentes wurde zunächst untersucht, inwiefern es Schülern möglich ist Vorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in ihrem Arbeitsalltag darzustellen. In Konsequenz des ersten Einsatzes wurde das Instrument nur durch die Ab-

<sup>40</sup>Bei der dabei eingesetzten ersten Version des Instrumentes wurden noch keine Angaben zur Person oder bzgl. der Zuordnung zu einer Fachrichtung bzw. den Naturwissenschaften allgemein erhoben.

frage von Alter, Geschlecht und Fachrichtungszuordnung ergänzt und der modifizierte Bogen wurde im Anschluss bei der explorativen Studie eingesetzt. Ein weiterer Aspekt dieses Einsatzes, der in dem Test vorab bestimmt werden sollte, war die dafür erforderliche Bearbeitungszeit des Bogens. Es zeigte sich, dass bei den Schülern der Schüleruniversität eine Bearbeitungszeit von 10 Minuten ausreichte, den Auftrag zu bearbeiten. Auch bei Schülern, die mehr Zeit für die Bearbeitung bekamen, schien die Zeit nicht der entscheidende Faktor für eine umfangreichere Bearbeitung des Bogens zu sein, so dass für weitere Erhebungen eine Bearbeitungszeit von 10 Minuten veranschlagt wurde, was sich als ausreichend erwies.

## 5.2 Durchführung der Erhebung an Schulen

In der explorativen Studie ging es darum Schülervorstellungen über typische Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern an ausgewählten Schulen im Raum Aachen zu erfassen. Dafür sollten Schüler der Jahrgangsstufen 8 und 9, der Zielgruppe des Schülerlabors, das entwickelte Erhebungsinstrument bearbeiten. An zwei Aachener Schulen<sup>41</sup> wurden dazu im Zeitraum von August bis Oktober 2015 während der regulären Unterrichtszeit insgesamt 10 Klassen besucht. Bei 9 von ihnen geschah dies im Zeitraum zwischen 8:00 und 9:30 Uhr, bei einer Klasse wurde um 12:00 Uhr begonnen. Die Erhebung wurde den Schülern im Vorfeld nicht angekündigt, so dass sich, wie für diese Art der Erhebung gedacht, keiner von ihnen extra darauf vorbereiten konnte. Zu Beginn der Durchführung wurden vom Studienleiter<sup>42</sup> kurze einleitende Worte zum Anliegen und zum Ablauf der Studie gesagt. Dabei wurde erwähnt, dass jeweils Zeichnung und/oder Text dargestellt werden könnten, die Darstellungen anonym abzugeben seien und nicht benotet würden. Daraufhin wurden die Erhebungsbögen (siehe Abb. 5.2) ausgeteilt und die Schüler bekamen die vorgegebene Bearbeitungszeit von 10 Minuten. Danach wurden alle ausgeteilten Bögen wieder eingesammelt. Die Erhebung in der entsprechenden Klasse war hiermit beendet. Gegebenenfalls wurden im Anschluss noch Fragen der Schüler beantwortet.

## 5.3 Auswertungsmethodik für die explorative Studie

Bei der Auswertung der explorativen Studie ging es darum die mit dem offenen Erhebungsinstrument erfassten Darstellungen der Schüler in zeichnerischer und schriftlicher Form nach inhaltlichen Gesichtspunkten zu sichten, zu strukturieren und zu sortieren, so dass im weiteren Verlauf Tätigkeiten und andere Charakteristika naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen zusammengefasst werden konnten.

Eine etablierte Methode einer solchen Auswertung stellt die Inhaltsanalyse dar, von der es allerdings sehr unterschiedliche Definitionen und Varianten gibt (z.B. Mollenhauer & Rittelmeyer

---

<sup>41</sup>Die Erhebung der explorativen Studie fand an der 4. Aachener Gesamtschule und am Kaiser-Karls-Gymnasium statt.

<sup>42</sup>In acht Klassen wurde die Erhebung vom Autor und in zwei Klassen aus organisatorischen Gründen - nach vorheriger Instruktion - vom Klassenlehrer durchgeführt.

(1977), Berelson (1952) beide zitiert nach Mayring (2010), S. 11). Eine Schwierigkeit stellt laut Mayring (2010, S. 11) bereits die Eingrenzung dessen dar, was genau unter Inhalt verstanden wird, denn teilweise sind auch „formale Aspekte der Kommunikation“ wie „unvollständige Sätze“ oder „Wortwiederholungen“ Ziel der Inhaltsanalyse. Außerdem besteht ihm zufolge eine weitere Schwierigkeit darin, „dass sehr viele der vorliegenden Definitionen die Interessen oder das jeweilige Arbeitsgebiet des Autors widerspiegeln und dadurch zu speziell sind“ (Mayring, 2010, S. 11). Mayring (2010, S. 11) hat daher für seine Herangehensweise keine weitere Definition aufgestellt, sondern führt sechs „Spezifika der Inhaltsanalyse“ auf, die ihm zufolge die Inhaltsanalyse als sozialwissenschaftliche Methode kennzeichnen und sie von anderen Methoden unterscheiden. Inhaltsanalyse will laut Mayring (Mayring, 2010, S. 12):

- Kommunikation (Sprache, Bilder, Musik uvm.) analysieren
- auf irgendeine Art protokollierte, das heißt „fixierte Kommunikation“ (Texte, Bilder, Noten, Symbole) untersuchen
- eine systematische Vorgehensweise verwenden, im Unterschied zum freien Interpretieren
- eine regelgeleitete Vorgehensweise nutzen, so dass die Analyse von anderen nachvollzogen und überprüft werden kann
- theoriegeleitet vorgehen, das heißt auf bisherige Erkenntnisse aufbauen und dabei an das konkrete Material anknüpfen
- „Rückschlüsse auf bestimmte Aspekte von Kommunikation ziehen“, z.B. Aussagen über Absichten und Wirkungen von „Sender“ und „Empfänger“ einer Botschaft.

Weiter beschreibt Mayring (2010, S. 13ff) bis dahin verwendete Verfahren und entwickelt darauf aufbauend seine Methodik für verschiedene Formen der Inhaltsanalyse. Die von Mayring (2010, S. 13ff) als „inhaltsanalytische Grundtechniken“ bezeichneten Verfahren, wie die Frequenzanalyse, die Valenz-/Intensitätsanalyse und die Kontingenzanalyse, sind als alleinige Auswertungsmethode für diese explorative Studie nicht geeignet, weil sie bereits davon ausgehen, dass zu Beginn der Analyse Kategorien deduktiv (z.B. aus der Theorie) vorgegeben werden können. In der vorliegenden Arbeit sollten jedoch gerade durch die offene Herangehensweise an die Schülervorstellungen überhaupt erst Schwerpunktbereiche von Tätigkeiten gefunden werden, weil zum Zeitpunkt der Erhebung keine entsprechenden Kategorien aus der Literatur bekannt waren. Im Unterschied zu den teils rein quantitativen Grundtechniken wurde von Mayring ein explizites Vorgehen zur *qualitativen* Inhaltsanalyse entwickelt, in der aber auch quantitative Schritte enthalten sein können. Seine Begründung für den insgesamt qualitativen Charakter einer solchen Analyse lautet:

„Diese Kategorien müssen aber erst erarbeitet werden, müssen am Material ausprobiert werden. Das ist Hauptbestandteil inhaltsanalytischer Arbeit, ein Vorgehen, das eindeutig qualitativer Art ist. Von diesem qualitativen Anfangsschritt hängen entscheidend die Ergebnisse der Inhaltsanalyse ab.“ (Mayring, 2010, S. 20)

Für eine qualitative Inhaltsanalyse muss ihm zufolge zuerst das zu analysierende Ausgangsmaterial festgelegt werden, anschließend die zu untersuchende Fragestellung definiert werden und als Kernbestandteil ein Ablaufmodell der Analyse aufgestellt werden:

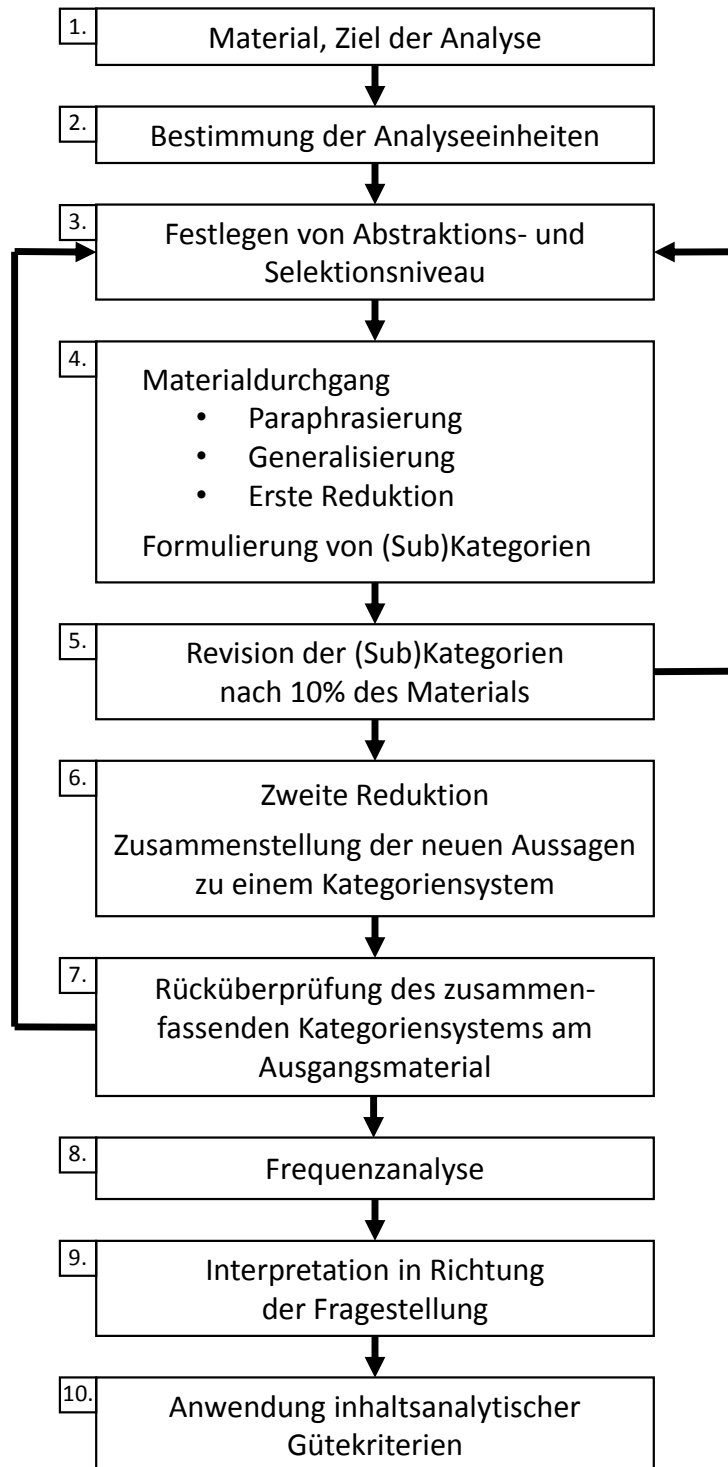
„Eben darin besteht die Stärke der qualitativen Inhaltsanalyse gegenüber anderen Interpretationsverfahren, dass die Analyse in einzelne Interpretationsschritte zerlegt wird, die vorher festgelegt werden. Dadurch wird sie für andere nachvollziehbar und intersubjektiv überprüfbar, dadurch wird sie übertragbar auf andere Gegenstände, für andere benutzbar, wird sie zur wissenschaftlichen Methode. Das Ablaufmodell der Analyse muss zwar im konkreten Fall an das jeweilige Material und die jeweilige Fragestellung angepasst werden, es lässt sich jedoch ein allgemeines Modell zur Orientierung aufstellen.“ (Mayring, 2010, S. 59)

Dieses allgemeine Modell wird von Mayring je nach Ziel der Analyse noch in speziellere Ablaufmodelle untergliedert (2010, S. 64). Für ihn lassen sich diverse „Grundformen des Interpretierens“ (Valenz- und Intensitätsanalysen, Kontingenzanalysen, Fallstudien, Klassifizierungen, Hermeneutik, strukturelle Semantik und Textanalyse u.v.m.) im Wesentlichen drei Analysetechniken zuordnen: Der Zusammenfassung (mit induktiver Kategorienbildung), der Explikation (mit enger oder weiter Kontextanalyse) und der Strukturierung (mit deduktiver Kategorienbildung).

Entsprechend der Forschungsfrage 1 für diese explorative Studie nach einem Überblick über die Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in ihrem Arbeitsalltag wird hier die Analysetechnik der Zusammenfassung gewählt, weil einerseits das erhobene Datenmaterial inhaltlich reduziert werden soll und andererseits aus dem Material (auch im Hinblick auf die Interventionsstudie) Kategorien von Tätigkeiten entwickelt werden sollen.

Bei der zusammenfassenden Inhaltsanalyse ist es Mayring zufolge wichtig, dass einerseits die Abstraktionsebenen festgelegt werden und andererseits die dafür nötigen Schritte als „Makrooperatoren der Reduktion“ (z.B. Selektion, Generalisation, Auslassen und Bündelung) formuliert werden (Mayring, 2010, S. 67). Auf Basis des Ablaufmodells der zusammenfassenden Inhaltsanalyse (Mayring, 2010, S. 68) beziehungsweise des darauf aufbauenden Prozessmodells zur induktiven Kategorienbildung (S. 84) wurde für die vorliegende Arbeit das Ablaufmodell in Abbildung 5.3 aufgestellt. Dieses Ablaufmodell wurde zur Auswertung der explorativen Studie eingesetzt und wird im Folgenden ausführlich beschrieben:

1. Der erste Schritt besteht in der Festlegung des zu untersuchenden Datenmaterials und des Ziels für die angestrebte Analyse. Das Material, mit dem diese Analyse durchgeführt werden soll, wurde mit dem in Unterkapitel 5.1 beschriebenen Instrument in zwei Schulen in Aachen erhoben (Kapitel 5.2). Dabei wurden von insgesamt 199 Schülern Erhebungsbögen eingesammelt. Aufgrund von offensichtlich nicht zum Thema gehörenden oder fehlenden Angaben konnten zehn der Bögen für die Analyse nicht weiter betrachtet werden, so dass insgesamt 95% der ausgegebenen Erhebungsbögen zur Auswertung genutzt werden konnten. Im Folgenden werden für die explorative Studie Daten von  $N_{\text{ExploStudie}} = 189$  Schülern betrachtet. Das Ziel dieser Analyse ist es, die von den Schülern dargestellten Tätigkeiten zusammenzufassen und zu Kategorien zu bündeln. Dazu sollen zunächst mögliche weitere Elemente, die dargestellt wurden, wie Gegenstände, Charakteristika von Personen u.ä. nicht weiter betrachtet werden, sofern sie nicht direkt etwas mit der Tätigkeit zu tun haben. Bei der späteren Frequenzanalyse werden solche Elemente dann gesondert betrachtet.



**Abbildung 5.3:** Ablaufmodell für die Analyse der explorativen Studie auf Basis der zusammenfassenden Inhaltsanalyse nach Mayring (2010).

2. Im zweiten Schritt des Ablaufmodells werden die Analyseeinheiten bestimmt, zu denen Kontexteinheit, Kodiereinheit und Auswertungseinheit gehören<sup>43</sup> (Mayring, 2010, S. 59). In der vorliegenden Studie geht es, wie in Kapitel 5.1 erläutert, um die Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in ihrem Arbeitsalltag, die durch die Darstellung von drei typischen Situationen erfasst werden. Hierbei steht nicht der einzelne Schüler im Fokus, sondern die von ihm dargestellten Situationen. Im Arbeitsauftrag wird zur Darstellung dieser Situationen in zeichnerischer und/oder schriftlicher Form aufgefordert. Zeichnung und Beschreibung können bzw. sollen sich ergänzen und gehören somit untrennbar zusammen. Für die Analyse wird daher eine einzelne Situation als Kontexteinheit festgelegt. Bei der Auswahl des Erhebungsinstrumentes wurde bereits die Unabhängigkeit von der Art der Darstellung (Zeichnung oder Text) als Vorteil bewertet und diese Unabhängigkeit wird durch die Festlegung von Zeichnung und zugehörigem Textfeld als gemeinsame Kontexteinheit gewährleistet.

Der kleinste zu betrachtende Bestandteil einer Situation, das heißt eine Kodiereinheit, kann aus einem einzelnen Gegenstand in der Zeichnung oder einem einzelnen Wort des zugehörigen Textes bestehen. Gegebenenfalls wird die gesamte Situation (Gesamtheit aus Zeichnung und Text) als Kodiereinheit betrachtet, wenn beispielsweise dieselbe Tätigkeit in der Zeichnung und im Text dargestellt wurde. Auf diese Weise kann in einer Situation eines einzelnen Schülers eine Art von Tätigkeit (oder ein Gegenstand) maximal einmal vorkommen. Pro Schüler sind somit entsprechend der Situationen maximal drei Vorkommen (Kodierungen) einer Art von Tätigkeiten (oder Gegenständen) möglich.

Aufgrund des Erhebungsinstrumentes ist es beim Analysieren logisch, dass die drei Darstellungen von Situationen auf einem Bogen, d.h. diejenigen eines einzelnen Schülers, eine Auswertungseinheit bilden. Hierbei werden die Situationen entsprechend der Beschriftung und Position auf dem Bogen als erste, zweite und dritte Situation bezeichnet (vgl. Abb. 5.2), unabhängig davon, ob ein Schüler alle Situationen bearbeitet hat.

3. Als nächster Schritt im Ablaufmodell folgte die Festlegung des Selektionsniveaus und der Abstraktionsniveaus, die nach Anwenden der Makrooperatoren zur Reduktion erreicht werden sollten. Beim ersten Materialdurchgang sollte zunächst jede Form von Tätigkeit im weiteren Sinne auf eine beschreibende Kurzform gebracht werden (Paraphrasierung). Aspekte, die für die Tätigkeiten keine direkte Relevanz besaßen, wurden an dieser Stelle<sup>44</sup> nicht weiter betrachtet (Selektion). Nach der darauffolgenden Generalisierung und ersten Reduktion sollten lediglich die Konzepte der Tätigkeiten auf einer einheitlichen, sprachlichen Ebene formuliert sein. Nach der zweiten Reduktion sollte ein allgemeines Kategoriensystem von Tätigkeiten mit einer überschaubaren Anzahl von Tätigkeiten stehen.
4. Für die Analyse des erhobenen Materials ( $N_{\text{ExploStudie}} = 189$ ) wurden die auswertbaren Bögen des Erhebungsinstrumentes durchnummeriert, so dass in der weiteren Analyse stets einfach ein Rückbezug auf die konkrete Situation im Ausgangsmaterial möglich

---

<sup>43</sup>Eine Kontexteinheit beschreibt den größtmöglichen Bestandteil, der für die Analyse betrachtet wird. Die Kodiereinheit hingegen legt fest, welches der kleinstmögliche Bestandteil sein darf. Die Auswertungseinheit legt fest, in welcher Reihenfolge jeweils bei der Auswertung vorgegangen wird.

<sup>44</sup>Einige Aspekte, wie z.B. *Gegenstände*, wurden im Rahmen der Frequenzanalyse noch weiter betrachtet.

war. Anschließend wurde mit der Paraphrasierung und der Bildung von Subkategorien begonnen, wobei gemäß der Empfehlung von Mayring vorgegangen wurde:

„Bei großen Materialmengen ist es oft nicht mehr möglich, alle inhaltstragenden Textstellen zu paraphrasieren. Hier können mehrere Analyseschritte zusammengefasst werden. Vor dem Herausschreiben jeder neuen generalisierten Paraphrase wird überprüft, ob sie nicht schon in den bisherigen enthalten ist, ob sie nicht mit anderen generalisierten Paraphrasen in Bezug steht, sodass sie bündelbar, konstruierbar, integrierbar zu einer neuen Aussage ist.“ (Mayring, 2010, S. 69f)

5. Nach Durcharbeiten von etwa 10% des Materials (20 Bögen) wurden die bis dahin gebildeten Subkategorien untereinander und einzeln hinsichtlich des Abstraktionsniveaus verglichen und falls nötig angepasst.
6. Beim weiteren Durcharbeiten des Materials wurden wie bisher nur bei neuen Aspekten auch neue Subkategorien hinzugefügt. Außerdem wurde am Schluss eine weitere Reduktion vorgenommen und ein finales Kategoriensystem von Tätigkeiten aufgestellt. In der Tabelle 5.1 wird beispielhaft die Entwicklung von Paraphrasen hin zur Kategorie *Experimentieren* gezeigt. Zu jeder dargestellten Situation wurden anhand der Zeichnung und der dazugehörigen Beschreibung Paraphrasen gebildet, die Formulierungen der Schüler übernehmen konnten und in diesem Beispiel alle einen Aspekt des *Experimentierens* beinhalten. Auf der nächsten Stufe wurde z.B. für die Worte *Stickstoff*, *verschiedene Stoffe* und *Chemikalien* ein Oberbegriff gewählt, in dem alle bisherigen Begriffe enthalten sind und der möglicherweise eine neue Abstraktionsebene darstellt. Hier wurde entschieden als Generalisierung *Chemikalien* zu nutzen, so dass die spätere Subkategorie der Tätigkeit dementsprechend *Experimentieren mit Chemikalien* genannt wurde. Weitere Aspekte des Experimentierens besonders aus dem physikalischen Bereich waren noch Magnetismus, Teilchen, Kräfte, Strahlung und Raketen. Analog zur Kategorie des Experimentierens wurden für alle weiteren Paraphrasen anderer Tätigkeiten ebenfalls Zusammenhänge gesucht und Generalisierungen entwickelt, so dass aus ihnen weitere Kategorien hervorgingen.
7. Das zusammenfassende Kategoriensystem wurde im siebten Schritt nochmals auf seine Repräsentativität der Paraphrasen geprüft und schließlich abgeschlossen.
8. Mit der induktiven Herleitung des Kategoriensystems von Tätigkeiten wurde ein Hauptziel dieser explorativen Studie erreicht. Durch dieses Kategoriensystem ist es möglich zusammenfassend anzugeben, *welche* Tätigkeiten in den Darstellungen der Schülervorstellungen vorkommen. Um zusätzlich einen Eindruck von der Verbreitung der jeweiligen Vorstellungen unter den Schülern zu bekommen, das heißt *wie häufig* Vorstellungen einer bestimmten Kategorie vorkommen, wird im achten Schritt eine der Grundtechniken inhaltsanalytischer Verfahren, die Häufigkeits- oder Frequenzanalyse (Mayring, 2010, S.13ff) durchgeführt. Bei dieser quantitativen Analyse wird die Häufigkeit bestimmter Aspekte oder Kategorien bestimmt, so dass diese miteinander verglichen werden können. Dies war im Hinblick auf die Interventionsstudie wichtig, bei der eine Auswahl von wichtigen Tätigkeiten (z.B anhand der Häufigkeit) vorgenommen werden sollte.

**Tabelle 5.1:** Entwicklung des Kategoriensystems für die explorative Studie am Beispiel der Kategorie *Experimentieren*: Zusammenfassung von Paraphrasen der Schülerdarstellungen erst zu Subkategorien und dann zu Kategorien.

Paraphrase	Subkategorie	Kategorie
Es werden Aggregatzustände untersucht und es wird mit Stickstoff und Eis gearbeitet	Experimentieren mit Chemikalien	Experimentieren
Es wird untersucht wie verschiedene Stoffe aufeinander reagieren		
Eine Frau vermischt Chemikalien		
Ein Forscher arbeitet mit dem Gasbrenner	Experimentieren mit Geräten	
Eine Person untersucht mit einem Mikroskop kleine Sachen		
Ein Physiker misst die Auslenkung einer Feder mit dem Lineal		
Test von Medikamenten an Ratten	Experimentieren an Lebendem (Pflanzen, Tiere, Menschen)	
Person ist bei Gehirnforschung mit Kabeln an Geräten angeschlossen		
In wissenschaftlicher Studie wird Auswirkung von Kunststoff auf menschlichen Körper untersucht		
Eine Person sezirt einen Frosch mit einem Messer	Experimentieren an Totem (Organen, Fossilien)	
Herzen und andere Organe werden sezirt		
Ein Forscher erforscht Fossilien und Dinosaurierknochen		
Eine Person experimentiert mit Strom	Experimentieren mit Elektrizität	
Ein Mann arbeitet mit elektrischen Kabeln		

Zur Bestimmung der Häufigkeiten der induktiv hergeleiteten Tätigkeitskategorien wurde ein Manual erstellt, das eine Zuordnung des Ausgangsmaterials zu den Kategorien ermöglicht. Im Prinzip wurden dazu genau die Paraphrasen beschrieben, die zur Herleitung einer Kategorie geführt haben. Die Beschreibung im Manual sollte dazu einerseits möglichst gut dazugehörige Subkategorien mit einschließen und andererseits Tätigkeiten anderer Kategorien ausgrenzen.

Für die Frequenzanalyse wurden neben den Tätigkeitskategorien noch weitere Aspekte hinzugenommen, die für eine umfassende Beschreibung von Schülervorstellungen über den Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern als untersuchenswert erachtet wurden. Dazu gehörten zum einen Aspekte, die während der Kategorienbildung aufgefallen waren, und zum anderen Aspekte, die für einen Vergleich mit bisherigen Untersuchungen betrachtet werden sollten. So wurden beim *Draw-A-Scientist-Test* bestimmte Merkmale der gezeichneten Person untersucht, wie beispielsweise Kittel, Haare und Brille (Chambers, 1983,

Finson, 2002). Des Weiteren vermutete Höttecke, dass bei einer erneuten Untersuchung möglicherweise „Computer als markantes Zeichen wissenschaftlicher Arbeitsumgebungen“ stärker betont würden, als es bis dahin der Fall war (Höttecke, 2001, S. 50). Für die Frequenzanalyse werden aus diesem Grund weitere Aspekte wie *Gegenstände*, teilweise mit Unteraspekten, hinzugefügt. Auf diese Art konnte zum Beispiel erfasst werden, ob in den Schülerdarstellungen ein Gasbrenner, ein Mikroskop oder ein Tisch vorkamen. Für alle zu zählenden Kategorien und Subkategorien wurde in einer Tabelle entsprechend dem Vorkommen (1) oder der Abwesenheit (0) ein Eintrag vorgenommen. Die Häufigkeiten der Einträge konnten so im Anschluss mit einem Tabellenkalkulationsprogramm (in vorliegenden Fall mit SPSS) weiter ausgewertet werden.

9. Im Rahmen einer Interpretation der Ergebnisse wurden Schlussfolgerungen zu den erhobenen Schülervorstellungen gezogen. Hierbei wurde versucht die Schülerdarstellungen möglichst deskriptiv zu präsentieren und nicht zu frei und tiefgehend zu interpretieren, denn dies war nicht Ziel der explorativen Studie. Die Ergebnisse wurden außerdem mit den Ergebnissen bisheriger Untersuchungen verglichen und der Einsatz des Erhebungsinstrumentes wurde analysiert.
10. Im letzten Schritt wurden Gütekriterien behandelt, die auf qualitative Analysemethoden angewendet werden können. Zu diesen Gütekriterien gehören vor allem Maße der Zuverlässigkeit (Reliabilität) und der Gültigkeit (Validität). Krippendorff unterscheidet insgesamt acht Konzepte, die sich unter diesen beiden subsumieren lassen (1980, S. 158, zitiert nach Mayring, 2010, S. 119). Von diesen wurden zwei für diese explorative Studie als besonders sinnvoll und relevant erachtet, so dass diese angewandt wurden und hier erläutert werden:

Im Falle dieser explorativen Studie wurde zur Überprüfung der Reliabilität der Einteilung in das Kategoriensystem, das „spezifisch inhaltsanalytische Gütekriterium“ der Intercoderreliabilität von Mayring angewandt (Mayring, 2010, S. 118). Dazu wurde ein Teil der vorliegenden Daten (10%) auch von einer zweiten Person ausgewertet, das heißt kodiert. Die von diesen beiden Kodierern vorgenommenen Kategorisierungen konnten dann miteinander verglichen werden. Dabei gibt Ritsert zu bedenken: „Je differenzierter und umfangreicher das Kategoriensystem, desto schwieriger ist es, eine hohe Zuverlässigkeit der Resultate zu erzielen, obwohl gleichzeitig die inhaltliche Aussagekraft einer Untersuchung steigen kann“ (Ritsert, 1972, S. 70 zitiert nach Mayring, 2010, S. 117). Zur Quantifizierung der Übereinstimmung zwischen den beiden Kodierern wurde für diese explorative Studie an späterer Stelle (Kapitel 5.4.6) der weitverbreitete Koeffizient  $\kappa$  nach Cohen berechnet (Bortz und Schuster, 2010, S. 468).

Eine Überprüfung der Ergebnisse dieser explorativen Studie auf Validität wurde vor allem durch Vergleiche mit bisherigen Untersuchungen mit *Draw-A-Scientist-Test*-Formaten vorgenommen. Soweit vorhanden, wurden dazu in ähnlichen Untersuchungen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu den eigenen Ergebnissen herausgearbeitet und mit diesen gemeinsam präsentiert. Bei solchem Vorgehen handelt es sich nach Krippendorff (1980, zitiert nach Mayring, 2010, S. 119) auch um eine Form der Validierung, die er als „korrelative Gültigkeit“ bezeichnet:

„*Korrelative Gültigkeit* meint eine Validierung durch Korrelation mit einem Außenkriterium. Eine Überprüfung ist nur möglich, wenn bereits Ergebnisse einer Untersuchung mit ähnlicher Fragestellung und ähnlichem Gegenstand vorliegen. Sinnvoll erscheinen vor allem Vergleiche mit Ergebnissen, die durch andere Methoden wie Test, Experiment oder Beobachtung gewonnen wurden. Aber auch der umgekehrte Weg ist gangbar: Oft lassen sich Analyseinstrumente oder Gegenstände angeben, die zu völlig anderen oder gar entgegengesetzten Ergebnissen führen müssten. Dies lässt sich auch korrelativ überprüfen.“ (Mayring, 2010, S. 119)

Nach dieser Beschreibung der Auswertungsmethodik werden im Folgenden die damit erarbeiteten Ergebnisse der explorativen Studie präsentiert.

## 5.4 Ergebnisse der explorativen Studie

Nachdem in den vorherigen Unterkapiteln das Erhebungsinstrument erläutert (Kapitel 5.1), die Durchführung an zwei Aachener Schulen beschrieben (Kapitel 5.2) sowie die Methodik für die Auswertung vorgestellt (Kapitel 5.3) wurden, werden im Folgenden die Ergebnisse der explorativen Studie präsentiert.

Dabei wird mit allgemeinen Angaben zur Stichprobe in Abschnitt 5.4.1 begonnen und anschließend das Kategoriensystem der qualitativen Inhaltsanalyse erläutert (Abschnitt 5.4.3). Das Ergebnis dieser Inhaltsanalyse sind Kategorien von Tätigkeiten, die aus Schülersicht als typisch für den Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern eingestuft und dargestellt wurden. Im Anschluss werden die quantitativen Ergebnisse der Frequenzanalyse präsentiert, die auf Grundlage des zuvor entwickelten Kategoriensystems gewonnen wurden. Dabei werden zunächst die Häufigkeiten der verschiedenen Tätigkeiten vorgestellt (Abschnitt 5.4.5) und dann Indikatoren für Kommunikation und Kooperation in den Situationen aufgezeigt (Abschnitt 5.4.5.2). Zur weiteren Charakterisierung der Schülerdarstellungen wurden darüber hinaus einige Zusatzkategorien zu den vorkommenden Gegenständen, Orten und anderen Merkmalen ausgewertet (Abschnitt 5.4.5.3). Zum Schluss erfolgt eine Betrachtung von Gütekriterien der Analyse in Abschnitt 5.4.6.

### 5.4.1 Angaben zur Stichprobe

Zunächst werden an dieser Stelle einige allgemeine Angaben zur Stichprobe vorgestellt. Insgesamt wurde auswertbares Datenmaterial von  $N_{\text{ExploStudie}} = 189$  Schülern der Zielgruppe des Schülerlabors an zwei Aachener Schulen, der 4. Aachener Gesamtschule und dem Kaiser-Karls-Gymnasium, gesammelt. An der Gesamtschule fand die Erhebung in der achten und in der neunten Jahrgangsstufe jeweils in vier Klassen statt. Damit wurden dort alle Klassen einer Jahrgangsstufe erfasst. Bei der Erhebung am Gymnasium wurden in der Jahrgangsstufe acht Datensätze von zwei Klassen erhoben, bei denen es sich nicht um Klassen mit bestimmten Schwerpunkten handelte. Somit lag weder bei den Schülern der Gesamtschule noch bei denen des Gymnasiums eine Auswahl von fächerspezifischen Interessensgruppen vor.

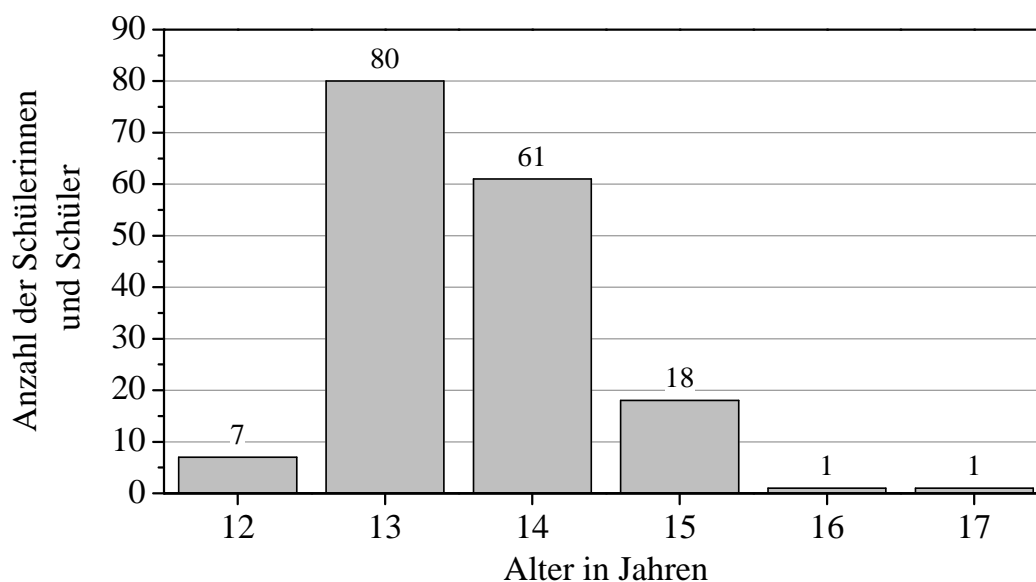
Die Tabelle 5.2 zeigt die Verteilung der 189 Schüler auf die Klassenstufen 8 und 9, auf die Schulformen Gesamtschule und Gymnasium sowie auf die Angaben zum Geschlecht. Aus der Jahrgangsstufe acht liegen demnach etwa doppelt so viele Datensätze (130) vor wie aus der Jahrgangsstufe neun (59). Während in der Jahrgangsstufe acht die Schüler zum Geschlecht die Angabe *männlich* deutlich häufiger (Gymnasium) bzw. etwas häufiger (Gesamtschule) machten, wurde in der Jahrgangsstufe neun von einer knappen Mehrheit als Geschlecht *weiblich* angegeben. Insgesamt machte etwa die Hälfte aller 189 Schüler die Angabe *männlich* zum Geschlecht, etwa 42% der Schüler gaben *weiblich* an und weniger als ein Zehntel der Schüler (8%) machte keine Angaben zum Geschlecht.

Mit dem Erhebungsinstrument wurde auch das Alter der Schüler abgefragt. Die Verteilung der Altersangaben der Schüler dieser explorativen Studie wird in Abbildung 5.4 gezeigt. Aus den vorhandenen Angaben von 168 Schülern beider Jahrgangsstufen wurde ein Durchschnittsalter von  $(13,6 \pm 0,8)$  Jahren berechnet (21 Schüler machten keine Angabe zum Alter). Getrennt

**Tabelle 5.2:** Verteilung der insgesamt 189 Schüler auf Jahrgangsstufen, Schulform und Geschlecht. Keine Angaben (k.A.) zum Geschlecht von 16 Schülern.

		weiblich	männlich	k. A.	Summe
Jahrgangsstufe 8	Gesamtschule	33 42%	36 46%	10 13%	79 (61% der Jg.-Stufe)
	Gymnasium	16 31%	35 69%	0 0%	51 (39% der Jg.-Stufe)
	<b>Summe</b>	<b>49</b> <b>38%</b>	<b>71</b> <b>55%</b>	<b>10</b> <b>8%</b>	<b>130 (69% aller Schüler)</b>
Jahrgangsstufe 9	Gesamtschule	30 51%	23 39%	6 10%	59 (31% aller Schüler)
<b>Gesamtsumme</b>		<b>79</b>	<b>94</b>	<b>16</b>	<b>189 Schüler</b>
Anteile aller Schüler		<b>42%</b>	<b>50%</b>	<b>8%</b>	

nach Jahrgangsstufen ergaben sich die folgenden Durchschnittsalter: in der Jahrgangsstufe 8 sind es  $(13,3 \pm 0,6)$  Jahre und in der Jahrgangsstufe 9 sind es  $(14,4 \pm 0,6)$  Jahre. Somit liegen die Durchschnittsalter der beiden Jahrgangsstufen in dieser explorativen Studie etwa 13 Monate auseinander.



**Abbildung 5.4:** Altersverteilung der Schüler der explorativen Studie (insgesamt 168, keine Angabe von 21 Schülern). Das Durchschnittsalter beträgt  $(13,6 \pm 0,8)$  Jahre.

### 5.4.2 Datengrundlage für die Inhaltsanalyse

Bei der explorativen Studie wurde das in Kapitel 5.1 beschriebene Erhebungsinstrument eingesetzt, um Schüler ihre Vorstellungen von Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern darstellen zu lassen. Ein wichtiger Unterschied zu bisherigen *Draw-A-Scientist-Test*-Formaten (z.B. Chambers, 1983, Finson, 2002) war insbesondere, dass nicht nur *eine*, sondern *drei* Zeichnungen angefertigt werden konnten. Außerdem gab es wie auch bei ähnlichen Erhebungsinstrumenten (z.B. dem *Draw-A-Scientist-Teacher Test*) die Möglichkeit die Zeichnungen mit Texten zu ergänzen.

Inwieweit dies von den Schülern genutzt wurde, wird an dieser Stelle untersucht. Diese Nutzung kann als erster Indikator betrachtet werden, ob die Erweiterung auf drei Situationen zu der angestrebten differenzierteren Darstellung von Vorstellungen geführt haben kann.

In dieser explorativen Studie lag der Fokus besonders darauf, *welche* Vorstellungen generell vorliegen, nicht wie häufig diese bei einzelnen Schülern vorkommen. Daher stehen bei der Auswertung die *Situationen* im Mittelpunkt. Die insgesamt 189 Schüler hatten jeweils die Möglichkeit drei Situationen darzustellen, so dass insgesamt 567 Situationen erstellt werden konnten. Die Tabelle 5.3 zeigt die Anzahlen und Häufigkeiten der von den Schülern bearbeiteten Situationen. Demnach haben mehr als die Hälfte der Schüler alle drei Situationen zur Darstellung ihrer Vorstellungen genutzt, etwas mehr als ein Viertel der Schüler nutzte zwei Situationen und nur etwa jeder fünfte Schüler fertigte nur ein einzige Darstellung einer Situation an. Mit insgesamt 436 Situationen stellten die Schüler im Durchschnitt 2,3 Situationen pro Person dar.

**Tabelle 5.3:** Absolute und relative Häufigkeiten der Bearbeitung von Situationen durch die Schüler.

Situationen pro Person	Schüler		Situationen	
	Anzahl	Anteile	Anzahl	Anteile
3	98	51,9%	294	67,4%
2	51	27,0%	102	23,4%
1	40	21,1%	40	9,2%
$\bar{x} = 2,3$	<b>189</b>	100%	<b>436</b>	100%

Die Häufigkeiten der Bearbeitung der drei Situationen lassen die Vermutung zu, dass die Situationen auf dem Erhebungsbogen in der Regel der Reihenfolge nach von Situation 1 bis Situation 3 bearbeitet wurden. So zeigt die Tabelle 5.4, dass für nahezu alle Situationen 1 Darstellungen angefertigt wurden, während die Situationen 2 in mehr als drei von vier Fällen bearbeitet wurden und die Situationen 3 noch von etwas mehr als der Hälfte der Schüler dargestellt wurden. Insgesamt wurde die Möglichkeit zur Darstellung von zwei oder drei Situationen auf dem entwickelten Erhebungsinstrument von einer deutlichen Mehrheit (78,9%) der Schüler genutzt. Ob sich die Darstellung von mehreren Situationen pro Person auch auf die Inhalte auswirkte, zeigte sich im Rahmen der Frequenzanalyse (siehe Kapitel 5.4.5).

#### Zuordnung der Situationen zu den Fachrichtungen

Ein grobes Unterscheidungsmerkmal bei der Untersuchung von Vorstellungen über Naturwissenschaftler kann die dargestellte Fachrichtung sein. Im Falle dieser explorativen Studie wurde

**Tabelle 5.4:** Bearbeitungshäufigkeit der drei Situationen durch die 189 Schüler.

	Situation 1	Situation 2	Situation 3	Summe
Häufigkeit der Bearbeitung	186	147	103	436
Bearbeitungsquote (bzgl. 189)	98,4%	77,8%	54,5%	

die Entscheidung darüber, welcher Fachrichtung die dargestellten Situationen zuzuordnen seien, den Schülern überlassen, indem diese auf dem Erhebungsinstrument aufgefordert wurden anzugeben, ob sie ihre Situationen den Naturwissenschaften *allgemein* oder einer bestimmten Fachrichtung (*Biologie*, *Chemie* oder *Physik*) zuordneten. In einer ersten Version des Erhebungsinstrumentes war diese Zuordnung nur für alle drei Situationen gemeinsam möglich. Für eine zweite Version des Erhebungsinstrumentes wurde diesbezüglich eine kleine Änderung vorgenommen, die weiter unten beschrieben wird.

Die erste Version des Fragebogens wurde von 138 Schülern bearbeitet und dabei wurden 146 Zuordnungen vorgenommen. Dies kam einerseits dadurch zustande, dass von 14 Schülern mehr als eine Fachrichtung angegeben wurden, das heißt eine Situation wurde zum Beispiel den Fachrichtungen *Biologie und Chemie* zugeordnet. Gleichzeitig wurden von 9 Schülern (7%) Darstellungen angefertigt, zu denen *keine* Angabe zur Fachrichtung vorlag. Aus diesem Grund summieren sich die Häufigkeiten der fehlenden und der mehrfachen Zuordnungen insgesamt zu mehr als 100%, wenn die Prozentangaben auf die Anzahl der Schüler (138) bezogen werden. Von den Schülern erfolgten 47% der Zuordnungen ihrer Situationen zu den Naturwissenschaften *allgemein*, 15% zur *Biologie*, 36% zur *Chemie* und 8% der Zuordnungen zur *Physik*. Als einzelne Fachrichtung ist somit *Chemie* am häufigsten (mehr als doppelt so häufig wie *Biologie* und mehr als viermal so oft wie *Physik*) den Darstellungen zugeordnet worden. In fast der Hälfte der Fälle wurde jedoch als Zuordnung Naturwissenschaften *allgemein* gewählt. In einigen dieser Fälle wurde aber eine Zuordnung von einzelnen Situationen zu einer Fachrichtung durch entsprechende Beschriftung vorgenommen. Aufgrund dieses Umstandes wurde entschieden eine modifizierte Version des Erhebungsinstrumentes zu erstellen, bei der dann eine Einzelzuordnung der Situationen zu den Fachrichtungen möglich war.

Die Erhebung mit der modifizierten Version des Erhebungsinstrumentes erfolgte bei 51 Schülern. Die einzige Modifikation des Erhebungsinstrumentes bestand darin, dass es in der neuen Version für *jede einzelne Situation* die Ankreuzmöglichkeiten für die Fachrichtungen *Biologie*, *Chemie*, *Physik* oder Naturwissenschaften *allgemein* gab. Auf diese Weise ließ sich nicht nur die Häufigkeit einer Fachrichtung betrachten, sondern auch, in welcher der drei Situationen sie vorkam. Von den 51 Schülern wurden insgesamt 112 Situationen dargestellt, die für die modifizierte Version des Erhebungsinstrumentes als Basis zur Berechnung der Anteile verwendet wurden. Jeder Situation wurde mindestens eine der vier Optionen der Fachrichtungen zugeordnet, so dass es keine fehlenden Angaben gab. Die insgesamt 116 Zuordnungen zu den Fachrichtungen sind in Tabelle 5.5 aufgeschlüsselt nach der Nummer der Situation dargestellt. Hier zeigt sich beispielsweise für die erste Situation, dass den 48 Situationen die Fachrichtung *Chemie* mit 20 Mal am häufigsten zugeordnet wurde, gefolgt von der *Biologie* mit 14, der *Physik* mit 9 und den Naturwissenschaften *allgemein* mit 8 Zuordnungen. Drei Schüler ordneten ihre erste Situation einer Kombination aus zwei der Fachrichtungen *Biologie*, *Chemie* und *Phy-*

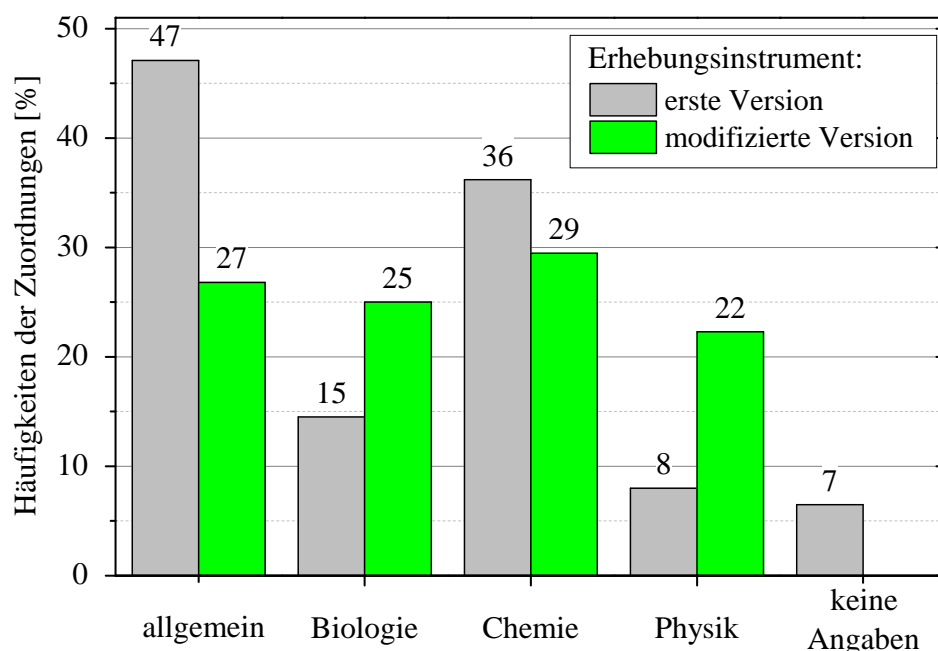
**Tabelle 5.5:** Die Tabelle zeigt, wie die Schüler bei der modifizierten Version des Erhebungsinstrumentes ihre dargestellte erste, zweite und dritte Situation den einzelnen Fachrichtungen oder den Naturwissenschaften allgemein zuordneten. Durch Mehrfachzuordnungen gab es insgesamt mehr Zuordnungen (116) als Situationen (112).

	allgemein	Biologie	Chemie	Physik	Zuordnungen (Sit.)
1. Situation	8	14	20	9	<b>51</b> (48)
2. Situation	15	7	9	9	<b>40</b> (40)
3. Situation	6	7	4	7	<b>25</b> (24)
<b>Summe</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>33</b>	<b>25</b>	<b>116</b> (112)
Anteile (bzgl. 112 Sit.)	27%	25%	29%	22%	104% (100%)

sik zu, so dass für die erste Situation in Summe mehr Zuordnungen (51) als Situationen (48) zu verzeichnen waren. Analoges gilt für die Zuordnungen (25) in der dritten Situation (24), woraus sich summarisch 116 Zuordnungen zu 112 Situationen ergeben. Die zweiten Situationen wurden am häufigsten den Naturwissenschaften allgemein (15) zugeordnet, während in den dritten Situationen die Zuordnungen zu den Fachrichtungen ähnlich häufig ausfielen, wobei *Chemie* mit 4 Zuordnungen sogar am seltensten vorkam.

Zum Vergleich der Zuordnungen zu den Fachrichtungen in den beiden Versionen des Erhebungsinstrumentes werden die jeweiligen Häufigkeiten in der Abbildung 5.5 einander gegenübergestellt. Dabei fällt auf, dass die Häufigkeit der Zuordnung zu den Naturwissenschaften *allgemein* sich mit 47% bzw. 27% für beide Versionen deutlich unterscheidet, während die Zuordnungen zur *Chemie* 36% bzw. 29% betragen. Bei Betrachtung der drei einzelnen Fachrichtungen war *Chemie* stets diejenige mit den meisten Zuordnungen. Beim Vergleich der drei Fachrichtungen von der ersten zur zweiten Version des Erhebungsinstrumentes ist festzustellen, dass sich in der ersten Version die *Chemie* mit 36% und die *Physik* mit 8% erkennbar unterscheiden, während bei der zweiten Version der Unterschied zwischen *Chemie* (29%) und *Physik* (22%) deutlich geringer ausfällt. Möglicherweise wurde bei der ersten Version des Erhebungsinstrumentes die Zuordnung zu Naturwissenschaften *allgemein* so häufig gewählt, weil verschiedene Fachrichtungen dargestellt wurden, aber keine dafür nötige Differenzierung möglich war. Als die modifizierte Version des Erhebungsinstrumentes eine einzelne Zuordnung erlaubte, ging dieser Anteil von 47% auf 27% zurück. Gleichzeitig wurden dementsprechend mehr Zuordnungen auch zu den anderen Fachrichtungen vorgenommen, so dass deren Häufigkeiten insgesamt homogener (zwischen 22%-29%) ausfielen. Die Möglichkeit zur Differenzierung wurde offenbar von den Schülern angenommen und führte zu einer veränderten, gleichmäßigeren Verteilung der Zuordnungen auf die Fachrichtungen. Inwieweit die Schüler den Arbeitsauftrag in der modifizierten Version des Erhebungsinstrumentes zum Teil so verstanden haben, dass für jede der drei Fachrichtungen Biologie, Chemie und Physik genau eine Darstellung angefertigt werden soll, kann nicht beurteilt werden.

Bis hierher wurden die Angaben zur Schulform, Jahrgangsstufe und den Häufigkeiten von bearbeiteten Situationen dargestellt sowie die Angaben der Schüler zu ihrem Geschlecht, Alter und der Zuordnung ihrer Situationen zu den Fachrichtungen zusammenfassend wiedergegeben. Es folgt nun die inhaltliche Auswertung der dargestellten Situationen.



**Abbildung 5.5:** Zuordnungen der Situationen zu Fachrichtungen durch die Schüler im Falle der ersten und der modifizierten Version des Erhebungsinstrumentes. Durch mehrfache Zuordnungen einiger Situationen ergeben sich für beide Versionen des Erhebungsinstrumentes Summen über 100%.

### 5.4.3 Das entwickelte Kategoriensystem

Zur Untersuchung der Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in ihrem Arbeitsalltag wurden die Darstellungen der  $N_{ExploStudie} = 189$  Schüler analysiert. Die Schüler hatten auf dem Erhebungsinstrument den Auftrag bekommen, aus ihrer Sicht drei typische Situationen aus dem Arbeitsalltag von Personen, die in den Naturwissenschaften arbeiten, in Form von Zeichnungen und Text darzustellen. Dazu wurden von den Schülern insgesamt 436 Situationen bearbeitet, die gemäß des Ablaufmodells der zusammenfassenden Inhaltsanalyse (vgl. Kapitel 5.3 bzw. darin die Abbildung 5.3) ausgewertet wurden. Im Folgenden wird das entwickelte Kategoriensystem von Tätigkeiten präsentiert und damit die forschungsleitende Frage 1.a) beantwortet (vgl. Kapitel 4).

Die induktive Kategorienbildung hatte zum Ziel alle Tätigkeiten, die in den Schülerzeichnungen und -texten identifiziert werden konnten, systematisch zu erfassen und in Kategorien zusammenzufassen. Bei dieser Kategorienbildung ging es somit zunächst darum herauszufinden, *welche* Tätigkeiten überhaupt vorkommen. In einer einzelnen Situation konnten dabei durchaus mehrere Tätigkeiten dargestellt sein. Durch das Vorgehen des inhaltsanalytischen Zusammenfassens war es möglich, dass auch Tätigkeiten, die nur von wenigen Schülern bzw. in wenigen Situationen dargestellt wurden, zu einer Kategorie führten. Die Tabelle 5.6 zeigt die finalen Kategorien von Tätigkeiten (in alphabetischer Reihenfolge) und gegebenenfalls die dazugehörigen Subkategorien. Insgesamt wurden 15 Kategorien mit 7 Subkategorien gebildet, wobei die Sub-

**Tabelle 5.6:** Die Tabelle zeigt die induktiv hergeleiteten Kategorien und Subkategorien von Tätigkeiten, die in den Schülerdarstellungen identifiziert wurden.

Kategorie	Subkategorie
Arbeiten mit Theorien	gemeinsam mit Kollegen
Aufräumen des Arbeitsplatzes	
Auswerten/Berechnen	
Dokumentieren	
Experimentieren	mit Chemikalien
	mit Geräten (z.B. Mikroskop)
	an Lebewesen (Menschen/Tiere)
	an Totem (Organen/Fossilien)
	gemeinsam mit Kollegen
	für Neues/für ein Ziel
Forschungsreisen unternehmen	
Informationen suchen	
Medizinische Untersuchungen durchführen	
Modelle bauen	
Sich mit Nicht-Wissenschaftlern austauschen	
Sicherheitsaspekte berücksichtigen	
Strukturiert vorgehen	
Tätigkeiten außerhalb der wiss. Arbeit ausführen	
Veröffentlichungen schreiben	
Vortragen/Diskutieren	

kategorien nur zwei verschiedenen Kategorien angehören. Die Subkategorien konnten dabei auch gleichzeitig auftreten, so dass zum Beispiel das *Experimentieren* sowohl *mit Chemikalien* als auch *gemeinsam mit Kollegen* durchgeführt werden konnte.

Im Folgenden werden die hergeleiteten Kategorien im Überblick beschrieben und mit ausgewählten Beispielen veranschaulicht. Schülerzitate werden dabei stets in „Anführungszeichen“ wiedergegeben, wobei Grammatik- und Rechtschreibfehler gegebenenfalls zum besseren Verständnis [durch Ergänzungen in eckigen Klammern] korrigiert wurden.

Die Kategorie *Arbeiten mit Theorien* entstand aus Tätigkeiten, die sich in den Situationen mit dem Aufstellen von Thesen, Hypothesen und Theorien - meist im Vorfeld eines Experimentes - beschäftigten. Wichtig bei diesen Tätigkeiten waren theoretische Überlegungen und Voraussagen, die noch experimentell zu prüfen waren. Die Beschreibung eines 14-jährigen Schülers hierzu lautete: „Für mich muss ein Forscher erst mehre[re] Angaben haben, um eine Theorie aufzustellen“. Auch wenn in diesem Fall mit „Theorie“ möglicherweise einfach eine Formel gemeint war, handelte es sich hier um eine theoretische Herangehensweise, die dieser Kategorie *Arbeiten mit Theorien* zugeordnet wurde. Im Hinblick auf die später zu untersuchenden Vorstellungen von Kommunikation und Kooperation im naturwissenschaftlichen Arbeitsalltag wurden

auf tretende Fälle mit mehreren Personen an dieser Stelle bereits gesondert in der Subkategorie *gemeinsam mit Kollegen*<sup>45</sup> erfasst.

Die zweite Kategorie lautet **Aufräumen des Arbeitsplatzes** und enthält identifizierte Tätigkeiten, bei denen die meist zum Experimentieren verwendeten Materialien wieder weggeräumt wurden. Das Beispiel eines Schülers lautet: „Der Forscher räumt[,] alles ordentlich nach dem Experimentieren auf und hinterlässt seinen Arbeitsplatz sorgfältig.“ Es ist interessant, dass das Aufräumen - in diesem Fall zudem in der zweiten dargestellten Situation - als eine von drei typischen Situationen des Arbeitsalltages vorkommt und so offensichtlich einen hohen Stellenwert für den Schüler einnimmt.

Das **Auswerten/Berechnen** bildet eine Tätigkeitskategorie, die Darstellungen von Analysen und Auswertungen von Messdaten sowie Berechnungen umfasst, die im Anschluss an Experimente stattfanden. Diese Kategorie enthält beispielsweise Darstellungen von Ergebnissen und Grafiken. In der Situation einer 13-jährigen Schülerin findet die Auswertung am Schreibtisch sitzend und auch mit dem Computer statt. Die dazugehörige Beschreibung der Situation lautet: „Der Forscher wertet Versuche[n] etc. aus“.

Die Kategorie **Dokumentieren** entstand aus dargestellten Tätigkeiten, bei denen bei Experimenten oder im Anschluss daran die gemessenen Daten, Werte oder Informationen schriftlich festgehalten wurden. Häufig wurde dies auch mit einer Form von „Protokoll schreiben“ bezeichnet. Hierzu zählen die Beispiele einer 13-jährigen Schülerin: „Der Biologie-Forscher guckt sich eine Pflanze an und schreibt sich seine Bemerkungen auf.“ sowie eines Schülers: „Ein Chemiker dokumentiert die Auswirkung von Säure auf verschiedene Metalle“. In der Kategorie des *Dokumentierens* wurden Tätigkeiten erfasst, die sich mit dem Aufbewahren von Informationen aus Experimenten gegebenenfalls für spätere Auswertungen beschäftigen.

Die Kategorie **Experimentieren** ist die mit Abstand vielfältigste und wie später im Rahmen der Frequenzanalyse noch gezeigt wird, auch die am häufigsten identifizierte Tätigkeit in den Situationen. Hierzu wurden alle Tätigkeiten gezählt, bei denen im weitesten Sinne Versuche, Experimente oder Untersuchungen durchgeführt wurden. Aufgrund der vielen verschiedenen Formen des Experimentierens wurden dafür weitere Subkategorien zur Differenzierung gebildet. Dazu gehörte das Experimentieren *mit Chemikalien*, *mit Geräten* (wie Gasbrennern oder Mikroskopen), *an Lebewesen* (wie Menschen und Tieren) und *an Totem* (wie Organen oder Fossilien). Außerdem wurde auch festgehalten, wenn *gemeinsam mit Kollegen* experimentiert wurde und ob es dabei darum ging *für Neues/für ein Ziel* zu forschen. Die Zeichnungen und Beschreibungen des Experimentierens variierten sehr stark in ihrer Ausführlichkeit und reichten von wenigen Worten wie beispielsweise „Sachen mischen und experimentieren“ zu „Wissenschaftler[,] der in ein[em] Mikroskop versucht etwas neues 'in Wasser' zu finden oder z.B. ein 'Meteoriten'-Stück untersucht.“.

In der Kategorie **Forschungsreisen unternehmen** spielte das Experimentieren zwar teilweise auch eine Rolle, jedoch war das Unterwegssein hierbei von entscheidender Bedeutung. So wurde von einer Schülerin folgende Szene unter anderem mit zwei Personen, Aquarium und Mikroskop dargestellt: „Menschen sind auf einem Schiff und machen Wasserproben, Tiere neu fingen[sic] oder irgendwas anderes.“. Des Weiteren wurde dargestellt, wie im Sand bei Son-

---

<sup>45</sup>Zur kurzen Benennung von Kategorien wurde stets nur die männliche Form stellvertretend für alle Geschlechter verwendet.

nenschein gearbeitet wurde: „Forscher müssen oft in verschiedene Länder, um verschiedene Skelette oder andere interessante Sachen auszugraben.[...]“. Außer der Zeichnung einer schwe-relosen Person oberhalb der Erdkugel wurde die wohl weiteste Expedition in folgendem Fall angetreten: „Ein Team aus Wissenschaftlern bereist das All, um mehr Welten[,] wie die Erde zu finden“. Die dazugehörige Zeichnung zeigte ein Raumschiff, in dessen rundem Fenster eine Person zu sehen war.

**Informationen suchen** war eine Tätigkeit, die vor allem im Vorfeld von Experimenten ausgeübt wurde. Dazu wurden zum Beispiel Schreibtische sowie Bücherregale und -stapel gezeichnet mit der Beschreibung: „Die 2. Situation stellt einen Arbeitsplatz zur Recherche dar.“. Außerdem wurde eine solche Suche durch dieses Zitat veranschaulicht: „Man recherchiert in Bücher[n] oder im Internet auf Hinweise[n], Tipps oder guckt nach ob jemand sowas schon einmal 'unter-sucht' hat“.

Die Kategorie **Medizinische Untersuchungen durchführen** fasste Tätigkeiten zusammen, die von den Schülern offensichtlich auch als naturwissenschaftlich betrachtet wurden, in den darge-stellten Formen jedoch nicht dazu zu zählen waren. Dazu gehörte beispielsweise die Beschäf-tigung mit „Erste Hilfe“, „Schulsanitäter werden“ oder Untersuchungen mit einem Stethoskop („Diese Kopfhörer vom Arzt“).

Für die Kategorie **Modelle bauen** wurde in diesem Fall die gleichlautende Beschreibung einer Situation eingesetzt. Die dazugehörige Zeichnung stellt vermutlich Moleküle beziehungsweise Stränge von DNA-Strukturen mit einem Standfuß dar. Aufgrund des unklaren Zwecks dieser Modelle - sei es für das eigene Verständnis der Person, die sie herstellte, oder für Tests oder Lehrzwecke - konnte diese Tätigkeit keiner anderen Kategorie zugeordnet werden.

**Sich austauschen mit Nicht-Wissenschaftlern** wurde als Tätigkeiten in Situationen angetrof-fen, in denen Personen außer Kollegen beteiligt waren. Dazu zählten zum Beispiel „Schüler“, „Studenten“, „Patienten“ oder „Firmenbesitzer“. Eine Beschreibung (ohne Zeichnung) hierzu lautete: „Der Forscher erklärt den Schülern die Sicherheitsvorgänge und was sie beim Experi-mentieren beachten müssen.“. Hierin klingt neben der Interaktion von Forscher und Schülern die Relevanz von Sicherheit für die Schüler an, für die aus diesem Grund auch eine eigene Ka-tegorie entstand.

In der Kategorie **Sicherheitsaspekte berücksichtigen** wurden sämtliche Anzeichen zur Beach-tung und Einhaltung von Sicherheitsmaßnahmen zusammengefasst. Darunter fielen Darstellun-gen von Schutzbrillen und Schutzhandschuhen, aber auch Gefahrensymbole und Sicherheits-hinweise wie zum Beispiel, dass lange Haare zu einem Zopf gebunden werden müssten. In Be-schreibungen kam dies beispielsweise durch Aussagen wie „immer zur Sicherheit eine Schutz-brille aufhaben“ und „Sicherheitsmaßnahmen sind sehr wichtig“ oder „Sie [die Wissenschaftler] müssen sich immer schützen!“ zum Ausdruck. Die Darstellung vom Tragen von Schutzkleidung bzw. die Einhaltung von Sicherheitsmaßnahmen wurde in vielen Fällen parallel zu anderen Tä-tigkeiten dargestellt.

**Strukturiert vorgehen** wurde als Kategorie identifiziert, wenn die Reihenfolge von Handlun-gen beschrieben wurde oder eine Planung bzw. Strukturierung von Tätigkeiten vorgelegen hat-te. Hierbei handelte es sich sozusagen um eine Meta-Tätigkeit, die mehrere Tätigkeiten inner-halb einer Situation umfassen konnte oder auch situationsübergreifend vorkommen konnte. So wurden drei zusammenhängende Situationen zum Beispiel wie folgt beschrieben: 1. Situation: „Das ist die Planung eines Versuches - alles Notieren“ (mit Zeichnung eines Buches mit Stift

und Text); 2. Situation: „Der Versuch oder Forschung wird durchgeführt.“ (mit Zeichnung eines Mikroskopes und eines Gasbrenners); 3. Situation: „Alles wird Aufgeschrieben und [es wird] gekugt was [sie] heraus gefunden haben“ (mit Zeichnung von beschriebenen Seiten). In dieser Kategorie spiegelte sich somit das Konzept des Erhebungsinstrumentes wider, mit dem genau diese Möglichkeit zur Darstellung von Abläufen oder verschiedenen Tätigkeiten ermöglicht wurde.

Die Kategorie **Tätigkeiten außerhalb der wissenschaftlichen Arbeit ausführen** beinhaltet Tätigkeiten, die keinen erkennbaren Zusammenhang zur Forschung hatten oder explizit in Zwischenzeiten ausgeführt wurden. Beispiele hierzu lauteten: „an die frische Luft gehen“, „Man macht Pausen und trinkt einen Caffee“ und „Mittagspause und Pudding“.

In der Kategorie **Veröffentlichungen schreiben** geht es um Tätigkeiten, die eine schriftliche Aufbereitung von Forschungsergebnissen für andere Personen beinhalten. Beispielsweise schrieb eine Schülerin zu ihrer Situation mit präsentierender Person: „Forscher schreiben papiere[,] die sie in journals [veröffentlichen] und presentieren sie in Konferenzen“. Hier waren anscheinend bereits die entsprechenden englischen Ausdrücke (Paper, Journals) mitbekommen worden, die für Fachzeitschriften und Veröffentlichungen geläufig sind.

Die letzte Kategorie umfasst Tätigkeiten, in denen es um das **Vortragen/Diskutieren** geht. Dies konnte mit einigen wenigen Personen oder auch in einem Hörsaal stattfinden, wobei Publikum durch Sitzplätze oder Reihen angedeutet war. Zitate hierzu lauteten zum Beispiel: „Ein Forscher muss Vorstellungen halten“ und „Ein Forscher präsentiert sein neues Produkt vor“ sowie „Ein Wissenschaftler schreibt Formeln auf, die er ausprobiert. Vorher präsentiert er es anderen Wissenschaftlern.“

Diese Beschreibung der Tätigkeiten und die daraus entwickelten 15 Kategorien mit 7 Subkategorien liefern einen ersten qualitativen Eindruck der dargestellten Schülervorstellungen über den Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern. Die forschungsleitende Frage 1.a) aus Kapitel 4 zu in den Schülervorstellungen gegenwärtigen Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern und einer möglichen Zuordnung zu Kategorien wurde somit beantwortet.

#### 5.4.4 Die Kategorien für die Frequenzanalyse

Im vorherigen Abschnitt wurden die induktiv hergeleiteten Kategorien präsentiert und damit ein wichtiger Auswertungsteil der explorativen Studie beschrieben. Für die weitergehende Analyse sollte nicht nur ermittelt werden, *welche Tätigkeiten* in den Situationen dargestellt wurden, sondern zusätzlich, *wie häufig* diese Tätigkeiten vorkamen. Für diese Frequenzanalyse im Schritt 8 des in Abbildung 5.3 dargestellten Ablaufmodells der Analyse wird zunächst eine Auswahl der zu untersuchenden Kategorien getroffen, dann werden weitere Zusatzkategorien aus der Inhaltsanalyse bzw. aus der Literatur zu *Draw-a-Scientist-Tests* ergänzt, bevor schließlich die Ergebnisse der Frequenzanalyse präsentiert werden. Mit diesen Analyseschritten wird auf die forschungsleitenden Fragen 1.b), 1.c) und 1.d) aus Kapitel 4 eingegangen.

Zunächst wird die getroffene Auswahl der Kategorien, die als besonders untersuchenswert erachtet wurden, begründet und beschrieben. Dabei standen Tätigkeiten aus dem Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern im Fokus. Aus diesem Grund wird die Kategorie *Medizinische Fragestellungen untersuchen* in der nachfolgenden Analyse nicht weiter betrachtet. Außerdem wurde

während der bisherigen Analyseschritte bereits eine grobe Tendenz der Häufigkeit der einzelnen Kategorien festgestellt. So gab es einzelne Kategorien von Tätigkeiten, die nur aus einigen wenigen<sup>46</sup> dargestellten Situationen hervorgegangen waren. Dazu gehörten die Kategorien *Aufräumen des Arbeitsplatzes*, *Forschungsreisen unternehmen*, *Modelle bauen*, *Tätigkeiten außerhalb der wissenschaftlichen Arbeit ausführen* und *Veröffentlichungen schreiben*. Wegen des bereits bekannten sehr geringen Vorkommens wurden die genannten Kategorien bei der Frequenzanalyse nicht erneut betrachtet. Die zu untersuchenden Kategorien von Tätigkeiten der Tabelle 5.6 haben sich damit auf neun Kategorien mit insgesamt sieben Subkategorien reduziert.

Angemerkt werden soll an dieser Stelle noch, dass die beiden Kategorien *Strukturiert vorgehen* und *Sicherheitsaspekte berücksichtigen* zwar als eigene Kategorien aufgeführt wurden, sie jedoch nur zu Tätigkeiten im weiteren Sinne gezählt wurden und aus diesem Grund separat von den anderen Tätigkeiten analysiert werden.

### **Zusatzkategorien für die Frequenzanalyse**

Die von den Schülern dargestellten Situationen weisen eine große Vielfalt auf in Bezug auf die Ausführlichkeit der Darstellung von Tätigkeiten, Personen, Experimenten, Gegenständen und weiteren Beschreibungen. Die Identifikation und die Kategorisierung der Tätigkeiten bildeten den zentralen Schritt für die Untersuchung der Schülervorstellungen über den Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern. In den Darstellungen sind jedoch weitaus mehr Informationen enthalten, als damit in den bisher vorgestellten Kategorien erfasst werden konnten. Aus diesem Grund wurde entschieden zusätzlich zu den Tätigkeiten weitere Aspekte im Hinblick auf die Häufigkeit ihres Auftretens in den dargestellten Situationen zu untersuchen. An dieser Stelle sollen die Zusatzkategorien zunächst kurz erwähnt und umschrieben werden. Ausführliche Beschreibungen und Beispiele folgen dann bei der Betrachtung der Ergebnisse für die einzelnen Kategorien. Im Hinblick auf die forschungsleitende Frage 1.c) in Kapitel 4 zur Wahrnehmung von Kommunikation und Kooperation unter Naturwissenschaftlern durch die Schüler wurden die Darstellungen auch auf die Anzahl der vorkommenden Personen untersucht. Dazu werden die Situationen daraufhin untersucht, ob *keine Person*, *eine Person* oder *mehrere Personen* darin vorkamen. Gegebenenfalls können so später Rückschlüsse auf die Tätigkeiten gezogen werden, die nach den Vorstellungen der Schüler eher gemeinsam, das heißt mit mehreren Personen, oder allein ausgeübt werden.

Wenn Personen gezeichnet oder beschrieben wurden, so sollten zum späteren Vergleich und in Anlehnung an stereotypische Merkmale, wie sie bei *Draw-A-Scientist-Tests* gefunden wurden (z.B. Finson, 2002, Mikelskis-Seifert und Müller, 2005), folgende äußere Charakteristika von Personen untersucht werden: Ob eine Art *Laborkittel* oder *Brille* getragen wird, ob die Person *weiblich* dargestellt wird oder *extreme Haare* trägt und ob diese Person vielleicht *sitzend* tätig ist. Die ersten drei Merkmale wurden bereits in früheren Untersuchungen mit dem *Draw-A-Scientist Test* gezielt bei der Auswertung betrachtet, so dass später mit Ergebnissen solcher Untersuchungen (z.B. Finson et al., 1995, Reinisch et al., 2017) verglichen werden kann. Das Sitzen ist in bisherigen Untersuchungen noch nicht beobachtet worden, steht jedoch auch im Zusammenhang beispielsweise mit der Arbeit an Computern, deren Vorkommen von Höttecke (2001, S. 50) bei neuen Untersuchungen erwartet wurde.

<sup>46</sup>maximal fünf Situationen, das heißt weniger als 1,2% der 436 Situationen

Diverse Gegenstände, wie auch Computer, fielen bereits während der Kategorienbildung der Tätigkeiten durch wiederholtes Vorkommen auf. Bei der Frequenzanalyse sollte daher auch das Auftreten von einigen gegenständlichen Merkmalen - als Zusatzkategorie kurz *Gegenstände* genannt - untersucht werden, wobei sich auf sieben Subkategorien beschränkt wurde: *Gasbrenner* und *Mikroskop* waren zwei der häufig bei Experimenten dargestellten Geräte und sie sollten daher separat von *sonstigen Geräten* betrachtet werden. Außerdem wurde das Vorkommen von *Tisch*, *PC/Laptop/Monitor* und *Wandtafel* untersucht. Zudem fanden sich bei diversen dargestellten Gegenständen wie Zetteln, Büchern oder Tafeln verschiedene Formen von *Beschriftungen*, die auch betrachtet werden sollten und ebenfalls zu den *Gegenständen* gezählt wurden.

Ein wichtiger Faktor, dem außer den Gegenständen eine große Bedeutung für eine Situation zukommen kann, ist der Ort, wo die Tätigkeiten ausgeübt werden. Aus diesem Grund sollte auch der Ort der Situation - soweit dies erkennbar war - erfasst werden. So berichtete Höttecke, dass Labore - wenn auch in geringem Ausmaß - „an exponierter Stelle des Hauses wie im Keller oder unter dem Dach“ dargestellt wurden (Höttecke, 2001, S. 50). In dieser explorativen Studie wurden dazu vier wesentliche Räumlichkeiten unterschieden, die bei der Frequenzanalyse berücksichtigt werden sollten. Dies ist erstens das *Labor*, das gegebenenfalls auch durch Steckdosen und Wasserhähne als solches gekennzeichnet wurde. Zweitens ist dies ein *Büro*, in dem eher ein Schreibtisch und Bücherregale zu finden sind, sowie drittens ein *Vortragsraum*, meist mit Tafel oder Leinwand und Sitzplätzen für wenige Kollegen bis hin zu großem Publikum. In einer vierten Kategorie werden bei der räumlichen Zuordnung alle Situationen erfasst, die auf einen *Ort außerhalb eines Gebäudes* hinweisen, das heißt Orte im Freien (z.B. im Wald) darstellten.

Weitere Aspekte, die in der Zusatzkategorie *Sonstiges* untersucht werden, sind einerseits besondere Bedingungen und Eindrücke von Forschung, die in den Darstellungen identifiziert werden konnten. Diese werden in der Subkategorie *Forschung ist...* zusammengefasst und können aus der Gesamtsituation hervorgehen oder aus einzelnen Worten oder Symbolen bestehen, die zum Beispiel Gefahr ausdrücken. Andererseits werden in der Kategorie *Besonderheiten* Situationen beschrieben, die bei der Analyse auf irgendeine Art auffällig waren und hervortraten. Die Tabelle 5.7 fasst die Zusatzkategorien, die im Rahmen der Frequenzanalyse untersucht wurden, zusammen.

Zur Durchführung der Frequenzanalyse wurde nach dieser Festlegung der zu untersuchenden Kategorien (9 Tätigkeitskategorien, 7 Subkategorien und 21 Zusatzkategorien) zunächst ein Manual erstellt, das diese einzelnen Kategorien möglichst genau beschreibt und voneinander abgrenzt. Dazu wurden auch die Paraphrasen (vgl. Tabelle 5.1, S. 74) genutzt, die zur Herleitung der Kategorien gedient hatten. Mit Hilfe dieses Manuals wurden dann alle Situationen nochmals durchgearbeitet und jeweils die Häufigkeiten des Auftretens der verschiedenen Kategorien registriert. Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse dieser Frequenzanalyse von Tätigkeiten in den Schülerdarstellungen präsentiert.

**Tabelle 5.7:** Zusatzkategorien und ihre Subkategorien für die Frequenzanalyse, die aus Analysen der explorativen Studie bzw. aus bisherigen *Draw-A-Scientist-Test*-Studien (z.B. Finson, Beaver und Cramond, 1995) stammen.

Gegenstände in der Situation		Personenzahl	
Gasbrenner		keine Person	
Mikroskop		eine Person	
sonstige Geräte		mehrere Personen	
Tisch			
PC/Laptop/Monitor			
Wandtafel			
Beschriftung			
Ort der Situation		Charakteristika der Person(en)	
Labor		Laborkittel	
Büro		Brille	
Vortragsraum		extreme Haare	
Ort außerhalb eines Gebäudes		sitzend	
		weibliche Person	
		Sonstiges	
		Forschung ist ...	
		Besonderheiten	

### 5.4.5 Ergebnisse der Analyse von Tätigkeiten

In diesem Kapitel wird die forschungsleitende Frage 1.b) beantwortet, die auf die Bestimmung der am häufigsten dargestellten Tätigkeiten abzielte (vgl. Kapitel 4). Dazu wurde für die im vorherigen Kapitel 5.4.4 getroffene Auswahl der Kategorien die Frequenzanalyse durchgeführt. Entsprechend des Ablaufmodells der Inhaltsanalyse (s. Abbildung 5.3, S. 71) folgt im Anschluss an die Frequenzanalyse (Schritt 8) eine Interpretation und Diskussion der Ergebnisse (Schritt 9). Weil dabei stets der Bezug zu den Ergebnissen nötig ist, werden die Schritte 8 und 9 gemeinsam für entsprechende Sinnabschnitte durchgeführt. Das heißt beispielsweise, dass zunächst Ergebnisse der Frequenzanalyse zu *Tätigkeiten* mit typischen Beispielen und einer Interpretation präsentiert werden, bevor in den darauffolgenden Abschnitten die Ergebnisse der Frequenzanalysen zur *Personenzahl*, zu den *Orten* und weiteren Zusatzkategorien jeweils mit ihrer Interpretation vorgestellt werden.

#### 5.4.5.1 Die Häufigkeiten der Tätigkeiten

Zuerst werden die ermittelten Häufigkeiten der in den Situationen dargestellten Tätigkeiten vorgestellt und im Überblick miteinander verglichen, bevor auf die Tätigkeiten im weiteren Sinne und auf Subkategorien des *Experimentierens* weiter eingegangen wird. Diese Tätigkeiten werden in der Tabelle 5.8 jeweils mit der absoluten Häufigkeit ihrer Nennung in den Schülerdarstellungen gezeigt. Darin wird auch aufgeführt, in welcher der drei Situationen auf dem Erhebungsinstrument diese Tätigkeiten jeweils von den Schülern dargestellt wurden. Die Tätigkeiten wurden dabei entsprechend ihrer Häufigkeit in allen Situationen sortiert.

**Tabelle 5.8:** Die sieben am häufigsten in Schülerdarstellungen identifizierten Kategorien von Tätigkeiten im Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern und ihr Vorkommen in den Situationen 1 bis 3.

Kategorie der Tätigkeit von Naturwissenschaftlern	Darstellung in Situation			Summe der Situationen
	1	2	3	
bearbeitete Situationen	186	147	103	436
Experimentieren	165	103	67	<b>335</b>
Arbeiten mit Theorien	26	16	8	<b>50</b>
Dokumentieren	9	9	14	<b>32</b>
Auswerten/Berechnen	7	7	8	<b>22</b>
Vortragen/Diskutieren	1	11	5	<b>17</b>
Informationen suchen	7	3	0	<b>10</b>
Sich mit Nicht-Wissenschaftlern austauschen	2	4	4	<b>10</b>

Die Tabelle 5.8 zeigt, dass in Situation 1 mit 165 das *Experimentieren* mit deutlichem Abstand als häufigste Tätigkeit dargestellt wurde. In ihrer jeweiligen Situation 2 stellten 103 Schüler das *Experimentieren* dar und noch 67 in der Situation 3. Damit verringerte sich - unter Beachtung der insgesamt abnehmenden Bearbeitung - sowohl die absolute Anzahl von Situationen, in denen experimentiert wurde, als auch die relative Häufigkeit des Auftretens experimenteller Tätigkeiten pro Situation von 89% in der ersten Situation auf 70% in der zweiten und 65% in der dritten Situation<sup>47</sup>. Bei 44 Schülern kam das *Experimentieren* in allen drei ihrer Situationen vor, während es von 65 zweimal und von 73 einmal dargestellt wurde. Insgesamt ließ sich damit in der sehr großen Anzahl von 335 der 436 Situationen (76,8%) eine Form des *Experimentierens* erkennen.

Laut Tabelle 5.8 war die zweithäufigste identifizierte Tätigkeit in den Schülerdarstellungen das *Arbeiten mit Theorien*. Bei dieser Tätigkeit zeigt sich ebenso wie beim *Experimentieren* eine Abnahme der absoluten und der relativen Häufigkeiten im Verlauf der drei Situationen, hier von zunächst 14% über 11% bis zu 8%.

In Summe konnte das *Arbeiten mit Theorien* in 50 Situationen identifiziert werden. Der Unterschied zwischen der am häufigsten dargestellten Tätigkeit des *Experimentierens* und der zweithäufigsten des *Arbeitens mit Theorien* ist mit einer Differenz von 285 Situationen sehr groß. Dies verdeutlicht die herausragende Rolle, die das *Experimentieren* offenbar in den Darstellungen der erhobenen Schülervorstellungen spielt.

An dritter Stelle der am häufigsten vorkommenden Tätigkeiten stand das *Dokumentieren* mit jeweils neun Vorkommen in den ersten beiden Situationen und 14 in den dritten Situationen. Anders als bisher zeigte sich bei dieser Tätigkeit keine Abnahme des Vorkommens in den darauffolgenden Situationen, sondern sogar teilweise eine Steigerung. Dies lag auch daran, dass in einigen Fällen, wie sie in der Kategorie *strukturiert vorgehen* erfasst wurden, eine Abfolge bestimmter Tätigkeiten dargestellt wurde, beispielsweise bestehend aus dem *Arbeiten mit Theorien*, dem *Experimentieren* und dem *Dokumentieren*. Möglicherweise könnte die weniger

<sup>47</sup>Prozentangaben bezogen auf die Anzahl der jeweils bearbeiteten Situationen.

**Tabelle 5.9:** Zahlen und Anteile von sieben Tätigkeiten bezogen auf die Situationen (436) bzw. die Schüler ( $N_{\text{ExploStudie}} = 189$ ). Da mehrere Tätigkeiten pro Situation dargestellt werden konnten, sind Spaltensummen über 100% möglich.

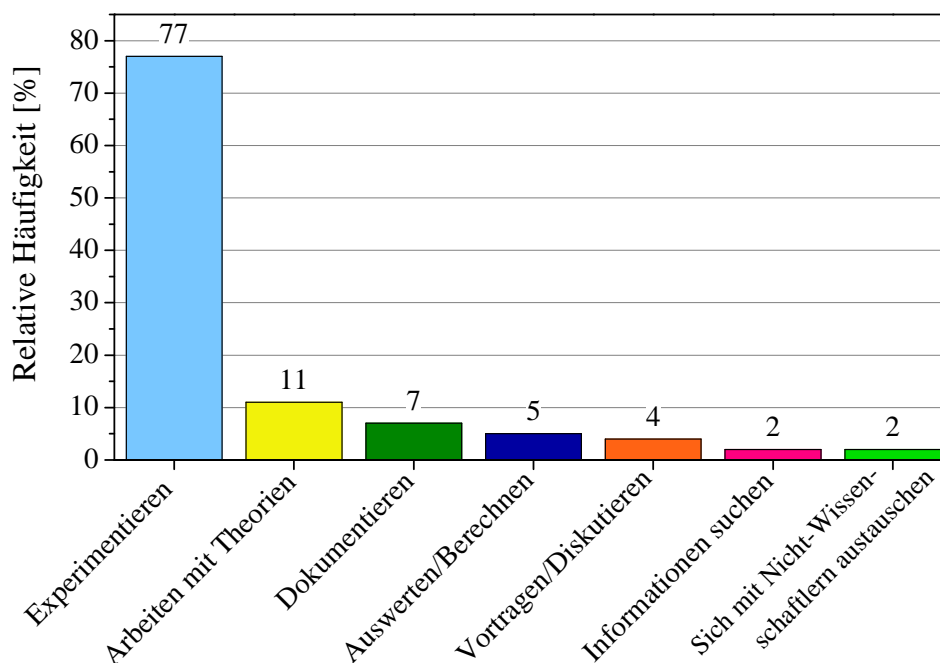
Kategorie der Tätigkeit	Situationen (insgesamt 436)		Schüler (insgesamt 189)	
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
Experimentieren	335	77%	182	96%
Arbeiten mit Theorien	50	11%	43	23%
Dokumentieren	32	7%	30	16%
Auswerten/Berechnen	22	5%	21	11%
Vortragen/Diskutieren	17	4%	17	9%
Informationen suchen	10	2%	10	5%
Sich mit Nicht-Wiss. austauschen	10	2%	9	5%

häufige Darstellung in der ersten oder zweiten Situation auch ein Anzeichen dafür sein, dass diese Tätigkeit für die Schüler keine so große Bedeutung hatte wie das *Experimentieren* oder das *Arbeiten mit Theorien*. Ähnlich und mit leicht niedrigeren Anzahlen verhält es sich mit der vierthäufigsten Tätigkeit, dem *Auswerten/Berechnen*, das in einer Situation 1 bzw. 2 siebenmal vorkam und achtmal in der Situation 3. Die Tätigkeitskategorie *Vortragen/Diskutieren* wurde in der ersten Situation nur einmal vorgefunden, während es in der zweiten Situation 11-mal und in der dritten Situation fünfmal identifiziert wurde. Bei dieser Kategorie zeigt sich der Anstieg im Verlauf der drei Situationen am deutlichsten. Vermutlich war es auch hier der Fall, dass zum einen die Reihenfolge verschiedener Arbeitsschritte eine Rolle spielte und zum anderen andere Tätigkeiten zunächst als bedeutsamer angesehen wurden, bevor das *Vortragen/Diskutieren* dargestellt wurde. Die Tätigkeiten *Informationen suchen* und *Sich mit Nicht-Wissenschaftlern austauschen* kommen jeweils 10-mal vor, so dass aufgrund der geringen Gesamtzahl davon abgesehen wird Trends abzuleiten.

Die Tabelle 5.9 zeigt die absoluten und relativen Häufigkeiten der Kategorien einerseits bezogen auf die Anzahl aller dargestellten Situationen und andererseits bezogen auf die Anzahl der Schüler. Die relativen Häufigkeiten beziehen sich dabei auf die Gesamtanzahlen der Situationen von 436 bzw. auf die Anzahl der 189 Schüler der explorativen Studie. Es ist zu beachten, dass nicht alle Schüler drei Situationen darstellten und dass in einer Situation mehrere Tätigkeiten gleichzeitig vorkommen konnten. Des Weiteren gab es Tätigkeiten, die bei dieser Frequenzanalyse nicht betrachtet wurden, entweder wegen des bekannten, nur vereinzelt Vorkommens oder weil sie nicht zu den wissenschaftlichen Tätigkeiten zu zählen waren. Aufgrund dieser nicht aufgeführten Tätigkeiten und der Mehrfachzuordnungen ergeben sich von 100% abweichende Werte in den Summen über die Spalten.

Für das *Experimentieren* wird an den relativen Häufigkeiten der Situationen (77%) und der Schüler (96%) nochmals deutlich, welche herausragende Bedeutung die Schüler dieser Form der Tätigkeit im naturwissenschaftlichen Arbeitsalltag beigemessen haben. Die nächsthäufig dargestellte Tätigkeit, das *Arbeiten mit Theorien*, wurde nur noch in 11% der Situationen und bei 23% der Schüler gefunden. Die weiteren Tätigkeiten *Dokumentieren*, *Auswerten/Berechnen*

nen, Vortragen/Diskutieren, Informationen suchen sowie Sich mit Nicht-Wissenschaftlern austauschen kamen der Reihenfolge nach absteigend in 7% bis 2% der Situationen vor und wurden von 16% bis 5% der Schüler dargestellt. Die Abbildung 5.6 veranschaulicht die Verhältnisse der Häufigkeiten der Tätigkeiten aus Tabelle 5.9. Die Dominanz der Kategorie *Experimentieren* ist hierbei nicht zu übersehen.



**Abbildung 5.6:** Häufigkeit der in den Schülerdarstellungen identifizierten Tätigkeiten. Relative Anteile bezogen auf die Gesamtanzahl der dargestellten Situationen von 436.

Bisher noch nicht vorgestellt wurden die Häufigkeiten der beiden Kategorien *Sicherheitsaspekte berücksichtigen* und *Strukturiert arbeiten*, weil sie nur zu Tätigkeiten im weiteren Sinne gezählt wurden. Die erste dieser Kategorien wurde in 34 Situationen (8%) identifiziert und kam damit deutlich häufiger vor als andere Tätigkeitskategorien, z.B. doppelt so häufig wie das *Vortragen/Diskutieren*. Dadurch zeigt sich der Stellenwert, den das Berücksichtigen von Sicherheitsaspekten für die Schüler offensichtlich einnimmt. Vermutlich wurde diese Sensibilität von einigen Schülern im Unterricht erlangt, denn es wurden nicht nur offizielle Gefahrensymbole und Schutzkleidung dargestellt, sondern auch erwähnt, dass beispielsweise lange Haare beim Experimentieren zu einem Zopf zu binden seien.

In der Kategorie *Strukturiert arbeiten* wurden Hinweise auf ein geplantes oder systematisches Vorgehen in den Situationen untersucht und ein solches konnte in 84 Situationen (19%) identifiziert werden. Ein wichtiger Unterschied dieser Kategorie zu anderen war, dass sie mehrere Situationen umfassen konnte, von denen jede entsprechend kodiert wurde. So führten drei zusammenhängende Situationen zu drei Kodierungen. In vielen Fällen wurde eine Abfolge von

Tätigkeiten dargestellt, die realen Abläufen in den Naturwissenschaften entsprechen, wie zum Beispiel, dass nach dem *Experimentieren* das *Dokumentieren* und das *Auswerten/Berechnen* folgt und gegebenenfalls auch das *Vortragen/Diskutieren* der Ergebnisse. In diversen Fällen wurden auch in einer einzelnen Situation verschiedene Tätigkeiten dargestellt. Die Häufigkeit, mit der strukturiertes Arbeiten insgesamt dargestellt wurde, gibt einen Anhaltspunkt dafür, wie wichtig es aus Schülersicht eingeschätzt wird, auch wenn der Anteil durch die Besonderheit der Kodierung von zusammenhängenden Situationen mit den Anteilen anderer Tätigkeiten nicht vollständig vergleichbar ist. Obwohl es nicht *die eine* naturwissenschaftliche Methode gibt (z.B. Vollmer, 2014), so gibt es doch Schritte im Erkenntnisprozess, die aufeinanderfolgen. In den Schülerdarstellungen Ansätze einer logischen, strukturierten Vorgehensweise zu beobachten ist daher wünschenswert, solange es nicht als bloßes Abarbeiten von Routinen zum Ausdruck gebracht wird.

Nachdem hier die Häufigkeiten der Tätigkeiten im Vergleich präsentiert wurden, werden aufgrund der überragenden Häufigkeit der Kategorie des *Experimentierens* deren Subkategorien einzeln beschrieben und mit ausgewählten Beispielen illustriert.

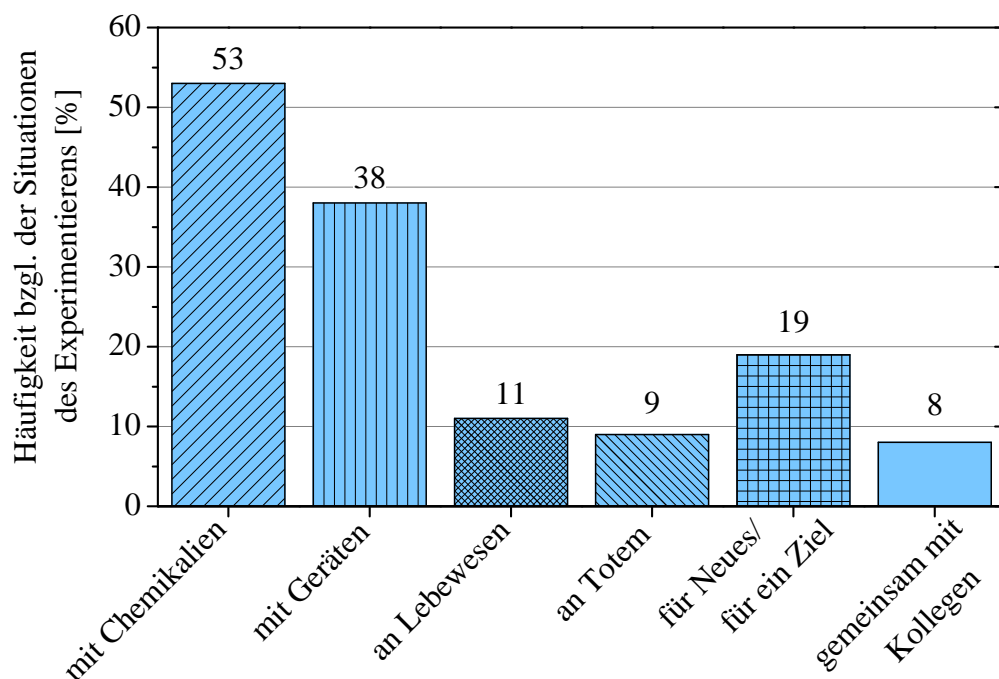
### **Die Kategorie *Experimentieren* und ihre Subkategorien**

In insgesamt 77% der 436 Situationen wurde eine Form des *Experimentierens* identifiziert und das Experimentieren so als die mit großem Abstand häufigste Tätigkeit in den Schülerdarstellungen festgestellt. Aufgrund dieser außerordentlichen Dominanz unter den Tätigkeiten wurden bereits bei frühen Schritten der Herleitung des Kategoriensystems hier verschiedene Subkategorien unterschieden (vgl. Tabelle 5.1 mit Paraphrasen bzw. Tabelle 5.6 mit den finalen Kategorien). Nachdem in einer Situation die Tätigkeit des *Experimentierens* identifiziert wurde, konnte diese Tätigkeit dann zusätzlich einer oder auch mehreren Subkategorien zugeordnet werden. Der Großteil der Situationen, in denen experimentiert wurde, ließ sich auf diese Weise den Subkategorien zuordnen. In diesen Subkategorien wurden einerseits verschiedene Objekte betrachtet, *mit* beziehungsweise *an* denen experimentiert wurde, wie *mit Chemikalien*, *mit Geräten* wie Mikroskopen oder Gasbrennern, *an Lebewesen* wie zum Beispiel an Tieren und Menschen sowie *an Totem*, das heißt beispielsweise an Organen oder Fossilien. Andererseits wurde untersucht, ob sich beim Experimentieren erkennen ließ, ob dies *für Neues/für ein Ziel* geschah und ob *gemeinsam mit Kollegen* experimentiert wurde.

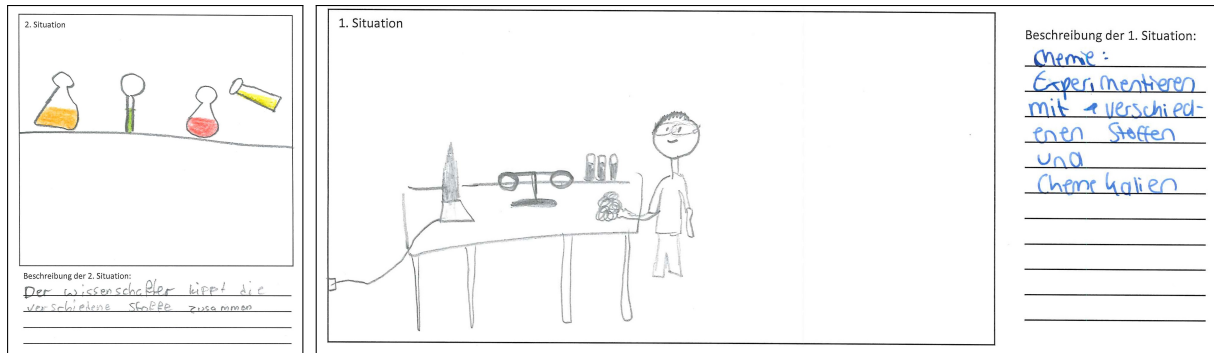
Die jeweilige Häufigkeit der Subkategorien wird in der Abbildung 5.7 gezeigt. Die relativen Häufigkeiten beziehen sich hierbei auf die Anzahl der Situationen (335), in denen experimentiert wurde. Durch die Möglichkeit der Zuordnung zu mehreren Subkategorien summieren sich die relativen Häufigkeiten der Subkategorien zu mehr als 100%. So kam es beispielsweise häufig vor, dass sowohl *mit Chemikalien* als auch *mit Geräten* in einer Situation experimentiert wurde. In mehr als der Hälfte der Situationen (53%), in denen experimentiert wurde, konnte das Experimentieren *mit Chemikalien* identifiziert werden. Am zweithäufigsten wurde *mit Geräten* (38%) geforscht. Des Weiteren wurde *an Lebewesen* (11%) und *an Totem* (9%) geforscht. Das Experimentieren geschah in knapp jeder fünften Situation (19%) *für Neues/für ein Ziel* und wurde in 8% der Situationen *gemeinsam mit Kollegen* durchgeführt. Im Folgenden werden die Subkategorien einzeln beschrieben.

**Experimentieren mit Chemikalien:** Dieser Subkategorie wurden 176 und damit 53% der Situationen mit einer experimentellen Tätigkeit zugeordnet. Bezogen auf alle 436 Situationen ist dies mit 40% die insgesamt häufigste Tätigkeit der explorativen Studie. Auch innerhalb dieser Subkategorie wiesen die dargestellten Tätigkeiten noch eine große Vielfalt auf, auch wenn sich einige markante Merkmale zeigten. So kamen in typischen Darstellungen dieser Subkategorie Beschreibungen<sup>48</sup> vor mit „Stoffen“, „Chemikalien“ und „Flüssigkeiten“, die in Reagenzgläsern und Gefäßen „gemischt“, „zusammengeschüttet“, „erhitzt“ und „gekocht“ wurden. Bisweilen kam es dabei zu „Reaktionen“ mit überschäumenden Flüssigkeiten oder sogar zu Flammen, Rauchwolken und „Explosionen“. Weniger häufig gab es konkrete Beispiele wie „Ein Chemiker dokumentiert die Auswirkung von Säure auf verschiedene Metalle“ oder „mit einem Gasbrenner Wasser auf 60°C erhitzen“. Ein Beispiel für eine einfache Zeichnung mit Gefäßen und Flüssigkeiten wird im linken Bild in Abbildung 5.8 gezeigt. Diese Situation wird beschrieben durch den Satz: „Der Wissenschaftler kippt die verschiedene[n] Stoffe zusammen“. Typisch für diese Subkategorie waren außerdem Darstellungen, in denen eine Person mit Tisch und Chemikalien vorkam. Eine solche Darstellung von einem 14-jährigen Schüler ist im rechten Bild in Abbildung 5.8 zu sehen. Die dazugehörige Beschreibung des Schülers lautet: „Chemie: Experimentieren mit verschiedenen Stoffen und Chemikalien“. Neben Reagenzgläsern befindet sich auf dem Tisch sehr wahrscheinlich eine Halterung für Gläser sowie ein Gasbrenner mit Anschluss.

<sup>48</sup>Zur Veranschaulichung der Subkategorien und der Zusatzkategorien werden von den Beschreibungen der Schüler teils nur ausgewählte Worte zitiert.



**Abbildung 5.7:** Relative Häufigkeit der Subkategorien zum Experimentieren bezogen auf alle Situationen (335), in denen die Tätigkeit *Experimentieren* identifiziert wurde.



**Abbildung 5.8:** Schülerdarstellungen, die der Kategorie *Experimentieren* und darin der Subkategorie *mit Chemikalien* zugeordnet wurden.

Diese Beispiele stehen nur stellvertretend für die Vielfalt der Darstellungen, die manchmal grob skizziert und manchmal detailliert gezeichnet, mit dem Bleistift oder mit verschiedenen Farben illustriert, dann präzise oder auch gar nicht beschrieben wurden. In der Abbildung 5.8 wurden exemplarisch auch die handschriftlichen Beschreibungen der Schüler gezeigt, die jedoch ohnehin zur besseren Lesbarkeit zitiert werden. Aus Platzgründen bzw. zugunsten größerer Zeichnungen wird daher im Folgenden auf Wiedergabe der Textfelder verzichtet.

Die Gründe für die Darstellung von Situationen mit Chemikalien sind sicherlich sehr vielfältig. Ein sehr naheliegender Grund für die Darstellung von z.B. Reagenzgläsern könnte sein, dass diese sich besonders leicht und wiedererkennbar zeichnen lassen. Reagenzgläser sind zum einen vielen Schülern aus dem Chemieunterricht geläufig und zum anderen ist es plausibel anzunehmen, dass sie erwarten ihre Situation dadurch für einen Betrachter besonders leicht wiedererkennbar zu machen. Während es in der Physik keine einzelnen derart bekannten und leicht darstellbaren Gegenstände in einem Labor gibt, wird ein Reagenzglas offensichtlich häufig mit einem Chemielabor verbunden, was sich auch in der Zuordnung zur Chemie als häufigste Fachrichtung zeigte (vgl. Abb. 5.5). Außerdem stellt ein Labor bzw. das Experimentieren darin vermutlich für die Schüler den größten Unterschied zwischen der Arbeit eines Wissenschaftlers und den Tätigkeiten in anderen Berufen dar, so dass sich dies in den Darstellungen entsprechend widerspiegelt.

Beim Vergleich der Ergebnisse mit früheren Untersuchungen ist festzustellen, dass darin ein Wissenschaftler, der auch meist als Chemiker tätig ist, das stereotypische Bild seit 1957 prägt, wie Finson (2002) in seinem Artikel über 50 Jahre *Draw-A-Scientist Test* zusammenfasst. Auch in Untersuchungen von Reinisch et al. (2017) bei Lehramtsstudierenden könnten dargestellte Merkmale wie Laborkittel und -instrumente<sup>49</sup> darauf hindeuten, dass ebenfalls häufig eine Darstellung von experimentellen Tätigkeiten vorgefunden wurde, wie es in der Subkategorie des Experimentierens *mit Chemikalien* erfasst wurde. Dies ist möglicherweise ein Hinweis darauf, dass auch stereotypische Vorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern vorliegen.

<sup>49</sup>Im englischen Originalartikel hießen diese Kategorien „Clothes“ bzw. „Research Instruments“ und beinhalteten im ersten Fall unter anderem „Lab coat“ bzw. im zweiten Fall „Pipettes, Bunsen burner, test tubes [...]“ (Reinisch et al., 2017).

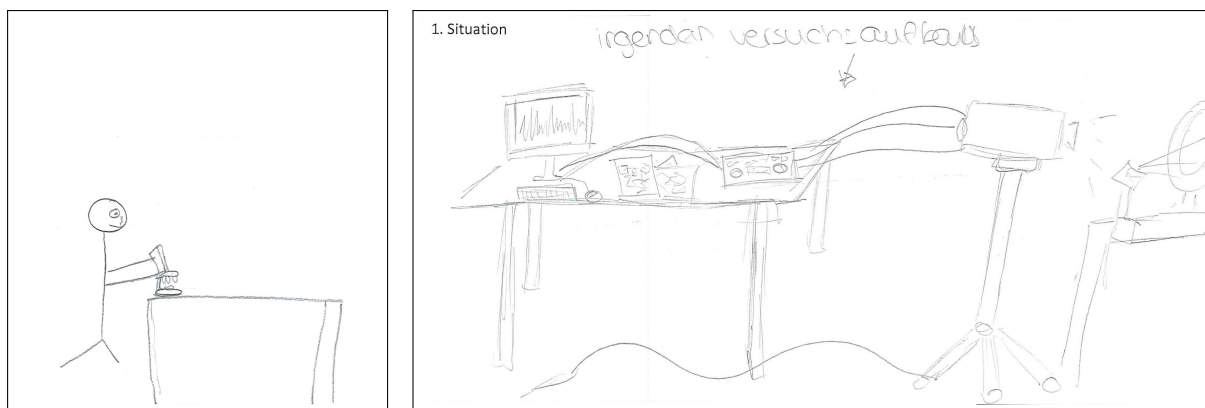


Abbildung 5.9: Beispiele für Schülerzeichnungen, in denen mit Geräten experimentiert wurde.

**Experimentieren mit Geräten:** Beim Experimentieren war die Subkategorie *mit Geräten* mit 38% am zweithäufigsten vertreten. Wie später in den gleichnamigen Zusatzkategorien weiter differenziert wird, stellen *Gasbrenner* und *Mikroskope* einen Anteil von etwa zwei Drittel aller identifizierten Geräte. So wurde ein Gasbrenner meist im Zusammenhang mit *Chemikalien* eingesetzt, wie beispielsweise im rechten Bild der Abbildung 5.8 zu sehen ist. Sofern beim Experimentieren Gasbrenner vorkamen, wurden diese vorwiegend gezeichnet, während dazugehörige Beschreibungen wie folgt lauteten: „Der Wissenschaftler möchte das Glas wo Chemie drin ist erhitzen“ und „Verbrennung des Stoffes und Reaktion abwarten“. Wie auch beim Experimentieren mit Gasbrennern gab es es auch bei Mikroskopen und weiteren Geräten sehr unterschiedlich ausgeführte Darstellungen in Bezug auf die Ausführlichkeit von Zeichnungen und Beschreibungen. So wurden oft nur wenige Worte wie „Etwas im Mikroskop beobachten“ oder „Mikroskopuntersuchung“ (zum linken Bild in Abb. 5.9) hinzugeschrieben, aber teilweise auch konkretere Beschreibungen wie beispielsweise: „Jemand der ein Blatt oder eine Zelle mikroskopiert und dann aufschreibt was er gesehen hat (Versuchsprotokoll)“.

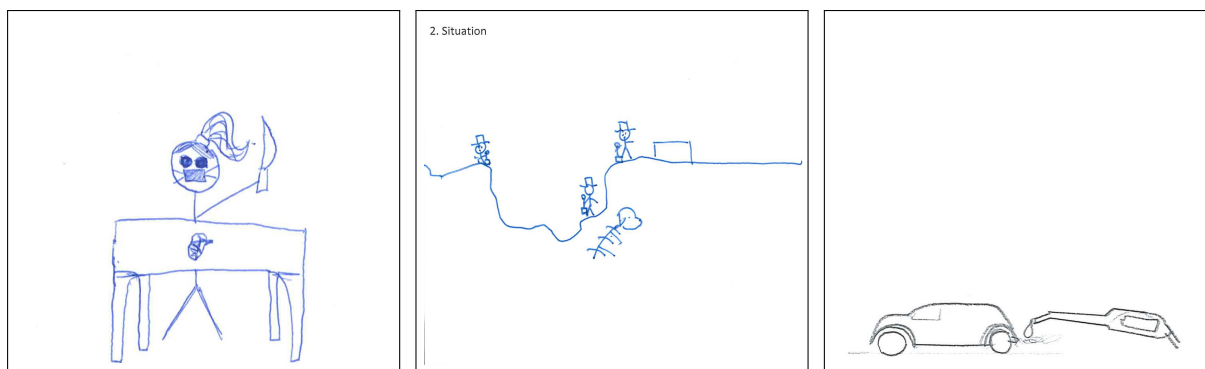
Neben dem Experimentieren mit Gasbrennern und Mikroskopen wurde auch das Experimentieren mit einer Reihe von weiteren sehr unterschiedlichen Geräten dargestellt. Während das Experimentieren mit dem Gasbrenner stets der Fachrichtung Chemie zugeordnet wurde und dasjenige mit einem Mikroskop in den meisten Fällen der Fachrichtung Biologie, wurden Experimente mit weiteren Geräten vor allem der Physik zugeordnet. Dabei wurde beispielsweise die „Auslenkung einer Feder“ gemessen oder die Fallzeit verschiedener Gegenstände mittels Lichtschranke ermittelt, ein „Astrophysiker - beobachtet das Universum/Sternbilder“ mit einem Teleskop oder es wird „irgendein Versuchsaufbau“ realisiert, wie im rechten Bild der Abb. 5.9 gezeigt und wie folgt beschrieben wurde: „Forscher fragen sich etwas und versuchen ein experiment aufzubauen um diese Frage zu beantworten.“. Obwohl die Zeichnung mit „irgendein Versuchsaufbau“ beschriftet wurde, lässt sich doch vermuten, dass dieser konkrete Aufbau wegen einiger Details so oder sehr ähnlich bereits gesehen wurde, sei es in einem Labor oder als Demonstrationsexperiment im Unterricht. Denn von rechts nach links im Bild sind vermutlich eine optische Bank sowie eine Lichtquelle auf einem Stativ zu erkennen, die wiederum an ein Gerät und dieses an einen Monitor angeschlossen sind. Interessant ist, dass die Beschreibung sehr allgemein gehalten wurde und auf den Erkenntnisprozess eingeht. Möglicherweise wurde

daher der Versuchsaufbau „nur“ als stellvertretendes Beispiel für verschiedene Fragestellungen dargestellt. Eine weitere Untersuchung von dargestellten Geräten erfolgt später noch in den Zusatzkategorien *Gasbrenner*, *Mikroskop* und *sonstige Geräte*.

**Experimentieren an Lebewesen:** Dieser Subkategorie wurden insgesamt 38 Situationen (11% von 335) zugeordnet, in denen Untersuchungen an bzw. mit Pflanzen und Tieren sowie in wenigen Fällen auch mit dem Menschen dargestellt wurden. Des Weiteren wurden vor allem Situationen dargestellt, die draußen verortet wurden, wie beispielsweise: „Etwas über die Tiere, lernen, wie sie leben usw. Pflanzen untersuchen...“ und „Der Biologe sucht alles im Wald nach“ (mit einer „Lupe“) sowie „Ein Forscher untersucht die Kommunikation verschiedener Tierarten. (Eichhörnchen)“ mit der Darstellung einer Person zwischen Bäumen. Bei der Tätigkeit „Tiere und Pflanzen untersuchen“ mit einer Spinne im Einmachglas und im Fall von „Experimente an einer Ratte/Maus“ fanden die Untersuchungen eher nicht im Freien statt, so dass die Tiere in der Darstellung dafür in irgendeiner Form gehalten werden mussten. Vereinzelt gab es auch Darstellungen, in denen an „Zellen“, „Bakterien“ und „Mikroorganismen“ geforscht wurde. In einzelnen Situationen dieser Subkategorie wurden experimentelle Tätigkeiten dargestellt, die im Zusammenhang mit Menschen standen. In diesen Darstellungen wurde zum Beispiel „Gehirnforschung“ betrieben oder eine „Wissenschaftliche Studie zur Auswirkung von Kunststoff auf den menschlichen Körper“ durchgeführt.

**Experimentieren an Totem:** Die Zuordnung zu dieser Subkategorie des Experimentierens erfolgte bei insgesamt 30 Situationen (9% von 335). Die beiden wichtigsten Tätigkeiten, die in den Darstellungen unterschieden werden konnten, waren das Sezieren von Tieren und einzelnen Organen sowie das Ausgraben von Knochen. In Darstellungen des Sezierens wurden vor allem Herzen und Augen untersucht, aber auch anderes wie eine „Ente“ oder ein „Frosch, Froschherz, Leber, Auge“ wurden analysiert. Das linke Bild in Abbildung 5.10 zeigt ein typisches Beispiel für das Sezieren, das die Beschriftung „Sie sezirt ein Kuhherz“ erhielt. In Darstellungen von Ausgrabungen waren „Knochen“, „Skelette von Lebewesen“ oder „Urzeittiere“ Ziel von Untersuchungen. Ein typisches Beispiel ist im mittleren Bild der Abbildung 5.10 zu sehen. Die dazugehörige Beschreibung lautete: „Forscher wollen ein Dinosaurierskelett finden und untersuchen.“ Des Weiteren gab es einige wenige Fälle, die mit dem Menschen in Zusammenhang standen. Dazu gehörte die folgende Beschreibung: „Ein Forscher untersucht das Herz eines Rauchers und eines nicht Rauchers.“, wie auch diese: „Ich würde dann Tote untersuchen (Patologie)“. Insgesamt war in dieser Subkategorie festzustellen, dass die Themenbereiche des Sezierens und des Ausgrabens im vorliegenden Fall offensichtlich von der Schule abhingen, denn einerseits wurde nur von Schülern der Gesamtschule das Sezieren dargestellt, während andererseits Ausgrabungen nur in Darstellungen von Schülern des Gymnasiums zu identifizieren waren.

**Experimentieren für Neues/für ein Ziel:** In dieser Subkategorie wurden dargestellte Tätigkeiten erfasst, bei denen nicht nur zu erkennen war, *woran* experimentiert wurde, sondern auch, *wozu* geforscht wurde. Der Zweck von Forschung stellt einen wichtigen Aspekt bei Schüler-

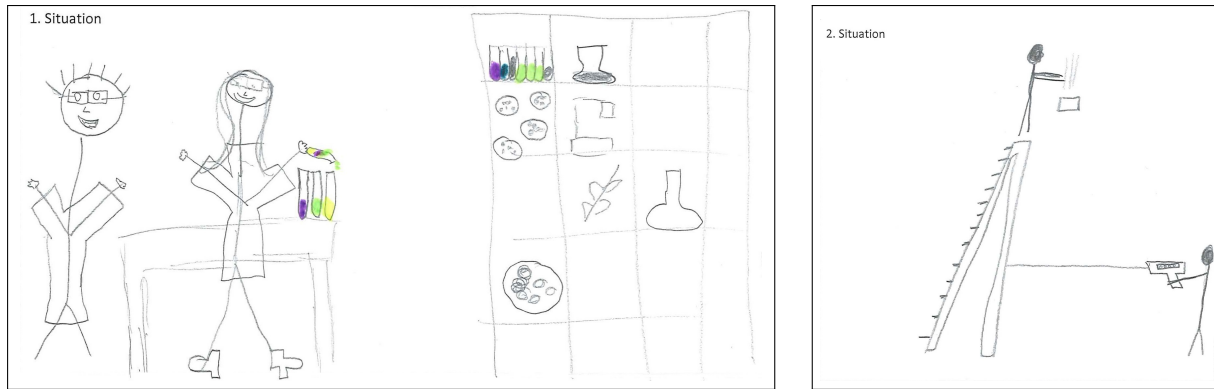


**Abbildung 5.10:** Schülerdarstellungen, in denen im linken bzw. mittleren Bild Untersuchungen *an Totem* („Kuhherz“ bzw. „Skelett“) und im rechten Bild *für ein Ziel* (umweltfreundlichen Treibstoff) dargestellt wurden.

vorstellungen über das Verständnis von der Arbeit in den Naturwissenschaften dar. In knapp jeder fünften Situation (19% von 335), in der eine Form des Experimentierens dargestellt wurde, konnte ein erster Hinweis auf Gründe des Tuns identifiziert werden. In diesen insgesamt 63 Situationen wurde am häufigsten gefunden, dass es einfach darum ging „etwas neues“ beim Experimentieren herauszufinden. Weniger häufig war es das Ziel durch ein Experiment etwas nachzuweisen, „tehorien zu wiederlegen oder zu bestätigen“ oder „[...] auf Lösungen zu kommen.“. Nicht ganz so häufig kamen auch Beschreibungen vor, wie „Erfindung eines neuen umwelt freundlichen treibstoffs.“ (s. rechtes Bild in Abb. 5.10) und „Viren/Bakterien für die Heilmittelforschung züchten“ sowie ein „Gespräch mit firmenbesitzern oder Vertretern um herauszufinden wie die eigene Forschung der Industrie helfen kann“. Aus den vorhandenen Darstellungen, in denen Gründe erkennbar waren, lässt sich zusammenfassen, dass beim Experimentieren für die Schüler im Vordergrund stand etwas *Neues* zu generieren. In wenigen Fällen wurde das Experimentieren explizit damit verknüpft dem Menschen oder der Umwelt zu dienen.

**Experimentieren gemeinsam mit Kollegen:** In dieser Subkategorie wurden Situationen mit experimentellen Tätigkeiten erfasst, wenn darin mehrere Personen vorkamen. Insgesamt war dies in 27 Situationen bzw. 8% der 335 Situationen der Fall, in denen die Tätigkeit des Experimentierens identifiziert wurde. Gemeinschaftlich gearbeitet wurde am häufigsten *mit Chemikalien* (vgl. entsprechende Subkategorie). Exemplarisch hierfür stehen die Zeichnung einer brodelnden Flüssigkeit mit folgender Beschreibung „Die Forscher und Forscherinnen probieren gemeinsam ein Produkt aus und machen daraus experimente.“ und das linke Bild in Abb. 5.11 (ohne Beschreibung). Weitere öfter vorkommende Untersuchungen, die mit mehreren Personen stattfanden, waren Ausgrabungen, die wie folgt beschrieben wurden: „Biologen bzw. Archäologen finden Skellet von Lebewesen unter der Erde“. Ein Beispiel für die Darstellung gemeinschaftlichen Experimentierens *an Totem* wird im mittleren Bild der Abb. 5.10 gezeigt.

Ansonsten wurden diverse Darstellungen angefertigt, in denen die Durchführung von Fallexperimenten durchgeführt mit einem Apfel, einem Ball oder wie in Abb. 5.11 ganz allgemein dargestellt wurde: „Ein Objekt wird fallengelassen und es wird gemessen wie schnell.“ Höchstwahrscheinlich sollte dabei mit einer Art Lichtschranke zunächst die Fallzeit ermittelt werden,



**Abbildung 5.11:** Schülerdarstellungen, in denen *gemeinsam mit Kollegen* experimentiert wurde.

aus der dann auf die Geschwindigkeit geschlossen werden konnte. Einzelne Fälle für gemeinsames Experimentieren waren unter anderem: „2 Wissenschaftler starten eine Rakete und machen ein Experiment“ und einige Situationen, die in der Kategorie *Forschungsreisen unternehmen*, z.B. auf einem Schiff, beschrieben wurden (vgl. Kapitel 5.4.3).

### 5.4.5.2 Kommunikation und Kooperation in den Schülerdarstellungen

Im Forschungsalltag des SFB Nanoswitches sowie im Schülerlabor SCIphyLAB\_nano spielen Kommunikation und Kooperation eine wichtige Rolle zum Erreichen der gemeinsamen Ziele. Aus diesem Grund sollte mit der forschungsleitenden Frage 1.c) aus Kapitel 4 untersucht werden, inwiefern kommunikative und kooperative Tätigkeiten in den Schülerdarstellungen vorkamen. Als ein Anzeichen und eine Möglichkeit für Kommunikation und Kooperation in den Darstellungen wurde die Anzahl der dargestellten Personen betrachtet. Ein großer Vorteil des Erhebungsinstrumentes war dabei die Offenheit, mit der die Vorstellungen dargelegt werden konnten. Denn bereits die Frage nach der Anzahl beteiligter Personen hätte die persönlichen Vorstellungen beeinflussen können. Bei der eingesetzten offenen Variante des Erhebungsinstrumentes, mit der Vorstellungen spontan erhoben wurden, mussten sich die Schüler mehr oder weniger aktiv für die Darstellung von Personen entscheiden.

Im Unterschied zu anderen Kategorien, für die nicht zwischen Häufigkeiten von Merkmalen derselben Art unterschieden wurde, gab es zur Feststellung der Personenzahl drei Subkategorien: Es konnte sein, dass *keine Person*, *eine Person* oder *mehrere Personen* schriftlich erwähnt und/oder gezeichnet wurden. Zur Andeutung von großen Personengruppen oder Publikum konnte dabei eine Darstellung von Köpfen oder Sitzplätzen ausreichen.

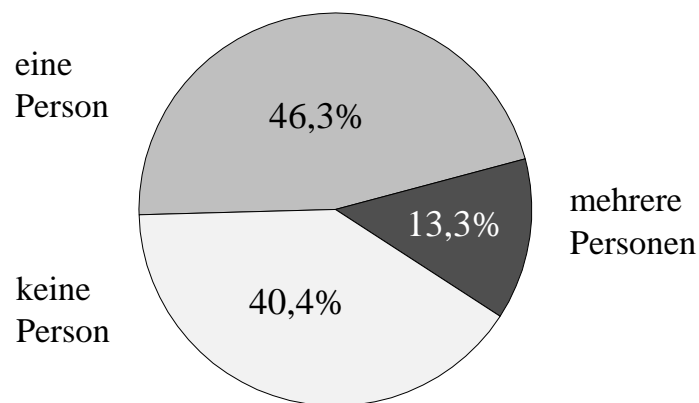
Die ermittelten Häufigkeiten von Personen in den Schülerdarstellungen werden in Tabelle 5.10 aufgeführt, je nachdem, in welcher der drei Situationen sie vorkamen. Die insgesamt 189 Schüler der explorativen Studie konnten bis zu drei Situationen darstellen, deren jeweilige Anzahl in der zweiten Tabellenzeile gezeigt ist. Insgesamt ist eine Abnahme der Anzahl der bearbeiteten Situationen von der ersten bis zur dritten Situation festzustellen (vgl. Tabelle 5.4). Die zusammen 436 Situationen (100%) werden im Weiteren nach den Häufigkeiten der Personen in den einzelnen Situationen aufgeschlüsselt. Die Prozentangaben beziehen sich dabei jeweils auf die Spalten<sup>50</sup>. Für die Spalte „1. Situation“ wird dies exemplarisch beschrieben: Von den 189 Schülern bearbeiteten 186 die erste Situation auf dem Erhebungsinstrument. In 67 ersten Situationen (36%) kam *keine Person* vor, in 99 Situationen (53%) wurde *eine Person* dargestellt und in 20 der ersten Situationen (11%) waren *mehrere Personen* zu identifizieren. Insgesamt wurden somit in 176 Situationen *keine Personen*, in 202 Situationen *eine Person* und in 58 Situationen *mehrere Personen* dargestellt.

Die Abbildung 5.12 veranschaulicht außerdem die Anteile bezüglich der Gesamtzahl aller bearbeiteten Situationen (436). Eine Nennung der Anzahl von Schülern, die diese Situationen

<sup>50</sup>Durch Rundungen gibt es Abweichungen von 100%.

**Tabelle 5.10:** Häufigkeiten von Personen in den Schülerdarstellungen, aufgeschlüsselt nach Situationen.

	1. Situation	2. Situation	3. Situation	Summe	Anteil
Anzahl der Situationen	186	147	103	<b>436</b>	<b>100%</b>
keine Person	67 (36%)	61 (41%)	48 (47%)	<b>176</b>	<b>40,4%</b>
eine Person	99 (53%)	60 (41%)	43 (43%)	<b>202</b>	<b>46,3%</b>
mehrere Personen	20 (11%)	26 (18%)	12 (11%)	<b>58</b>	<b>13,3%</b>



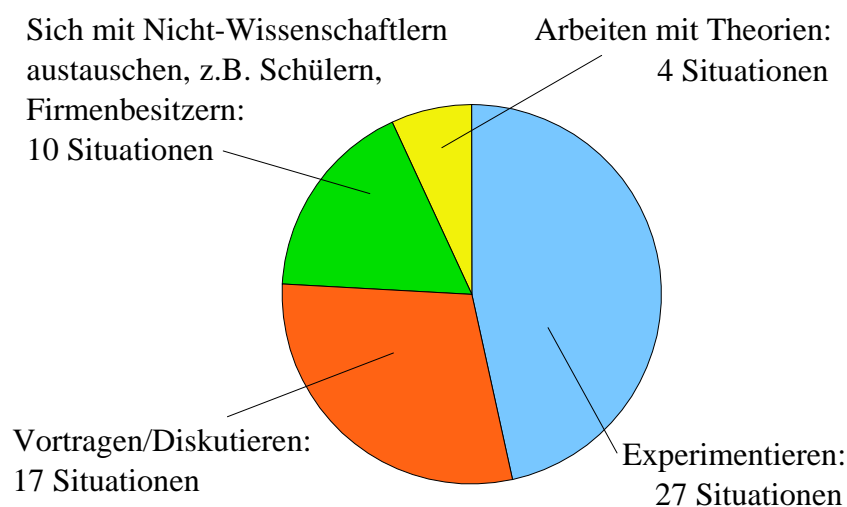
**Abbildung 5.12:** Häufigkeit der Situationen mit unterschiedlicher Personenzahl bezogen auf alle 436 dargestellten Situationen der 189 Schüler.

jeweils zeichneten, wäre an dieser Stelle wenig hilfreich, weil die Aufteilung für Schüler nicht trennscharf wäre, das heißt, dass *ein* Schüler durch seine drei Situationen gegebenenfalls in allen drei Teilen vorkäme.

Nachdem hiermit herausgefunden wurde, in wie vielen Situationen *mehrere Personen* vorkommen, wurden diese Situationen genauer hinsichtlich der darin dargestellten Tätigkeiten untersucht. Dabei zeigte sich die in Abbildung 5.13 illustrierte Aufteilung. Insgesamt gab es 58 Situationen, in denen *mehrere Personen* vorkamen. Das entspricht 13,3% aller 436 Situationen. Diese Situationen mit *mehreren Personen* stammten aus vier unterschiedlichen Kategorien von Tätigkeiten. In 27 dieser Situationen wurden Tätigkeiten identifiziert, bei denen gemeinsam mit Kollegen experimentiert wurde. Die nächsthäufigste Tätigkeit, wenn *mehrere Personen* dargestellt wurden, ist das *Vortragen/Diskutieren*, das in 17 Situationen vorkam. Des Weiteren wurden in 10 Situationen Personen identifiziert, die nicht zu Naturwissenschaftlern zu zählen sind. Die dabei dargestellten Schüler, Studenten, Firmenvertreter und Patienten waren bereits in der Tätigkeitskategorie *Sich mit Nicht-Wissenschaftlern austauschen* erfasst worden. Es ist außerdem nicht auszuschließen, dass im Falle von Publikum bei dargestellten Vorträgen und Diskussionen auch weitere Personengruppen impliziert waren, die aber nicht als solche benannt oder kenntlich gemacht wurden. Als viertes Tätigkeitsfeld wurde das gemeinsame *Arbeiten mit Theorien* in 4 Situationen dargestellt. Der Anteil der Situationen mit mehreren Personen, die den vier genannten Tätigkeitskategorien zugeordnet wurden, an der Gesamtzahl aller Situationen liegt zwischen 6% und 1% und ist damit in allen Fällen sehr klein.

Die insgesamt 58 Situationen mit *mehreren Personen* wurden von 55 Schülern dargestellt. Diese entsprechen 29,1% der  $N_{ExploStudie} = 189$  Schüler. Es gibt zudem drei Schüler, die sogar zwei Situationen mit mehreren Personen darstellten.

Angesichts der im Allgemeinen sehr häufig dargestellten Kategorie *Experimentieren* ist es nicht verwunderlich, dass auch bei Tätigkeiten mit *mehreren Personen* das Experimentieren gemeinsam mit Kollegen am häufigsten dargestellt wird. Der Anteil an allen Situationen von 13,3%



**Abbildung 5.13:** In den Schülerdarstellungen identifizierte Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern beim Vorkommen von *mehreren Personen* in einer Situation.

zeigt jedoch, dass Tätigkeiten mit *mehreren Personen* insgesamt gesehen eher eine untergeordnete Rolle spielen. Weil die Personenzahl nicht nur in Form einer Zeichnung zu erkennen gegeben werden konnte, sondern auch durch beschreibende Worte, dürfte es prinzipiell kein Hinderungsgrund gewesen sein eine oder mehrere Personen zu erwähnen. Außerdem kam bei 46,3% der Schüler bereits eine einzelne Person vor, so dass mit überschaubarem Aufwand auch mehrere Personen hätten vorkommen können. Das heißt, die Darstellungsform war nicht der alleinige Grund für das vergleichsweise geringe Vorkommen von Hinweisen auf Kommunikation und Kooperation in allen Situationen. Vermutlich haben daher nur diejenigen Schüler *mehrere Personen* dargestellt, die diesen Aspekt betonen wollten. Ein anderer möglicher Grund könnte sein, dass einige Schüler die Aufgabenstellung „typische Situationen aus dem Arbeitsalltag einer Forscherin oder eines Forschers“ darzustellen, so verstanden hatten, dass *nur* Situationen mit einzelnen Personen dargestellt werden sollten. Diese Schwierigkeit war bereits bei der Formulierung des Auftrags bewusst, jedoch hätten vermutlich auch andere Varianten (z.B. eine Formulierung im Plural) stets bestimmte Vorstellungen getriggert. Interessanterweise kommt bei 40,4% der Schüler keine einzige Person vor, so dass auch hier die Frage gestellt werden muss, woran dies liegen könnte. Die naheliegendste Erklärung ist sicherlich, dass durch die Aufgabenstellung angenommen wurde, dass ohnehin (mindestens) eine Person vorkäme und diese gar nicht mehr explizit dargestellt werden bräuchte. Als weiterer Grund kommt gegebenenfalls mangelndes Vertrauen in die eigenen zeichnerischen Fähigkeiten in Betracht.

Die Anzahl der vorkommenden Personen in den Schülerdarstellungen kann sicherlich einen ersten Hinweis auf die Verbreitung von Vorstellungen zur Kommunikation und Kooperation in der naturwissenschaftlichen Forschung darstellen. Jedoch sollten diese Zahlen unter dem Vorbehalt des Einflusses des Testinstrumentes betrachtet werden. So berichtet Höttecke (2001, S. 46) von einer Befragung, in der Schüler mit deutlicher Mehrheit (75%) bejahten, dass es Austausch

innerhalb der naturwissenschaftlichen Gemeinschaft gibt, obwohl Naturwissenschaftler sonst „vorwiegend als Einzelkämpfer vorgestellt“ wurden. Dabei konnte es sich jedoch nach Höttecke (2001, S. 46) auch um einen „Testeffekt“ handeln, was bedeutet, „[...]“, daß die Frage erst ein Bewußtsein für die Problematik und eine entsprechend reflektierte Einstellung hervorgebracht hat.“. Ein solcher Testeffekt sollte in dieser explorativen Studie durch die Offenheit des eingesetzten Erhebungsinstrumentes, das heißt ohne die konkrete Frage nach einer Personenzahl, vermieden werden. Dennoch kann durch die Aufgabenstellung zur Darstellung von Personen induziert worden sein, dass tatsächlich weniger Personen dargestellt wurden als in den Vorstellungen der Schüler vorhanden waren.

Dies wird auch durch die Ergebnisse einer anderen Studie von Reinisch et al. (2017) nahegelegt, in der Lehramtsstudierende, die unter anderem ein dem *Draw-A-Scientist Test* ähnliches Erhebungsinstrument bearbeitet hatten, anschließend nach den Gründen für ihre angegebene Personenzahl gefragt wurden. Darin wurden als Gründe für *eine* Person hauptsächlich genannt, dass der Beruf des Naturwissenschaftlers als weniger kollaborativ angesehen wurde als andere Berufe. Der zweithäufigste angegebene Grund war, dass die Aufgabenstellung nur eine Person forderte, gefolgt von weiteren Gründen wie einem Mangel an Platz, Zeit, Motivation und zeichnerischen Fähigkeiten. Deutlich seltener wurde begründet, dass mehr als eine Person dargestellt wurde vor allem weil Austausch und Arbeit in den Naturwissenschaften als Gruppenaufgabe angesehen wurden (Reinisch et al., 2017, S. 16). Einigen der aufgeführten Gründe, wie dem Mangel an Platz und zeichnerischen Fähigkeiten, wurde in dieser explorativen Studie durch die Möglichkeit zur Darstellung von drei Situationen und durch das Freitextfeld begegnet. Für eine tiefere Überprüfung der Personenzahl würde sich als Methode ein Interview vermutlich am besten eignen, um das dahinterliegende Konzept zu Tätigkeiten in den Naturwissenschaften bei Schülern zu verstehen.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass Tätigkeiten, in denen *mehrere Personen* vorkommen, in den Vorstellungen von Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9 mit einer entsprechenden Darstellung in 13,3% aller Situationen eine vergleichsweise untergeordnete Rolle spielen. Wie Höttecke ausführte, ist im Allgemeinen kaum davon auszugehen, dass Schüler bereits Labore betreten haben (Höttecke, 2001, S. 49). Daraus und aus dem verhältnismäßig geringen Vorkommen von Situationen mit *mehreren Personen* ist zu schließen, dass ein Schülerlaborbesuch mit einer expliziten Thematisierung von Kommunikation und Kooperation in den Naturwissenschaften großes Potential hat, um die Schülervorstellungen hierzu zu beeinflussen.

### 5.4.5.3 Ergebnisse der Zusatzkategorien

Tätigkeiten und auch Kommunikation und Kooperation im Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern sind unweigerlich mit weiteren typischen Merkmalen wie einem Ort, bestimmten Gegenständen oder auch der Erscheinung von Personen verknüpft. Dementsprechend spiegeln sich solche Merkmale auch in den erfassten Schülerdarstellungen wieder. Sie wurden deshalb im Rahmen der Zusatzkategorien untersucht, um eine differenzierte Beschreibung der dargestellten Vorstellungen vornehmen zu können. Diese Zusatzkategorien wurden entweder aufgrund von Auffälligkeiten bei der bisherigen Analyse gebildet oder sie stammen aus Untersuchungen mit *Draw-A-Scientist-Test*-Formaten, z.B. von Finson et al. (1995). Mit den Ergebnissen der

Frequenzanalyse sowie mit der Beschreibung dieser Zusatzkategorien wird die forschungsleitende Frage 1.d) aus Kapitel 4 beantwortet. Die in diesem Kapitel gewonnenen Erkenntnisse wurden außerdem zusammen mit den zuvor entwickelten Tätigkeitskategorien für die Entwicklung des Erhebungsinstrumentes in der Interventionsstudie genutzt. Wie sich herausstellt, lassen sich anhand einiger Zusatzkategorien Rückschlüsse auf die Herkunft von dargestellten Schülervorstellungen ziehen.

### Gegenstände in den Schülerdarstellungen

An dieser Stelle wurden die in den Schülerdarstellungen identifizierten gegenständlichen Dinge, wie beispielsweise ein Gasbrenner oder ein Tisch, untersucht. Außerdem wurden in den vorgegebenen Freifeldern für die Zeichnungen von Schülern teilweise auch einzelne Worte eingetragen und Zahlen oder Schrift angedeutet. Da dies häufig in Kombination mit Gegenständen wie Zetteln, Büchern, Schildern oder Wandtafeln geschah, werden solche Formen der Beschriftung und alle weiteren gegenständlichen Dinge im Folgenden zum Bereich der *Gegenstände* gezählt. Im Bereich dieser Gegenstände wurden folgende sieben Zusatzkategorien unterschieden: *Gasbrenner*, *Mikroskop*, *sonstige Geräte*, *Tisch* sowie *PC/Laptop/Monitor*, *Wandtafel* und *Beschriftung*. Innerhalb einer Situation wurde für jede Kategorie zwischen Vorhandensein (1) und Abwesenheit (0) unterschieden. Auf eine detailliertere Betrachtung (z.B. der Anzahl der Gegenstände) wurde verzichtet, weil daraus für diese explorative Studie kein weiterer relevanter Erkenntnisgewinn zu vermuten war.

Die Häufigkeiten der sieben genannten Zusatzkategorien wurden im Rahmen der Frequenzanalyse bestimmt. Die absoluten und relativen Häufigkeiten der Kategorien werden in Tabelle 5.11 dargestellt, wobei sich die relativen Häufigkeiten auf die Gesamtzahl aller angefertigten 436 Situationen beziehen. Der Bezug auf die Gesamtzahl ist aus dem Grund sinnvoll, weil der Bereich der *Gegenstände* unabhängig von den Tätigkeiten oder sonstigen Zusatzkategorien betrachtet wurde. Bei den *Gegenständen* gab es - wie schon bei den Tätigkeiten - eine große Bandbreite in

**Tabelle 5.11:** Häufigkeiten von in den Situationen dargestellten *Gegenständen*. Relative Häufigkeiten bezogen auf die Gesamtzahl von 436 Situationen.

Zusatzkategorien des Bereichs <i>Gegenstände</i>	Anzahl von Situationen mit diesem Gegenstand	relative Häufigkeit in allen Situationen
Gasbrenner	50	11%
Mikroskop	33	8%
sonstige Geräte	45	10%
Tisch	194	44%
PC/Laptop/Monitor	25	6%
Wandtafel	27	6%
Beschriftung	133	31%

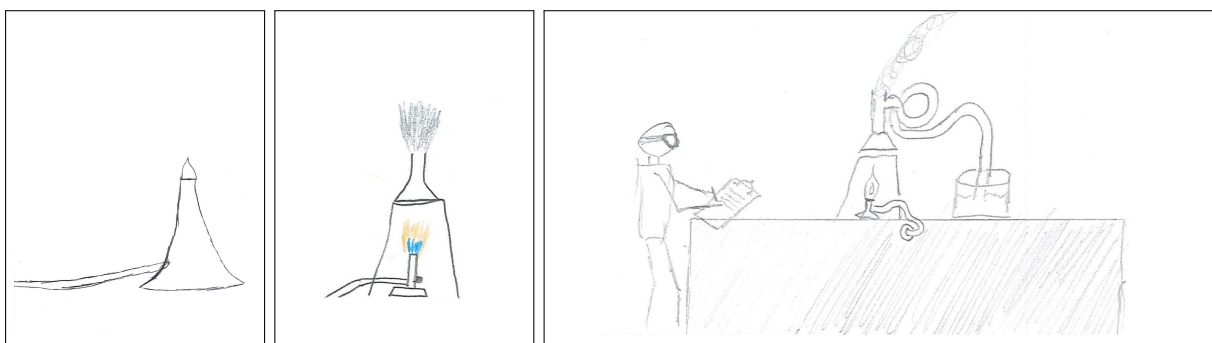
der Darstellungsweise, angefangen von rudimentären Skizzen und einzelnen Worten bis hin zu ausgefeilten und teils farbigen Zeichnungen. Da weder eine praktikable Möglichkeit zur Erfassung dieser Art der Ausgestaltung der Darstellungen gefunden wurde und ohnehin in der Aufgabenstellung darauf hingewiesen wurde, dass es bei der Darstellung nicht um die künstlerischen

Fähigkeiten ginge (vgl. Unterkapitel 5.1) und damit in der Art der Ausgestaltung kein relevanter Informationsgehalt zu vermuten ist, erfolgte die Auswertung ausschließlich über die Zuordnungen zu den Kategorien. Die Zusatzkategorien mit ihren Häufigkeiten werden im Folgenden erläutert und anhand ausgewählter Beispiele illustriert. Dabei wird von Schülerdarstellungen stets alles Gezeichnete einer Situation wiedergegeben. Gegebenenfalls wurden leere Zeichenflächen ausgespart und Ausschnitte zur besseren Erkennbarkeit entsprechend vergrößert.

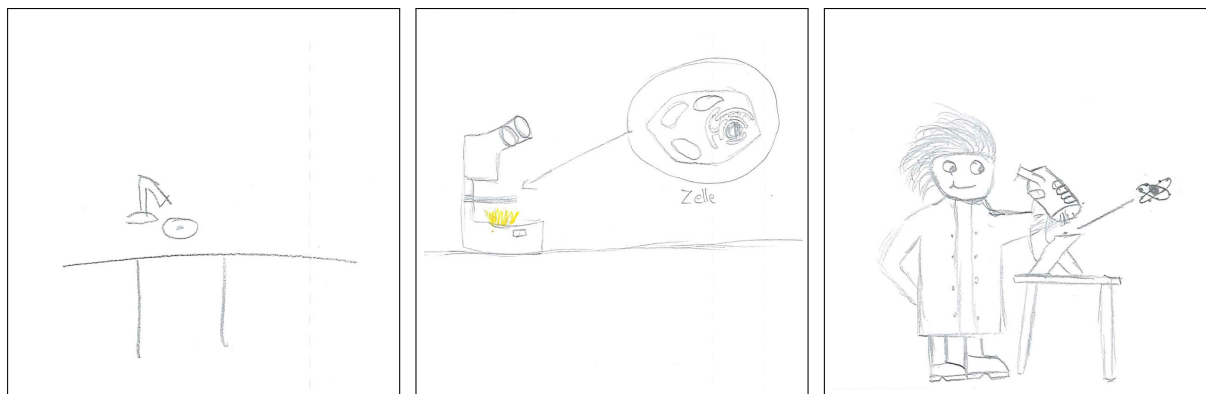
Ein **Gasbrenner** wurde in insgesamt 50 Situationen der Schüler identifiziert und kam somit in 11% aller Situationen vor. Damit waren *Gasbrenner* die am häufigsten vorkommenden Geräte in den von den Schülern dargestellten Situationen des Arbeitsalltages von Naturwissenschaftlern. Die Bandbreite der Darstellungen reichte von sehr einfachen Zeichnungen, in deren Fokus allein der Gasbrenner stand, bis hin zu komplexen Darstellungen, in denen der Gasbrenner einen kleinen Teil bildet. Beispiele hierfür zeigt die Abb. 5.14. Das linke Bild zeigt eine einfache Zeichnung allein eines Gasbrenners, zu der die Beschreibung „In Chemie wird am meisten der gasbrenner benutzt“ gehört. Vom mittleren bis zum rechten Bild werden die Zeichnungen umfangreicher und komplexer, wobei die Erläuterung zum rechten Bild lautet: „Ein Forscher führt chemische Versuche durch. Ziel: einen neuen Treibstoff“. Auch im beschreibenden Text tritt der Gasbrenner hier gegenüber einem abstrakteren Inhalt zurück.

Gründe für das häufige Vorkommen von Gasbrennern könnten unter anderem auf die Bekanntheit und die Verwendung von Gasbrennern im Chemieunterricht zurückzuführen sein. Die Tatsache, dass viele Schüler einen *Gasbrenner* offenbar gut kennen, zeigt sich zum Beispiel daran, dass Einstellrädchen, Gasanschlüsse und die Farben der Brennerflamme eingezeichnet wurden, wie im mittleren Bild der Abbildung 5.14 dargestellt wurde. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die dargestellten Vorstellungen der Schüler durch den Unterricht geprägt wurden und lässt vermuten, dass sie auch durch dafür konzipierte (außer)schulische Maßnahmen beeinflusst werden können.

Ein **Mikroskop** war ein weiteres, häufig dargestelltes Gerät aus dem Bereich der *Gegenstände*. In den Schülerdarstellungen konnte insgesamt 33-mal, das heißt in 8% aller Situationen, ein *Mikroskop* identifiziert werden. Die Darstellung eines *Mikroskopes* fiel - wie auch bei anderen Kategorien - sehr unterschiedlich hinsichtlich der Ausgestaltung aus. Häufig wurde ein Mikro-



**Abbildung 5.14:** Beispiele für Gasbrenner in den Schülerdarstellungen, die als die am häufigsten verwendeten Geräte identifiziert wurden.



**Abbildung 5.15:** Beispiele für Darstellungen eines *Mikroskops*, die in den Schülerzeichnungen und/oder in der dazugehörigen Beschreibung identifiziert wurden.

skop grob skizziert (s. linkes Bild in Abb. 5.15) und mit allgemeinen Stichworten beschrieben, wie zum Beispiel „Etwas im Mikroskop beobachten“. Andere Darstellungen wiesen Details der Untersuchungsobjekte auf, wie eine „Zelle“ im mittleren Bild der Abb. 5.15 oder es kamen auch die am Mikroskop arbeitenden Personen vor (rechtes Bild in Abb. 5.15). Zum letztgenannten Bild gehörte die Beschreibung: „Mit einem Mikroskop kleine Sachen untersuchen z.B. ein Atom“. Viele Schüler haben sehr wahrscheinlich bereits mit einem Mikroskop gearbeitet, wie sich aus der Darstellung von Details in den Zeichnungen schließen lässt. So wurden in den Zeichnungen beispielsweise die Beleuchtung am Mikroskop oder vergrößerte Proben dargestellt. Solche Details sind vermutlich auf die Arbeit mit einem solchen Gerät zurückzuführen. Ein interessanter Punkt ist zudem, welche Vorstellungen zu Größenordnungen bei einigen Schülern anzutreffen sind: So wurde zum Beispiel auch dargestellt, wie ein „Atom“ (s. rechtes Bild 3 in Abb. 5.15) und andere molekulare Strukturen untersucht wurden, die nicht mehr mit sichtbarem Licht auflösbar sind. Untersuchungen mit Mikroskopen wurden zum überwiegenden Teil im Fachbereich *Biologie* durchgeführt, wie an den Beschreibungen und der entsprechenden Zuordnung zur Fachrichtung erkennbar war. Wie auch im Falle des *Gasbrenners* lässt sich die Darstellung eines Mikroskopes auch auf den Einfluss durch den Schulunterricht zurückführen.

**Sonstige Geräte:** In den Schülerdarstellungen der Kategorie *Experimentieren mit Geräten* waren nicht nur *Gasbrenner* und *Mikroskope* identifiziert worden, sondern es waren auch eine Reihe weiterer Apparaturen, Geräte oder Versuchsaufbauten erkennbar, die in diesem Abschnitt näher präsentiert werden. Es wurden jedoch keine weiteren Gruppen von Geräten gebildet, weil die identifizierten Geräte dafür zu verschieden waren oder nur in geringer Anzahl vorgefunden wurden. Zu dieser Zusatzkategorie wurde jede Form von Messgeräten, Apparaturen, Maschinen und ähnlichen Gegenständen, an bzw. mit denen experimentiert wurde, gezählt. Ausgenommen waren hierbei kleine Gegenstände, die in der Hand gehalten werden konnten wie Stifte, Messer oder Pipetten, weil sie in den Zeichnungen nicht deutlich genug voneinander zu unterscheiden waren. Des Weiteren wurden elektronische Geräte mit einem Bildschirm separat in der Subkategorie *PC/Laptop/Monitor* erfasst.

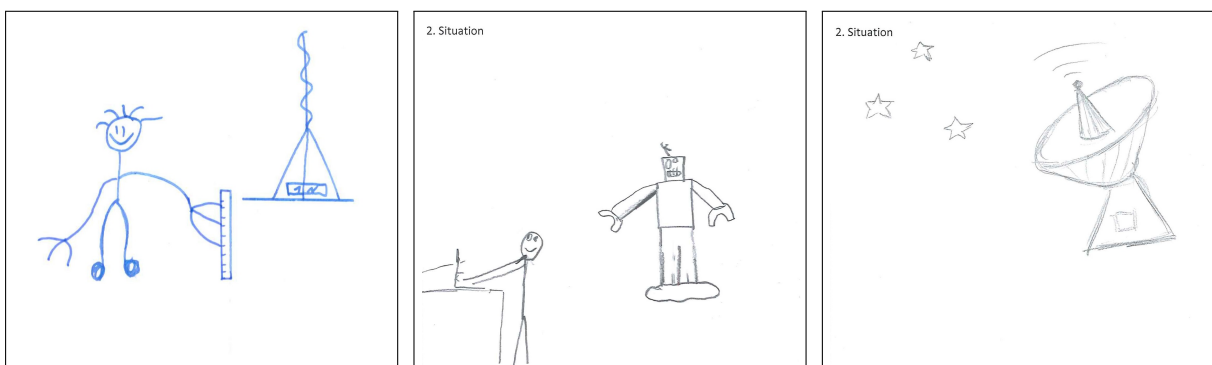
Insgesamt wurden in 45 Situationen und damit in 10% aller Situationen *sonstige Geräte* außer

Gasbrennern und Mikroskopen identifiziert (vgl. Tabelle 5.11). Die *sonstigen Geräte* konnten in drei Gruppen gemäß ihrer Größe unterteilt werden und einige Beispiele werden an dieser Stelle vorgestellt. Zu den kleinen Geräten, die in den Schülerdarstellungen identifiziert wurden, gehörten Gegenstände, die häufig auf einem Tisch genutzt wurden und die vermutlich aus dem Physikunterricht bekannt waren, wie zum Beispiel ein „Kraftmessgerät“, „Federn“ (s. linkes Bild in Abb. 5.16), eine Laserpistole zur Nutzung als Lichtschranke sowie diverse Materialien zum Aufbau von Stromkreisen, darunter „elektrische Kabel“, „Schalter“, Glühbirnen und Batterien<sup>51</sup>. Zu den mittelgroßen *sonstigen Geräten* wurden dargestellte Dinge gezählt wie ein Fahrrad zur Stromerzeugung, ein aufstellbares Teleskop oder etwas, das im mittleren Bild der Abb. 5.16 gezeigt wird mit der Beschreibung: „Hier hat der Physiker ein Roboter gebaut und programmiert es.“ Zu den großen *sonstigen Geräten* in den Schülerzeichnungen wurde alles gezählt, was deutlich über die Maße der vorherigen Geräte hinaus ging. Dazu gehörte zum Beispiel die „Erfindung eines Fahrzeuges angetrieben durch Sonnenlicht und Sonnen Energie.“ und eine Art Teleskop mit der Beschreibung: „Gerät sucht nach Außerirdischen“ (s. rechtes Bild in Abb. 5.16). Die größten Geräte waren vermutlich „Teilchenbeschleuniger“, mit denen bei zwei Schülerinnen experimentiert wurde und die in einem Fall „überwacht“ und im anderen Fall genutzt wurden, um „[...] dunkle Materie zu finden und zu messen.“.

Wenn *sonstige Geräte* in den Situationen dargestellt waren, wurden sie fast ausschließlich der Fachrichtung *Physik* zugeordnet<sup>52</sup>. Im Bereich der Physik gibt es für die Schüler offenbar kein einzelnes typisches Gerät, wie den *Gasbrenner* in der *Chemie* oder das *Mikroskop* in der *Biologie*, sondern verschiedene kleine und auch große Geräte. Dies zeigt, dass trotz überwiegender Darstellung von stereotypischen Merkmalen (wie dem Arbeiten im Bereich der Chemie) auch differenziertere Vorstellungen bei einigen Schülern vorhanden sind. Bei den Untersuchungen dieser Kategorie der *sonstigen Geräte* war festzustellen, dass bestimmte Themenbereiche offensichtlich stufen- und klassenweise auftauchten und daher sehr wahrscheinlich auf den Un-

<sup>51</sup>Durch Anführungszeichen gekennzeichnete Worte bedeuten, dass diese aus den Beschreibungen der Schüler zitiert wurden. Andernfalls wurden die Gegenstände in den Zeichnungen identifiziert.

<sup>52</sup>Dies gilt, sofern die zweite Version des Erhebungsinstrumentes bearbeitet wurde, bei der es die Möglichkeit zur separaten Angabe der Fachrichtung für jede einzelne Situation gab.



**Abbildung 5.16:** Schülerdarstellungen, in denen *sonstige Geräte* identifiziert wurden.

terricht zurückzuführen sind. Dazu gehörte zum Beispiel das Thema Kräfte, bei dem Federn in Kombination mit Linealen verwendet wurden, oder der Themenbereich der Archäologie, bei dem Schaufeln für Ausgrabungen zum Einsatz kamen. Diese beiden genannten Themenbereiche wurden ausschließlich in Darstellungen von Schülern der Jahrgangsstufe acht des Gymnasiums beobachtet. Auf diesen Punkt der Unterschiedlichkeit aufgrund der Schulzugehörigkeit wird später in der Interpretation im Unterkapitel 5.6 noch eingegangen, weil dies auch in anderen Kategorien festgestellt wurde.

Eine weitere Kategorie im Bereich der *Gegenstände* war die Zusatzkategorie **Tisch**. Diese Kategorie wurde untersucht, um einen Anhaltspunkt dafür zu bekommen, wie häufig aus Schülersicht im Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern generell an Tischen, zum Beispiel an Schreibtischen, Labortischen oder Konferenztischen gearbeitet wurde. Dazu wurden in den Schülerdarstellungen sowohl komplett gezeichnete Tische als auch Teile von Tischen als solche kodiert. Insgesamt wurde in 194 Situationen ein *Tisch* identifiziert, so dass dies 44% aller 436 Situationen entsprach. *Tische* sind damit die mit Abstand am häufigsten vorkommenden *Gegenstände* in den Schülerdarstellungen. Trotz der bereits hohen Anzahl ist jedoch anzunehmen, dass vor allem bei Darstellungen des *Experimentierens* die „Tisch-Quote“ eher noch höher liegen dürfte, denn oftmals wurden lediglich die Experimentierobjekte ohne Umgebung dargestellt. Dabei wäre es bei vielen *Gegenständen*, wie zum Beispiel bei *Gasbrennern*, ungewöhnlich, wenn diese woanders als auf einem *Tisch* genutzt würden, so dass ein Tisch möglicherweise bereits vorausgesetzt wurde oder aus Platzmangel oder anderen Gründen der zeichnerischen Darstellung nicht gezeichnet oder erwähnt wurde. Auf Tischen ließen sich vielfach eine Reihe kleiner Dinge ausmachen, wie zum Beispiel Schreibzeug, Messer, Pipetten und Scheren, die jedoch ohne weitere Beschreibungen nicht immer zu erkennen oder voneinander zu unterscheiden waren. In 18 Situationen kamen *mehrere Personen* in Kombination mit der Kategorie *Tisch* vor. Dabei wurde in mehr als der Hälfte dieser 18 Situationen das *Experimentieren* dargestellt, während in den übrigen Situationen etwa zu gleichen Teilen das *Arbeiten mit Theorien* oder das *Vortragen/Diskutieren* veranschaulicht wurde. Sofern diese übrigen Situationen als Zeichen für Arbeitsgruppentreffen und Besprechungen gewertet werden können, stellt dies einen deutlich unterrepräsentierten Anteil im Vergleich zu tatsächlich stattfindenden Meetings im Alltag des SFB Nanoswitches und höchstwahrscheinlich auch anderer Forschungsgruppen dar.

In der Zusatzkategorie **PC/Laptop/Monitor** wurden elektronische Geräte mit Bildschirmen, wie Computer und Laptops, die in den Schülerdarstellungen dargestellt wurden, zusammengefasst. Insgesamt gab es 25 Situationen, in denen ein solches Gerät mit Monitor gefunden wurde, was 6% aller Situationen entsprach (vgl. Tabelle 5.11). Die PCs, Laptops und Monitore wurden in den Schülerdarstellungen vor allem zur Recherche von Informationen genutzt, kamen bei Experimenten zum Einsatz und wurden für die Auswertung von gemessenen Daten verwendet. Es gab somit eine Reihe von Tätigkeiten, bei denen Computer mindestens unterstützend oder sogar als zentrale Arbeitsmittel zum Einsatz kamen. Bei der Betrachtung des Arbeitsplatzes von Wissenschaftlern hatte Höttecke folgende Vermutung aufgestellt: „Möglicherweise würden Kinderbilder heute den Computer als markantes Zeichen wissenschaftlicher Arbeitsumgebungen stärker betonen, als es noch bei Chambers in den 1960er und 1970er Jahren der Fall gewesen

ist.“<sup>53</sup> (2001, S. 50). Leider konnten bei Chambers (1983) keine konkreten Vergleichszahlen für die Häufigkeit der Darstellung von Computern gefunden werden<sup>54</sup>. Auch aus anderen Veröffentlichungen konnten keine Häufigkeiten für Darstellungen ausschließlich von Computern ermittelt werden, weil diese mit anderen Arten von technischen Gegenständen gemeinsam erfasst wurden, z.B. in einer Kategorie „Technology“, die bei Reinisch et al., 2017 beispielsweise auch „rockets“ enthielt (Reinisch et al., 2017, S. 11) und bei Finson et al. unter anderem „tv, missiles, telephone“ und ähnliches umfasste (1995, S. 199). Deshalb kann hier nur konstatiert werden, dass der im Forschungsalltag mittlerweile standardmäßige Gebrauch von *PC/Laptop/Monitor* mit einer Darstellung in 6% der Situationen nur in Ansätzen in den dargestellten Schülervorstellungen wiederzufinden ist.

Als weitere Zusatzkategorie von *Gegenständen* wurden in den Schülerdarstellungen unter dem Stichwort *Wandtafel* entsprechend genutzte Flächen von Tafeln, Whiteboards, Flipcharts und Leinwänden zusammengefasst und untersucht, denn diese könnten ein Hinweis auf Tätigkeiten sein, an denen mehrere Personen beteiligt sind. Insgesamt wurden in 27 (6%) der 436 Situationen Formen einer *Wandtafel* gefunden. In Situationen, in denen die Darstellung einer *Wandtafel* vorkam, wurden darauf normalerweise Rechnungen und/oder Reaktionsgleichungen notiert oder es wurden Präsentationen gehalten. Drei typische Beispiele solcher Situationen werden in Abbildung 5.17 gezeigt. Zum linken Bild wurde die Beschreibung „rechnet aus“ hinzugefügt, während zum mittleren Bild die Beschreibung „Es muss etwas an die Tafel geschrieben werden.“ ergänzt wurde. Diese beiden Bilder könnten sowohl die Handlung einer einzelnen Person illustrieren, als auch vom Schulunterricht inspiriert worden sein, bei dem diese Tätigkeiten von einer Lehrkraft oder den Schülern selbst vor einer Gruppe ausgeführt wurden. Die dazu gewählte Wortwahl „Es muss ...“ könnte auf die Vorstellung eines typischen Vorgehens oder eine Abfrage im Unterricht hindeuten oder aber einen Hinweis auf streng vorgegebene Arbeitsweisen bei Naturwissenschaftlern darstellen. Die Situation des rechten Bildes der Abbildung 5.17 wurde dagegen durch die dazugehörige Beschreibung deutlich: „Ein Wissenschaftler schreibt Formeln auf, die er ausprobiert. Vorher präsentiert er es anderen Wissenschaftlern.“ Bei dieser Beschreibung könnte das 'Ausprobieren' auf den vorläufigen Charakter wissenschaftlicher Theorien hindeuten, während der Vortrag unter Kollegen einen wichtigen Beitrag zur wissenschaftlichen Debatte von Erkenntnissen darstellt. Während das linke und mittlere Bilder auch Unterrichtssituationen darstellen könnten, wurde die im rechten Bild dargestellte Situation offensichtlich nicht in der Schule erlebt und sie deutet zudem auf Vorstellungen von kooperativen Tätigkeiten im Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern hin. Diese drei Beispiele zeigen, dass auch den ergänzenden Beschreibungen zu den Situationen eine wichtige Bedeutung bei der Beurteilung einer Situation zukommt.

<sup>53</sup>Im Kapitel I.2.1 seiner Dissertation bzw. im Unterabschnitt über den „typischen Arbeitsplatz“ berichtet Höttecke über die „Vorstellungen von SchülerInnen / Kindern“ im Bereich der Natur der Naturwissenschaften bzw. zur Person eines Naturwissenschaftlers, seiner Arbeit und ihren Bedingungen (2001, S. 42ff).

<sup>54</sup>In der Studie von Chambers, der Daten von Kindern bzw. Schülern erhob, die den Kindergarten besuchten bzw. der ersten bis fünften Jahrgangsstufe (Grade 5) angehörten, wurde lediglich folgende Aussage gefunden: „Instruments and equipment were mostly chemical, especially in early years, but gradually more sophisticated items such as microscopes, telescopes and computers appeared.“ (Chambers, 1983, S. 259).

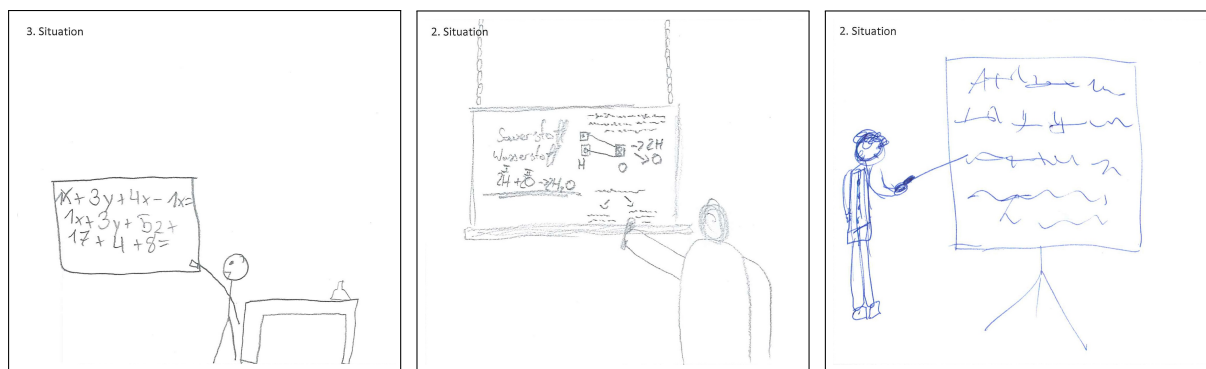
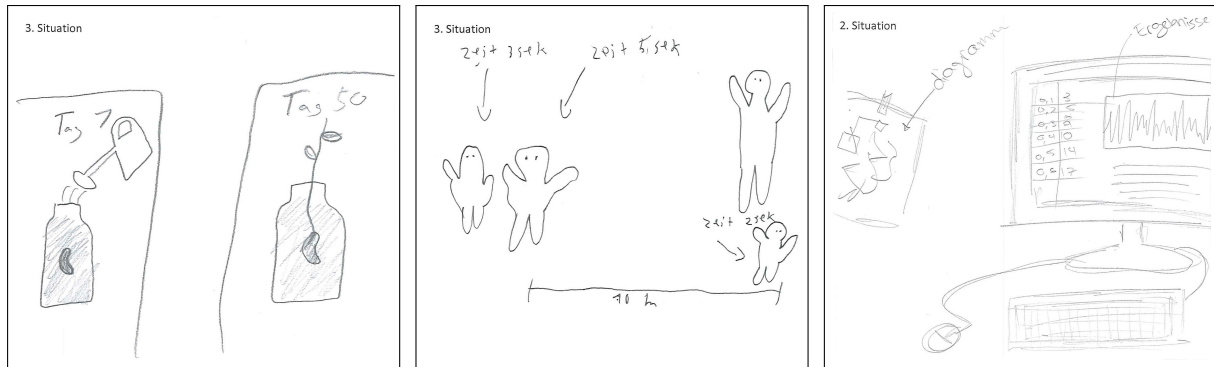


Abbildung 5.17: Arten von Tafeln, die offenbar in diesen Schülerzeichnungen dargestellt wurden.

Die Zusatzkategorie **Beschriftung** wurde gebildet, weil auch die in Zeichnungen ergänzten Worte, Zahlen und Andeutungen von Schrift für die dargestellten Situationen von großer Bedeutung sein konnten. In insgesamt 133 Situationen (31%) wurden solche Formen der *Beschriftung* vorgefunden. Diese Anzahl übersteigt deutlich diejenige der Situationen mit einer *Wandtafel* (27), wie sie exemplarisch in der Abb. 5.17 gezeigt werden, und aus diesem Grund wird diese Zusatzkategorie im Folgenden weiter beschrieben.

Die von den Schülern vorgenommenen *Beschriftungen* können anhand inhaltlicher Gesichtspunkte unterschieden werden. Dabei sind zunächst *Beschriftungen* zu nennen, die das Gezeichnete einfach in schriftlicher Form wiedergeben und somit - in Fällen erkennbarer Zeichnungen - keine zusätzlichen Erkenntnisse bieten. Im Unterschied dazu gab es deutlich mehr *Beschriftungen*, die zusätzliche Informationen lieferten, weil sie zum Beispiel kleine Gegenstände, wie ein „Skalpel“ oder eine „Stoppuhr“ erklärten oder Zustände, Stoffeigenschaften und ähnliches benannten, wie „schwerelos“, „Wasserstoff“, „Gift“, „Medikament“, „Coca Cola & Mentos“, „Photonen“ und „Atome“. Nicht so häufig kamen Hinweise und Ausrufe als *Beschriftungen* in den Situationen vor, wie beispielsweise „brennbar“, „Vorsicht elektronisch geladen“ und „Cool“. Weitere *Beschriftungen*, die den Schülerzeichnungen hinzugefügt wurden, waren Formeln, Reaktionsgleichungen und Diagramme. Diese wurden häufig auf einer *Wandtafel* vorgefunden oder kamen in Darstellungen von Zetteln und Bildschirmen vor. Drei Beispiele, bei denen die *Beschriftungen* zusätzliche Informationen lieferten, werden in der Abbildung 5.18 gezeigt und nachfolgend näher erläutert. Im linken Bild diente die *Beschriftung* „Tag 1“ und „Tag 50“ offenbar dazu den Wachstumsprozess der Pflanze zu verdeutlichen. In diesem Fall ergänzen sich die Informationen aus Zeichnung und *Beschriftung* sinnvoll und könnten einzeln kaum verstanden werden<sup>55</sup>. Ebenso verhält es sich mit dem mittleren Bild, auf dem eine Strecke von „10 m“ gezeigt wird und verschiedene Personen zu sehen sind, denen die *Beschriftungen* „Zeit 3 sek“, „Zeit 5 sek“ und „Zeit 2 sek“ zugeordnet wurden. Aus der dazugehörigen Beschreibung „Laufen oder etwas draußen machen. (Physik)“ wäre die Situation allein nicht hervorgegangen. Aus der Kombination von Zeichnung, *Beschriftung* und Beschreibung lässt sich jedoch vermuten, dass in dieser Situation dargestellt wurde, welche Zeitdauern jeweils von

<sup>55</sup>Zu diesem Bild gab es keine Beschreibung der Situation.



**Abbildung 5.18:** Schülerdarstellungen, in denen eine Form von *Beschriftung* identifiziert wurde.

den Personen für den Lauf der angegebenen Strecke benötigt wurden. Auch im rechten Bild in Abbildung 5.18 lassen sich der Zeichnung wichtige Zusatzinformationen entnehmen. So ist zu erkennen, dass eine Grafik, welche auf dem Bildschirm mit „Ergebnisse“ beschriftet wurde, zusammen mit Zahlen in einer Tabelle und mit Linien (vermutlich als Andeutung von Text) vorkommt. Die Situation erhielt die Beschreibung: „Forscher analysieren sich seine Ergebnisse und suchen was die Ergebnisse bedeuten.“ Durch die Zeichnung wurde sowohl deutlich, dass die Analyse mit einem Computer ausgeführt wurde, als auch das, was unter „Ergebnissen“ konkreter zu verstehen sei. Eine Tabelle mit Messwerten und ein Diagramm mit oszillierendem Graphen so detailliert mit Worten zu beschreiben wie in der Zeichnung wäre für die Schülerin wahrscheinlich aufwändiger gewesen als diese Skizze anzufertigen. Die zusätzliche Beschreibung einer Situation ist hierbei ebenfalls wichtig, weil sie im vorliegenden Fall die genaue Tätigkeit („analysieren“) und den Zweck (Bedeutung suchen) beinhaltet. Während die ersten beiden dargestellten Beispiele durch Aktivitäten aus dem Schulunterricht beeinflusst worden sein könnten, weist das dritte Beispiel eher auf realistische Vorstellungen über die Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern hin. An dem vergleichsweise häufigen Vorkommen der Zusatzkategorie *Beschriftung* in 31% aller Situationen wird deutlich, wie wichtig den Schülern offensichtlich Wörter und Zahlen in ihren Zeichnungen waren, so dass diese *Beschriftungen* zusätzlich zu den ohnehin vorhandenen Freitextfeldern hinzugefügt wurden. Die Zeichnungen profitierten dabei in der überwiegenden Anzahl der Fälle von der *Beschriftung*, das heißt, dass die Situationen dadurch detaillierter und/oder besser verständlich wurden.

Insgesamt lässt sich zusammenfassen, dass die Untersuchung der Zusatzkategorien im Bereich der *Gegenstände* wichtige Erkenntnisse über die dargestellten Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in ihrem Arbeitsalltag lieferte. So konnte beispielsweise festgestellt werden, dass ein Zusammenhang zwischen der Darstellung von Geräten - die beim Experimentieren in 38% der Situationen dargestellt wurden - und der Zuordnung einer Situation zu einer Fachrichtung besteht. Während *Gasbrenner* ausschließlich zusammen mit der Angabe der Fachrichtung *Chemie* dargestellt wurden, kam ein *Mikroskop* überwiegend in Situationen in der *Biologie* vor. Situationen, die der Fachrichtung *Physik* zugeordnet werden konnten, zeichneten sich hingegen durch eine Vielfalt von unterschiedlichen Geräten aus. Des Weiteren ließ sich schlussfolgern, dass einige Geräte sehr wahrscheinlich aus dem Schulunterricht bekannt waren. Es ist aus diesem Grund plausibel anzunehmen, dass Schüler die in der Schule ausgeführten Tätigkeiten auch als Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern interpretierten und sie dementsprechend darstellten.

### **Dargestellte Orte in den Schülerdarstellungen**

Arbeitsorte von Naturwissenschaftlern sind zweifellos mit den dort ausgeübten Tätigkeiten verknüpft, so dass die Schülerdarstellungen auch auf Hinweise für bestimmte Orte untersucht wurden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollten außerdem in die Entwicklung eines Erhebungsinstrumentes für die Interventionsstudie einfließen. Die Situationen, bei denen eine Benennung des Ortes vorgefunden wurde oder bei denen in den Zeichnungen deutliche Anzeichen für bestimmte Räumlichkeiten erkennbar waren, wurden einer der vier folgenden Zusatzkategorien zugeordnet: einem *Labor*, einem *Büro*, einem *Vortragsraum* oder einem *Ort außerhalb eines Gebäudes*.

Im Falle der Kategorie des *Labors* wurde dies entweder in der Beschreibung durch Worte wie „Chemielabor“ oder „in einem Labor arbeiten“ erwähnt oder es war zusätzlich zu Experimenten noch weitere Laborausstattung dargestellt wie Regale für Materialien, ein Rauchabzug, Wasserhähne, Waschbecken, Strom- und Gasanschlüsse, Lampen oder eine Sprinkleranlage. In insgesamt 77 Situationen (18%) wurden derartige Anzeichen für ein *Labor* identifiziert.

Die Zusatzkategorie *Büro* wurde in den dargestellten Situationen identifiziert, wenn zusätzlich zu Tätigkeiten wie *Dokumentieren*, *Informationen suchen* oder *Auswerten/Berechnen* weitere Gegenstände eines für solche Tätigkeiten genutzten Raumes vorkamen. Ein *Büro* konnte bei insgesamt 20 Situationen (5%) in den Zeichnungen erkannt oder der Beschreibung entnommen werden. Dazu gehörten in jedem Fall ein Tisch und in 12 dieser Situationen außerdem ein *PC/Laptop/Monitor* und häufig auch Stifte, Zettel, Bücher (teils in Regalen) und Personen, die am Tisch saßen.

Ein dargestellter *Vortragsraum* zeichnete sich stets durch eine *Wandtafel* aus und beinhaltete mehrere Zuhörer oder ein größeres Publikum, das auch durch Stühle oder Sitzreihen angedeutet werden konnte. In einigen dieser Situationen war zudem eine Art Bühne angedeutet worden oder es kamen Details wie ein Presenter, ein Mikrofon, ein „Beamer“ oder die Aufschrift „Power Point“ auf der Leinwand vor. Insgesamt wurden in 9 Situationen (2%) derartige Anzeichen für einen *Vortragsraum* identifiziert.

Die bis hierher beschriebenen Orte, die in den Schülerdarstellungen des naturwissenschaftlichen Arbeitsalltags identifiziert wurden, befanden sich ausschließlich innerhalb von Räumen

oder Gebäuden. Die vierte Zusatzkategorie im Bereich der Orte beinhaltete im Unterschied dazu Situationen, bei denen anzunehmen war, dass ein *Ort außerhalb eines Gebäudes* Schauplatz der Situation war. Solche *Orte außerhalb eines Gebäudes* wurden in insgesamt 40 Situationen (9%) identifiziert. Dabei wurden als Orte beispielsweise Wald, Ausgrabungsstätten, ein Schiff oder das Weltall identifiziert.

Insgesamt konnten den vier Zusatzkategorien aus dem Bereich der *Orte* somit 33% aller Situationen zugeordnet werden. Mit allein 18% überwog dabei die Darstellung eines *Labors* und stellte damit den am häufigsten identifizierten Arbeitsort von Naturwissenschaftlern in den Schülerdarstellungen dar. An zweiter Stelle standen mit 9% der Situationen *Orte außerhalb eines Gebäudes*, gefolgt von Situationen in einem *Büro* (5%) und in einem *Vortragsraum* (2%). Vermutlich wäre von den Schülern ein Großteil weiterer Situationen ebenfalls dem Arbeitsort *Labor* zugeordnet worden, allein aufgrund der Häufigkeit von Situationen, in denen die Ausübung der Tätigkeit des *Experimentierens* auf einem *Tisch* bzw. *mit Chemikalien* und kleinen Geräten dargestellt wurde. Die hauptsächliche Darstellung von Laboren kann vermutlich darauf zurückgeführt werden, dass Laborausstattung aus der Schule bekannt ist und von den Schülern als deutlichster Unterschied zu anderen Räumlichkeiten betont wurde.

Höttecke zufolge wiesen die Untersuchungen von Chambers (1983) ebenfalls darauf hin, „daß Kinder das Labor als die zentrale Wirkungsstätte von Wissenschaftlern ansehen.“ (Höttecke, 2001, S. 49). Während jedoch von Chambers (1983, S. 263) berichtet wird, dass nur in 0,5% der Fälle (26 von 4807) ein Wissenschaftler als Naturforscher („naturalist“) oder Entdecker („explorer“), der wahrscheinlich im Freien unterwegs war, dargestellt wurde, war in dieser explorativen Studie bei 9% der Situationen ein *Ort außerhalb eines Gebäudes* identifiziert worden. In anderen Untersuchungen (Finson et al., 1995, Reinisch et al., 2017) wurde bei den dargestellten Arbeitsorten von Naturwissenschaftlern eine deutliche Mehrheit von mindestens 80% der Fälle festgestellt, in denen an Orten drinnen („indoors“ bzw. „inside“) gearbeitet wurde. Aus den Daten von Reinisch et al. (2017) konnte ermittelt werden, dass bei einer von zwei Kohorten etwa 19% der Zeichnungen Orte draußen („outside“) beinhalteten<sup>56</sup>. Diese vergleichsweise hohe Quote von Darstellungen, die *draußen* verortet wurden, könnte möglicherweise daran liegen, dass es sich bei Reinisch et al. (2017) in der betrachteten Kohorte um Lehramtsstudierende der *Biologie* gehandelt hatte.

Dies legen Daten dieser explorativen Studie nahe, wonach bei Situationen, in denen ein *Ort außerhalb eines Gebäudes* identifiziert wurde, mehrheitlich<sup>57</sup> die Fachrichtung *Biologie* zugeordnet wurde, gefolgt von Zuordnungen zu den Naturwissenschaften *allgemein* und dann zur Fachrichtung *Physik*. Im Vergleich mit bisherigen Studien fällt als Gemeinsamkeit auf, dass deutlich überwiegend Darstellungen von Arbeit *drinnen* bzw. im *Labor* vorliegen. Im Unterschied zu anderen Untersuchungen wurden in der vorliegenden Studie jedoch weitere Räumlichkeiten (*Büro* und *Vortragsraum*) unterschieden, die auch auf andere als Labortätigkeiten schließen ließen. Die Offenheit und die Möglichkeit zur Darstellung mehrerer Situationen auf dem Erhebungsinstrument sind vermutlich auch Gründe für das Vorfinden unterschiedlicher

<sup>56</sup>Von den Zeichnungen der N=101 Lehramtsstudierenden wurden 6 mit „outside“ und 13 mit „both“ („outside“ und „inside“) geratet.

<sup>57</sup>Hierbei war nur eine Betrachtung der Situationen sinnvoll, für die eine Einzelzuordnung einer Situation zu einer Fachrichtung (auf der 2. Version des Erhebungsinstrumentes) möglich war.

Orte. Beim Vergleich der Fälle, die draußen dargestellt wurden, ließ sich in der vorliegenden explorativen Studie mit 9% der Situationen eine größere Häufigkeit feststellen als in bisherigen Studien, mit Ausnahme einer Kohorte in Untersuchungen von Reinisch et al. (2017).

### **Charakteristika von Personen in den Schülerdarstellungen**

In bisherigen Studien über Schülervorstellungen zum Image bzw. Bild von Naturwissenschaftlern wurden in *Draw-a-Scientist Tests* äußere Merkmale und Charakteristika der Personen für deren Beschreibung herangezogen. Dabei wurden wiederholt stereotypische Darstellungen gefunden, die durch folgende sieben Merkmale charakterisiert waren: Laborkittel, Brille, Bart, Symbole der Forschung, Symbole des Wissens, technologische Produkte, wichtige Schriftzüge (Finson et al., 1995). Einige dieser Merkmale wurden in der vorliegenden Studie als Zusatzkategorien aufgenommen, jedoch lag der Fokus dieser explorativen Studie nicht auf dem Erscheinungsbild, sondern auf den Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern. Auch aus diesem Grund wurde in der Aufgabenstellung darauf hingewiesen, dass es nicht auf „künstlerische Fähigkeiten“ bei der Darstellung ankam. Insgesamt wurden fünf Kategorien der *Charakteristika von Personen* in dieser explorativen Studie untersucht.

Als erstes ist der *Laborkittel* zu nennen, der eines der Anzeichen für das stereotypische Bild darstellte. In dieser explorativen Studie konnte ein *Laborkittel* in 27 von 436 und damit in 6% aller Situationen identifiziert werden. Bei einer einjährigen Interventionsstudie (N = 24) wurden von Finson et al. (1995) Vorkommen von Laborkitteln zu Beginn in 72% der Fälle berichtet, in einem Test nach einem halben Jahr noch in 32% und schließlich in 17% der Fälle am Ende der Intervention. Von Reinisch et al. (2017) werden bei Studierenden und angehenden Lehrkräften in einer Gruppe in 33 von 79 (d.h. 42%) und in einer zweiten Gruppe in 68 von 101 Fällen<sup>58</sup> (d.h. 67%) Laborkittel festgestellt. Diese beiden deutlich höherliegenden Kittel-Quoten könnten einerseits auf die explizitere Aufgabenstellung in Draw-A-Scientist-Test-Formaten, die Person(en) zu zeichnen, zurückzuführen sein. Andererseits könnten die Schüler in der aktuellen Studie, in der es nicht auf das Äußere der Personen ankam, einem Laborkittel eine geringere Relevanz beimessen.

In einer weiteren Kategorie der *Charakteristika von Personen* wurden in dieser explorativen Studie die dargestellten Personen daraufhin betrachtet, ob sie eine *Brille* trugen. Dies konnte in 36 Situationen (8%) festgestellt werden. Ähnlich wie beim *Laborkittel* wurden auch hierzu deutlich höhere Angaben in der Literatur zu *Draw-A-Scientist-Tests* gefunden: In der Interventionsstudie von Finson et al. (1995; vgl. oben) waren zu Beginn 61%, nach einem halben Jahr 47% und schließlich 26% der dargestellten Wissenschaftler mit Brillen erfasst worden. Bei Reinisch et al. (vgl. oben; 2017) sind für die beiden Gruppen *Brillen* bei 38 von 79 (48%) und bei 52 von 101 (51%) Fällen berichtet worden.

Als dritte Zusatzkategorie wurden die dargestellten Personen auf *ungewöhnliche Haare* untersucht, weil ähnliche Kategorien wie ein Bart beim stereotypischen Bild als Zeichen für einen verrückten Wissenschaftler gedeutet werden konnten. Für diese explorative Studie war die Kategorie allgemeiner gewählt und benannt worden, weil es bei den vielfach als „Strichmännchen“ dargestellten Personen kaum Bärte gab, aber teils andere Formen von deutlich unnatürli-

---

<sup>58</sup>In 56 Fällen wurden Darstellungen von Laborkitteln berichtet und in weiteren 12 Fällen wurde sowohl die Darstellung von Laborkitteln als auch Alltagskleidung angegeben (Reinisch et al., 2017, S. 10).

chen Haaren (z.B. wirr und abstehend), die feststellenswert erschienen. In den hier analysierten Schülerdarstellungen wurden *ungewöhnliche Haare* in 32 Situationen und damit in 7% der Situationen festgestellt. Bei Finson et al. (1995) wurden für Varianten von Bärten („Facial Hair“) zwischen 0% und 13,8% genannt, während bei Reinisch et al. (2017) Bart und (Halb-)Glatze unterschieden wurden, wofür sich für die zwei Gruppen für Bärte Häufigkeiten von 9% bzw. 5% und für (Halb-)Glatzen von 24% bzw. 9% berechnen ließen. Damit liegen die Ergebnisse dieser explorativen Studie im Vergleich mit anderen Studien bei mittlerer bis geringerer Häufigkeit.

Die Haare von Personen in Kombination mit weiteren Merkmalen und die Beschreibungen konnten einen Hinweis auf das Geschlecht der dargestellten Person geben. Jedoch konnten neutral dargestellte „Strichmännchen“ von deutlich männlichen Personen kaum unterschieden werden, so dass entschieden wurde nur *weibliche* Personen, die explizit benannt oder gezeichnet wurden, als solche zu kodieren. So wurden *weibliche Personen* in insgesamt 37 Situationen (8%) identifiziert. Der Anteil der Schülerinnen unter allen Probanden, die diese Darstellungen weiblicher Personen angefertigt hatten, lag in dieser explorativen Studie bei mindestens 41% (weitere 8,5% machten keine Angabe zum Geschlecht). In anderen Untersuchungen wurden hierzu folgende Ergebnisse berichtet: Bei Finson et al. (1995) wurden Angaben zur Häufigkeit von männlich dargestellten Person gesammelt und dafür in einem Pre-Test ein Anteil von 83% festgestellt, der durch eine Intervention nach einem halben Jahr auf 65% bzw. auf 67% nach einem Jahr absank. Der zu 100% ergänzende Anteil für weibliche Personen könnte somit anfänglich bei 17%, nachher bei 34% gelegen haben und somit deutlich höher ausgefallen sein als in dieser explorativen Studie.

Von Reinisch et al. (2017) wurde das Geschlecht als geschlossenes Item mit drei möglichen Angaben *weiblich*, *männlich* und *keines von beiden* abgefragt. Aus den dort angegebenen Zahlen wurden für die beiden Gruppen für *weiblich* dargestellte Personen Anteile von 21,5% bzw. 22,8% berechnet. Unter den Teilnehmenden der Studie gab es einen Frauenanteil von 62% in der ersten Gruppe und von 60% in der zweiten Gruppe. Die Vermutung liegt nahe, dass das eigene Geschlecht einen Einfluss auf die dargestellte(n) Person(en) haben konnte. Allen Studien war bisher gemeinsam, dass der Frauenanteil in den Darstellungen immer geringer war als unter den Teilnehmenden.

In der fünften Zusatzkategorie wurde untersucht, ob Personen *sitzend* dargestellt wurden. Dies wurde in 22 bzw. 5% der dargestellten Situationen gefunden. Mit dieser Kategorie sollten Tätigkeiten im Arbeitsalltag weiter untersucht werden. So würde es einen großen Unterschied darstellen, ob Schüler die Vorstellungen haben, dass man als Naturwissenschaftler oder Naturwissenschaftlerin sehr viel Zeit körperlich tätig z.B. im Labor verbringt oder eher am Schreibtisch im Büro. Der gefundene Anteil von 5% der Situationen mit *sitzenden* Personen erscheint gering dafür, dass sich allein bei den Tätigkeiten *Arbeiten mit Theorien*, *Dokumentieren*, *Auswerten/Berechnen* und *Informationen suchen*, die vor allem am Schreibtisch ausgeführt werden, zusammen ein Anteil von bis zu 26% ergab (durch das Vorkommen von mehreren Tätigkeiten in einer Situation konnte der Anteil geringer ausfallen). Der Anteil wurde wahrscheinlich auch deshalb unterschätzt, weil das Sitzen explizit nur aus den Zeichnungen hervorging und nicht aus der Beschreibung. In letzterer wurde das Sitzen möglicherweise einfach nicht extra erwähnt oder als nicht wichtig erachtet.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der *Charakteristika der Personen*, dass die einzelnen Merkmale stets in weniger als 10% der Situationen vorkamen. Bei dem Vergleich dieser ex-

plorativen Studie mit anderen Untersuchungen (z.B. Finson et al., 1995) ist festzustellen, dass sie in dieser explorativen Studie somit im Allgemeinen seltener vorkamen, was wahrscheinlich besonders am unterschiedlichen Fokus der Aufgabenstellungen lag. Im Unterschied zu anderen Untersuchungen sollten in dieser explorativen Studie nicht die Personen, sondern typische Situationen aus dem Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern dargestellt werden, so dass die Personen nicht so detailreich ausfielen. Während in der Kategorie *weiblich* höhere Anteile in den Vorstellungen angestrebt werden sollten, ist bei stereotypischen Merkmalen *Laborkittel*, *Brille* und *extreme Haare* ein geringer Anteil begrüßenswert.

### **Bedingungen von Forschung und Besonderheiten in den Schülerdarstellungen**

Im Folgenden werden zwei Kategorien beschrieben, mit denen versucht wurde zu erfassen, welchen Eindruck die dargestellten Situationen insgesamt vermitteln und in welchen Situationen sich Besonderheiten zeigten. Dazu wurden die Kategorien *Forschung ist ...* und *Besonderheiten* gebildet. Da für einen Vergleich und die Auswahl dieser Situationen die Kenntnis aller oder zumindest eines Großteils der Situationen notwendig war, wäre ein Interrating für diese beiden Subkategorien mit vertretbarem Aufwand für weitere Rater kaum sinnvoll und möglich, so dass die Auswahl und Einschätzung dieser Situationen als subjektive Ergänzung zur bisherigen Auswertung zu betrachten ist.

Zu der Kategorie *Forschung ist ...* wurden Eindrücke und Hinweise gesammelt, die beschreiben wie in den Schülerdarstellungen die Naturwissenschaften und daran beteiligte Personen und Tätigkeiten auf den Betrachter wirken. Für diese Beschreibung wurden meist Adjektive gesucht, die zur Situation passten. Insgesamt wurden auf diese Weise 90 Situationen dieser Kategorie zugeordnet.

So wurde in den Schülerdarstellungen die Arbeit in der Wissenschaft als *langweilig* beschrieben, zum Beispiel durch „Ein Physiker geht in sein büro und versucht langweilige teorihen aufzustellen“. Einen *einsamen* Eindruck machte die Darstellung einer Person, die beim Schein einer Lampe zum Auswerten am Tisch saß, während der Raum außen herum dunkel dargestellt war, und es draußen vor dem Fenster regnete. Im Zitat „Das Leben eines forschers stelle ich mir so vor: sie machen expirimente und haben auch irdendwie Spaß.“ wurde das „Leben“ des Forschers mit seinem Beruf gleichgesetzt, so als ob es nichts anderes darin gäbe und es schien *unverständlich*, wie dies dem Forscher Freude bereiten kann. Aus den Darstellungen wurde gefolgert, dass die Arbeit in der Wissenschaft Durchhaltevermögen erfordert und *frustrierend* sein kann: „Ich glaube das Forscher/innen viele experimente machen um erfolge zu machen. Forscher/innen Arbeiten glaube ich sehr hart und müssen auch fehlversuche einstecken“. Die Arbeit eines Wissenschaftlers wurde als sehr *kopflastig* beschrieben: „Er überlegt sehr viel und denkt nach um neue Sachen herauszufinden.“. Dargestellte Formeln und Rechnungen wurden offenbar häufig als *verwirrend* und *kompliziert* eingeschätzt, so dass dies Wissenschaftler sogar von anderen Leuten abgrenzen konnte, wie sich in folgendem Zitat zeigt: „Rechnungen wo ein aussenstehender keine ahnung von hat.“ Experimente in den Darstellungen mit lebenden Ratten/Mäusen schienen in mehreren Fällen *ethisch vertretbar* zu sein, wahrscheinlich weil dabei der Nutzen für den Menschen überwog, wie im folgenden Zitat anklingt: „Experimente an Ratten um zu sehen welche Medikamente gut für uns sind.“ Im Unterschied dazu wurde auch eine Situation dargestellt, die *ethisch fragwürdig* erschien mit der Beschreibung „Artzt spritz

mann mit Chemie zum Tod.“ Die mit Abstand häufigste Einschätzung aus den Darstellungen war auf jeden Fall, dass in den Naturwissenschaften das Experimentieren *gefährlich* sein kann. Dies wurde zum Ausdruck gebracht durch „viele sind gefährlich“ und „Sie müssen sich immer SCHÜTZEN!“ sowie durch verschiedene Gefahrensymbole, Säuren, Rauch, Feuer und vielerlei Unfälle vor allem mit Chemikalien. Andererseits konnten gerade solche Situationen auch als „motivierend“ und „spaßig“ dargestellt werden, wie beispielsweise an dem Zitat „Explosion (coole Sachen erleben)“ oder an lachenden Gesichtern erkennbar war. Als *interessant* wurde die Tätigkeit von Forschern beschrieben, die Ausgrabungen in verschiedenen Ländern durchführen. Des Weiteren wurden auch sehr *alltagsnahe* und *praktische* Experimente durchgeführt, wie beispielsweise „Eis mit Chemikalien (nicht giftige) selber machen“ oder „Süßigkeiten selber machen“. Zu der Beschreibung „Man nimmt verschiedene Lebensmittel und kuckt ob sie Strom entwickeln können.“ wurde eine Zeichnung angefertigt, in der eine Glühbirne über Kabel mit einer Kartoffel und einer Melone (beides beschriftet) verbunden war.

Zu guter Letzt sollen noch Situationen erwähnt werden, in denen Besonderheiten oder sehr spezielle Vorstellungen dargestellt wurden, die auf ein überdurchschnittliches Interesse an Naturwissenschaften hindeuten könnten.

Als ein Einfluss auf die Vorstellungen durch die Medien ist die Darstellung und Beschriftung von „Lenard Hoffsteter = Physiker“ offensichtlich aus der TV-Serie *Big Bang Theorie* zu nennen mit der Beschreibung: „er macht Physik, er ist gut.“. Dies stellt die einzige namentliche Erwähnung einer Person in dieser explorativen Studie überhaupt dar. Das Vorkommen der bekannten Formel  $E = mc^2$  und Abwandlungen davon wie z.B. „ $E = mx^2$ “ könnten allerdings Anspielungen auf Albert Einstein darstellen.

Spezielle Gegenstände oder Themenbereiche, die meist nur in einzelnen Darstellungen behandelt wurden, waren zum Beispiel „Supraleitung“, „Teilchenbeschleuniger“, „Dunkle Materie“ und „3D-Luftröhrendruck“. Außerdem ist die folgende Beschreibung einer 13-jährigen Schülerin hervorzuheben: „Laserstrahlen, deren Phasen sich gegenseitig auslöschen und auf einen Sensor gerichtet sind und somit Gravitationswellen nachweisen sollen“. Diese Themenbereiche kommen nicht im Lehrplan in den Jahrgangsstufen 8 und 9 vor, so dass die Schüler vermutlich außerhalb des Unterrichts darauf aufmerksam wurden. Dies könnte auch auf ein überdurchschnittliches Interesse der Schüler an den naturwissenschaftlichen Themen hindeuten.

#### 5.4.6 Reliabilität des Erhebungsinstrumentes und Fazit zu dessen Einsatz

Gemäß dem Ablaufmodell der Inhaltsanalyse in Unterkapitel 5.3 folgt in diesem Schritt 10 die Bestimmung der Güte der zuvor durchgeführten Kategorisierung. Dazu wurde als Maß für die Zuverlässigkeit, die Intercoderreliabilität berechnet, die von Mayring (2010) als wichtiges Gütekriterium für die Inhaltsanalyse angesehen wurde. Zur Bestimmung der Reliabilität wurden aus den Erhebungsbögen der 189 Schüler insgesamt 10% gezogen und zusätzlich zum Autor von einem zweiten Rater mit Hilfe eines dafür angefertigten Manuals ausgewertet. Auf den 19 gezogenen Erhebungsbögen waren 45 Situationen dargestellt, so dass mit 2,4 Situationen pro Schüler/in eine annähernd identische Bearbeitungsquote wie im Gesamtdurchschnitt von 2,3 Situationen pro Schüler/in festgestellt wurde. Bei der Berechnung der Reliabilität wurden die Tätigkeiten sowie die Bereiche *Gegenstände*, *Orte*, *Personenzahl* und *Charakteristika der Per-*

sonen berücksichtigt. Die beiden Kategorien zu Bedingungen von Forschung (*Forschung ist...*) und *Besonderheiten* wurden hierbei nicht miteinbezogen, weil für ein Interrating dem zweiten Rater alle oder zumindest ein Großteil der Situationen hätten bekannt sein müssen, was einen übermäßig hohen Aufwand bedeutet hätte.

Bei der Kategorisierung gab es für die beiden Rater nur die Möglichkeit zwischen dem Vorkommen (1) und der Abwesenheit (0) einer Tätigkeit bzw. eines Merkmals zu entscheiden. Aus den Angaben der beiden Rater wurde das von Cohen (1960) entwickelte Übereinstimmungsmaß Kappa ( $\kappa$ ) wie folgt berechnet:

$$\kappa = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e} \quad (5.1)$$

Dabei stellt  $P_0$  den Anteil aller Kategorisierungen dar, die übereinstimmend vorgenommen wurden, und  $P_e$  den Anteil der zufällig erwarteten Übereinstimmungen. Die Berechnungen wurden für diese explorative Studie mit dem Programm SPSS Statistics (Version 23) durchgeführt. Einzelheiten zur Berechnung finden sich zum Beispiel bei Bortz und Schuster (2010, S. 468). Die Tabelle 5.12 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für  $\kappa$ , differenziert nach den verschiedenen Bereichen der Analyse.

Für eine gute Übereinstimmung sollte  $\kappa$  Döring und Bortz (2016) zufolge Werte von 0,60 bis 0,75 annehmen. Dementsprechend wurde im Falle dieser explorativen Studie für alle Bereiche eine mindestens gute Übereinstimmung erreicht. Bei dem Bereich der Tätigkeiten lag der Wert mit  $\kappa = 0,76$  knapp oberhalb dieser Werte und für die Bereiche Personenzahl bzw. Gegenstände mit  $\kappa \geq 0,9$  zeigte sich eine sehr gute Übereinstimmung.

**Tabelle 5.12:** Übereinstimmung der Kategorisierung durch zwei Rater.

Bereich	Übereinstimmungsmaß $\kappa$ nach Cohen
Tätigkeiten	0,76
Personenzahl	0,97
Charakteristika der Personen	0,68
Gegenstände	0,90
Orte	0,67

In einer Untersuchung von Reinisch et al. (2017) wurden mit einem modifizierten Draw-a-Scientist Test (mDAST) bei der Bearbeitung durch zwei Gruppen von Lehramtsstudierenden folgende Werte für  $\kappa$  festgestellt: Für Tätigkeitskategorien, wie sie von Wentorf (Wentorf et al., 2015) in Anlehnung an das RIASEC-Modell beschrieben wurden, wurden für absolute Häufigkeiten über fünf Vorkommen Übereinstimmungswerte  $\kappa$  von 0,49 bis 0,92 angegeben, für geringere Häufigkeiten waren teils keine Werte verfügbar oder sie lagen zwischen 0,32 und 1,0. Somit wurden im Vergleich zur vorliegenden explorativen Studie teils geringere und teils höhere Übereinstimmungswerte erreicht. Dem Bereich der Orte entsprach etwa bei Reinisch et al. (2017) die Kategorie Umgebung („Surroundings“) mit der Unterscheidung von drinnen, drau-

ßen oder beidem<sup>59</sup> und dazu wurden  $\kappa = 0,95$  (Gruppe 1) und  $\kappa = 0,97$  (Gruppe 2) angegeben. Zudem wurden bei Reinisch et al. (2017) für die drei Kategorien „Technology“, „Knowledge“ und „Research Instruments“ mit  $\kappa$ -Werten von 0,75 bis 0,95 für beide Gruppen ähnliche Übereinstimmungen erzielt wie bei den gegenständlichen Merkmalen in der vorliegenden explorativen Studie. Es ist anzumerken, dass in den Untersuchungen von Reinisch et al. (2017, S. 7) die Lehramtsstudierenden der Gruppe 2 soviel Zeit für die Bearbeitung erhielten, wie sie benötigten (etwa 25 Minuten), und in einem Zusatzfragebogen aufgefordert wurden, die zu ihren Darstellungen dazugehörigen Daten Geschlecht, Aussehen, Ort und Tätigkeit anzugeben, so dass dies zur Auswertung genutzt werden konnte. In Anbetracht dessen sind höhere Werte für  $\kappa$  für diese Gruppe verständlich und die Übereinstimmungswerte für die vorliegende Studie erscheinen deshalb im Vergleich zu diesen beiden Gruppen als zufriedenstellend.

### Fazit zum Einsatz des Erhebungsinstrumentes

Das entwickelte Erhebungsinstrument zur Erfassung von Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in ihrem Arbeitsalltag wurde für diese explorative Studie zum ersten Mal eingesetzt und daher wird dessen Einsatz an dieser Stelle bewertet. Dafür wird vor allem darauf eingegangen, ob oder inwiefern sich die Neuerungen des Erhebungsinstrumentes (vgl. Abb. 5.1) bewährten. Außerdem werden gängige Gütekriterien betrachtet.

Für die Bewertung des Einsatzes des Erhebungsinstrumentes wurden zunächst die Daten, die als Grundlage für die Inhaltsanalyse dienen, betrachtet (vgl. Abschnitt 5.4.2). Dabei war festzustellen, dass mehr als die Hälfte der 189 teilnehmenden Schüler auf dem Erhebungsinstrument alle drei Situationen zur Darstellung ihrer Vorstellungen nutzte. Des Weiteren bearbeiteten mehr als ein Viertel der Schüler zwei Situationen und lediglich etwa ein Fünftel der Schüler bearbeitete nur eine einzige Situation. Somit haben insgesamt knapp 80% der Schüler von der Möglichkeit Gebrauch gemacht mehrere Situationen darzustellen und die durchschnittliche Anzahl bearbeiteter Situationen lag bei 2,3 pro Schüler. Die Erweiterung des Erhebungsinstrumentes auf drei Darstellungen - statt einer einzigen Darstellung, wie bei bisherigen Instrumenten - wird somit als Erfolg gewertet.

Zur Beurteilung, ob die Darstellung einer Situation weiterhin in Form von Text *und* einer Zeichnung zur Wahl stehen sollte, wurde für dieses Fazit noch erhoben, mit welcher Häufigkeit die beiden Darstellungsformen von den Schülern gewählt wurden. Dabei ergab sich, dass 130 der 189 Schüler (69%) zur Darstellung ihrer Vorstellungen stets eine Kombination aus Zeichnung und Text wählten, während 27 Schüler (14%) ausschließlich Zeichnungen anfertigten und 12 Schüler (6%) ihre Vorstellungen rein schriftlich äußerten. Die übrigen 20 Schüler (11%) ließen sich keiner vorherigen Gruppe zuordnen, sondern nutzten für ihre bis zu drei Situationen mehrere Darstellungsformen, so dass zum Beispiel eine Situation nur durch Text beschrieben wurde, eine zweite Situation nur gezeichnet wurde und eine dritte Situation aus einer Zeichnung und Text bestand. Der hohe Anteil von über zwei Drittel der Schüler, die beide Darstellungsformen nutzten, zeigt, dass diese Formen offenbar von vielen Schülern begrüßt oder zumindest akzeptiert wurden. Die Möglichkeit zur sich ergänzenden Darstellung von Zeichnung und Text wird daher als ertragreich angesehen.

<sup>59</sup>In der englischen Originalfassung hießen diese Umgebungen: „inside“, „outside“ und „both“.

Die Auswirkungen der Neuerung im Erhebungsinstrument, nicht wie bisher einen Naturwissenschaftler zu zeichnen, sondern den Fokus auf typische Situationen aus dem Arbeitsalltag zu verschieben, konnten anhand der Ergebnisse der Inhaltsanalyse untersucht werden. Im Bereich *Charakteristika von Personen* wurden in mehreren Zusatzkategorien unter anderem Merkmale stereotypischer Vorstellungen über Naturwissenschaftler erfasst. Im Vergleich zu anderen Studien (Finson et al., 1995; Reinisch et al., 2017) wurden dabei weniger häufig Laborkittel und Brillen vorgefunden. Auch die Zusatzkategorie *ungewöhnliche Haare* kam in der aktuellen Studie seltener vor als vergleichbare Kategorien in früheren Studien. Lediglich der Anteil von als weiblich zu erkennenden Personen war geringer (und damit eher stereotypisch) als in den beiden genannten Studien, was teilweise mit einem höheren Frauenanteil an den Teilnehmenden früherer Studien erklärbar sein kann. Insgesamt lässt sich jedoch festhalten, dass stereotypische Merkmale vergleichsweise seltener vorgefunden wurden, so dass die Fokussierung auf die Situationen - statt auf Personen - positiv zu deuten ist. Denn entweder wurde eine Darstellung stereotypischer Vorstellungen weniger „proviziert“ oder die Schüler besaßen sie weniger und stellten sie entsprechend seltener dar.

Bei der Betrachtung gängiger Gütekriterien ist festzustellen, dass die Durchführungsobjektivität aufgrund des Erhebungsinstrumentes als hoch einzuschätzen ist. Die Zuverlässigkeit (Reliabilität) der Auswertung der mit dem Erhebungsinstrument erhobenen Daten ist für inhaltsanalytische Verfahren akzeptabel. Die Gültigkeit (Validität) der Ergebnisse wurde versucht durch eine Gegenüberstellung mit anderen Studien zu überprüfen. Soweit vorhanden wurden dazu deutschsprachige Studien mit ähnlichem Fokus herangezogen. Vergleiche mit diesen lassen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung plausibel erscheinen. Zusammenfassend wird die Entwicklung des Erhebungsinstrumentes als erfolgreich bewertet, weil die gezielten Änderungen zu bisherigen Formaten zu zufriedenstellenden Ergebnissen führten.

## 5.5 Vergleich mit Vorstellungen der Teilnehmer einer Schüleruniversität

Die Entwicklung des in Unterkapitel 5.1 beschriebenen Erhebungsinstrumentes wurde kurz vor den Sommerferien 2015 abgeschlossen. Mit einem ersten Test dieses Erhebungsinstrumentes sollten für die weitere Studie einige Rahmenbedingungen wie die nötige Bearbeitungszeit ermittelt werden. Zudem wurde überprüft, inwiefern die Aufgabenstellung verständlich war und bearbeitet werden konnte. Da ein solcher Test mit einer ausreichend großen Zahl von Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9 erst im darauffolgenden Schuljahr möglich gewesen wäre, wurde entschieden den Test bei Schülern durchzuführen, die eine Schüleruniversität besuchten, aber durch ihre höhere Jahrgangsstufe<sup>60</sup> - meist Jahrgangsstufe 11 - nicht zur Zielgruppe des Schülerlabors gehörten. Dabei handelte es sich um Teilnehmer der Schüleruniversität im Fach Physik, die an der RWTH Aachen in den Sommerferien eine Woche lang stattfand. Deshalb ist davon

---

<sup>60</sup>Für eine Teilnahme an der Schüleruniversität sollen Schüler die Jahrgangsstufe 10 abgeschlossen haben oder mindestens 16 Jahre alt sein.

auszugehen, dass vorwiegend Schüler teilnahmen, die prinzipiell als motiviert und interessiert an Physik eingeschätzt werden können. Den Schülern sollen bei den während der Schüleruniversität stattfindenden Vorlesungen, Laborführungen und Experimentierpraktika Einblicke ins Physikstudium und in aktuelle Forschung vermittelt werden. Die Schüleruniversität verfolgt somit ähnliche Ziele wie das Schülerlabor SCIphyLAB\_nano (vgl. Kapitel 3) und wurde aus diesem Grund als eine Art Intervention betrachtet, bei der die Schüler umfassende Kenntnisse auch über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern erlangen konnten. Ein Test des Erhebungsinstrumentes bei den Schülern der Schüleruniversität konnte wegen des Altersunterschieds, des Einflusses der Schüleruniversität und des vermeintlich hohen Interesses der Schüler an Physik als Einschätzung vergleichsweise ausgeprägter Vorstellungen betrachtet werden. Wenn von diesen Schülern eine Bearbeitung des Erhebungsinstrumentes mit erkennbaren Darstellungen von Tätigkeiten nicht möglich wäre, wäre der Einsatz des Erhebungsinstrumentes bei Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9 vermutlich ebenfalls nicht sinnvoll. Insofern erscheint der testweise Einsatz des Erhebungsinstrumentes auch bei anderen Jahrgangsstufen als hilfreich, um dadurch Entwicklungspotenziale aufzeigen zu können.

Der Test für die Rahmenbedingungen und die Bearbeitung der Aufgabenstellung wurde generell als erfolgreich erachtet und bei späteren Erhebungen in den Jahrgangsstufen 8 und 9 überprüft. Das Vorliegen der bearbeiteten Erhebungsbögen von den Schülern der Schüleruniversität ermöglichte nach der Entwicklung des Kategoriensystems in Abschnitt 5.4.3 ohne übermäßig großen Zusatzaufwand auch die Auswertung dieser Darstellungen. So können im Folgenden die wichtigsten Ergebnisse der Jahrgangsstufen 8 und 9 mit denen der Teilnehmer der Schüleruniversität verglichen werden, welche aufgrund der geringen Anzahl jedoch lediglich als erste Hinweise zu werten sind.

Die Erhebung bei den Schülern der Schüleruniversität wurde am letzten Tag der Schüleruniversität durchgeführt, so dass bereits der Hauptteil der Veranstaltungen der Schüleruniversität besucht wurde. Daraus leiten sich für den Vergleich die Einschränkungen ab, dass die älteren Schüler besonders naturwissenschaftlich interessierte Jugendliche sind, die in den Tagen vor dem Test eine Vielfalt von Eindrücken zu aktueller naturwissenschaftlicher Forschung sammeln konnten. Für ihre Vorstellungen über die Tätigkeiten und Charakteristika von Naturwissenschaftlern werden somit außerordentlich elaborierte Vorstellungen erwartet.

Es nahmen insgesamt  $N_{\text{Schüleruni}} = 18$  Schüler an der Erhebung teil mit einem Durchschnittsalter von  $(16,7 \pm 0,9)$  Jahren. Zum Geschlecht gaben 11 von ihnen männlich (61%) und 7 weiblich (39%) an. Da in der explorativen Studie mit Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9, der Zielgruppe des Schülerlabors, die Anteile der Geschlechter  $m = 49,7\%$  bzw.  $w = 41,8\%$  und k.A. = 8,5% betragen, lag der weibliche Anteil bei der Schüleruniversität mit 39% leicht unter dem der Jahrgangsstufen 8 und 9.

Bei den Angaben zur Fachrichtung ordneten 5 Schüler, die die Schüleruniversität besuchten, ihre (bis zu drei) Darstellungen der *Physik* zu, während 13 sie den *Naturwissenschaften allgemein* zuordneten<sup>61</sup>. Im Falle der Schüleruniversität zur Physik verwundert es nicht, dass keine andere Fachrichtung wie Biologie oder Chemie allein angegeben wurde.

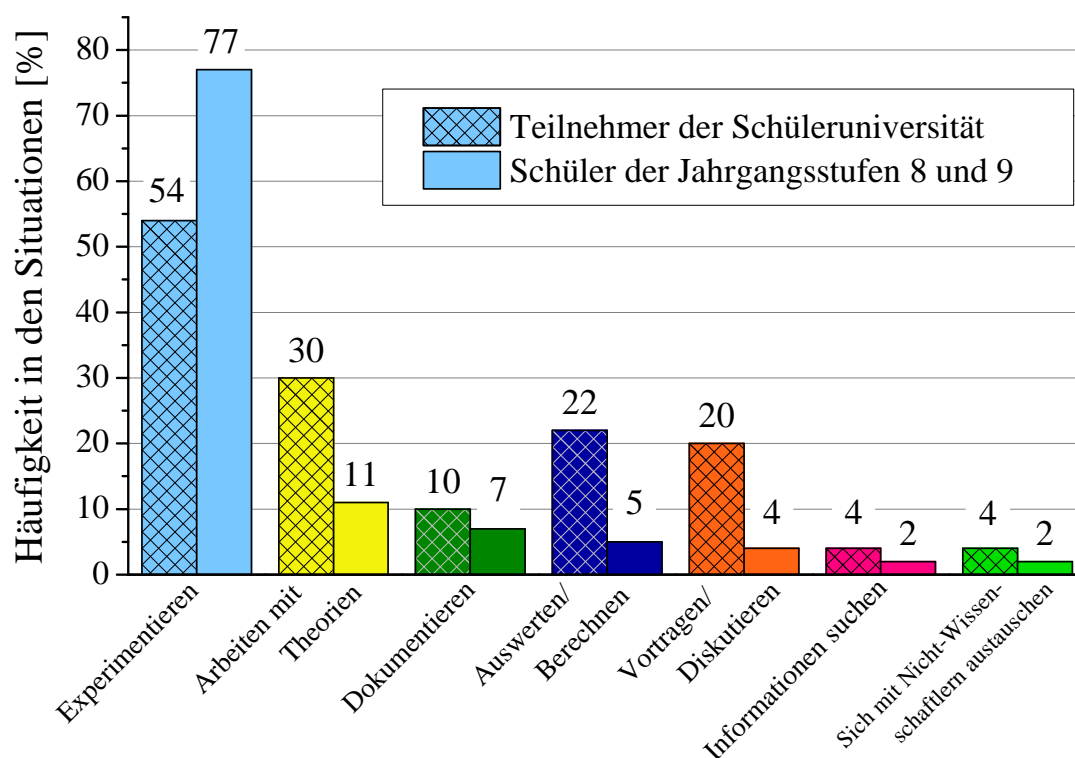
Die 18 Schüler stellten insgesamt 50 Situationen dar, so dass durchschnittlich jeder 2,8 Situatio-

---

<sup>61</sup>Es kam die erste Version des Erhebungsinstrumentes zum Einsatz, in der nur alle drei Situationen gemeinsam einer Fachrichtung bzw. den Naturwissenschaften allgemein zugeordnet werden konnten.

nen bearbeitete und die Bearbeitungsquote bei 93% lag. Von den Schülern der Schüleruniversität wurden damit im Vergleich zu 2,3 Situationen der Zielgruppe des Schülerlabors bei gleicher Bearbeitungszeit im Durchschnitt deutlich mehr Situationen bearbeitet.

Die Auswertung der von den Schülern der Schüleruniversität dargestellten Situationen erfolgte anhand des entwickelten Kategoriensystems (s. Abschnitt 5.4.3). Die bestimmten Häufigkeiten für die dargestellten Tätigkeiten werden in Abbildung 5.19 direkt denjenigen aus den Daten der Jahrgangsstufen 8 und 9 gegenübergestellt. Es fällt auf, dass ebenso wie auch bei den Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9 die Tätigkeit *Experimentieren* am häufigsten vorkommt, gefolgt von dem *Arbeiten mit Theorien*. Im Vergleich zu den Ergebnissen der Jahrgangsstufen 8 und 9 war jedoch der Anteil des *Experimentierens* hier mit 54% deutlich geringer (vgl. mit 77%), während das *Arbeiten mit Theorien* mit 30% einen größeren Anteil aufwies (im Vergleich zu 11%), wie der Abbildung 5.19 zu entnehmen ist. Zudem wurden die Tätigkeiten *Auswerten/Berechnen* bzw. *Vortragen/Diskutieren* in den Darstellungen der Schüler der Schüleruniversität mit 22% bzw. 20% mehr als viermal so häufig identifiziert wie in den Daten der Jahrgangsstufen 8 und 9 mit 5% bzw. 4%. Auch bei den weiteren Tätigkeiten lagen die Anteile der Tätigkeiten bei den Schülern der Schüleruniversität höher. Bei Betrachtung dieser sieben am häufigsten identifizierten Tätigkeiten ließen sich hier durchschnittlich 1,4 Tätigkeiten pro Situation bzw. 4,0 Tätigkeiten pro Schüler identifizieren. Im Vergleich dazu waren es in den Darstellungen

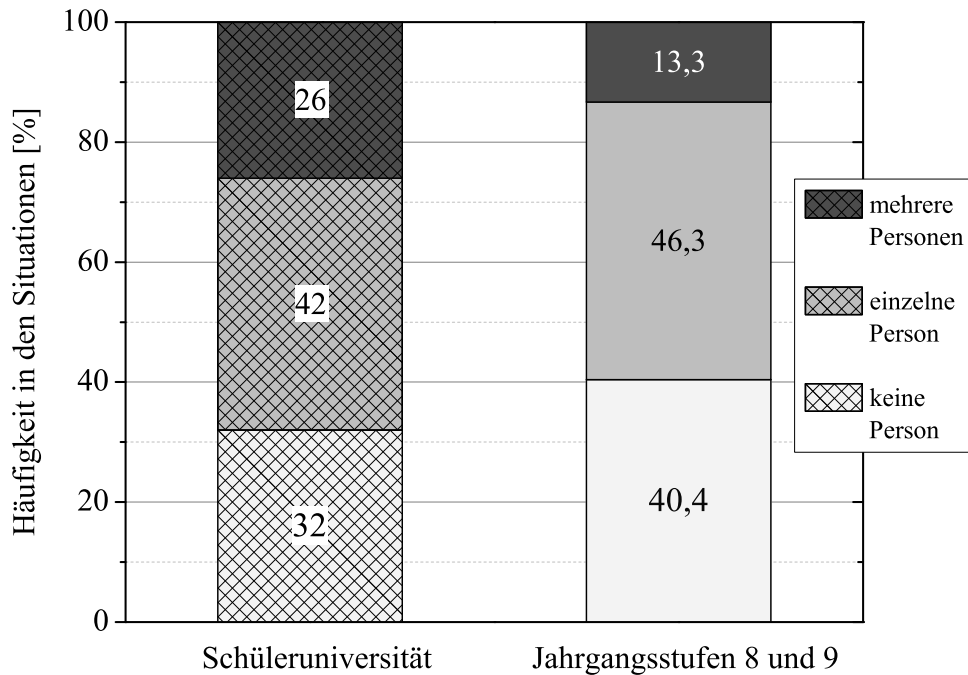


**Abbildung 5.19:** Vergleich der Häufigkeiten von in den Darstellungen identifizierten Tätigkeiten bezogen auf die jeweilige Gesamtzahl von Situationen der Teilnehmer der Schüleruniversität (50 Situationen) bzw. der Jahrgangsstufen 8 und 9 (436 Situationen).

der Jahrgangsstufen 8 und 9 durchschnittlich 1,1 Tätigkeiten pro Situation bzw. 2,5 Tätigkeiten pro Schüler. Das Auftreten von mehr Tätigkeiten pro Person hing natürlich mit der Anzahl der bearbeiteten Situationen zusammen, wobei die höhere Ausfüllbereitschaft mindestens zum Teil mit dem überdurchschnittlichen Interesse der Teilnehmer der Schüleruniversität erklärt werden kann. Andererseits ist es möglich, dass den Schülern der Schüleruniversität mehr Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern bekannt waren, zum Beispiel auch aus den Veranstaltungen der Schüleruniversität, so dass sie diese Tätigkeiten wiedergeben konnten. Bei den beiden Tätigkeiten im weiteren Sinne, bei denen es um *Strukturiert vorgehen* und *Sicherheitsmaßnahmen berücksichtigen* ging, konnte festgestellt werden, dass in den Darstellungen der Schüler der Schüleruniversität mit 38% doppelt so häufig ein strukturiertes Vorgehen dargestellt wurde wie in denen der Jahrgangsstufen 8 und 9. Bei letzteren wurden hingegen mit 8% doppelt so häufig die Kategorie *Sicherheitsmaßnahmen berücksichtigen* identifiziert.

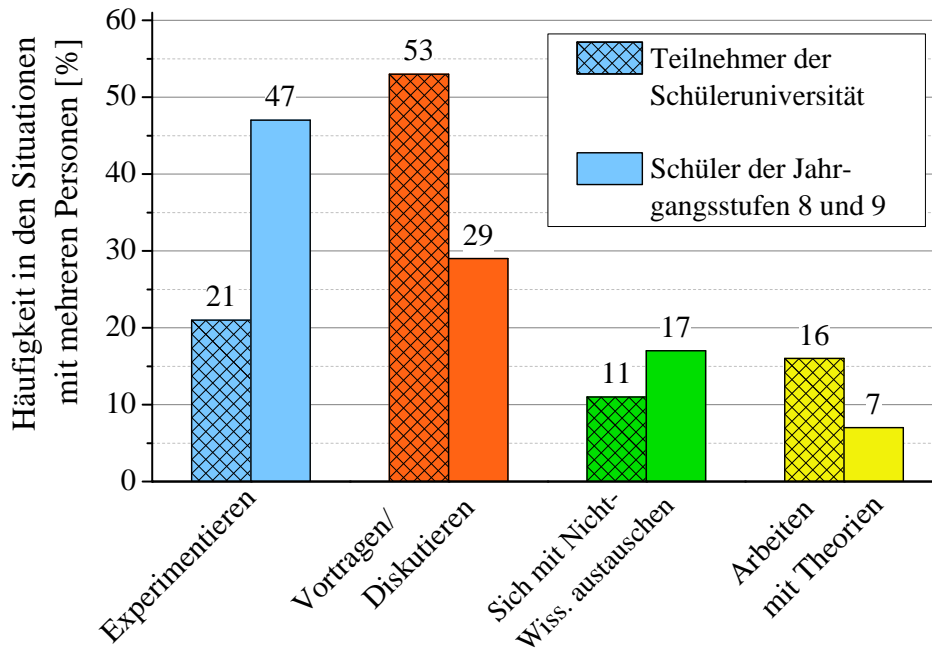
Des Weiteren wurde auch die *Personenzahl*, die als ein erstes Anzeichen für Kooperation und Kommunikation gewertet werden kann, untersucht. Während bei den Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9 *mehrere Personen* in 13,3% der Situationen identifiziert werden konnten, wurden in den Darstellungen der Schüler der Schüleruniversität in 26% der Situationen *mehrere Personen* identifiziert und solche Situationen damit etwa doppelt so häufig festgestellt (Abbildung 5.20). Dementsprechend fielen die Häufigkeiten für die Darstellung von Situationen mit einer *einzelnen Person* bzw. *ohne Person* bei den Schülern der Schüleruniversität um 4,3% bzw. um 8,4% geringer aus als bei denen der Jahrgangsstufen 8 und 9. Bei Betrachtung des Anteils der Schüler, die mindestens eine Situation mit *mehreren Personen* darstellten, fällt auf, dass dieser mit 50% bei den Schülern der Schüleruniversität um etwa 21% höher liegt als bei den jüngeren Schülern mit 29,1% (vgl. Abschnitt 5.4.5.2).

Wenn *mehrere Personen* in einer Situation vorkamen, war es für diese Arbeit auch in den Testbögen der Schüleruniversität von Interesse herauszufinden, welche Tätigkeiten dabei von den Personen ausgeübt wurden. Dazu wurden die ausgeübten Tätigkeiten betrachtet und ausgewertet, analog zu denen der Jahrgangsstufen 8 und 9 (vgl. Abschnitt 5.4.5.2). Bei den Schülern der Schüleruniversität wurden in 13 Situationen mit *mehreren Personen* teils mehrere Tätigkeiten identifiziert, so dass insgesamt 19 Tätigkeiten für den Vergleich in Abbildung 5.21 verwendet wurden. Für den Vergleich wurden die Häufigkeiten für Schüler der Jahrgangsstufen 8 und 9 bzw. der Schüleruniversität jeweils bezüglich der Tätigkeiten (58 bzw. 19) bei *mehreren Personen* berechnet, weil an dieser Stelle die Verteilung auf die Tätigkeiten wichtig war und nicht der Anteil bezogen auf alle Situationen. Bemerkenswert zeigte sich als deutlichster Unterschied, dass bei den Teilnehmern der Schüleruniversität das *Vortragen/Diskutieren* mit 53% die am häufigsten ausgeübte Tätigkeit mit *mehreren Personen* war, wohingegen es bei den Jahrgangsstufen 8 und 9 das *Experimentieren* mit 47% war. Die jeweils andere dieser beiden Tätigkeiten war in beiden Fällen mit unter 30% vertreten. Dies könnte bei den Schülern der Schüleruniversität auf ein anderes Verständnis von naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozessen hindeuten, bei dem das Diskutieren und Austauschen untereinander eine größere Bedeutung erhielt als das gemeinsame Experimentieren. Des Weiteren ist neben dem Unterschied in diesen beiden Tätigkeiten auch die Diskrepanz beim *Arbeiten mit Theorien* bemerkenswert, das bei den Teilnehmern der Schüleruniversität mit 16% im Vergleich zu 7% mehr als doppelt so häufig identifiziert wurde. Beiden Probandengruppen war gemeinsam, dass nur diese vier Arten von Tätigkeiten in den Situationen mit *mehreren Personen* gefunden wurden und somit im Umkehrschluss nur Ein-



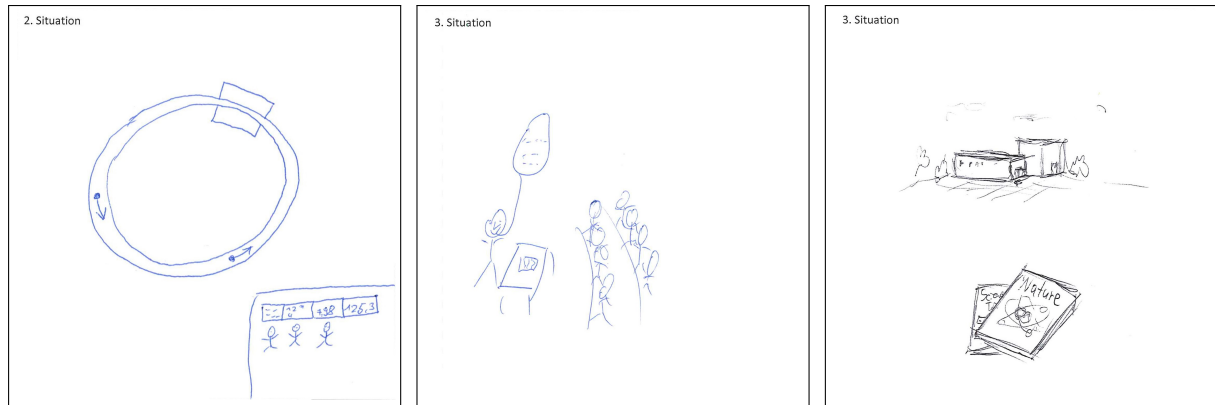
**Abbildung 5.20:** Vergleich der relativen Häufigkeiten der in den Schülerdarstellungen identifizierten Personenzahlen für die Teilnehmer der Schüleruniversität bzw. die Schüler der Jahrgangsstufen 8 und 9 bezogen jeweils auf Gesamtzahl der dargestellten Situationen (50 bzw. 436).

zelpersonen oder gar keine Personen dargestellt wurden, wenn es sich um das *Informationen suchen*, das *Dokumentieren* und das *Auswerten/Berechnen* ging. Generell ließ sich feststellen, dass von den Schülern der Schüleruniversität das Erhebungsinstrument ausführlicher bearbeitet wurde als von den Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9, wie schon am durchschnittlichen Anteil von 93% bearbeiteter Situationen bzw. 2,8 Situationen pro Schüler/in erkennbar war. Außerdem waren bis auf wenige Ausnahmen in den Situationen sowohl eine Zeichnung als auch eine Beschreibung vorhanden. Die Zeichnungen nahmen - abgesehen von einigen speziellen Geräten und Dingen (z.B. eines Teilchenbeschleunigers, eines Reinraum-Anzugs oder eines Cluster-Tools), die möglicherweise im Rahmen der Schüleruniversität kennengelernt wurden, im Vergleich zu den Zeichnungen der Jahrgangsstufen 8 und 9 - nicht wesentlich an Umfang und Komplexität zu. Durch die Beschreibungen, die mal aus wenigen Stichworten, mal aus längeren Sätzen bestanden, war es jedoch oft möglich mehr und konkretere Informationen über die Tätigkeiten und den Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern zu erhalten, als es bei denen der Jahrgangsstufen 8 und 9 der Fall war. Folgende drei Beispiele sollen davon einen Eindruck liefern: „Mittagspause. Warten auf die Fertigstellung eines am Morgen begonnenen Experiments. Diskussion über die möglichen Ergebnisse mit Kollegen.“, „Ich denke, dass Forscher auch viel miteinander kommunizieren und zusammen arbeiten müssen, denn so können sie die einzelnen Ergebnisse kombinieren und diese zusammenfassen.“ und „Elektrotechnik: Test eines elektr. Chips. Ermittlung der Materialeigenschaften und Bedeutung für techn. Anwendung. Bild: Chip, angeschlossen und Bildschirm zur Überwachung/Messung von Werten“. Außerdem werden in



**Abbildung 5.21:** Häufigkeiten von Tätigkeiten, die in dargestellten Situationen mit mehreren Personen identifiziert wurden. Anteile für die jeweilige Schülergruppe bezogen auf die Anzahl der Situationen mit mehreren Personen.

Abbildung 5.22 drei ausgewählte Zeichnungen von Teilnehmern der Schüleruniversität präsentiert. Die Beschreibung zur linken Zeichnung lautete: „Sie vermessen etwas. Sie führen Experimente durch und versuchen Theorien zu beweisen oder zu widerlegen.“, die mittlere wurde beschrieben mit „Vorlesungen/Besprechung mit Kollegen/Austausch“ und zur rechten Zeichnung gehörte der Text „Vorstellung der Messergebnisse auf Konferenzen o. in Zeitschriften“. In der linken Zeichnung wurde sehr wahrscheinlich ein Teilchenbeschleuniger angedeutet sowie ein Überwachungsraum mit mehreren Personen, während in der rechten Zeichnung ein Gebäude und Zeitschriften dargestellt sind, von denen eine mit „Nature“ beschriftet wurde. Die Zeichnungen geben hierbei wichtige Informationen zusätzlich zu den Beschreibungen und zeigen Details, die vermutlich nicht im Schulunterricht oder anderswo thematisiert wurden, sondern während der Schüleruniversität behandelt wurden oder aus der Erfahrungswelt der stark an Naturwissenschaften interessierten Jugendlichen stammen. Dies lässt sich als Indiz dafür werten, dass auch sehr vielfältige Schülervorstellungen zu den Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern mit dem Erhebungsinstrument erfasst werden können.



**Abbildung 5.22:** Beispiele für Darstellungen von Teilnehmern der Schüleruniversität, in denen aufgrund von Zeichnung und/oder erläuterndem Text Tätigkeiten mit mehreren Personen identifiziert wurden.

## 5.6 Zusammenfassung der explorativen Studie

In dieser explorativen Studie wurden Schülervorstellungen über Tätigkeiten im Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern untersucht. Dazu wurde zunächst ein eigenes Erhebungsinstrument entwickelt, für das die Möglichkeit der zeichnerischen Darstellung des *Draw-A-Scientist Test*-Formats (z.B. Chambers, 1983) aufgegriffen wurden. Aufgrund von Kritik am herkömmlichen Instrument, welches vermeintlich stereotypische Darstellungen provozierte (vgl. Unterabschnitt 2.2.2.1 bzw. Wentorf et al., 2015), wurde das Instrument in mehreren Punkten abgewandelt. So haben die Schüler beim neuen Erhebungsinstrument die Möglichkeit ihre Vorstellungen über Tätigkeiten und den Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern in zeichnerischer und/oder schriftlicher Form darzustellen. Im Unterschied zu vorherigen Untersuchungen stehen außerdem typische Situationen aus dem Arbeitsalltag und nicht die Person des Wissenschaftlers im Fokus. Als Situation wird im Folgenden die Kombination aus einer Zeichnung und einer dazugehörigen Beschreibung bezeichnet. Ein weiterer wichtiger Unterschied des neuen Erhebungsinstrumentes im Vergleich zum bisherigen besteht darin, dass nicht nur eine einzige Situation, sondern *drei* separate Situationen möglich sind, die mit einem vorstrukturierten DIN A3-Bogen erfasst werden. Durch die Option zur Darstellung von drei Situationen ergab sich somit erst die Möglichkeit die Situationen in einer bestimmten Reihenfolge anzuordnen.

Für die explorative Studie wurden mit diesem neu entwickelten Erhebungsinstrument Daten von  $N_{ExploStudie} = 189$  Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9 an Aachener Schulen erhoben. Die insgesamt dargestellten 436 Situationen wurden gemäß der zusammenfassenden Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) ausgewertet und zu 15 Kategorien von Tätigkeiten zusammengefasst. Es zeigte sich, dass die Möglichkeit zur Darstellung von mehreren Situationen von den Schülern mit der Darstellung von durchschnittlich 2,3 Situationen pro Person mehrheitlich genutzt wurde. Nach einer qualitativen Beschreibung der Kategorien wurden für 9 dieser Tätigkeiten sowie für weitere 21 Zusatzkategorien (der Bereiche Orte, Gegenstände, Personen und ihre Charakteristika) die Häufigkeiten unter allen Situationen bestimmt. Die mit großem Abstand am häufigsten

vorkommende Tätigkeit in den Situationen war mit 77% das *Experimentieren*. Aufgrund dieser überragenden Rolle wurden sechs Subkategorien unterschieden, von denen das Experimentieren mit *Chemikalien* am häufigsten (40%) vertreten war, gefolgt vom Experimentieren mit *Geräten* in 29% der Situationen. Die nächsthäufigen Tätigkeiten nach dem Experimentieren waren das *Arbeiten mit Theorien* mit 11%, das *Dokumentieren* mit 7% und das *Auswerten/Berechnen* mit 5% der Situationen.

Als Hinweis auf Kommunikation und Kooperation unter Naturwissenschaftlern wurde die vorkommende Personenzahl in den Situationen untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass 29% der Schüler lediglich in 13,3% aller Situationen *mehrere Personen* darstellten. In fast der Hälfte dieser Fälle wurde *gemeinsam mit Kollegen* experimentiert, ansonsten wurden Tätigkeiten folgender Kategorien ausgeübt: *Vortragen/Diskutieren*, *Sich mit Nicht-Wissenschaftlern austauschen* und *Arbeiten mit Theorien*.

Im Rahmen der Frequenzanalyse der Zusatzkategorien wurde herausgefunden, dass *Gasbrenner* und *Mikroskope* die häufigsten dargestellten Geräte sind, dass als Arbeitsplatz ein *Labor* etwa doppelt so häufig zu erkennen war wie ein *Ort außerhalb eines Gebäudes* und außerdem, dass vorkommende Personen Charakteristika wie einen *Laborkittel* oder eine *Brille* seltener aufwiesen als in einigen vorherigen Untersuchungen (Finson et al., 1995, Reinisch et al., 2017), die allerdings nicht vorrangig die Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in den Fokus stellten.

Die Möglichkeit zur Darstellung der Vorstellungen in Form von *Zeichnung und Beschreibung* stellte bei diesem Erhebungsinstrument ein für die Auswertung nützliches Merkmal dar, denn häufig wurden aus der Kombination von beidem wichtige Zusammenhänge und Informationen über die Situation gewonnen. So wurden zum Beispiel einerseits ganz allgemein beschriebene Experimente erst durch die *Zeichnung spezieller Geräte und Untersuchungsobjekte* zu konkreten Tätigkeiten und andererseits wurden *Zeichnungen* erst durch die *Benennung von bestimmten Stoffen und Hintergrundwissen* verständlich. Details, die nur sehr umständlich mit Worten hätten beschrieben werden können, konnten in einer einfachen Skizze erkennbar sein, wohingegen Abstraktes eher aus *Beschreibungen* verständlich wurde. So konnte die bildliche Darstellung helfen z.B. Geräte wiederzugeben, deren Namen oder Funktion zwar nicht bekannt waren, aber deren Aussehen in Erinnerung geblieben war. Diese wechselseitige Ergänzung von *Zeichnung und Text* wird daher als geeignete Kombination gesehen, bei der jeder Proband selbst entscheiden kann, in welcher Form er seine Vorstellungen darstellen kann oder möchte. Die Offenheit des Erhebungsinstrumentes ist daher ein großer Vorteil für explorative Fragestellungen, insbesondere weil dadurch persönliche Schwerpunkte (bzgl. der Inhalte und Darstellungsformen) möglich sind. Dabei zeigte sich im vorliegenden Fall, dass von einigen Schülern verschiedene Tätigkeiten in einer oder mehreren Situationen in eine Reihenfolge gebracht wurden, so dass zum Beispiel die *Experimentplanung*, *-durchführung* und *-auswertung* dargestellt wurden. Daraus lassen sich im Einzelfall weitere Rückschlüsse auf das Verständnis im Themenbereich *Natur der Naturwissenschaften* schließen.

In dieser explorativen Studie wurde das *Experimentieren mit Chemikalien* mit deutlichem Abstand am häufigsten in den Situationen dargestellt, was dem stereotypischen Bild eines Wis-

senschaftlers<sup>62</sup> entsprach. Für dieses Ergebnis gibt es vermutlich mehrere Gründe: So könnten einzelne Nachfragen zu dem, was darzustellen sei, von Schülern während der Bearbeitung und sehr ähnlich aussehende Darstellungen (wahrscheinlich von Sitznachbarn) darauf hindeuten, dass einige von ihnen sich unsicher waren und eher die Ideen anderer als die eigenen Vorstellungen reproduzierten. Außerdem ist es möglich, dass Darstellungen mehr oder weniger direkt auf öffentlich präsenten - oft stereotypischen - Bildern aus Film, Fernsehen usw. beruhten. In beiden Fällen hatten die Schüler vermutlich kaum oder keine eigenen Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Einrichtungen oder Personen, so dass vor allem deshalb Chemikalien dargestellt wurden, weil sie einfach zu zeichnen waren, einen hohen Wiedererkennungswert haben sollten und als deutliches Unterscheidungsmerkmal zu anderen Berufsgruppen als Naturwissenschaftlern intendiert waren. Die Abgrenzung zu anderen Berufen könnte ebenfalls dazu beitragen, dass Labortätigkeiten so stark von den Schülern betont wurden, weil sie - im Unterschied zu Bürotätigkeiten - insbesondere von Naturwissenschaftlern ausgeübt werden. Aus letztgenanntem Grund ist eine Labortätigkeit zwar *ein* wichtiger und gerechtfertigter Unterschied, allerdings wird dadurch nicht die Vielfalt von möglichen Tätigkeiten in den Darstellungen erkennbar.

Einen bedeutenden Einflussfaktor auf die Vorstellungen der Schüler stellte außerdem der Unterricht dar, wie sich einerseits daran erkennen ließ, dass verschiedene Themenbereiche von einzelnen Klassen bzw. Schulen präferiert wurden, und andererseits daran, dass Details von Geräten (z.B. Einstellrädchen und Beleuchtung am Mikroskop) und Handlungen vorkamen, die nur durch eigene Verwendung (klassenweise) und nicht z.B. über Medien bekannt sein dürften. So wurde beispielsweise nur von Schülern der Gesamtschule dargestellt, wie seziiert wurde, während es nur bei Schülern des Gymnasiums vorkam, dass Ausgrabungen und Experimente mit Spiralfedern oder Kraftmessgeräten dargestellt wurden. Auch wenn viele Schüler mutmaßlich keine direkten Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Laboren und dort arbeitenden Personen hatten, so gab es doch auch einige Schülerdarstellungen, die einen solchen Kontakt vermuten ließen, wie zum Beispiel im rechten Bild in Abb. 5.9. Andererseits wurden auch Darstellungen (z.B. von Konferenzen oder Teilchenbeschleunigern) angefertigt, die wahrscheinlich kaum aus der eigenen Erfahrung inspiriert waren, sondern auf besonderes Interesse oder Kontakte zu beteiligten Personen schließen ließen.

Durch die Zuordnung der Situationen zu den Fachrichtungen *Biologie*, *Chemie*, *Physik* und Naturwissenschaften *allgemein* auf dem Erhebungsinstrument sowie durch einige Zusatzkategorien wurde herausgefunden, dass sich neben dem stereotypischen Bild eines Chemikers auch in der Biologie wichtige Tätigkeiten herauskristallisierten. So wurde in Situationen, die der Biologie zugeordnet wurden, vor allem mit einem Mikroskop gearbeitet, wurden Lebewesen untersucht und es wurde etwas seziiert. In Situationen, die der Physik zugeordnet wurden, kamen verschiedene Geräte zum Einsatz, welche jedoch nicht zu größeren Kategorien zusammengefasst werden konnten. Auffällig war, dass die Weiterentwicklung des Erhebungsinstrumentes mit einer einzelnen Zuordnung *einer* Fachrichtung zu *einer* Situation offenbar dazu führte, dass der Vorsprung des Faches Chemie gegenüber den Fächern Biologie und Physik nachließ. Je mehr Möglichkeiten zur Differenzierung zur Verfügung standen, desto mehr wurden diese

---

<sup>62</sup>Dieses stereotypische Bild eines Wissenschaftlers wurde z.B. von Chambers (1983), Finson (2002) und Mikelskis-Seifert und Müller (2005) berichtet.

offensichtlich auch genutzt. Es wäre in Folgearbeiten dementsprechend noch zu untersuchen, inwieweit sich drei Situationen einer einzelnen Fachrichtung zum Beispiel der *Chemie* unterscheiden würden.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass das *Experimentieren* in den Schülerdarstellungen mit deutlichem Abstand als häufigste Tätigkeit von Naturwissenschaftlern dargestellt wurde. Andere Tätigkeiten aus dem naturwissenschaftlichen Arbeitsalltag wie beispielsweise das *Arbeiten mit Theorien* und das *Dokumentieren* kommen ebenfalls vor, spielen aber keine entscheidende Rolle. Der Aspekt der Kommunikation und Kooperation unter Naturwissenschaftlern, der ein wichtiger Untersuchungsgegenstand der explorativen Studie war, wurde zwar von knapp einem Drittel der Schüler dargestellt, nahm jedoch anteilig in den Schülerdarstellungen mit 13,3% keinen großen Raum ein. Diverse Darstellungen von Schülern zeigten Themen, die offenbar im Unterricht behandelt wurden, so dass auf die Schule als einen wichtigen Einflussfaktor geschlossen werden konnte.

Der Vergleich der Darstellungen von Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9 mit denen der Teilnehmer einer Schüleruniversität zeigte, dass sich mit dem Erhebungsinstrument auch komplexe Situationen und Zusammenhänge, wie sie von den Schülern nach der Schüleruniversität wiedergegeben wurden, erfassen lassen. Bemerkenswert bei dem Vergleich war, dass beim Vorkommen von *mehreren Personen* bei den Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9 das *Experimentieren* als häufigste Tätigkeit vorkam, während dies bei den Teilnehmern der Schüleruniversität das *Vortragen/Diskutieren* darstellte. Die auf dem Erhebungsinstrument angebotenen Möglichkeiten zur zeichnerischen und/oder schriftlichen Darstellung der eigenen Vorstellungen erlaubten den Schülern entsprechend ihrer Präferenz die Darstellungsart zu wählen. Für diese explorative Studie stellte sich dieses Erhebungsinstrument mit drei Situationen und der Wahlmöglichkeit der Darstellung in Zeichnung und/oder Text als geeignet heraus, so dass mit der Beschreibung der identifizierten Tätigkeiten und der Zusatzkategorien sowie durch die Bestimmung ihrer jeweiligen Häufigkeiten die Forschungsfrage 1 und ihre forschungsleitenden Fragen 1.a) bis 1.e) aus Kapitel 4 beantwortet werden konnten. Die Ergebnisse dieser explorativen Studie bildeten eine wichtige Grundlage für die nachfolgende quantitative Interventionsstudie über Schülervorstellungen zu den Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern.



# 6 Interventionstudie: Untersuchung des Einflusses eines Schülerlaborbesuchs auf Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern

Das Ziel der Interventionstudie bestand darin, einen möglichen Einfluss eines Schülerlaborbesuchs im SCIphyLAB\_nano auf die Schülervorstellungen über Tätigkeiten im Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern zu untersuchen. Damit wurde der Forschungsfrage 2 nachgegangen (vgl. Kapitel 4). Für eine Untersuchung des Einflusses eines Schülerlaborbesuchs - der in diesem Zusammenhang mit der Studie auch als Intervention bezeichnet wird - ist es erforderlich, an mindestens zwei Zeitpunkten eine Erhebung der genannten Schülervorstellungen durchzuführen, um aus dem Vergleich mögliche Veränderungen ermitteln zu können. Dementsprechend war im vorliegenden Fall eine Erhebung von Schülervorstellungen<sup>63</sup> bei derselben Schülergruppe sowohl im Vorfeld eines Schülerlaborbesuches (Pre-Test) erforderlich als auch im Nachgang des Besuches (Post-Test). Für eine Vergleichbarkeit von Pre- und Post-Test-Daten wäre ein qualitatives Erhebungsinstrument, wie es in der explorativen Studie zum Einsatz kam (vgl. Unterkapitel 5.1), ungeeignet, so dass für die Interventionstudie ein quantitatives Erhebungsinstrument konzipiert wurde.

In Unterkapitel 6.1 wird zunächst das quantitative Erhebungsinstrument, welches im Rahmen der Interventionstudie eingesetzt wurde, beschrieben. Anschließend wird dessen Erprobung und Auswertung in Unterkapitel 6.2 vorgestellt. In Unterkapitel 6.3 werden schließlich die Ergebnisse der Untersuchung zum Einfluss des Schülerlabors präsentiert. Eine Zusammenfassung der Hauptstudie in Unterkapitel 6.4 rundet das Kapitel ab.

## 6.1 Das Erhebungsinstrument

In diesem Unterkapitel wird das Erhebungsinstrument beschrieben, das im Rahmen der Interventionstudie zum Einsatz kam. Während das qualitative Erhebungsinstrument der explorativen Studie (Unterkapitel 5.1) dazu genutzt wurde, Tätigkeitsbereiche, die Schüler mit Naturwissenschaftlern verbinden, überhaupt erst zu ermitteln, ging es in der Interventionstudie darum,

---

<sup>63</sup>Sofern nicht anders vermerkt, werden im Folgenden mit der Kurzform *Schülervorstellungen* stets die Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in ihrem Arbeitsalltag bezeichnet.

die Relevanz von unterschiedlichen Tätigkeitsbereichen in den Schülervorstellungen herauszufinden und mögliche Veränderungen durch den Schülerlaborbesuch festzustellen. Dafür wurde als Erhebungsinstrument das Format des Fragebogens gewählt. Für eine Vergleichbarkeit von Daten, die mit dem Fragebogen zu verschiedenen Zeitpunkten erhoben werden, fiel die Wahl außerdem auf ein standardisiertes Antwortformat, welches sich durch vorgegebene Antwortmöglichkeiten auszeichnet. Dies hat neben der Vergleichbarkeit den Vorteil, dass eine Auswertung deutlich weniger zeitintensiv ist als bei anderen Erhebungsformaten, so dass ein solches Format auch für einen häufigeren Einsatz im Schülerlabor attraktiv wird.

Bevor eine ausführliche Beschreibung des Fragebogens erfolgt, soll an dieser Stelle ein Überblick gegeben werden über die entwickelten Fragebogenteile. Der Fragebogen besteht aus einem Deckblatt und vier inhaltlichen Teilen (siehe Abb. 6.1). Auf dem Deckblatt wird von den Schülern ein persönlicher Zuordnungscode eingetragen, der trotz der anonymen Bearbeitung eine Verknüpfung ihrer Datensätze von verschiedenen Erhebungszeitpunkten ermöglicht. Es folgt ein *einleitender Fragebogenteil* und ein *Fragebogenteil über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern*.

Neben dem zentralen Ziel des Fragebogens, Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in ihrem Arbeitsalltag zu erheben, wird außerdem mit der Studie das Ziel verfolgt, die Nutzbarkeit eines modifizierten Fragebogenformates zu untersuchen. Entsprechend dem generell motivierenden Charakter eines Schülerlaborbesuchs sollte der Fragebogen daher für die Schüler möglichst ansprechend gestaltet werden, um das Erlebnis im Schülerlabor durch das Bearbeiten des Fragebogens bestenfalls positiv oder zumindest nicht negativ zu beeinflussen. Aus diesem Grund wurde entschieden keinen rein textbasierten Fragebogen zu verwenden, sondern den Fragebogen durch den Einsatz von Bildern einiger Tätigkeiten „aufzulockern“. Durch diese im Fragebogen integrierten Bilder sollte ebenfalls Schülern mit etwaigen Leseschwächen eine Bearbeitung des Fragebogens erleichtert werden. Zur Untersuchung der Nutz-

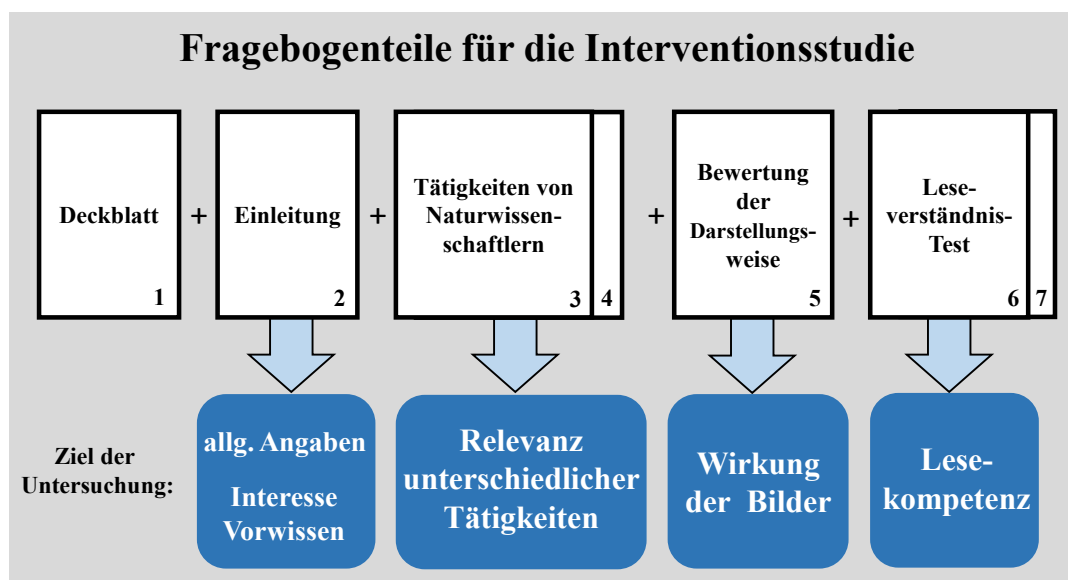


Abbildung 6.1: Gliederung und Untersuchungsziele des Fragebogens

barkeit der Bilder im Fragebogen werden die Schüler aufgefordert einerseits die Wirkung der Bilder zu bewerten und andererseits einen Leseverständnistest zu bearbeiten. Dementsprechend gibt es einen *Fragebogenteil zur Bewertung der Darstellungsform* sowie einen *Fragebogenteil zum Leseverständnis*. Die vier inhaltlichen Fragebogenteile werden im Folgenden genauer erläutert.

### **Einleitender Fragebogenteil**

Im *einleitenden Fragebogenteil* werden als erstes einige allgemeine Angaben erhoben, die als Kontrollvariablen und zum Vergleich mit anderen Studien dienen. Es werden Alter, Geschlecht, die letzte Zeugnisnote im Unterrichtsfach Deutsch erhoben und es wird abgefragt, ob die Muttersprache deutsch sei. Des Weiteren wurden die Schüler aufgefordert auf einer dreistufigen Skala anzugeben, ob sie sich in den Unterrichtsfächern Biologie, Chemie und Physik als gut einschätzen. Insgesamt umfassen diese allgemeinen Angaben somit sieben Items. Dieser Fragebogenteil ist im Anhang E.1 dargestellt.

Als zweites werden die Schüler im einleitenden Fragebogenteil aufgefordert anzugeben, wie viel sie über die Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern wissen. Dazu stand eine vierstufige Skala von *nichts* (0) bis *viel* (3) zur Verfügung. Mit fünf Items wurde im Weiteren abgefragt, inwieweit sich die Schüler für naturwissenschaftliche Themen interessieren und sich mit ihnen beschäftigen. In diesem Rahmen wurden die Schüler auch aufgefordert anzugeben, falls sie persönlich jemanden kennen, der als Naturwissenschaftler arbeitet und gegebenenfalls welchen Beruf er/sie ausübt. Insgesamt besteht der einleitende Fragebogenteil somit aus 14 Items (s. Anhang E.1).

### **Fragebogenteil über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern**

Zum Zeitpunkt der Entwicklung des Fragebogens für die Interventionsstudie lag im Bereich der Schülervorstellungen speziell zu Tätigkeiten<sup>64</sup> von Naturwissenschaftlern in ihrem Arbeitsalltag nur eine Veröffentlichung vor (Wentorf et al., 2015), bei deren Untersuchungen ein Fragebogen mit einem entsprechendem Schwerpunkt zum Einsatz kam. Dieser auf Basis der Tätigkeitsbereiche des RIASEC-Modells von Holland (1963; 1997) am IPN Kiel entwickelte Fragebogen (Wentorf, 2015a) sowie ein zweiter ebenfalls dort entwickelter Fragebogen von Stamer (2015) konnten freundlicherweise für die Entwicklung des vorliegenden Fragebogens genutzt werden<sup>65</sup>. Aus den folgenden Gründen wurden jedoch Änderungen bzw. Ergänzungen an den bestehenden Fragebögen vorgenommen: Zum einen gab es Tätigkeiten, die sich im Rahmen der explorativen Studie als relevant herausgestellt hatten, bei Wentorf (2015a) bzw. Stamer

---

<sup>64</sup>Im Folgenden sind mit *Tätigkeiten* stets die Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in ihrem Arbeitsalltag gemeint, auch wenn dies nicht immer explizit erwähnt wird.

<sup>65</sup>Besonderer Dank gilt Wilfried Wentorf und Insa Stamer für die zur Verfügungstellung der Fragebögen und Skalen. Während für die Entwicklung des Fragebogens von Wentorf (2015a) Ansichten von Schülern und Naturwissenschaftlern untersucht wurden, lag für den Fragebogen von Stamer (2015) der Fokus auf den Ansichten der Naturwissenschaftler, so dass ausschließlich deren Rückmeldungen berücksichtigt wurden.

(2015) jedoch nicht in dieser Form vorkamen. Diese Tätigkeiten wurden daher auch in den Fragebogen integriert. Zum anderen sollte die Nutzbarkeit des modifizierten Fragebogenformates, welches Bilder anstelle einiger Textaussagen enthält, untersucht werden. Im Folgenden werden die Auswahl und die Ergänzungen der Tätigkeitsbereiche sowie die einzelnen Tätigkeiten vorgestellt und im Anschluss die Entwicklung der Bilder erläutert.

### Auswahl von Tätigkeiten und Zusammenstellung von Tätigkeitsbereichen

Zur Erfassung von Vorstellungen über Tätigkeiten wurde das standardisierte Antwortformat aus dem Fragebogen von Wentorf et al. (2015) übernommen. Dabei erhalten die Schüler die Möglichkeit auf einer vierstufigen Likert-Skala von *stimmt gar nicht* bis *stimmt völlig* anzugeben, inwieweit sie einer regelmäßigen Beschäftigung von Naturwissenschaftlern mit dieser Tätigkeit zustimmen bzw. diese ablehnen. Dieses Antwortformat wird am Beispiel der Tätigkeit *Messungen durchführen* in Abbildung 6.2 dargestellt. Die Beschreibung einer Tätigkeit für den Fragebogen wird im Folgenden kurz als *Tätigkeiten-Item* bezeichnet.

<b>Ein/e Naturwissenschaftler/in beschäftigt sich im Arbeitsalltag regelmäßig mit folgenden Tätigkeiten:</b>				
	stimmt gar nicht	→		stimmt völlig
Messungen durchführen	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 6.2: Beispiel für ein *Tätigkeiten-Item*.

Da im Rahmen der explorativen Studie viele Tätigkeiten vorgefunden wurden, die in ähnlicher Form ebenfalls in den Fragebögen von Wentorf (2015a) und Stamer (2015) vorkamen, war eine Unterscheidung zwischen diesen und neuen Tätigkeiten nicht immer trennscharf. Es wurde jedoch bestmöglich versucht eine Unterscheidung und Kennzeichnung der Tätigkeiten verschiedener Ursprünge vorzunehmen, wie an späterer Stelle dargestellt ist.

Eine Zuordnung der Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern zu verschiedenen Bereichen wurde von Wentorf et al. (2015) gemäß dem RIASEC-Modell (vgl. Tabelle 2.1 in Abschnitt 2.2.2.2) vorgeschlagen und wurde in ihren Untersuchungen um den Bereich *Networking* (N) erweitert. Für den Fragebogen dieser Interventionsstudie wurde die Einteilung in diese sieben Tätigkeitsbereiche (RIASEC+N) grundsätzlich übernommen, wobei der Bereich *Conventional* (C) nicht berücksichtigt wurde, weil er weder in der explorativen Studie vorkam, noch bei den Aktivitäten im Schülerlabor eine wichtige Rolle spielte. Für vier Tätigkeitsbereiche (*Realistic* (R), *Artistic* (A), *Enterprising* (E) und *Networking* (N)) wurde jeweils ein neues Tätigkeiten-Item ergänzt, das aus den Ergebnissen der explorativen Studie stammt. Für die neuen Tätigkeiten-Items wurden gegebenenfalls die ursprünglichen Kategorienamen zum besseren Verständnis abgewandelt<sup>66</sup>. Diese vier neuen Tätigkeiten-Items sind in der ersten Spalte der Tabelle 6.1 aufgeführt. In der zweiten Tabellenspalte wird jeweils ein Tätigkeitsbereich bzw. eine Dimension des

<sup>66</sup>Aus der Bezeichnung der Kategorie *Strukturiert vorgehen* (vgl. Abschnitt 5.4.3) wurde beispielsweise das Tätigkeiten-Item *Arbeitsabläufe planen und organisieren* entwickelt.

**Tabelle 6.1:** Auf Basis der Ergebnisse der explorativen Studie zusätzlich entwickelte Tätigkeiten-Items.

<b>Tätigkeiten-Item</b>	<b>Bereich/Dimension im RIASEC+N-Modell</b>
Sicherheitsmaßnahmen berücksichtigen	handwerklich (R)
Simulationen entwickeln	kreativ (A)
Arbeitsabläufe planen und organisieren	unternehmerisch (E)
Austausch mit Personen, die keine NaturwissenschaftlerInnen sind	kooperativ (N)

RIASEC-Modells genannt, dem das Tätigkeiten-Item vorläufig aufgrund inhaltlicher Überlegungen zugeordnet wurde. Neben den bisherigen Tätigkeitsbereichen wurde außerdem noch ein weiterer Bereich aufgenommen, dessen Tätigkeiten-Items deutlich als nicht-wissenschaftlich erkennbar sein sollten. Solche auf Ablehnung abzielende Tätigkeiten-Items werden im Folgenden als *Distraktoren* bezeichnet und der Bereich dementsprechend benannt (*Distractor*, D). Die Distraktoren sollen dazu dienen, dass das Spektrum der vierstufigen Antwortskala im Verlauf des Fragebogenteils voll ausgenutzt wird und somit Unterschiede zwischen Tätigkeiten deutlicher hervortreten.

Nach der Beschreibung der Tätigkeitsbereiche werden nun die darin vorkommenden Tätigkeiten-Items im Überblick in Tabelle 6.2 vorgestellt. Darin wurden die Tätigkeiten-Items entsprechend markiert, sofern sie aus dem Fragebogen (Wentorf, 2015a) der Untersuchungen von Wentorf et al. (2015) wörtlich übernommen wurden (Markierung mit *a*), daran inhaltlich angelehnt waren (Markierung mit *b*) oder in Anlehnung zu Items des Fragebogens von Stamer (2015) entwickelt wurden (Markierung mit *c*).

Änderungen von Items wurden beispielsweise zur Reduktion einer Tätigkeit auf Teilaspekte vorgenommen, so wurde z.B. *Fragen von Studierenden beantworten* statt *Studenten betreuen* verwendet. Teilweise hatten sich auch in der explorativen Studie Kategorien ergeben, an die die Items angepasst wurden, wie z.B. *Fachliteratur suchen* statt *Fachliteratur lesen*. Insgesamt wurden so 33 Tätigkeiten-Items, inklusive dreier Distraktoren, für den vorliegenden Fragebogenteil zusammengestellt. Jedem Tätigkeiten-Item wurde außerdem zur Referenzierung ein Item-Kurzname zugewiesen. In der letzten Tabellenspalte wird außerdem bereits angegeben, für welche Items Bilder entwickelt wurden.

### **Die Entwicklung von Bildern für den Fragebogen**

Die zuvor beschriebenen Tätigkeiten-Items hätten in ihrer Text-Form im Fragebogen eingesetzt werden können. Dennoch wurde aus den nachfolgend nochmals ausführlicher beschriebenen Gründen entschieden, im Fragebogen ausgewählte Tätigkeiten-Items in Form eines Bildes einzusetzen. So erläutern Kircher, Girwidz und Häußler (2015) in ihrem Standardwerk der Physikdidaktik, dass Bilder als Ersatz für komplexe Sachverhalte dienen können. Dazu führen sie Folgendes an: „[a]uch Situationsbeschreibungen sind oft verbal sehr aufwendig und mitunter über ein Bild schneller und ökonomischer zu realisieren.“ (Kircher et al., 2015, S. 210). Des Weiteren heißt es dazu: „Bilder können den Inhalt von Textaussagen visuell widerspiegeln. Ei-

Tabelle 6.2: Die insgesamt 33 Tätigkeiten-Items und ihre vorläufige Zuordnung zu Bereichen.

Bereich/ Dimension	Tätigkeiten-Item	Item- Kurzname	als Bild
<b>R</b> <b>Realistic</b> <b>(manuell)</b>	Messungen durchführen <sup>a</sup>	Messen	
	Versuchsdaten dokumentieren <sup>b,c</sup>	Doku	
	Untersuchungen durchführen mit einem Mikroskop <sup>b,c</sup>	Mikroskop	X
	Mit Chemikalien experimentieren <sup>b,c</sup>	ChemieLab	X
	Beobachtungen in der Natur durchführen <sup>a</sup>	InNatur	X
	Sicherheitsmaßnahmen berücksichtigen	Sicherheit	X
<b>I</b> <b>Investigative</b> <b>(analytisch)</b>	Theorien ausdenken und entwickeln <sup>b</sup>	Theorien	
	Berechnungen durchführen <sup>b</sup>	Rechnen	X
	Ideen für neue Forschungsansätze entwickeln <sup>a</sup>	Ansätze	
	Fachliteratur suchen <sup>b,c</sup>	Literatur	X
<b>A</b> <b>Artistic</b> <b>(kreativ)</b>	Neue Messgeräte entwickeln <sup>a</sup>	GeräteEntw	
	Eigene Messverfahren entwickeln <sup>a</sup>	MessEntw	
	Neue Versuchsaufbauten konstruieren <sup>b</sup>	Konstrukt	
	An eigenen Erfindungen arbeiten <sup>a</sup>	Erfinden	
	Simulationen entwickeln	Simulat	
<b>S</b> <b>Social</b> <b>(sozial)</b>	Fragen von Studierenden beantworten <sup>b,c</sup>	Antworten	X
	Lehrveranstaltungen vorbereiten und durchführen <sup>a</sup>	Lehren	
	Abschlussarbeiten von Studierenden betreuen <sup>b,c</sup>	Abschlussarb	
	Personen bei ihrer Doktorarbeit betreuen <sup>b</sup>	DrArbeit	
<b>E</b> <b>Enterprising</b> <b>(unter- nehmerisch)</b>	Ein Projekt organisieren und durchführen <sup>a</sup>	ProjektOrga	
	Eine Arbeitsgruppe leiten <sup>a</sup>	AGleiten	
	Ein Team aufbauen und organisieren <sup>b</sup>	TeamAufb	
	Fachvorträge halten <sup>b</sup>	Vortrag	X
	Veröffentlichungen schreiben <sup>b,c</sup>	Veröff	X
	Arbeitsabläufe planen und organisieren	Arbeitsplan	X
<b>N</b> <b>Networking</b> <b>(kooperativ)</b>	Fächerübergreifende Projekte durchführen <sup>a</sup>	FachÜProj	X
	Sich für Besprechungen treffen <sup>b,c</sup>	Meeting	X
	Austausch mit NaturwissenschaftlerInnen von anderen Universitäten <sup>b,c</sup>	AustauUni	
	Konferenzen besuchen <sup>b,c</sup>	Konferenz	X
	Austausch mit Personen, die keine Naturwissen- schaftlerInnen sind	AustauNicht	
<b>D</b> <b>Distraktoren</b> <b>(nicht-wissen- schaftlich)</b>	Fussball spielen	Sport	X
	Laborräume tapezieren und anstreichen <sup>c</sup>	Tapete	
	Unterhaltungssendungen im Fernsehen anschauen	Fernsehen	

a = Item wörtlich aus dem Fragebogen von Wentorf (2015a) übernommen

b = in Anlehnung an ein Item aus dem Fragebogen von Wentorf (2015a)

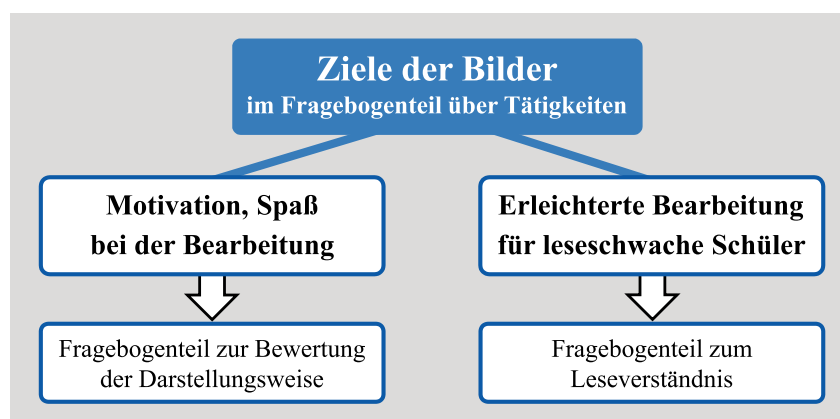
c = in Anlehnung an ein Item aus dem Fragebogen von Stamer (2015)

ne realitätsnahe Abbildung von Objekten, Aktivitäten oder Personen kann Behaltensleistungen steigern.“ (Kircher et al., 2015, S. 210). Außerdem sollte die Bearbeitung des Fragebogens bestenfalls auch durch seine Gestaltung motiviert werden. So können Bilder auch Folgendes bewirken: „Bilder können Problemsituationen darstellen - überraschende, humorvolle oder ästhetische Momente enthalten und auf diese Weise zumindest den Anstoß zur Beschäftigung mit einem Sachverhalt geben.“ (Kircher et al., 2015, S. 211). Da bereits in der explorativen Studie von Schülern selbst - teils unterhaltsam dargestellte - Zeichnungen von Situationen aus dem Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern angefertigt wurden, konnten diese als Vorlage für die Entwicklung von Bildern für den Fragebogenteil über Tätigkeiten genutzt werden.

Neben dem Ziel der Bilder, den Fragebogen ansprechender zu gestalten und sich positiv auf dessen Bearbeitung auszuwirken, sollen diese außerdem dazu dienen - angesichts einer heterogenen Schülerschaft im Schülerlabor - insbesondere weniger lesestarken Schülern eine Bearbeitung des Fragebogens zu erleichtern. Diese beiden Ziele der Bilder sind in der Abbildung 6.3 dargestellt zusammen mit den zur Untersuchung vorgesehenen Fragebogenteilen.

Bei der Erstellung von Bildern für Lernmaterialien lassen sich nach Berger (2012) diverse „Prinzipien der Bildgestaltung“ (S. 29ff) aus unterschiedlichen Disziplinen wie der Wahrnehmungs- und Lernpsychologie, der Fachdidaktik und der Physik berücksichtigen. Bei dem Fragebogen dieser Interventionsstudie ging es bei den Bildern im Wesentlichen um das Wiedererkennen von Tätigkeiten, das heißt vor allem um Aspekte der Wahrnehmung. Daher waren die drei wichtigen Kriterien bei der Entwicklung der Bilder (vgl. Berger, 2012):

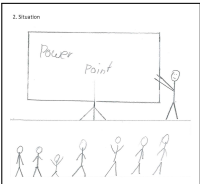

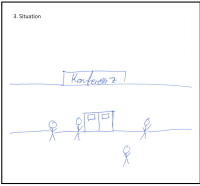
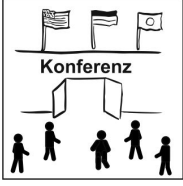


- die prägnante Darstellung von Personen und ihrer Tätigkeit
- die Einfachheit der Bilder (Farbschema und Kontrast: schwarz-weiß; Reduktion auf wenige Bildelemente, von denen einige in der explorativen Studie im Rahmen der Zusatzkategorien ermittelt wurden)
- die Konsistenz der Bilder für einen hohen Wiedererkennungswert (z.B. ein durchgängiger piktogramm-ähnlicher Stil für die Darstellung der Personen)



**Abbildung 6.3:** Ziele der Einbeziehung von Bildern in den Fragebogen und Ansätze für ihre Untersuchung.

Es wurden insgesamt 14 Bilder von Tätigkeiten erstellt, die insbesondere die Personen stark vereinfacht darstellen. Für einen ersten Test der Erkennbarkeit der dargestellten Tätigkeiten wurden die Bilder 22 Schülern, die das Schülerlabor besuchten, vorgelegt mit dem Auftrag die Tätigkeiten schriftlich zu erläutern. Durch das Feedback dieser Schüler sowie durch kommunikative Validierungen mit Fachkollegen wurden die Bilder iterativ weiterentwickelt. Um sicher zu sein, dass die Tätigkeiten hinreichend eindeutig verständlich sind, wurden schließlich 11 der 14 Bilder um einzelne Wörter ergänzt. In der Tabelle 6.3 wird am Beispiel von drei Tätigkeiten-Items die Entwicklung von der ursprünglichen Beschreibung in Textform über die Schülerzeichnungen (aus der explorativen Studie) zur Inspiration bis hin zur verwendeten bildlichen Form des Tätigkeiten-Item gezeigt.

**Tabelle 6.3:** Beispiele für die Entwicklung von Bildern zur Darstellung von Tätigkeiten.

Tätigkeiten-Item in Textform	Schülerzeichnung	Tätigkeiten-Item als Bild
Fachvorträge halten		
Konferenzen besuchen		
Beobachtungen in der Natur durchführen		

Insgesamt wurden für 14 Tätigkeiten-Items Bilder eingesetzt (s. letzte Spalte in Tabelle 6.2), während 19 Tätigkeiten-Items in Textform eingesetzt wurden. Im Folgenden werden die zuvor beschriebenen 33 Tätigkeiten-Items entsprechend ihrer Darstellungsform unterschieden und kurz als *Bild-Item* bzw. *Text-Item* bezeichnet. Für den Fragebogenteil wurden die Tätigkeiten-Items zunächst in eine zufällige Reihenfolge gebracht, anschließend wurden jedoch zur Berücksichtigung der nachfolgenden Aspekte entsprechende Änderungen vorgenommen:

- Eine in der explorativen Studie häufig vorkommende Tätigkeit (in dem Fall: *Experimentieren mit Chemikalien*) und ein Distraktor sollen sehr weit vorne im Fragebogenteil vorkommen, so dass die verschiedenen Tätigkeiten deutlich zu unterscheiden sind und die zu erwartenden Angaben einen breiten Bereich auf der Antwortskala abdecken.

- Bild- und Textform der Items sollen sich spätestens nach zwei Items abwechseln.
- Die drei Distraktoren sollen in großem Abstand voneinander vorkommen.

Die finale Version des *Fragebogens über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern* ist im Anhang E.1 (S. 203) dargestellt.

### Fragebogenteil zur Bewertung der Darstellungsform

Eines der Ziele der unterschiedlichen Darstellungen der Tätigkeiten-Items in Bild- oder Textform ist es den Fragebogen für den Einsatz im Schülerlaborbesuch für die Schüler ansprechender zu gestalten, so dass sich eine Bearbeitung bestenfalls motivierend auswirkt und Spaß macht. Zur Untersuchung, inwiefern dieses Ziel erreicht wird, wurde ein *Fragebogenteil zur Bewertung der Darstellungsform* erstellt. Darin sollten die Schüler verschiedene Aussagen z.B. bezüglich der Verständlichkeit und Interessantheit der Bild-Items auf einer vierstufigen Skala von *stimmt gar nicht* bis *stimmt völlig* einschätzen. Des Weiteren konnte angegeben werden, bei welchen Items gegebenenfalls Verständnisprobleme auftraten, so dass der Fragebogen dahingehend optimiert werden könnte. Die eingesetzten Items werden in der Abbildung 6.4 dargestellt.

<b>Bitte hilf uns den Fragebogen zu verbessern</b>	stimmt gar nicht	→	stimmt völlig	
Die Bilder machen den Fragebogen interessanter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ich hätte lieber nur Text und keine Bilder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Die Bilder sind leichter zu erfassen als der Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ich wünsche mir mehr Bilder anstelle von Text	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Der Text ist besser verständlich als die Bilder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Durch Bilder macht es mehr Spaß den Fragebogen auszufüllen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ich denke, ich habe die Tätigkeiten auf den Bildern erkannt: Probleme hatte ich bei Nr.: _____	alle <input type="checkbox"/>	die meisten <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	keine <input type="checkbox"/>

**Abbildung 6.4:** Fragebogenteil zur Bewertung der Darstellungsform.

### Fragebogenteil zum Leseverständnis

Ein wichtiges Ziel des Einsatzes von Tätigkeiten-Items in Form von Bildern ist es Schülern, die weniger lesestark sind, eine Bearbeitung des Fragebogens über Tätigkeiten zu erleichtern. Dazu hatten die Schüler einerseits die Möglichkeit, bei einzelnen Items im zuvor beschriebenen

Fragebogenteil zur Bewertung der Darstellungsform anzugeben, ob oder inwieweit dieses Ziel erreicht wurde. Andererseits wird mit diesem Fragebogenteil das Leseverständnis der Schüler abgetestet, so dass mit den Ergebnissen mögliche Zusammenhänge zwischen dem Leseverständnis und der Bewertung der Bild-Items gefunden werden können.

Zur Erhebung von Leseverständnis wird in diesem Fragebogen ein sogenannter C-Test eingesetzt. C-Tests stellen ein etabliertes Verfahren zur Feststellung von allgemeiner Kompetenz in Mutter- und Fremdsprachen dar und bestehen in der Regel aus vier bis sechs kurzen Texten (aus je 60 bis 80 Wörtern), bei denen Wortteile fehlen, die von den Probanden zu ergänzen sind. Bei dieser allgemeinen Erfassung der Sprach- bzw. Lesekompetenz sollen die Texte unterschiedliche Themen behandeln, wobei die Texte in sich geschlossene Sinneinheiten bilden und keine für die Zielgruppe unbekanntes Fach- oder Fremdwörter enthalten sollen. Detailliertere Regeln, die bei einer Konstruktion von klassischen C-Tests beachtet werden sollten, wurden von Grotjahn (2002) bzw. Mashkovskaya (2013) vorgestellt. C-Tests bieten sowohl bei der Durchführung als auch bei der Auswertung ein hohes Maß an Objektivität, was dazu beiträgt, dass sich bereits bei neu konzipierten C-Tests hohe Reliabilitäten ergeben (Grotjahn, 2002, S. 214f). Die Validität von C-Tests wurde durch diverse Untersuchungsmethoden sowie z.B. durch Schulnoten und Lehrerurteile unterstützt, so dass C-Tests beispielsweise auch als Einstufungstests in Sprach- oder Hochschulen verwendet werden (Grotjahn, 2002).

Für den *Fragebogenteil zum Leseverständnis* wurde ein für die Jahrgangsstufe 8 ausgelegter und evaluierter C-Test des Landesinstituts für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg (2008) eingesetzt<sup>67</sup>. Bei den Texten dieses C-Tests wurden klassischerweise ab dem zweiten Satz bei jedem zweiten Satz die zweiten Worthälften getilgt<sup>68</sup>. Aufgrund des Einsatzes des C-Tests in Schulstudien (z.B. KESS 8, Wendt, Gröhlich, Guill, Scharenberg und Bos, 2010) werden an dieser Stelle zur Veranschaulichung lediglich die ersten beiden Sätze eines Textes des C-Tests wiedergegeben:

Er floh, ließ jedoch sein Gewehr am Tatort zurück. Da er sehr unvorsichtig war, hatte er das Gewehr nicht von seinen Fingerabdrücken gereinigt. [...]
---

Für die Bearbeitung des C-Tests werden den Schülern entsprechend den Vorgaben 15 Minuten Bearbeitungszeit eingeräumt. Bei der Auswertung wird für jede richtig ausgefüllte Lücke ein Punkt vergeben, so dass bei vier Texten mit jeweils 25 Lücken insgesamt 100 Punkte erreicht werden können. Der C-Test zum Leseverständnis bildete den letzten Teil des Fragebogens für die Interventionsstudie. Im Folgenden wird auf die Erprobung des gesamten Fragebogens eingegangen.

---

<sup>67</sup>Der C-Test *Überfall* konnte mit freundlicher Genehmigung des IfBQ, Referat Monitoring, Evaluation und Diagnoseverfahren eingesetzt werden und ist verfügbar unter [www.schulengoertern.de](http://www.schulengoertern.de).

<sup>68</sup>Es gibt auch modifizierte C-Test-Formate, bei denen z.B. erste Worthälften gekürzt werden (Wortanfangstilgung) oder die Lücken seltener vorkommen (Mashkovskaya, 2013, S. 91).

## 6.2 Erprobung des Erhebungsinstrumentes

Der entwickelte Fragebogen wurde im Vorfeld des geplanten Einsatzes im Schülerlabor zunächst getestet, um mögliche Bearbeitungsschwierigkeiten zu beheben und mit einer genügend großen Schülerzahl die theoretisch angenommenen Bereiche der Tätigkeiten-Items analysieren zu können<sup>69</sup>. Dieses Austesten des Fragebogens wird im Folgenden *Erprobung* genannt. Die Durchführung der Erprobung, die Stichprobe von Schülern, die an der Erprobung teilnahmen, sowie die Angaben des einleitenden Fragebogenteils werden im nachfolgenden Abschnitt 6.2.1 beschrieben. Anschließend wird die Auswertung des Fragebogenteils über Tätigkeiten in Abschnitt 6.2.2 präsentiert. Im Anschluss werden die zwei Fragestellungen bezüglich der Darstellungsform der Tätigkeiten-Items bzw. der „Lese“-Erleichterung durch die Bild-Items untersucht. Dazu wird auf die Schülerbewertungen der Darstellungsform der Tätigkeiten-Items in Abschnitt 6.2.3 eingegangen und der Fragebogenteil zum Leseverständnis in Abschnitt 6.2.4 ausgewertet.

### 6.2.1 Durchführung der Erprobung und Beschreibung der Stichprobe

Die Erprobung des entwickelten Fragebogens konnte in der Schule stattfinden, da hierfür noch kein Besuch im Schülerlabor erforderlich war. Dazu führte der Studienleiter im Schulhalbjahr 2016/2017 die Erhebungen mit dem Fragebogen an zwei Gesamtschulen und an zwei Gymnasien durch<sup>70</sup>. Nach kurzer persönlicher Vorstellung und Anleitung zum Ausfüllen des Fragebogens erhielten die Schüler eine Bearbeitungszeit von 35 Minuten. Insgesamt wurde der Fragebogen in zehn Klassen ausgegeben, von denen fünf der Jahrgangsstufe 8 und fünf der Jahrgangsstufe 9 angehörten. Insgesamt konnten von 249 ausgeteilten Fragebögen 245 (98%) für die Auswertung berücksichtigt werden<sup>71</sup>.

Ein Überblick über die Verteilung auf die Geschlechter bzw. keine Angaben (k.A.) sowie die Aufteilung nach Jahrgangsstufe und Schulform wird in Tabelle 6.4 dargestellt. Bei den Angaben zum Geschlecht zeigt sich - sowohl insgesamt als auch bei den einzelnen Anteilen für die beiden Jahrgangsstufen und Schulformen - stets ein höherer Anteil (55%-59%) für *weiblich* als für *männlich* (36%-43%). Die beiden Jahrgangsstufen waren zu etwa gleichen Anteilen vertreten (51% bzw. 49%). Beim Vergleich der Schulformen ist festzustellen, dass in beiden Jahrgangsstufen 41% der Schüler eine Gesamtschule und 59% ein Gymnasium besuchten und sich dasselbe Verhältnis somit auch für alle Schüler der Stichprobe ergibt.

Der Altersdurchschnitt der Schüler in der Jahrgangsstufe 8 beträgt ( $13,4 \pm 0,7$ ) Jahre und in der Jahrgangsstufe 9 sind es ( $14,3 \pm 0,6$ ) Jahre. Als Muttersprache gaben 77% der Schüler *deutsch* an, für 20% war dies nicht der Fall und 3% machten hierzu keine Angabe.

<sup>69</sup>Für eine dazu anzuwendende Faktorenanalyse wird eine Anzahl von 100 - 200 Datensätzen empfohlen (Bühner, 2011, S. 344).

<sup>70</sup>Beteiligt waren insgesamt vier Schulen, drei davon in Aachen: Couven-Gymnasium, Inda-Gymnasium und 4. Aachener Gesamtschule; außerdem die Anne-Frank-Gesamtschule in Düren-Mariaweiler.

<sup>71</sup>Vier Fragebögen wurden gar nicht oder offensichtlich nicht bestimmungsgemäß bearbeitet und daher ausgeschlossen.

**Tabelle 6.4:** Stichprobe von Schülern, die an der Erprobung des Fragebogens teilnahmen. Anteile bezogen auf jeweilige Zeile, sofern nicht anders angegeben.

		<b>weibl.</b>	<b>männl.</b>	<b>k. A.</b>	<b>Gesamt</b>
Jahrgangsstufe 8	Gesamtschule	30 58%	21 40%	1 2%	52 (41% der Jg.-Stufe)
	Gymnasium	44 59%	27 36%	3 4%	74 (59% der Jg.-Stufe)
	<b>beide Schulformen</b>	<b>74</b> <b>59%</b>	<b>48</b> <b>38%</b>	<b>4</b> <b>3%</b>	<b>126 (51% aller Schüler)</b>
Jahrgangsstufe 9	Gesamtschule	27 55%	21 43%	1 2%	49 (41% der Jg.-Stufe)
	Gymnasium	41 59%	29 41%	0 0%	70 (59% der Jg.-Stufe)
	<b>beide Schulformen</b>	<b>68</b> <b>57%</b>	<b>50</b> <b>42%</b>	<b>1</b> <b>1%</b>	<b>119 (49% aller Schüler)</b>
<b>Gesamt</b>		<b>142</b>	<b>98</b>	<b>5</b>	<b>245 Schüler</b>
Anteile aller Schüler		<b>58%</b>	<b>40%</b>	<b>2%</b>	

Wie allgemein üblich, wird für Items dieses Fragebogens z.B. mit Schulnoten und Zustimmungswerten stets angenommen, dass die Variablen als intervallskaliert betrachtet werden können, obwohl strenggenommen nur eine ordinale Skalierung vorliegt<sup>72</sup>. Unter dieser Annahme wurde für das Fach Deutsch als letzte Zeugnisnote durchschnittlich  $2,6 \pm 0,8$  berechnet. Deutschnote und Muttersprache korrelieren dabei signifikant ( $r_s = 0,156$ ;  $p = 0,018$ ;  $N = 231$ ).

Bei der Selbsteinschätzung in den Unterrichtsfächern Biologie, Chemie und Physik machten die Schüler zu der Aussage, dass sie gut im jeweiligen Fach seien, die in Tabelle 6.5 dargestellten Angaben. Die möglichen Antworten wurde bepunktet, so dass die Antwortskala von *ja* (2), über *teilweise* (1) bis *nein* (0) reichte. Die damit berechneten Mittelwerte im Fach Biologie (MW = 1,3; SD = 0,6), Chemie (MW = 1,4; SD = 0,7) und Physik (MW = 1,2; SD = 0,7) zeigen, dass der Aussage durchschnittlich *teilweise* zugestimmt wurde mit leichter Tendenz zur vollen Zustimmung. In allen drei Fächer schätzten sich mindestens 30% der Schüler als gut ein und weniger als 12% verneinten die Aussage, *gut* im jeweiligen Fach zu sein.

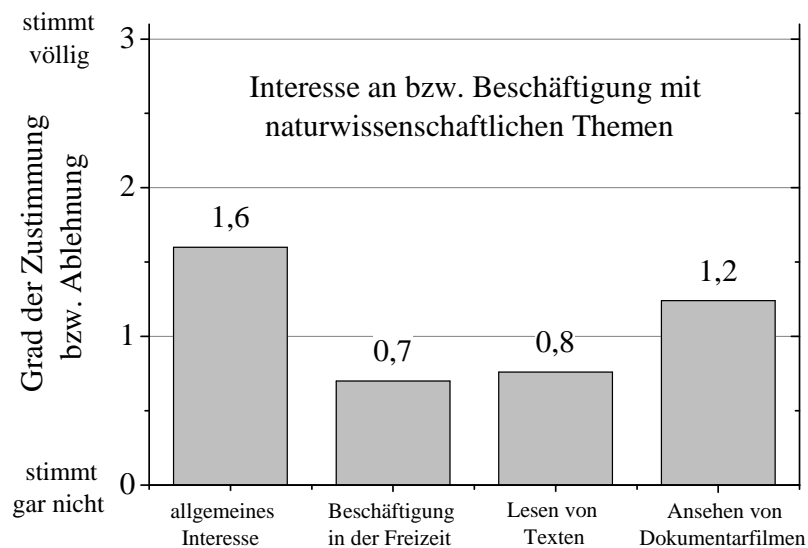
<sup>72</sup>Für ordinalskalierte Variablen kann lediglich eine Reihenfolge (Ordnung) angegeben werden, während für intervallskalierte Variablen Differenzen berechnet werden können. Näheres zu Skalenniveaus von Variablen z.B. bei Diaz-Bone (2006).

**Tabelle 6.5:** Selbsteinschätzung der 245 Schüler in naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern.

Angaben zu der Aussage „In den folgenden Fächern bin ich gut“						
	Biologie		Chemie		Physik	
	Schüler	Anteil	Schüler	Anteil	Schüler	Anteil
ja (2)	84	34%	104	42%	73	30%
teilweise (1)	130	53%	89	36%	117	48%
nein (0)	11	4%	25	10%	30	12%
keine Angabe	20	8%	27	11%	25	10%

Des Weiteren wurde im zweiten Abschnitt des *einleitenden Fragebogens* Vorwissen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern und Interesse an naturwissenschaftlichen Themen abgefragt. Die Schüler schätzen ihr Wissen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern auf der vierstufigen Skala von *nichts* (0) bis *viel* (3) im Durchschnitt mit 1,3 (SD = 0,7) als eher gering ein. Das Interesse an und die Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen wird in Abbildung 6.5 dargestellt. Dabei fällt auf, dass im Vergleich zu einem mittleren Skalenwert von 1,5 die Durchschnittswerte mit 0,7 bis 1,6 bei allen vier Items im ablehnenden bis neutralen Bereich liegen.

Der Aussage *Hauptsächlich habe ich mein Wissen über Naturwissenschaftler aus dem Schulunterricht* wird von den Schülern mit einem Mittelwert von 2,0 (SD = 0,9) überwiegend zugestimmt. Dies ist ein wichtiger Hinweis darauf, dass großes Potential besteht im Schulunterricht ein adäquates Bild von Naturwissenschaftlern zu vermitteln.

**Abbildung 6.5:** Bedeutung von naturwissenschaftlichen Themen für die Schüler.

Außerdem geben knapp ein Drittel (29%) der Schüler an, dass sie jemanden persönlich kennen, der als Naturwissenschaftler arbeitet. Hierzu wurden insbesondere folgende Berufsgruppen genannt: Lehrkräfte, Mediziner/Ärzte, Professoren und Naturwissenschaftler allgemein (Biologe, Chemiker, Physiker). Weiterhin wurden Berufsbezeichnungen aufgeführt wie zum Beispiel: „Jäger“, „Geologe“, „Ernährungsberaterin“, „Vogelbegutachter“, „Umweltschützerin“, „Ingenieur“, „Petrologe“ und „Erdschichtenforscher“.

Bei allen Items des *einleitenden Fragebogens* wurde von den Schülern die gesamte Antwortskala ausgenutzt, so dass hieran keine Änderungen vorzunehmen waren<sup>73</sup>. Der einleitende Fragebogen wurde aus diesem Grund nach der Erprobung ohne Änderungen für die weiteren Untersuchungen übernommen.

---

<sup>73</sup>Ein Ausschluss von Items sollte in Betracht gezogen werden, wenn Items psychometrisch zu schwierig oder leicht sind, das heißt zu wenig differenzieren (Bühner, 2011, S. 233).

## 6.2.2 Überprüfung von Gütekriterien des Fragebogenteils über Tätigkeiten

Die Erprobung des Fragebogens diente insbesondere dazu den *Fragebogenteil über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern*, der für die Forschungsfrage 2 entscheidend war, hinsichtlich gängiger Gütekriterien zu überprüfen. Dies war notwendig, weil der Fragebogenteil inklusive einiger Tätigkeiten-Items neu entwickelt worden war. So war die Zusammenstellung zu Tätigkeitsbereichen zwar auf Basis des Modells von Holland (1963) und des Fragebogens von Wentorf (2015a) bzw. Stamer (2015) erfolgt, aber beispielsweise die Gültigkeit der neu konstruierten Tätigkeitsbereiche war noch nicht empirisch überprüft worden.

Als erstes wurde mit einer Analyse der einzelnen Tätigkeiten-Items begonnen (im Folgenden kurz: Iteanalyse), um gegebenenfalls Tätigkeiten-Items auszuschließen, die keine Aussagekraft für die weiteren Untersuchungen hatten. Dafür wird im entsprechenden Absatz ein Schwierigkeitsindex der Tätigkeiten-Items sowie die Verteilung der Antworten betrachtet. Ein wichtiges Gütekriterium, die Objektivität der Auswertung, ist bei diesem Fragebogenteil aufgrund des standardisierten Antwortformates gegeben, denn sie wird im Regelfall nicht von den auswertenden Personen abhängen. Für das Gütekriterium der Gültigkeit (Validität) der angenommenen Tätigkeitsbereiche wurde eine exploratorische Faktorenanalyse durchgeführt, die mathematisch eine Möglichkeit bietet Faktoren (in diesem Fall Tätigkeitsbereiche) explorativ zu ermitteln, die dann mit den Vorannahmen verglichen werden können. Schließlich wurden die ermittelten Faktoren hinsichtlich des Gütekriteriums der Zuverlässigkeit (Reliabilität), das heißt ihres inhaltlichen Zusammenhangs, untersucht und dazu der entsprechende Reliabilitätskoeffizient Cronbachs Alpha berechnet. Die Reihenfolge der beiden Auswertungsschritte, der Iteanalyse und der Faktorenanalyse, ist nicht eindeutig festgelegt und kann je nach Fragestellung in der einen oder anderen Variante sinnvoll sein (Mummendey und Grau, 2008, S. 133). Der Vorteil der oben beschriebenen Reihenfolge liegt jedoch darin, „dass die ungeeigneten Items bereits aus der Faktorenanalyse ausgeschlossen werden.“ (Mummendey und Grau, 2008, S. 133). Aus diesem Grund wurde mit den Daten dieser Erprobung zuerst die Iteanalyse und dann die exploratorische Faktorenanalyse vorgenommen.

### 6.2.2.1 Ergebnisse der Iteanalyse

Als erstes wurden die Antwortstufen der Tätigkeiten-Items kodiert, wobei wie allgemein üblich, Intervallskaliertheit der Antworten angenommen wurde. Das bedeutet, dass identische Abstände zwischen den Antwortstufen vorausgesetzt wurden, weil sonst keine rechnerische Auswertung der subjektiv eingeschätzten Abstände möglich wäre. Im vorliegenden Fall erfolgte die Kodierung der Antwortstufen<sup>74</sup> gemäß der Tabelle 6.6.

Für die Iteanalyse wurden als erstes die zu den Antworten auf die Items gehörenden Histogramme untersucht. Für das Tätigkeiten-Item *Messungen durchführen* wird exemplarisch das zugehörige Histogramm in Abbildung 6.6 dargestellt und erläutert. Zunächst ist zu überprüfen,

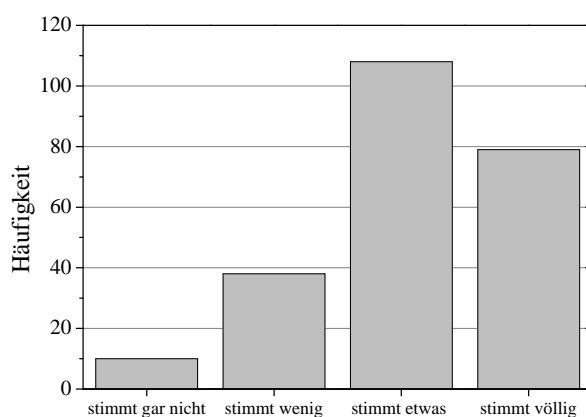
<sup>74</sup>Im Fragebogen war zur Andeutung eines kontinuierlichen Übergangs von *stimmt gar nicht* zu *stimmt völlig* ein einzelner Pfeil ohne Benennung dargestellt.

**Tabelle 6.6:** Kodierung der Antwortstufen der Tätigkeiten-Items.

Grad der Zustimmung bzw. Ablehnung	Kodierung der Antwortstufe
stimmt gar nicht	0
↓ (stimmt wenig)	1
↓ (stimmt etwas)	2
stimmt völlig	3

ob die Breite der Antwortstufen von 0 bis 3 von den Schülern voll ausgenutzt wurde. Sollte dies nicht der Fall sein, könnte es sein, dass das Item zu speziell bzw. zu leicht oder zu schwierig ist. Anschließend ist die Form der Verteilung daraufhin zu prüfen, ob ein einziges Maximum vorliegt. Auch wenn für diverse statistische Berechnungen eine Normalverteilung der Daten vorliegen sollte, ist dies laut Bühner (2011, S. 233f) allein aufgrund diskreter Antwortstufen - in diesem Fall vier Stufen - nicht möglich. Zudem können Signifikanztests, die eine Abweichung von einer Normalverteilung prüfen sollen, problematisch sein, weil sie bereits bei kleinen Abweichungen von einer Normalverteilung die Normalverteilungshypothese aufgrund starker Abhängigkeit von der Stichprobengröße ablehnen (Bühner, 2011, S. 234). Weiter heißt es dazu: „Daher hat sich zur Kontrolle der Itemschwierigkeiten die grafische Kontrolle der Histogramme aller Items am besten bewährt“ (2011, S. 234).

In dieser Erprobung konnte bei allen 33 Tätigkeits-Items sowohl die Ausnutzung aller vier Antwortstufen als auch eine akzeptable Verteilung der Antworten im Histogramm festgestellt werden (Histogramme siehe Anhang ab S. 210). Neben der grafischen Kontrolle der Verteilungen wurde außerdem jeweils der Mittelwert der Antworten bestimmt und daraus der Schwierigkeits-



**Abbildung 6.6:** Histogramm der Antworten zum Tätigkeiten-Item *Messungen durchführen* von *stimmt gar nicht* (0) bis *stimmt völlig* (3).

**Tabelle 6.7:** Tätigkeiten-Items (für Kurznamen vgl. Tab. 6.2) mit den fünf höchsten und den fünf niedrigsten Mittelwerten der Antworten mit Standardabweichung (SD) und berechnetem Schwierigkeitsindex. Vollständige Auflistung siehe Tabelle E.2 auf S. 209.

Item-Kurzname	Mittelwert	SD	Schwierigkeitsindex $p_i$
Sicherheit	2,52	0,73	84%
Mikroskop	2,38	0,80	79%
AustauUni	2,16	0,87	72%
Doku	2,15	0,94	72%
ChemieLab	2,13	0,81	71%
:	:	:	:
Literatur	0,98	0,85	33%
DrArbeit	0,93	0,85	31%
Fernsehen	0,49	0,86	16%
Sport	0,42	0,79	14%
Tapete	0,31	0,74	10%

index<sup>75</sup>  $p_i$  nach der folgenden Formel (Döring und Bortz, 2016, S. 476f) berechnet:

$$p_i = \frac{\bar{x}_i - k_{min}}{k_{max} - k_{min}} \quad (6.1)$$

Dabei steht  $\bar{x}_i$  für den Mittelwert des Items,  $k_{min}$  für die Kodierung der geringsten Antwortstufe (0) und  $k_{max}$  für die höchste Antwortstufe (3). Die Tabelle 6.7 zeigt für 10 Items die Item-Kurznamen (vgl. Zuordnung in Tabelle 6.2) absteigend sortiert nach ihrem Mittelwert inklusive Standardabweichung (SD) und mit Angabe des Schwierigkeitsindex. Von Mummendey und Grau wird empfohlen Items auszuschließen, wenn ihre Schwierigkeit kleiner als 20% oder größer als 80% ist (2008, S. 97).

Der Schwierigkeitsindex des Items *Sicherheitsmaßnahmen berücksichtigen* (Sicherheit) liegt mit 84% als einziges Item oberhalb des empfohlenen Bereichs. Da sich diese Art der Tätigkeit jedoch in der explorativen Studie als sehr häufig vorkommend herausgestellt hatte, sollte dieser Aspekt auch im Weiteren untersucht werden. Aus diesen inhaltlichen Gründen wurde das Item beibehalten. Unterhalb des empfohlenen Bereichs lagen die Schwierigkeitsindexe von drei Items, den Distraktoren, die somit als „zu leicht“ anzusehen waren. Diese wurden extra ergänzt, um ihre Tätigkeiten deutlich von anderen Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern unterscheiden zu können. Das intendierte Ziel des Einsatzes der drei Distraktoren wurde damit erreicht. Für die weitere Analyse waren die Distraktoren jedoch nicht von Relevanz, da sie aufgrund des geringen Schwierigkeitsindex wenig Informationen zur Unterscheidung der Schüler liefern. Bei der anschließenden Faktorenanalyse werden somit insgesamt 30 Tätigkeiten-Items betrachtet.

<sup>75</sup> „Die Bestimmung des Schwierigkeitsindex soll der negativen Auslese solcher Fragen bzw. Fragestellungen dienen, die entweder von fast niemandem oder von fast allen Personen im Sinne des zu messenden Merkmals bejaht werden, die also entweder viel zu 'schwierig' oder viel zu 'leicht' sind, so dass sie sehr konforme Reaktionen hervorrufen und daher letztlich zur Unterscheidung zwischen verschiedenen Individuen nicht gut brauchbar sind.“ (Mummendey und Grau, 2008, S. 97).

### 6.2.2.2 Prüfung von Gütekriterien der Tätigkeitsbereiche

Die exploratorische Faktorenanalyse ist ein datenreduzierendes Verfahren und dient dazu Zusammenhänge zwischen Items durch latente Variablen, die Faktoren, zu erklären. Auf diese Weise lassen sich Faktoren wie beispielsweise ein „Intelligenzquotient“ durch die Bearbeitung verschiedener Einzel-Items definieren. Für eine Faktorenanalyse sollten pro erwartetem Faktor mindestens vier Items erhoben werden und die Anzahl von Probanden sollte je nach Art der Faktorenanalyse mindestens 100 - 200 betragen (Bühner, 2011, S. 344f). Dabei gilt grundsätzlich, dass die Analyse umso aussagekräftiger ist, je mehr Probanden teilnehmen. Zur Durchführung einer exploratorischen Faktorenanalyse wurde für die Erprobung des Fragebogens mit 245 Schülern eine ausreichende Probandenzahl erreicht.

Die Tätigkeiten-Items wurden bereits im Vorfeld nach inhaltlichen Gesichtspunkten den verschiedenen Tätigkeitsbereichen zugeordnet (vgl. Abb. 6.2). Zur Untersuchung, ob sich diese angenommenen Bereiche auch durch die Schülerantworten bestätigen ließen, wurde die Faktorenanalyse durchgeführt.

Für diese Durchführung einer exploratorischen Faktorenanalyse war zunächst die Eignung der Daten für dieses Verfahren zu prüfen. Dazu wird als Minimalbedingung ein positiver Bartlett-Test angesehen. Bei diesem Test wird die globale Nullhypothese „Alle Korrelationen in der Grundgesamtheit sind null“ (Bühner, 2011, S. 347f) geprüft und falls dieser Test nicht signifikant ( $p > 0,05$ ) werden sollte, sind die Items nicht ausreichend korreliert und für eine Faktorenanalyse ungeeignet. Im vorliegenden Fall bestätigte der Bartlett-Test (Chi-Quadrat  $(435) = 1738,35$ ;  $p < 0,005$ ), dass die Items nicht unkorreliert sind, so dass die Analyse fortgesetzt werden konnte.

Als nächstes war zu untersuchen, inwieweit die Itemauswahl insgesamt und auch die einzelnen Items für eine exploratorische Faktorenanalyse geeignet sind. Von Kaiser, Meyer und Olkin (KMO) wurde dafür ein Verfahren (Measure of Sample Adequacy, kurz: MSA) entwickelt, bei dem die Korrelationen und Partialkorrelationen eines einzelnen Items mit den restlichen Items betrachtet werden (Bühner, 2011, S. 347). Die dabei ermittelten MSA-Koeffizienten, die sich auf eine einzelne Zeile oder Spalte der Korrelationsmatrix beziehen, lassen sich als KMO-Koeffizient zusammenfassen. Dieser trifft eine Aussage über die gesamte Korrelationsmatrix. Beide Arten von Koeffizienten werden bis auf unterschiedliche Summationsindexe nach folgender Formel berechnet (Bühner, 2011, S. 347):

$$KMO = \frac{\sum \sum r_{jk}^2}{\sum \sum r_{jk}^2 + \sum \sum p_{jk}^2} \quad \text{mit } j \neq k \quad (6.2)$$

Dabei ist  $r_{jk}$  der Korrelationskoeffizient zwischen den Variablen  $j$  und  $k$ , während  $p_{jk}$  der Partialkorrelationskoeffizient zwischen den Variablen  $j$  und  $k$  nach Auspartialisierung der restlichen Variablen ist und  $j \neq k$  bedeutet, dass die Korrelationen mit sich selbst nicht berücksichtigt werden.

Für alle 30 Tätigkeits-Items wurden die MSA-Koeffizienten berechnet und gemäß der Bewertung von Bühner (2011, S. 347) in der Tabelle 6.8 zusammengefasst. Demnach ist die Mehrheit der MSA-Koeffizienten (17 von 30) als *gut* einzustufen, ein Drittel (10) als *mittel* und die übrigen drei MSA-Koeffizienten als *mäßig* bzw. *schlecht*. Auch der zusammenfassende KMO-Koeffizient bestätigt mit 0,80 insgesamt die Eignung der Items für eine Faktorenanalyse.

**Tabelle 6.8:** Bewertung der KMO- und MSA-Koeffizienten nach Bühner (2011, S. 346f)

Bewertung von KMO- und MSA-Koeffizienten		Häufigkeit unter Tätigkeiten-Items
$\geq 0,90$	→ sehr gut	0
0,80 – 0,89	→ gut	17
0,70 – 0,79	→ mittel	10
0,60 – 0,69	→ mäßig	1
0,50 – 0,59	→ schlecht	2
$< 0,50$	→ inkompatibel	0

Für eine exploratorische Faktorenanalyse gibt es mehrere Verfahren zur Extraktion von Faktoren. In diesem Fall wird die gängige Hauptkomponentenanalyse verwendet, bei der es darum geht einen möglichst hohen Anteil der Gesamtvarianz aufzuklären. Da die extrahierten Faktoren, die in dem Fall Komponenten genannt werden<sup>76</sup>, unkorreliert sein sollten, wurde das orthogonale Rotationsverfahren *Varimax* gewählt. Aufgrund der bereits im Vorfeld angenommenen Tätigkeitsbereiche wurde für diese jeweils ein eigener Faktor erwartet, das heißt, es wurden als Vorgabe sechs Faktoren voreingestellt. Zudem wurde die Einstellung *Paarweiser Fallausschluss* gewählt, weil es bei den 30 Items durchaus vorkommen konnte, dass ein Schüler einzelne Items unbeantwortet ließ. Aus dem Grund ebenfalls alle übrigen Items auszuschließen, wie es bei *Listenweiser Fallausschluss* der Fall gewesen wäre, erschien jedoch wenig sinnvoll und hätte sonst zum Ausschluss der Daten von 49 Schülern geführt, die lediglich ein oder zwei Items offen ließen.

Zunächst war bei der Faktorenanalyse die Anzahl der extrahierten Faktoren zu betrachten. Eine möglicherweise besser geeignete Faktorenzahl würde sich - trotz der Voreinstellung von sechs Faktoren - im Screeplot andeuten. Der Screeplot zeigt die extrahierten Eigenwerte in absteigender Größe und weist in diesem Fall zwischen Faktor sechs und sieben einen Knick auf, wie in Abbildung 6.7 dargestellt ist. Nach Janssen und Laatz (2017) lässt sich durch Anlegen einer Geraden an die niedrigsten Werte der Bereich ermitteln, in dem die Eigenwerte als zufällig angesehen werden können. Alle Eigenwerte oberhalb dieser Geraden und damit ab dem Knick deuten auf die Anzahl der zu interpretierenden Faktoren. Diese Methode zur Ermittlung der Faktorenzahl wird aufgrund des Knicks auch *Ellenbogen-Kriterium* genannt. Gemäß dem Screeplot ist damit eine 6-Faktoren-Lösung plausibel, die jedoch auch inhaltlich zu prüfen ist. Zur Interpretation der Faktoren wurde deshalb auch die Matrix der Faktorenladungen betrachtet (Tabelle 6.9). Diese Matrix gibt an, wie die Ladungen eines Items auf die verschiedenen Faktoren verteilt sind. Die im Vorfeld bei der Entwicklung des Fragebogens angenommene Zuordnung von Items zu

<sup>76</sup>Aus mathematischer Sicht zählt die Hauptkomponentenanalyse nicht zu den faktorenanalytischen Methoden, wird aber oft in dem Kontext besprochen. „Das ursprüngliche Ziel der Hauptkomponentenmethode bestand in der Datenreduktion von vielen Items zu wenigen Supervariablen, die auch als Komponenten bezeichnet werden. Dabei stellen die neuen Komponenten die besten Linearkombinationen der Items dar.“ (Bühner, 2011, S. 309)

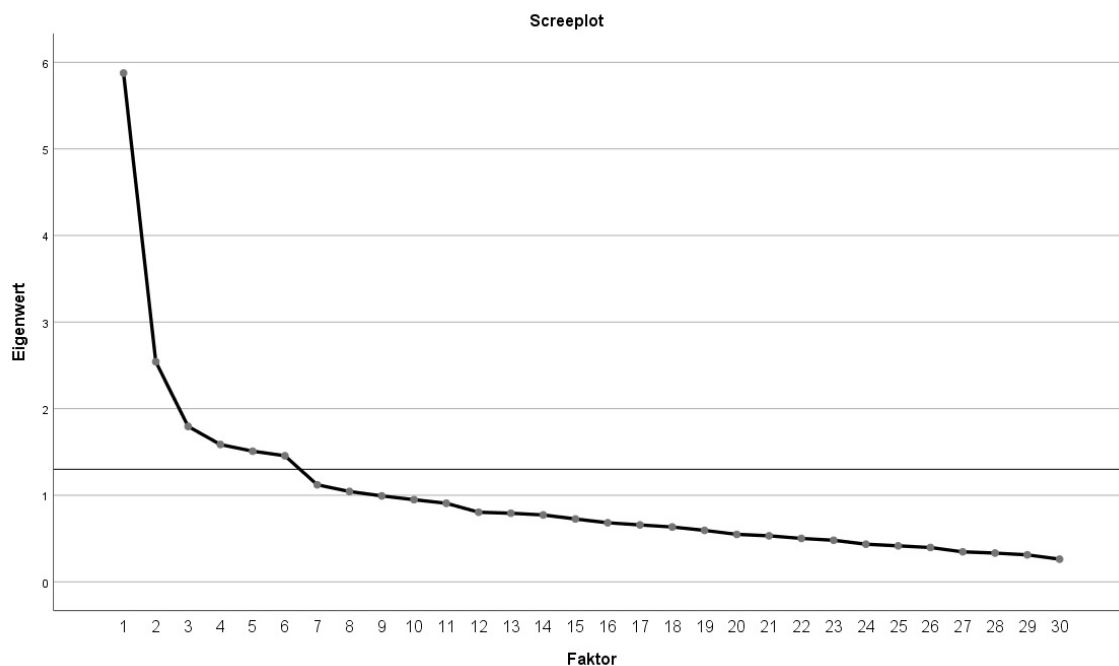


Abbildung 6.7: Screeplot der 30 Tätigkeiten-Items. Der Knick im Graphen deutet auf 6 Faktoren.

einem Tätigkeitsbereich wird dann bestätigt, wenn Items ihre höchsten Ladungen bei demselben Faktor haben und bei allen anderen Faktoren möglichst geringe Ladungen aufweisen. In der Tabelle 6.9 werden die Ladungen der einzelnen Tätigkeiten-Items auf die sechs Faktoren dargestellt, wobei Ladungen  $< 0,20$  zur besseren Übersicht nicht gezeigt werden und die Items zusätzlich bereits nach ihrem inhaltlichen Zusammenhang gruppiert und entsprechend farbig markiert wurden. So kam es in einzelnen Fällen vor, wie beispielsweise beim Tätigkeiten-Item mit dem Kurznamen *AustauUni* (Tabelle 6.9, Zeile 7), dass es Ladungen auf mehrere Faktoren gab und nicht die höchste Ladung für die Gruppenzuordnung herangezogen wurde. Die farbig markierten Gruppen stellen nun die finale Zusammenstellung von Tätigkeiten-Items zu teils neuen Skalen der Tätigkeitsbereiche dar, die im Folgenden noch beschrieben werden. Innerhalb dieser Tätigkeitsbereiche wurden die Tätigkeiten-Items nach der Höhe ihrer Ladung sortiert. Wenn ein Tätigkeiten-Item im Vorfeld der Erprobung einem anderen Bereich zugeordnet wurde als nach der Faktorenanalyse, so wurde beim Kurznamen der Anfangsbuchstabe dieses ursprünglichen Bereichs in Klammern angegeben (z.B. *R* für Realistic).

Zur Prüfung der Güte der Skalen wurde untersucht, ob sie tatsächlich einfaktoriell sind, das heißt auf einen einzigen Faktor laden, und welche Werte der Reliabilität sie aufweisen. Für die Prüfung der Eindimensionalität wurde erneut eine exploratorische Faktorenanalyse durchgeführt, bei der jeweils die farbig markierten Tätigkeiten-Items eines Faktors betrachtet wurden. Im Unterschied zu vorher wird für die exploratorische Faktorenanalyse für die Analyse einer Skala das Verfahren der *Hauptachsenanalyse* mit dem schiefwinkligen Rotationsverfahren *Pro-max* gewählt, weil damit berücksichtigt wird, dass die Items korrelieren können, was für die Tä-

tigkeitsbereiche selbstverständlich intendiert war. Für den ersten Faktor bestätigte der Bartlett-Test ( $\text{Chi}^2(28) = 302,47$ ;  $p < 0,005$ ) ebenso wie der KMO-Koeffizient (0,776) die Durchführbarkeit der Faktorenanalyse. Im Screeplot ergaben sich sowohl durch das Ellenbogen-Kriterium als auch durch das Kaiser-Kriterium<sup>77</sup> (EW = 2,88 bzw. EW = 1,04) eine 2-Faktoren-Lösung<sup>78</sup>. Aus diesem Grund wurden die vier Items des Tätigkeitsbereichs *Social* in ihrer theoretisch angenommenen Konstellation beibehalten, während die vier weiteren Tätigkeiten-Items zu einem neuen Tätigkeitsbereich *Networking Projects* ( $N_P$ ) zusammengefasst wurden, bei dem es um Kooperation insbesondere innerhalb von Projekten geht. Ein inhaltlicher Zusammenhang zwischen den beiden Bereichen *Social* und *Networking Projects* ist nachvollziehbar, erschien jedoch nicht ausreichend um die 2-Faktoren-Lösung zu ignorieren.

Für die Faktoren 2 bis 6 bestätigte sich durchgehend die Eindimensionalität der jeweiligen Skala, so dass insgesamt sieben Skalen gebildet wurden<sup>79</sup>. Die Tätigkeitsbereiche *Social*, *Realistic* und *Enterprising* waren dabei auf Basis der Literatur angenommen worden. Die vier weiteren Tätigkeitsbereiche wurden jedoch aus den Tätigkeiten-Items teilweise neu kombiniert, so dass deren Zusammenstellung hier erläutert wird:

Sechs Tätigkeiten-Items der Bereiche *Investigative* und *Artistic* weisen auf dem Faktor 3 ihre höchsten Ladungen auf und besitzen zudem inhaltliche Gemeinsamkeiten, so dass sie im Weiteren zu einem neuen, gemeinsamen Tätigkeitsbereich I&A zusammengefasst werden. Inhaltliche Zusammenhänge zwischen diesen Tätigkeitsbereichen zeigten sich ebenfalls in der Studie von Wentorf et al. (2015). Dort zeigte sich im Rahmen der Untersuchung von Schülervorstellungen noch eine Trennung der Skalen, während bei der Untersuchung von Interesse und Selbstwirksamkeitserwartungen die drei Tätigkeitsbereiche *Realistic*, *Investigative* und *Artistic* zu einer gemeinsamen Skala *Inquiry* zusammengefasst wurden.

Der Tätigkeitsbereich *Conventional* war im Vorfeld der Erprobung zwar nicht angenommen worden, wurde jedoch aufgrund des deutlich eigenständigen Faktors (Ladungen  $> 0,7$ ) und der vermutlich von Schülern als Routine eingeschätzten Tätigkeiten wie *Berechnungen durchführen* und *Versuchsdaten dokumentieren* als solcher eingeführt. Tätigkeiten-Items des ursprünglichen Tätigkeitsbereichs *Networking* wiesen Ladungen bei mehreren Faktoren auf, ohne jedoch Zusammenhänge erkennen zu lassen, so dass die zwei neuen Tätigkeitsbereiche *Networking Projects* ( $N_P$ ) und *Networking Scientific* ( $N_S$ ) entstanden. In beiden Bereichen geht es um Tätigkeiten der Kooperation und Kommunikation, wobei es jedoch im Bereich *Networking Projects* vor allem um projektbezogene Tätigkeiten geht und im zweiten Bereich *Networking Scientific* insbesondere um Tätigkeiten zum wissenschaftlichen Austausch, wie das Besuchen von Konferenzen und das Verfassen von Veröffentlichungen.

<sup>77</sup>Nach dem Kaiser-Kriterium werden nur Eigenwerte  $> 1$  gezählt.

<sup>78</sup>Die Tabelle E.1 der Faktorladungen sowie der zugehörige Scree-Plot (Abb. E.1) sind im Anhang zu finden.

<sup>79</sup>Testweise wurden auch Faktorenanalysen mit anderer vorab angenommener Faktorenzahl (5, 7 und 8) durchgeführt, die jedoch weder mathematisch noch inhaltlich besser interpretierbare Skalen zuließen. Es gibt daher vereinzelt Tätigkeiten-Items, die hohe Faktorladungen bei anderen Skalen aufweisen.

**Tabelle 6.9:** Finale Zusammenstellung der Tätigkeiten-Items zu Tätigkeitsbereichen (Skalen) auf Basis der exploratorischen Faktorenanalyse. Keine Darstellung von Faktorladungen <0,2. Für die ausformulierten Tätigkeiten-Items zu den Kurznamen und für die bisherige Zuordnung (Kennzeichnung durch den jeweiligen Buchstabe der Skala) der Items siehe Tabelle 6.2.

Item-Kurzname	Faktor						Skala
	1	2	3	4	5	6	
DrArbeit	0,65				0,23		<b>S</b> Social
Lehren	0,63						
Antworten	0,58				0,37		
Abschlussarb	0,58			0,22		0,21	
AustauNicht	0,60						<b>N<sub>P</sub></b> Networking Projects
ProjektOrga (E)	0,50	0,24		0,20		0,25	
AustauUni	0,35	0,49	0,32	0,21			
FachÜProj	0,33			0,54			
Doku (R)		0,75	0,22				<b>C</b> Conventional
Rechnen (I)		0,74			0,28		
Simulat (A)	0,54	0,44	0,21				
MessEnt (A)			0,69				<b>I &amp; A</b> Investigative & Artistic
GeräteEntw (A)	0,21		0,64		0,21		
Ansätze (I)		0,34	0,61				
Theorien (I)		0,34	0,58				
Erfinden (A)		-0,28	0,49	0,26			
Konstrukt (A)		0,26	0,41	0,31			
Mikroskop		0,35		0,66			<b>R</b> Realistic
Sicherheit		0,22		0,65			
ChemieLab			0,22	0,59			
InNatur				0,56			
Messen		0,55		0,21			
Literatur (I)					0,72		<b>N<sub>S</sub></b> Networking Scientific
Konferenz	0,20				0,68		
Veröff (E)		0,27			0,49		
Meeting		0,28			0,46	0,46	
TeamAufb	0,28					0,75	<b>E</b> Enterprising
AGleiten						0,72	
Vortrag		0,37				0,41	
Arbeitsplan	0,26		-0,26	0,36	0,33	0,25	

Als Maß der Konsistenz der in einem Bereich enthaltenen Tätigkeiten-Items wurden Reliabilitätswerte Cronbachs alpha bestimmt. Die Berechnung erfolgte mit SPSS entsprechend der Ausführungen von Janssen und Laatz, 2017, S. 607ff. In der Tabelle 6.10 werden die Reliabilitätswerte dargestellt. Die Skalen *Social* und *Investigative & Artistic* weisen mit 0,7 jeweils gute Reliabilitätswerte auf. Reliabilitätswerte von nur knapp über 0,5 sind zwar als verbesserungsbedürftig einzustufen, sind aber angesichts des ersten Einsatzes einiger Tätigkeiten-Items und durch die Verwendung von Items in Form von Bildern durchaus akzeptabel. Eine Auswertung des Einsatzes dieser Bild-Items, welche auch durch die Schüler bewertet wurden, erfolgt direkt im Anschluss.

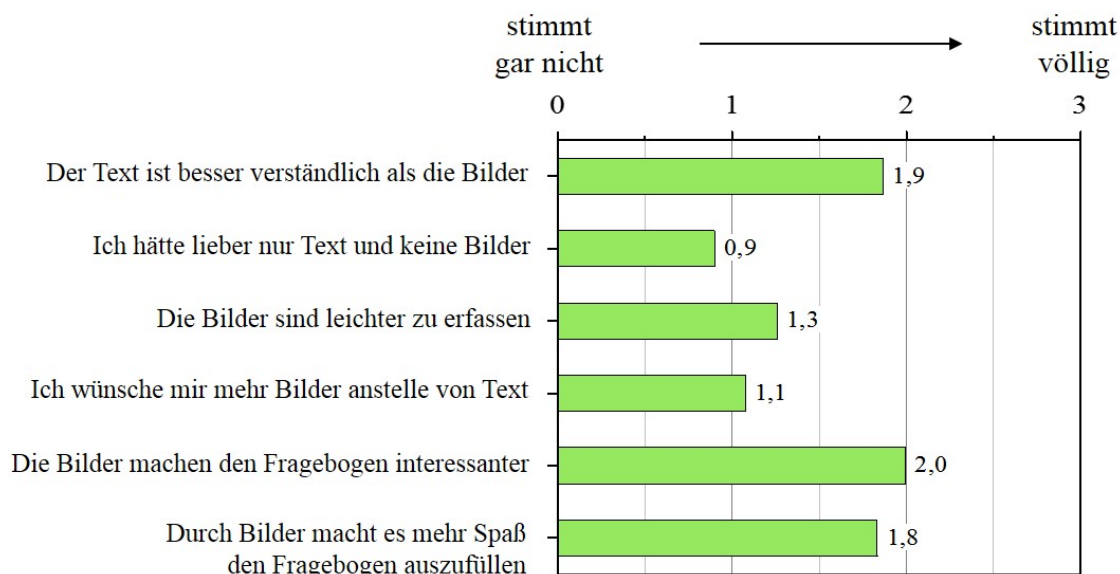
**Tabelle 6.10:** Berechnete Maße für die Konsistenz der in dieser Studie ermittelten Tätigkeitsbereiche.

Tätigkeitsbereich/ Skala (Abk.)		Reliabilität Cronbachs $\alpha$
Realistic	R	0,63
Investigative & Artistic	I & A	0,70
Social	S	0,70
Enterprising	E	0,50
Conventional	C	0,63
Networking Projects	N <sub>P</sub>	0,55
Networking Scientific	N <sub>S</sub>	0,61

### 6.2.3 Die Bewertung von Bildern im Fragebogen

In diesem Abschnitt wird präsentiert, inwiefern den Schülerangaben zufolge das Ziel erreicht wurde, die Tätigkeiten-Items durch Bilder ansprechender bzw. interessanter zu gestalten als in Textform. Dazu wurden die Schülerantworten des *Fragebogens zur Bewertung der Darstellungsform* untersucht, bei dem die Schüler ihre Einschätzungen auf einer vierstufigen Skala von *stimmt gar nicht* bis *stimmt völlig* vornehmen konnten. Die Ergebnisse dieses Fragebogens werden in der Abbildung 6.8 dargestellt.

Demnach wurden von den Schülern die Tätigkeiten-Items in Textform im Durchschnitt als *besser verständlich* erachtet als diejenigen in Form eines Bildes (MW = 1,9; SD = 1,1). Die Aussage *Ich hätte lieber nur Text und keine Bilder* wird hingegen durchschnittlich abgelehnt (MW = 0,9; SD = 1,1). Dies zeigt, dass den Bild-Items trotz der zuvor zugeschriebenen geringeren Verständlichkeit eine Bedeutung beigemessen wird, so dass nicht ausschließlich Items in Textform gewünscht werden. Die Aussage *Die Bilder sind leichter zu erfassen als der Text* wurde mit einer Bewertung von durchschnittlich 1,3 (SD = 1,0) in geringem Maße nicht unterstützt. Die Verneinung dieser Aussage schließt zwar nicht aus, dass die Bild-Items - wenn auch nicht leichter - zumindest ebenso gut erfassbar sind wie die Text-Items. Unter der Annahme, dass Erfassbarkeit und Verständlichkeit zusammenhängen, ergibt sich jedoch ein konsistentes Bild mit dem Item zur Verständlichkeit.



**Abbildung 6.8:** Bewertung der Darstellungsform von Tätigkeiten-Items durch die Schüler.

Des Weiteren wurden nicht *mehr Bilder anstelle von Text* gewünscht, wie durch einen Mittelwert der Antworten von 1,1 (SD = 1,0) zum Ausdruck kam. Dies kann daran liegen, dass mit 14 von 33 Tätigkeiten-Items der Anteil der Bild-Items bereits hoch war und daher als ausreichend angesehen wurde. Gemäß den Angaben zum zweiten Item dieser Bewertung wurde von den Schülern jedenfalls abgelehnt, dass ausschließlich Text-Items verwendet werden sollen. Der Aussage *Die Bilder machen den Fragebogen interessanter* wurde von den Schülern mit einem Mittelwert von 2,0 (SD = 1,0) deutlich zugestimmt. Ebenso wurde dem Item *Durch die Bilder macht es mehr Spaß den Fragebogen auszufüllen* zugestimmt (MW = 1,8; SD = 1,1). Die Antworten zu diesen beiden Items stellen somit eine Bestätigung für den positiven Einfluss der Bild-Items auf die Bearbeitung des Fragebogens dar. Damit wurde ein wesentliches Ziel, für welches die Bilder in den Fragebogenteil integriert wurden, erreicht.

Für Rückmeldungen der Schüler bezüglich der Verständlichkeit der als Bild dargestellten Tätigkeiten-Items gab es im *Fragebogenteil zur Bewertung der Darstellungsform* außerdem die Möglichkeit anzukreuzen, ob *alle, die meisten, wenige* oder *keine* der Tätigkeiten-Items verstanden wurden und bei welchen einzelnen Tätigkeiten-Items es gegebenenfalls Verständnisschwierigkeiten gab. Dabei gaben 65 Schülern an, *alle* Bild-Items verstanden zu haben, 129 *die meisten*, 27 *wenige* und 11 Schüler sogar *keine*, während von 11 Schülern keine Angaben vorlagen. Es zeigte sich allerdings, dass das als Distraktor eingesetzte Tätigkeiten-Item *Fussball spielen* trotz eindeutiger Beschreibungen von Schülern im Vorfeld mit Abstand am häufigsten (von 38 Schülern) als unverständlich notiert wurde. Die drei nachfolgend am häufigsten genannten Items, zu denen Verständnisschwierigkeiten angegeben wurden, waren *Fächerübergreifende Projekte durchführen* (10), *Fachliteratur suchen* (7) und *Fragen von Studierenden beantworten* (5)<sup>80</sup>.

<sup>80</sup>Items an Position 7, 21 bzw. 29 im entsprechenden Fragebogenteil (siehe Anhang E.1).

Als Erklärung für die häufige Nennung von *Fussball spielen* als unverständliches Item wurde vermutet, dass es daran lag, dass dieses Item der erste Distraktor war und sehr weit vorne im Fragebogenteil vorkam. So kamen für die Schüler möglicherweise die Neuartigkeit der Darstellungsform und eine unerwartete Tätigkeit zusammen. Aus diesem Grund wurden für den weiteren Einsatz des Fragebogens die zwei Distraktoren *Fussball spielen* und *Unterhaltungs-sendungen im Fernsehen anschauen* miteinander vertauscht<sup>81</sup>, so dass mit letzterem ein Distraktor in Textform als erster vorkam. Eine Änderung der weiteren von einigen Schülern als unverständlich angegebenen Items wurde nicht als zwingend notwendig angesehen, so dass aus Gründen der Vergleichbarkeit mit Folgeuntersuchungen - bis auf den Tausch der zwei Distraktoren - keine Tätigkeiten-Items oder ihre Reihenfolge verändert wurden.

Insgesamt lässt sich somit festhalten, dass die Bild-Items sich aus Sicht der Schüler positiv auswirkten, denn sie stimmten deutlich zu, dass die Bearbeitung des Fragebogens durch die Bild-Items mehr Spaß machte und interessanter war als mit Text-Items. Jedoch wurden Tätigkeiten-Items in Textform im Vergleich zu den Bild-Items als besser verständlich eingestuft. Das Verhältnis von Items als Text bzw. Bild konnte dabei als zufriedenstellend angesehen werden, denn es wurde mehrheitlich weder für mehr Bild-Items gestimmt, noch sich dafür ausgesprochen ausschließlich Text-Items zu verwenden. Für den Einsatz des Fragebogens im Schülerlabor kann die Entwicklung der Bild-Items somit als erfolgreich gewertet werden. Eine Weiterentwicklung der Bild-Items könnte möglicherweise das Verständnis noch erhöhen.

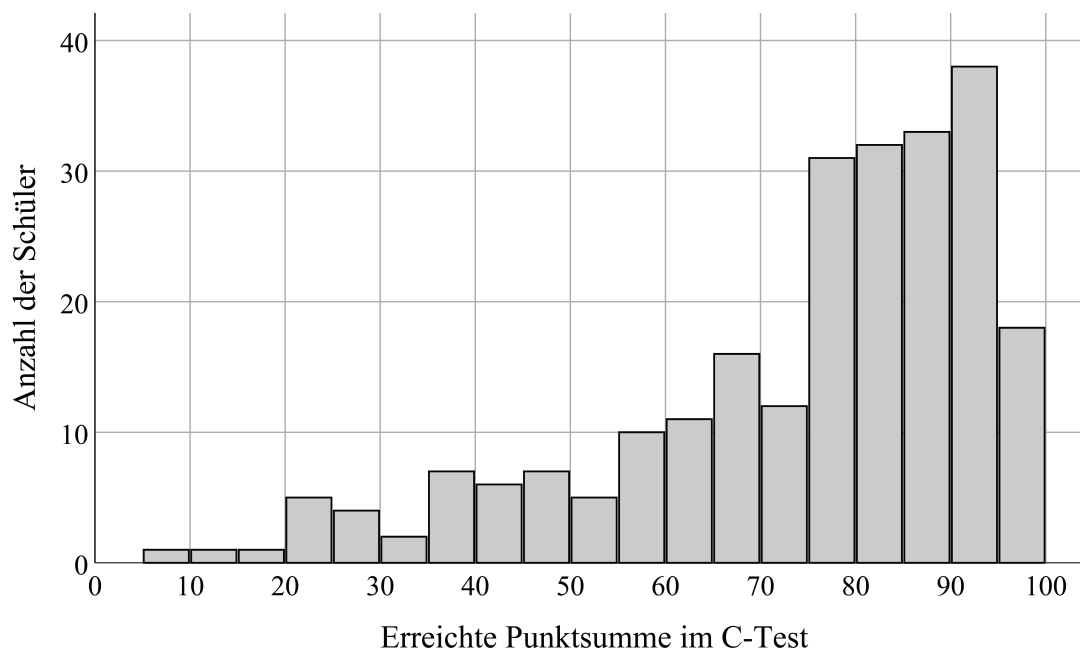
#### **6.2.4 Untersuchung von Lesekompetenz und Bewertung der Darstellungsform**

Ein wichtiges Ziel der Verwendung von Bild-Items im Fragebogen war die Unterstützung von insbesondere weniger lesestarken Schülern bei der Bearbeitung des Fragebogens (vgl. Abb. 6.3). Dazu hatten die Schüler die Möglichkeit bei der *Bewertung der Darstellungsform* (vgl. vorheriger Abschnitt 6.2.3) entsprechend ihre Einschätzung anzugeben, ob sie Tätigkeiten-Items in Textform oder als Bild präferieren. Zur Untersuchung, ob weniger lesestarke Schüler die Bewertung der Darstellungsform anders vornahmen als lesestarke Schüler, werden nachfolgend die Ergebnisse des Tests zum Leseverständnis herangezogen. Zur Feststellung von Leseverständnis bzw. der Lesekompetenz wurde im *Fragebogenteil zum Leseverständnis* ein C-Test eingesetzt (vgl. Abschnitt 6.1), dessen Auswertung zunächst beschrieben wird.

Im C-Test sollten in vier kurzen Texten jeweils 25 getilgte Worthälften ergänzt werden, so dass mit einem Punkt pro richtig ausgefüllter Lücke maximal 100 Punkte erreichbar waren. Die von den Schülern im C-Test erreichten Punktzahlen werden im Histogramm in Abbildung 6.9 dargestellt. Von 5 der 245 Schüler wurden die C-Tests nicht berücksichtigt, da keine Bearbeitung stattgefunden hatte. Im Histogramm ist zu erkennen, dass ein Großteil der Schüler (152) über 75 Punkte im C-Test erreicht hat, während die weiteren 88 Schüler in nahezu allen niedrigeren Punktzahlbereichen vertreten waren. Gemäß der mit dem C-Test zur Verfügung gestellten

---

<sup>81</sup>Im Fragebogenteil über Tätigkeiten wechselten so die Items der Positionen 6 und 25 ihren Platz.



**Abbildung 6.9:** Histogramm der von den Schülern erreichten Punkte im C-Test.

Vergleichswerte<sup>82</sup> konnte eine Einschätzung der Lesekompetenz in vier Kompetenzstufen vorgenommen werden. In der Tabelle 6.11 ist die Einteilung jeweils mit Angabe der Anzahl der Schüler und ihr Anteil an allen 245 Schülern der Erprobung dargestellt. Die Lesekompetenz von knapp der Hälfte der Schüler (47%) konnte demnach als *sehr sicher* eingestuft werden, von weiteren 31% als *sicher* und von insgesamt 49 Schülern als *unsicher* oder *sehr unsicher*. In fünf Fällen (2%) wurde keine Bearbeitung festgestellt, so dass die Tests zu *keine Angaben* gezählt wurden.

<sup>82</sup>Der C-Test *Überfall* mit Begleitmaterial konnte mit freundlicher Genehmigung des IfBQ, Referat Monitoring, Evaluation und Diagnoseverfahren eingesetzt werden und ist verfügbar unter [www.schulengoerdern.de](http://www.schulengoerdern.de)

**Tabelle 6.11:** Lesekompetenz der Schüler gemäß der erreichten Punktzahl im C-Test.

	Schüler		Gruppen- einteilung	
	Anzahl	Anteil		
Gesamt	245	100%		
keine Angaben	5	2%		
<b>Einstufung der Lesekompetenz</b>	sehr unsicher	37	15%	Schüler mit geringer Lesekompetenz
	unsicher	12	5%	
	sicher	77	31%	Schüler mit hoher Lesekompetenz
	sehr sicher	114	47%	

Zur Beantwortung der Frage, ob die Bewertung der Tätigkeiten-Items von der erfassten Lesekompetenz abhängt, wurden mithilfe obiger Einstufung zwei Gruppen von Schülern mit unterschiedlicher Lesekompetenz gebildet, um sie miteinander zu vergleichen. Eine Gruppe bildeten *Schüler mit geringer Lesekompetenz*, deren Leistung im C-Test gemäß der Tabelle 6.11 als *unsicher* oder *sehr unsicher* eingeschätzt wurde. Die zweite Gruppe umfasst *Schüler mit hoher Lesekompetenz*, die gemäß der Tabelle 6.11 mit *sicher* oder *sehr sicher* im C-Test abgeschnitten haben. Damit befinden sich 49 Schüler in der Gruppe mit vergleichsweise geringer Lesekompetenz und 191 Schüler in der Gruppe mit hoher Lesekompetenz.

Für diese beiden Gruppen wurde mittels des nicht-parametrischen U-Tests von Mann-Whitney<sup>83</sup> untersucht, ob sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Schülergruppen mit geringer und mit hoher Lesekompetenz hinsichtlich der Bewertung der Darstellungsform der Tätigkeiten-Items feststellen ließ.

Bei vier Items zur Bewertung der Darstellungsform wurde kein signifikanter Unterschied (jeweils  $p > 0,05$ ) zwischen den Angaben der beiden Schülergruppen gefunden. Dies betraf die Items *Durch die Bilder macht es mehr Spaß den Fragebogen auszufüllen*, *Ich hätte lieber nur Text und keine Bilder*, *Ich wünsche mir mehr Bilder anstelle von Text* und *Die Bilder machen den Fragebogen interessanter* (vgl. vorherigen Abschnitt 6.2.3).

Bei dem Item *Der Text ist besser verständlich als die Bilder* wurden hingegen signifikante Unterschiede zwischen den Schülern mit geringer und hoher Lesekompetenz festgestellt (Mann-Whitney-U: 3553;  $z = -2,377$ ;  $p = 0,017$ ;  $N = 233$ ). So wird der Aussage, dass Text verständlicher sei als Bilder, von Schülern mit hoher Lesekompetenz zu zwei Dritteln mehrheitlich eher zugestimmt, aber auch von einem Drittel (60 Schülern) eher abgelehnt (siehe Abbildung 6.10). Dieselbe Aussage wird von Schülern mit geringerer Lesekompetenz von etwa einer Hälfte (25 Schülern) eher befürwortet und von der anderen eher abgelehnt. Die Aussage wird somit von insgesamt 85 Schülern (36%) eher abgelehnt, so dass die Bild-Items von diesen Schülern offenbar als mindestens genauso verständlich bewertet wurden wie die Text-Items.

Bei dem Item *Die Bilder sind leichter zu erfassen als der Text* ist ebenfalls ein signifikanter Unterschied zwischen der Bewertung von Schülern mit geringer und mit hoher Lesekompetenz zu verzeichnen (Mann-Whitney-U: 3592;  $z = -2,371$ ;  $p = 0,018$ ;  $N = 235$ ). Während die Schüler mit geringer Lesekompetenz der Aussage etwa zu gleichen Teilen zustimmen oder sie ablehnen (26 bzw. 23 Schüler), wird die Aussage von den Schülern mit hoher Lesekompetenz mehrheitlich eher abgelehnt, während nur etwa ein Drittel (67 Schüler) eher zustimmt (siehe Abb. 6.11). Aus beiden Gruppen bewerteten damit insgesamt 93 Schüler (40%) die Aussage, dass Bilder leichter zu erfassen sind, mit *stimmt eher*. Dadurch gibt es - einen Zusammenhang zwischen Verständnis und Erfassbarkeit vorausgesetzt - eine inhaltliche Übereinstimmung mit der Bewertung des Items zum Verständnis von Text bzw. Bildern.

Die Angaben zu den Items der Bewertung zeigen, dass die Bild- und Text-Items von unterschiedlich lesestarken Schülern verschieden eingeschätzt werden. Während Bild-Items mehrheitlich und ohne Unterschied in der Lesekompetenz als interessant und mehr Spaß bei der

<sup>83</sup>Der U-Test von Mann-Whitney untersucht Unterschiede in der zentralen Tendenz von Stichproben und ist äquivalent zum t-Test, ohne jedoch eine Normalverteilung der Daten vorauszusetzen. Details siehe z.B. bei Bortz und Schuster (2010, S. 130).

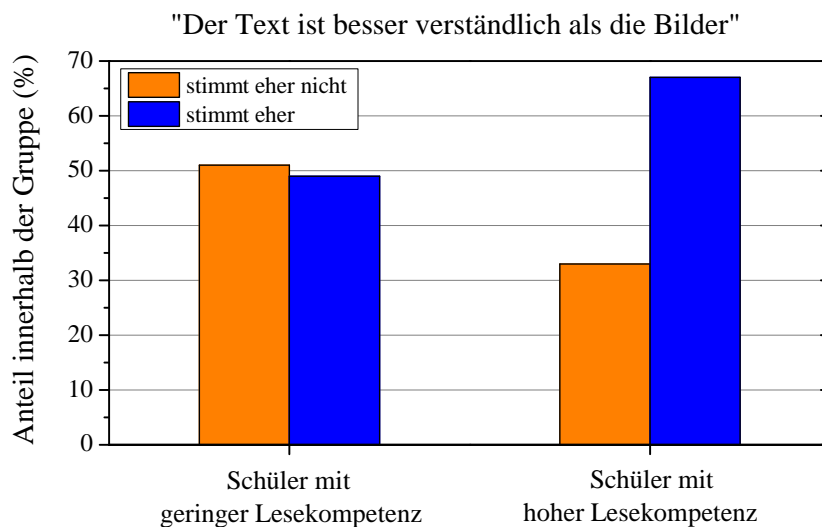


Abbildung 6.10: Gruppenvergleich bezüglich des Items zur Verständlichkeit.

Bearbeitung des Fragebogens bringend bewertet werden, gibt es signifikante Unterschiede hinsichtlich des Verständnisses der Bild- und Text-Items. Es wurde zwar nicht mehrheitlich eine Befürwortung von leichterem Verständnis und leichter Erfassbarkeit der Bild-Items festgestellt, aber immerhin ein Drittel aller Schüler bewertete dies so. Die Bewertung lässt vermuten, dass für diese Schüler die Bild-Items die Bearbeitung erleichterten, so dass das zweite wesentliche Ziel der Bild-Items (vgl. Abb. 6.3) teilweise ebenfalls erreicht wurde.

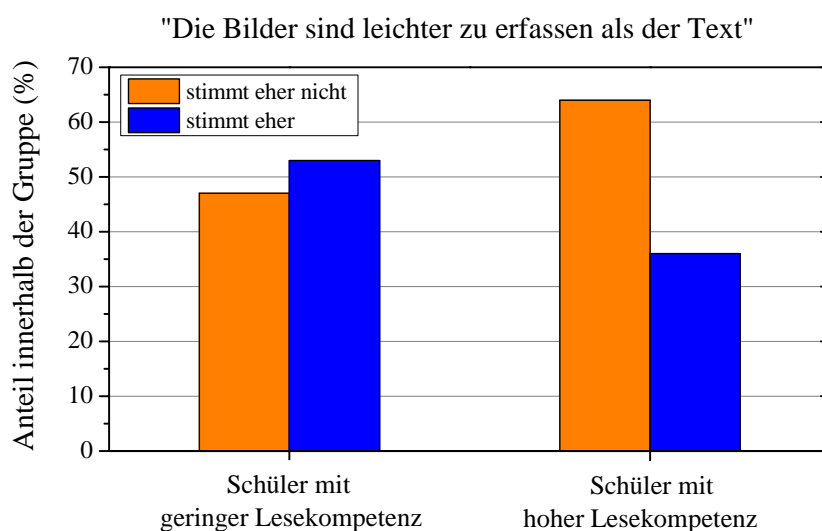


Abbildung 6.11: Gruppenvergleich bezüglich des Items zur leichteren Erfassbarkeit.

### 6.2.5 Fazit und Ergebnisse der Erprobung im Überblick

An der Erprobung des entwickelten Fragebogens für die Interventionsstudie nahmen insgesamt zehn Schulklassen, je fünf der Jahrgangsstufen 8 und 9, mit insgesamt 245 Schülern teil. Diese Erprobung diente insbesondere dazu mögliche Schwierigkeiten bei der Bearbeitung des Fragebogens zu entdecken und die auf Basis der Literatur angenommenen Tätigkeitsbereiche, das heißt ihre Skalen, empirisch zu überprüfen. Des Weiteren wurde der Fragebogenteil über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern hinsichtlich gängiger Gütekriterien betrachtet und der Einsatz von Tätigkeiten-Items in Bildform untersucht.

Die Items des *einleitenden Fragebogens* zu allgemeinen Angaben sowie zum Interesse an und der Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen wiesen akzeptable Verteilungen der Antworten auf, so dass für Items dieses ersten Fragebogens keine Änderungen erforderlich waren. Die Auswertung des *Fragebogens über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern* ergab, dass 29 der 33 Tätigkeiten-Items eine geeignete Verteilung der Antworten in ihrem zugehörigen Histogramm aufwiesen und die Itemschwierigkeiten  $p_i$  zwischen 20% und 80% lagen. Ein einzelnes Tätigkeiten-Item (*Sicherheitsmaßnahmen berücksichtigen*) lag mit  $p_i = 84\%$  außerhalb dieses Bereichs, wurde jedoch aus inhaltlichen Gründen beibehalten. Die drei Tätigkeiten-Items, die als Distraktoren dienten, stellten sich mit Itemschwierigkeiten  $p_i < 20\%$  - wie intendiert - als psychometrisch zu leicht heraus. Diese drei Items wurden bei der weiteren Analyse nicht berücksichtigt, werden aber weiterhin im Fragebogen eingesetzt, da sie ihren Zweck erfüllten. Aufgrund der Analyse der einzelnen Items musste somit kein Item abgeändert oder entfernt werden.

Zur Überprüfung der vorläufig angenommenen Tätigkeitsbereiche wurde eine exploratorische Faktorenanalyse durchgeführt. Die Faktorenanalyse führte zur Bildung von sieben Tätigkeitsbereichen, die sich jedoch teils von den zuvor angenommenen unterschieden. Während sich die drei Tätigkeitsbereiche *Social*, *Realistic* und *Enterprising* dabei durch entsprechende Skalen wiederfinden ließen, wurden statt des ursprünglichen Tätigkeitsbereichs *Networking* zwei entsprechende Bereiche gebildet. Bei dem ersten Tätigkeitsbereich liegt der Fokus stärker auf projektbezogenen Kooperationen, so dass die neue zugehörige Skala mit *Networking Projects* bezeichnet wird. Bei dem zweiten Tätigkeitsbereich der ursprünglichen Skala *Networking* steht der wissenschaftliche Austausch z.B. im Rahmen von Konferenzen im Vordergrund und die zugehörige Skala wird daher *Networking Scientific* genannt. Des Weiteren ergab sich aus der Faktorenanalyse, die Skala *Conventional* aufzunehmen, die in der Literatur bereits vorkam und Routinetätigkeiten umfasst, wie nun zum Beispiel das Tätigkeiten-Item *Versuchsdaten dokumentieren*. Außerdem wurden aufgrund der Faktorenanalyse sowie aus inhaltlichen Gründen sechs Tätigkeiten-Items zu einer gemeinsamen Skala *Investigative & Artistic* zusammengefasst. Diese faktorenanalytisch bzw. inhaltlich begründeten sieben Skalen der Tätigkeitsbereiche weisen dem Entwicklungsstadium entsprechend akzeptable Reliabilitäten (Cronbachs  $\alpha$  von 0,50 bis 0,70) auf und werden daher für die weiteren Untersuchungen der Interventionsstudie verwendet.

Aus dem *Fragebogenteil zur Bewertung der Darstellungsform* ergab sich, dass die Schüler im Durchschnitt die Tätigkeiten-Items in Textform als besser verständlich einschätzen als die Bild-

Items. Dennoch soll aus Schülersicht nicht auf die Bild-Items verzichtet werden. Dies liegt vermutlich daran, dass die Bild-Items den Schülerangaben zufolge den Fragebogen interessanter machen und zu mehr Spaß bei der Bearbeitung führen. Damit wurde ein wichtiges Ziel des Einsatzes der Bild-Items erreicht.

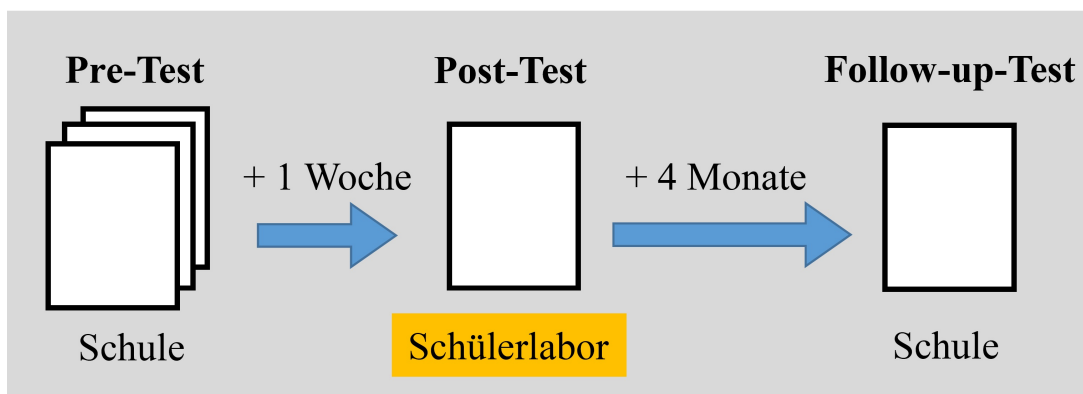
Ein weiteres Ziel der Bild-Items war eine erleichterte Bearbeitung des Fragebogens für Schüler mit Leseschwierigkeiten. Deshalb wurde die Bewertung in Abhängigkeit von der Lesekompetenz der Schüler untersucht. Dafür wurden die Schüler mit Hilfe ihrer erreichten Punktzahl im C-Test zum Leseverständnis in zwei Gruppen eingeteilt gemäß geringer bzw. hoher Lesekompetenz (49 bzw. 191 Schüler). Während sich bei vier Items zur Bewertung der Darstellungsform der Tätigkeiten-Items keine Unterschiede zwischen den Gruppen feststellen ließen, gab es bei den Items *Der Text ist besser verständlich als die Bilder* und *Die Bilder sind leichter zu erfassen als der Text* signifikante Unterschiede. So sprachen sich über 60% der Schüler mit hoher Lesekompetenz für die bessere Verständlichkeit und eine leichtere Erfassbarkeit der Text-Items aus. Von der Gruppe der Schüler mit geringer Lesekompetenz wurde jeweils zu etwa gleichen Anteilen (zwischen 45% und 55%) den Aussagen beider Items zugestimmt. Abschließend lässt sich sagen, dass eine erleichterte Bearbeitung durch die Betrachtung der Bewertung von Bild- und Text-Items immerhin von etwa einem Drittel der Schüler eingeschätzt wurde. Die Bild-Items wurden daher vor allem wegen ihres positiven Einflusses auf das Interesse und den Spaß bei der Fragebogenbearbeitung für die weiteren Untersuchungen beibehalten.

## 6.3 Untersuchung des Einflusses des Schülerlabors

In diesem Unterkapitel wird auf die zweite Forschungsfrage eingegangen, die eine Untersuchung des Einflusses eines Schülerlaborbesuchs im SCIphyLAB\_nano auf Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern zum Ziel hatte (vgl. Kapitel 4). Das für diese Interventionsstudie eingesetzte Erhebungsinstrument sowie dessen Erprobung wurden in den vorherigen Unterkapiteln 6.1 und 6.2 beschrieben. Im Folgenden wird zuerst das Studiendesign in Abschnitt 6.3.1 vorgestellt und anschließend die Stichprobe der Schüler in Abschnitt 6.3.2 charakterisiert. Die Ergebnisse der Interventionsstudie werden danach in Abschnitt 6.3.3 präsentiert. Zur Übersicht werden die Entwicklung des Erhebungsinstrumentes und Ergebnisse des Kapitels im Unterkapitel 6.4 zusammengefasst.

### 6.3.1 Studiendesign

Zur Untersuchung des Einflusses des Schülerlabors SCIphyLAB\_nano auf die Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern war eine Erhebung dieser Schülervorstellungen einmal im Vorfeld eines Schülerlaborbesuchs und ein weiteres Mal im Anschluss an den Besuch erforderlich. Zusätzlich wurde einige Zeit nach einem Schülerlaborbesuch eine dritte Erhebung durchgeführt, um einen langfristigen Einfluss zu untersuchen. Die Abbildung 6.12 zeigt das Studiendesign der Interventionsstudie, wie es für jede der untersuchten Schulklassen aussah: Eine Woche vor dem Schülerlaborbesuch erfolgte die erste Erhebung, welche im



**Abbildung 6.12:** Von Schulklassen durchlaufenes Design der Interventionsstudie.

Folgenden *Pre-Test* genannt wird. Dieser Pre-Test wurde in der Schule durchgeführt, so dass es noch keine Einflüsse auf die Schülervorstellungen beispielsweise durch neue Eindrücke des Schülerlabors geben konnte. Die zweite Erhebung wurde durchgeführt, direkt nachdem eine Schulklasse das Schülerlaborprogramm (vgl. Kapitel 3) absolviert hat und wird daher als *Post-Test* bezeichnet. Dieser Post-Test fand noch vor Ort im Schülerlabor statt, so dass davon auszugehen ist, dass der Gesamteindruck des Schülerlabors den Schülern bei der Bearbeitung des Fragebogens sehr präsent war. Ein möglicher Einfluss durch das Schülerlabor ist aus diesem Grund zum Zeitpunkt des Post-Tests am stärksten zu erwarten.

Die dritte Erhebung, der *Follow-up-Test*, erfolgte jeweils vier Monate nach dem Schülerlaborbesuch und fand - ebenso wie der Pre-Test - in der Schule statt. Bei den drei aufeinanderfolgenden Tests kamen jedes Mal der für die Fragestellung der Interventionsstudie wichtige *Fragebogenteil zu Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern* zum Einsatz sowie der *Fragebogenteil zur Bewertung der Darstellungsform* vor (vgl. Tabelle 6.12). Des Weiteren war zur anonymen Zuordnung der drei Tests einer Person in jedem Test ein Deckblatt mit persönlichem Code nötig. Ausschließlich im Pre-Test wurde zusätzlich der einleitende Fragebogenteil eingesetzt sowie das Leseverständnis mit dem C-Test abgeprüft. Letztgenannte Fragebogenteile dienen vor allem zur Charakterisierung der Stichprobe. Als Bearbeitungszeit hatte sich bei der Erprobung des Fragebogens für den Pre-Test eine Dauer von 35 Minuten als ausreichend gezeigt. Für den Post- und Follow-up-Test wurden jeweils 15 Minuten veranschlagt, wobei viele Schüler jedoch weniger als zehn Minuten zur Bearbeitung benötigten. Mit dem Follow-up-Test war die Datenerhebung in einer Klasse abgeschlossen.

**Tabelle 6.12:** Einsatz der Fragebogenteile je nach Erhebungszeitpunkt.

	Fragebogenteil					Bearbeitungszeit
	Deckblatt mit Code	Einleitung	Tätigkeiten	Bewertung	C-Test	
Pre-Test	X	X	X	X	X	35 min
Post-Test	X		X	X		15 min
Follow-up-Test	X		X	X		15 min

### 6.3.2 Beschreibung der Stichprobe

Für die Untersuchung des Einflusses des Schülerlabors auf die Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern wurden Daten von vier Schulklassen der Jahrgangsstufe 8 eines Gymnasiums in Aachen erhoben. Die Pre-Tests sowie die Besuche der Schulklassen im Schülerlabor fanden im Januar bzw. Februar 2017 statt. Die zugehörigen Follow-up-Tests wurden vier Monate später und somit im Mai bzw. Juni 2017 durchgeführt. Zur Charakterisierung der Stichprobe werden im Folgenden die Daten aus dem einleitenden Fragebogenteil des Pre-Tests vorgestellt. Aufgrund der Untersuchung der Schülervorstellungen im Verlauf der Untersuchung wurden nur Daten von Schülern berücksichtigt, von denen alle drei Tests vorlagen. In den Pre-Tests der vier Schulklassen wurden Daten von insgesamt 93 Schülern erfasst. Nach dem Post-Test lagen von 80 Schülern auswertbare Tests von beiden Erhebungszeitpunkten vor. Die übrigen konnten aufgrund von nicht anwesenden Schülern oder Unstimmigkeiten bei den persönlichen Codes nicht zugeordnet werden. Diese Anzahl reduzierte sich nach dem Follow-up-Test noch einmal aus denselben Gründen auf 73 gültige Datensätze. Die Daten dieser 73 Schüler bilden somit die Grundlage für die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen. Die Verteilung der von den Schülern angegebenen Geschlechter wird in der Tabelle 6.13 dargestellt. Hierbei fällt auf, dass eine Mehrheit von Schülern (62%) vertreten ist, die als Geschlecht *männlich* angegeben hatte.

**Tabelle 6.13:** Verteilung der Geschlechter in der Stichprobe

	weiblich	männlich	k. A.	<b>Gesamt</b>
Anzahl	27	45	1	<b>73</b>
Anteil	37%	62%	1%	

Das durchschnittliche Alter der Schüler betrug 13,5 Jahre ( $SD = 0,7$ ;  $N = 70$ , k.A. von drei Schülern). Von den Schülern bejahten 60% *deutsch* als Muttersprache zu haben, während 38% von ihnen dies verneinten (k.A. von zwei Schülern). Aus den Schülerangaben ihrer Schulnote im Fach Deutsch wurde eine Durchschnittsnote von 2,1 ( $SD = 0,8$ ;  $N = 68$ ) berechnet.

Die Selbsteinschätzungen der Schüler in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik werden in der Tabelle 6.14 gezeigt. Zu der Aussage „In den folgenden Fächern bin ich gut:“ stimmten in allen drei Fächern mindestens etwa die Hälfte der Schüler zu (*ja*) und der jeweils zweitgrößte Anteil stimmte *teilweise* zu, so dass pro Fach weniger als 8% der Schüler verneinten „gut“ darin zu sein.

Zudem schätzten die Schüler ihr Wissen zu den Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern auf einer vierstufigen Ratingskala von *nichts* (0) bis *viel* (3) im Durchschnitt mit 1,37 ( $SD = 0,76$ ;  $N = 71$ ) und damit als gering bis mittelmäßig ein.

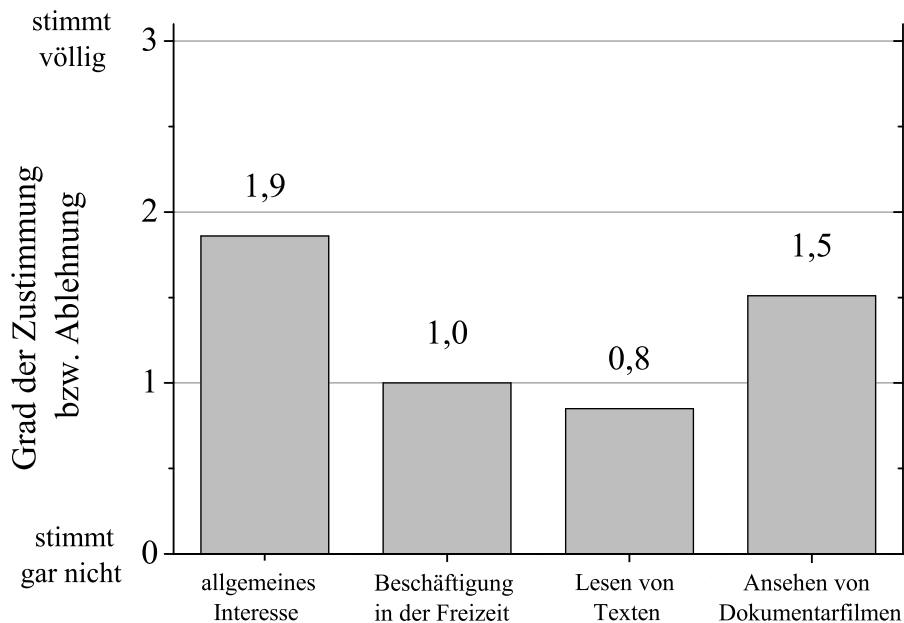
Die Ergebnisse der Items über die Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen werden in Abbildung 6.13 dargestellt. Demnach besteht im Durchschnitt grundsätzlich Interesse an naturwissenschaftlichen Themen (Zustimmungswert von 1,9) und das Anschauen von Dokumentarfilmen wird weder deutlich abgelehnt, noch befürwortet (1,5). Die Aussage, dass eine Beschäftigung in der Freizeit bzw. konkret das Lesen im Zusammenhang mit naturwissenschaftlichen Themen gerne stattfindet, wird mit Werten von 1,0 bzw. 0,8 durchschnittlich abgelehnt.

**Tabelle 6.14:** Selbsteinschätzung der Schüler in den naturwissenschaftlichen Schulfächern

In den folgenden Fächern bin ich gut:						
	Biologie		Chemie		Physik	
ja (2)	48	66%	37	51%	36	49%
teilweise (1)	21	29%	30	41%	30	41%
nein (0)	4	5%	5	7%	6	8%
keine Angabe	0	0%	1	1%	1	1%
<b>Mittelwert:</b>	<b>1,6 (SD = 0,6)</b>		<b>1,4 (SD = 0,6)</b>		<b>1,4 (SD = 0,6)</b>	

Die Schüler stimmen mehrheitlich zu, ihr Wissen über Naturwissenschaftler vor allem aus dem Schulunterricht zu haben (MW = 1,8; SD = 1,0).

Des Weiteren gaben 26% der Schüler an jemanden persönlich zu kennen, der oder die als Naturwissenschaftler tätig ist, wobei die Person am häufigsten im Bereich der Chemie (8) und der Biologie (3) tätig war. Außerdem wurden folgende Berufsbezeichnungen genannt: „Lehrer“, „Medizintechniker“, „Ingenieur“, „Maschinenbauer“, „Informatikprofessor“ und „Physiker“. Nach diesen Angaben zur Charakterisierung der Stichprobe werden im Folgenden die Ergebnisse des *Fragebogens über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern* vorgestellt.



**Abbildung 6.13:** Interesse an naturwissenschaftlichen Themen

### 6.3.3 Ergebnisse der Interventionsstudie

Zur Untersuchung des Einflusses des Schülerlabors SCIphyLAB\_nano auf die Schülervorstellungen wurde der *Fragebogen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern* bei vier Schulklassen, die das Schülerlabor besuchten, an drei Zeitpunkten eingesetzt (vgl. Studiendesign, Abschnitt 6.3.1). Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse dieser drei Tests (Pre-Test, Post-Test, Follow-up-Test) in den Unterabschnitten 6.3.3.1 bis 6.3.3.3 vorgestellt. Anschließend werden die einzelnen Tätigkeitsbereiche bzw. Skalen, die im Rahmen der Erprobung des Fragebogens entwickelt wurden, und die zeitliche Entwicklung der Schülervorstellungen dargestellt (Unterabschnitt 6.3.3.4).

#### 6.3.3.1 Ergebnisse des Pre-Tests

Der Pre-Test wurde jeweils im Vorfeld eines Schülerlaborbesuchs in der Schule durchgeführt, so dass davon auszugehen ist, dass die Schüler zum Zeitpunkt der Erhebung keine besonderen Vorkenntnisse über die Aktivitäten im Schülerlabor SCIphyLAB\_nano und über die Naturwissenschaftler und ihre Tätigkeiten im SFB Nanoswitches besaßen. Die Vorstellungen, welche die Schüler über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern besaßen, wurden mithilfe der Tätigkeiten-Items erhoben. Bei diesen Tätigkeiten-Items konnten die Schüler einer regelmäßigen Beschäftigung der Naturwissenschaftler mit der jeweiligen Tätigkeit auf der vierstufigen Skala zustimmen oder diese ablehnen (von *stimmt völlig* = 3 bis *stimmt gar nicht* = 0). Bei der nachfolgenden Auswertung werden stets die im Rahmen der Erprobung des Fragebogens gebildeten Tätigkeitsbereiche bzw. ihre Skalen betrachtet (vgl. Unterkapitel 6.2), wobei die Distraktoren in Form der Skala *Distractor*<sup>84</sup> zum Vergleich auch dargestellt werden.

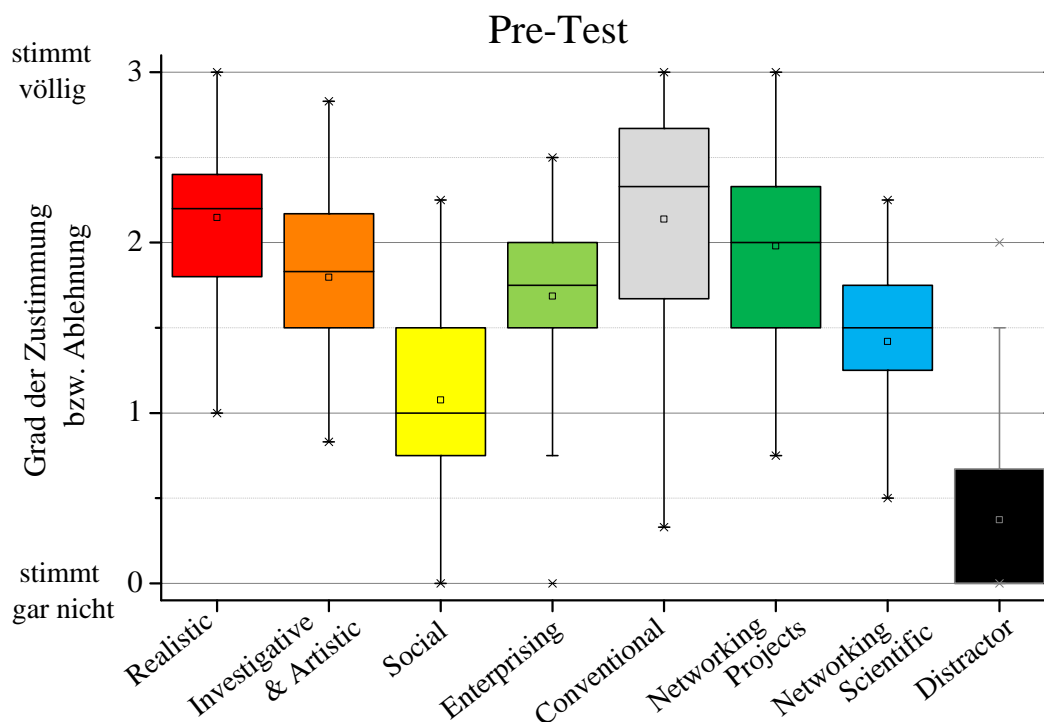
Die Ergebnisse des Pre-Tests werden in der Abbildung 6.14 dargestellt und die zugehörigen Werte sind außerdem in der Tabelle 6.15 aufgeführt. Man beachte, dass in den Boxplots<sup>85</sup> stets Quartile dargestellt sind, während in der Tabelle die Mittelwerte (MW) mit Standardabweichung (SD) aufgelistet sind. Die Tatsache, dass Quartile bzw. Medianwerte teilweise bei denselben Zustimmungswerten liegen, ist auf die Mittelwertbildung für die Tätigkeiten-Skalen zurückzuführen<sup>86</sup>. Insgesamt fällt auf, dass allen Skalen bis auf *Social, Networking Scientific*

---

<sup>84</sup>Die drei Distraktoren bilden - wie auch die anderen Skalen - eine einfaktorielle Skala, so dass sie gemeinsam betrachtet werden können.

<sup>85</sup>Bei der Darstellung als Boxplot werden die von den Schülern angegebenen Werte der Zustimmung bzw. Ablehnung in Viertel (Quartile á 25% der Werte) eingeteilt, wie am Beispiel der Skala *Realistic* erläutert wird: So liegen 50% der Werte innerhalb des Rechtecks, d.h. in einer Box. Diese wird durch den Median so aufgeteilt, dass ober- und unterhalb jeweils 25% der Werte innerhalb der Box liegen (Bei der Skala *Distractor* liegen der Median und die unteren Quartile bei 0, so dass keine Unterteilung vorliegt). Das arithmetische Mittel der Werte ist durch ein kleines Quadrat gekennzeichnet. Außerhalb der Box sind die beiden weiteren Quartile durch Linien oder im Falle von Ausreißern durch Kreuze dargestellt.

<sup>86</sup>Die Zustimmung zu einem Tätigkeiten-Item erfolgte in Form einer ganzen Zahl (0, 1, 2 oder 3), so dass auch die daraus gebildete Summe für die Skala ganzzahlig wurde. Diese Summe wurde wiederum durch die Anzahl der enthaltenen Items (3, 4, 5 oder 6) dividiert, so dass sich diskrete Werte ergeben.



**Abbildung 6.14:** Boxplot der Zustimmung bzw. Ablehnung der Schüler zu den Skalen der Tätigkeitsbereiche von Naturwissenschaftlern im Pre-Test.

und *Distractor* im Durchschnitt überwiegend zugestimmt wurde (Median und MW > 1,6). Von den Skalen wissenschaftlicher Tätigkeiten, d.h. ohne Skala *Distractor*, wurde die Skala *Social* mit einem Mittelwert von 1,08 (SD = 0,52) eher abgelehnt, während der Skala *Networking Scientific* im Mittel weder zugestimmt wurde, noch wurde sie abgelehnt (MW = 1,42; SD = 0,48). Die Skalen, deren Zustimmungswerte am höchsten ausfielen, sind *Realistic* und *Conventional*. Während sich die Mittelwerte kaum unterscheiden (MW = 2,15 und MW = 2,14), weist die Skala *Conventional* einen höheren Median sowie eine größere Streuung auf (vgl. Tabelle 6.15). Eine Beschäftigung mit nicht-wissenschaftlichen Tätigkeiten der Skala *Distractor*, mit Tätigkeiten-Items wie *Fußball spielen*, wurde von den Schülern deutlich abgelehnt (MW = 0,37; SD = 0,49). Somit stimmten die Schüler einer regelmäßigen Beschäftigung der Naturwissenschaftler mit praktischen Tätigkeiten (Skala *Realistic*), wie z.B. mit *Chemikalien experimentieren*, und mit Routinetätigkeiten (Skala *Conventional*), wie *Versuchsdaten dokumentieren*, am stärksten zu. Die Ergebnisse dieser Interventionsstudie entsprechen damit Ergebnissen vergleichbarer Skalen *Realistic* bei Wentorf et al. (2015)) und Reinisch et al. (2017), bei denen ebenfalls jeweils die höchsten Zustimmungswerte erreicht wurden. In einer Studie von Stamer, Schwarzer und Parchmann (2018) wurden für die dort verwendeten, ähnlichen Skalen *Realistic* und *Conventional* ebenfalls die höchsten Zustimmungswerte berichtet. Des Weiteren befanden sich in der explorativen Studie der vorliegenden Arbeit Tätigkeiten der Kategorie *Dokumentieren* an dritter Stelle der am häufigsten in Schülerdarstellungen identifizierten Tätigkeiten (vgl. Abb. 5.6).

**Tabelle 6.15:** Ergebnisse der Skalen für die drei Testzeitpunkte zusammengefasst in Form von Median, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD).

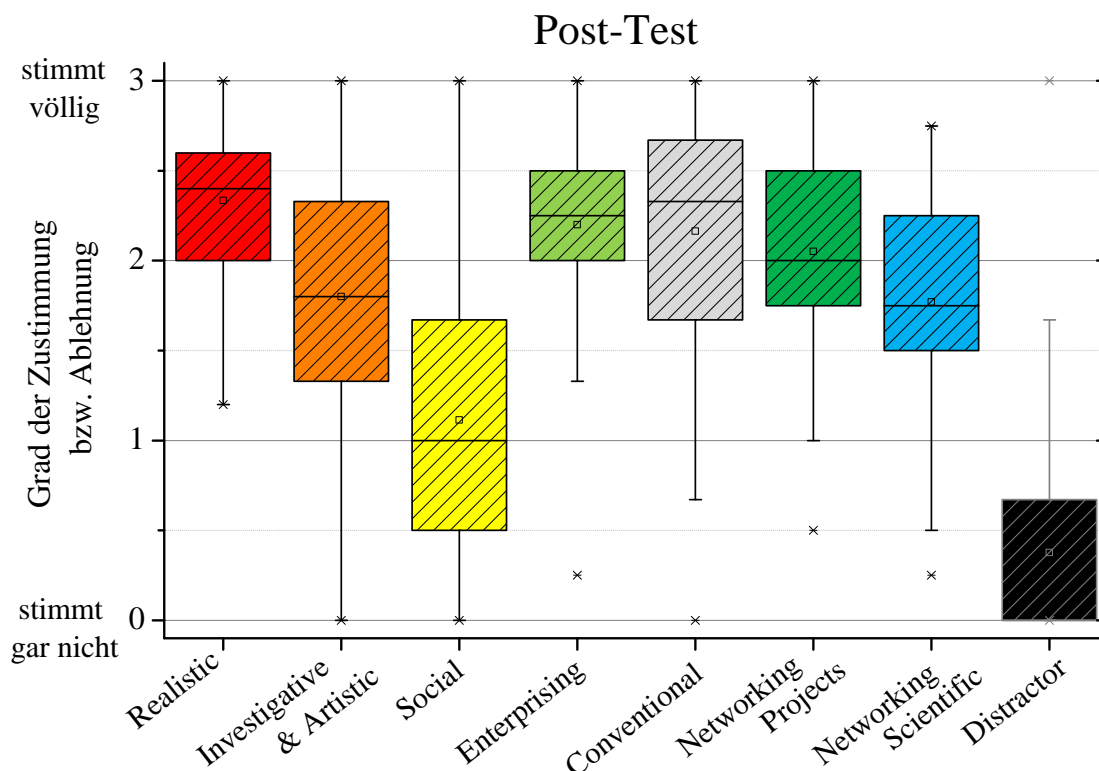
Skala	Pre-Test			Post-Test			Follow-up-Test		
	Median	MW	SD	Median	MW	SD	Median	MW	SD
Realistic	2,20	2,15	0,44	2,40	2,34	0,46	2,20	2,26	0,40
Investigative&Artistic	1,83	1,80	0,47	1,80	1,80	0,66	1,67	1,71	0,51
Social	1,00	1,08	0,52	1,00	1,11	0,68	1,00	0,95	0,62
Enterprising	1,75	1,68	0,51	2,25	2,20	0,56	2,00	1,96	0,59
Conventional	2,33	2,14	0,55	2,33	2,16	0,60	2,00	2,13	0,58
Networking Projects	2,00	1,98	0,51	2,00	2,05	0,50	2,00	1,92	0,54
Networking Scientific	1,50	1,42	0,48	1,75	1,77	0,55	1,67	1,67	0,59
Distractor	0,00	0,37	0,49	0,00	0,38	0,69	0,00	0,27	0,56

Die hohen Zustimmungswerte zu den beiden Skalen *Realistic* und *Conventional* haben vermutlich damit zu tun, dass den Schülern insbesondere Tätigkeiten, die in diesen Skalen vorkommen, aus dem Schulunterricht bekannt sind und sie daher ebenfalls als Tätigkeiten der Naturwissenschaftler eingeschätzt werden. Die Übereinstimmung mit anderen Studien in Bezug auf die Skalen mit hoher Zustimmung kann als ein Hinweis auf die inhaltliche Gültigkeit (Validität) des für diese Interventionsstudie entwickelten Fragebogens gewertet werden.

### 6.3.3.2 Ergebnisse des Post-Tests

Der Post-Test wurde jeweils am Tag des Besuchs direkt nach dem Ende des Programms noch vor Ort im Schülerlabor durchgeführt. Damit unterscheidet sich der Post-Test in den äußeren Rahmenbedingungen von dem Pre-Test und dem Follow-up-Test, die beide in der Schule stattfanden. Damit umfasst der in der Studie untersuchte Einfluss des Schülerlabors auf die Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern nicht nur mögliche Effekte des von den Schülern im Schülerlabor absolvierten Programms selbst, sondern auch die während der Bearbeitung des Post-Tests präsente Umgebung des Schülerlabors, d.h. beispielsweise die Betreuer und die Räumlichkeiten an der Hochschule. Die Ergebnisse des Post-Tests sind im Boxplot in Abbildung 6.15 dargestellt und die zugehörigen Werte lassen sich der Tabelle 6.15 entnehmen.

In der Abbildung 6.15 ist festzustellen, dass bei allen Skalen außer *Networking Scientific* und *Distractor* die oberen Quartile bis zum maximalen Zustimmungswert *stimmt völlig* (3) reichen. Des Weiteren haben die Schüler sechs der acht Skalen (außer *Social* und *Distractor*) im Mittel deutlich zugestimmt (MW > 1,75). Die Skala *Social* ist damit wie auch im Pre-Test die einzige Skala wissenschaftlicher Tätigkeiten, die mit einem Mittelwert von 1,11 eher abgelehnt wird, als dass sie Zustimmung erhält. Offenbar werden somit von den Schülern Tätigkeiten wie die Betreuung von Studierenden nicht als relevant für den Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern angesehen. Die Skala *Distractor* wird mit einem niedrigen Mittelwert (MW < 0,5)



**Abbildung 6.15:** Boxplot der Zustimmung bzw. Ablehnung der Schüler zu den Skalen der Tätigkeitsbereiche im Post-Test.

stark abgelehnt und erfüllte damit den intendierten Zweck der Abgrenzung zu wissenschaftlichen Tätigkeiten, wie schon im Pre-Test. Quantitative Vergleiche zwischen den Tests der drei Erhebungszeitpunkte werden nachfolgend im Unterabschnitt 6.3.3.4 angestellt.

### 6.3.3.3 Ergebnisse des Follow-up-Tests

Der Follow-up-Test fand jeweils vier Monate nach einem Schülerlaborbesuch statt und wurde genauso wie der Pre-Test in der Schule durchgeführt, so dass die äußeren Bedingungen von Pre- und Follow-up-Test vergleichbar waren. Die Ergebnisse dieses Follow-up-Tests werden in der Abbildung 6.16 dargestellt und die zugehörigen Daten sind in der Tabelle 6.15 aufgeführt. Es fällt auf, dass den Aussagen aller wissenschaftlichen Skalen mit Ausnahme der Skala *Social* mit Mittelwerten über 1,5 eher zugestimmt wurde. Nur die Skala wissenschaftlicher Tätigkeiten *Social* wurden mit einem Mittelwert unter 1,2 eher abgelehnt. Die Skala *Distractor* als einzig nicht-wissenschaftliche Skala wurde mit einem Mittelwert unter 0,5 deutlich abgelehnt. In diesen drei genannten Aspekten bestehen auf den ersten Eindruck Übereinstimmungen mit dem Post-Test, welche nachfolgend noch quantitativ untersucht wurden.

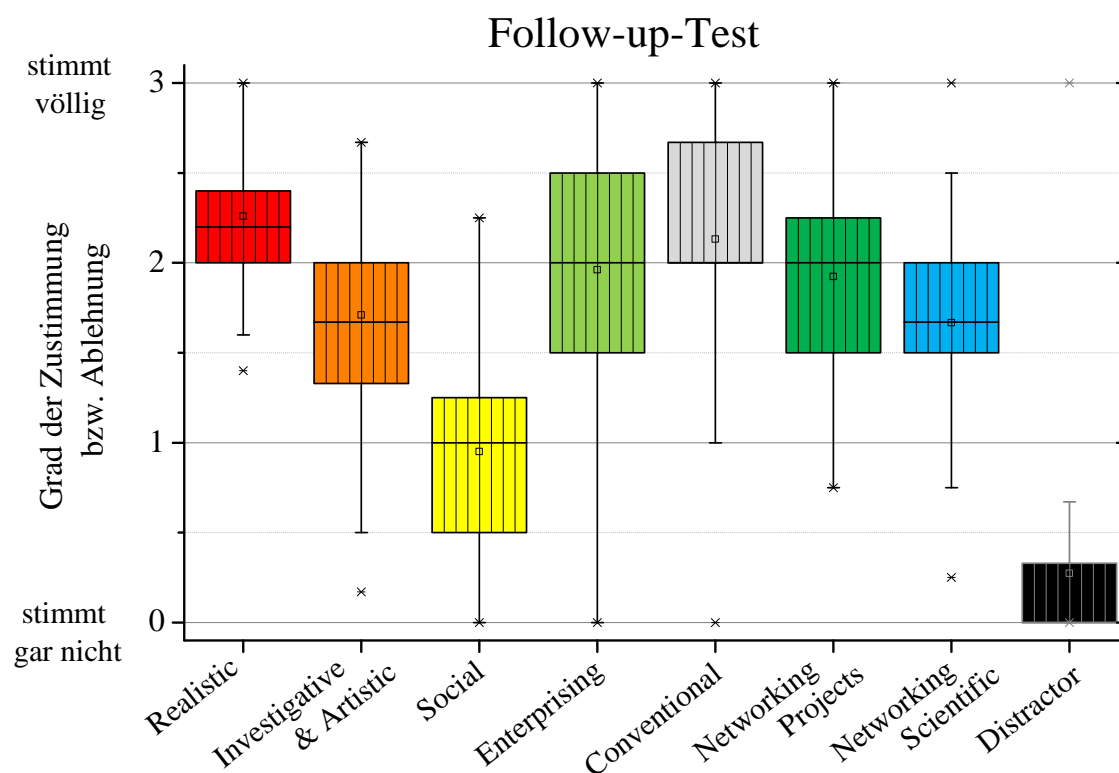


Abbildung 6.16: Boxplot der Zustimmung bzw. Ablehnung der Schüler zu den Skalen der Tätigkeitsbereiche im Follow-up-Test.

### 6.3.3.4 Ergebnisse für die Tätigkeitsbereiche im zeitlichen Verlauf

Nach der separaten Betrachtung von Pre-, Post- und Follow-up-Test werden im Folgenden die Ergebnisse für die einzelnen Tätigkeitsbereiche in ihrem zeitlichen Verlauf diskutiert. Dies geschieht auf Basis der zugehörigen quantitativen Auswertung. Für die Untersuchung, ob sich die Schülerangaben zu den verschiedenen Testzeitpunkten statistisch bedeutsam unterscheiden, wurde als Analyseverfahren eine einfaktorielles Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt (vgl. Bortz und Schuster, 2010, S. 285ff). Eine solche Varianzanalyse wurde eingesetzt, um einen Einfluss des Faktors *Testzeitpunkt* auf die Mittelwerte der Skalen zu untersuchen. Mittelwertunterschiede können ebenfalls mit einem sogenannten t-Test (vgl. Bortz und Schuster, 2010, S. 117ff) festgestellt werden, welcher aber nicht geeignet ist, wenn - wie in diesem Fall - drei Testzeitpunkte vorlagen. Im Rahmen der Varianzanalyse wurde jeweils ein F-Test durchgeführt, der die Hypothese testet, dass es keine Unterschiede zwischen den drei betrachteten Mittelwerten einer Skala in den Tests (Pre-, Post- und Follow-up-Test) gibt. Die Ergebnisse dieser F-Tests werden zum Überblick in der Tabelle 6.16 dargestellt. Darin wird für jede Skala die Prüfgröße  $F$  angegeben und die Signifikanz  $p$ . Die Anzahl der Freiheitsgrade betrug bei allen Skalen  $df = 2$  aufgrund von drei Testzeitpunkten abzüglich einem Freiheitsgrad. Des Weiteren gibt der Kennwert des partiellen  $\eta^2$  an, welcher Anteil der Varianz durch den Testzeitpunkt aufgeklärt wird. Nur sofern ein F-Test signifikant wurde ( $p < 0,05$ ), liegt ein Haupteffekt für die Skala vor, das heißt es gab signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten von Pre-, Post- und Follow-up-Test. Bei Vorliegen eines solchen Haupteffektes, wie es für die drei Skalen *Realistic*, *Enterprising* und *Networking Scientific* der Fall ist, wurde zusätzlich die Effektstärke  $f$  nach Cohen (1988) berechnet, bei der es sich bei Werten ab  $f = 0.1$  um einen schwachen Effekt, ab  $f = 0.25$  um einen mittleren und ab  $f = 0.4$  um einen starken Effekt handelt. Sofern ein Haupteffekt vorlag, wurden anschließend paarweise Vergleiche der Mittelwerte von Pre-, Post- und Follow-up-Test vorgenommen, um zu ermitteln, zwischen welchen Tests die Unterschiede bestanden. Bei der nachfolgenden Besprechung der einzelnen Skalen werden diese Ergebnisse bei den einzelnen Skalen vorgestellt (vgl. Median- und Mittelwerte der Tabelle 6.15). Detaillierte Beschreibungen von varianzanalytischen Verfahren liefern z.B. Bortz und Schuster (2010).

**Tabelle 6.16:** Ergebnisse der einfaktorielles Varianzanalysen der Skalen bezüglich des Einflusses durch den Testzeitpunkt (Pre-Test, Post-Test bzw. Follow-up-Test). Erläuterungen der Kenngrößen  $F$ ,  $p$ ,  $\eta^2$  und  $f$  im Fließtext.

Skala	F	Signifikanz p	partiell $\eta^2$	Effektgröße f
Realistic	6,73	< 0,01	0,09	0,31
Investigative & Artistic	1,35	0,26	0,02	
Social	2,48	0,09	0,03	
Enterprising	27,07	< 0,01	0,27	0,61
Conventional	0,12	0,89	< 0,01	
Networking Projects	1,77	0,17	0,02	
Networking Scientific	14,38	< 0,01	0,17	0,45
Distractor	1,50	0,23	0,02	

### Die Skala zum Tätigkeitsbereich *Realistic*

Die Skala *Realistic* mit enthaltenen Tätigkeiten-Items wie *Messungen durchführen, mit Chemikalien experimentieren* und *Sicherheitsmaßnahmen berücksichtigen* erfuhr zu allen drei Testzeitpunkten mit Median- und Mittelwerten  $>2$  hohe Zustimmungswerte (s. Abb. 6.17a) und Tabelle 6.15). Bereits im Pre-Test, das heißt vor dem Besuch im Schülerlabor, wurde der Ausübung von Tätigkeiten dieser Skala von den Schülern demnach deutlich zugestimmt. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der explorativen Studie, bei denen experimentelle Tätigkeiten mit deutlichem Abstand am häufigsten thematisiert wurden (vgl. Kapitel 5). Dies lag vermutlich auch daran, dass diese Skala Items mit Tätigkeiten enthält, die den Schülern aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht bekannt sein dürften. Zusätzlich kann das verbreitete, stereotypische Bild eines Naturwissenschaftlers, der in seinem Labor experimentiert, zur Ausprägung dieser Skala beigetragen haben.

Die einfaktorielle Varianzanalyse ergab, dass eine Abhängigkeit des Zustimmungswertes vom Testzeitpunkt vorlag ( $F(2;144) = 6,73; p < 0,01$ ; partielles  $\eta^2 = 0,09$ ;  $N = 73$ ). Bei den paarweisen Vergleichen ergaben sich die in der Tabelle 6.17 dargestellten Werte. Es zeigte sich, dass sich der Mittelwert aus dem Pre-Test (MW = 2,15; SD = 0,44) von dem Mittelwert des Post-Tests (MW = 2,34; SD = 0,46) sehr signifikant ( $p \leq 0,01$ ) unterscheidet. Bei der dazu berechneten Effektstärke von  $f = 0,31$  handelt es sich nach Cohen (1988) um einen mittleren bis starken Effekt. Es ist plausibel diese Steigerung der Zustimmungswerte auf den Einfluss des Schülerlabors zurückzuführen, denn während des Programms im Schülerlabor wurden diverse experimentelle Tätigkeiten thematisiert und auch von den Schülern ausgeübt (vgl. Kapitel 3). Die Bearbeitung des Post-Tests direkt im Anschluss an den Schülerlaborbesuch stand daher vermutlich noch stark unter dem Eindruck des zuvor durchlaufenen Programms.

Für die zwei weiteren Vergleiche zwischen den Testzeitpunkten (zwischen Post-Test und Follow-up-Test sowie zwischen Pre-Test und Follow-up-Test) ergab die Varianzanalyse keine signifikanten Unterschiede zum Follow-up-Test (MW = 2,26; SD = 0,40). Somit ist die Veränderung der Schülerbewertungen vom Post- zum Follow-up-Test zwar vergleichsweise gering, aber doch so groß, dass kein signifikanter Unterschied zwischen Pre-Test und Follow-up-Test festzustellen war. Der bereits ursprünglich sehr hohe Zustimmungswert im Pre-Test konnte somit durch das Schülerlabor kurzfristig erhöht und damit in der intendierten Weise beeinflusst werden. Er näherte sich jedoch im Laufe von vier Monaten, das heißt bis zum Follow-up-Test, wieder dem Ausgangswert.

**Tabelle 6.17:** Paarweise Vergleiche der Mittelwerte der Skala *Realistic* (vgl. Tabelle 6.15).

Testzeitpunkte		Mittlere Differenz	Signifikanz p
Pre-Test	→ Post-Test	-0,19	< 0,01
Post-Test	→ Follow-up-Test	0,08	0,40
Pre-Test	→ Follow-up-Test	-0,11	0,13

### Die Skala zum Tätigkeitsbereich *Investigative & Artistic*

Die Skala *Investigative & Artistic* beinhaltete Tätigkeiten-Items, die im Zusammenhang mit der Neukonzeption von Theorien, Messverfahren und -geräten standen, wie zum Beispiel *Neue Messgeräte entwickeln* und *Neue Versuchsaufbauten konstruieren*. Wie der Abbildung 6.17b) zu entnehmen ist, wurde von den Schülern der Interventionsstudie einer regelmäßigen Beschäftigung von Naturwissenschaftlern mit diesen Tätigkeiten im Pre-Test durchschnittlich zugestimmt (MW= 1,80; SD= 0,47). Beim Post-Test direkt nach dem Schülerlaborbesuch wurde ebenfalls ein hoher Zustimmungswert festgestellt, aber mit größerer Streuung (MW= 1,80; SD= 0,66). Da Tätigkeiten dieser Skala nicht explizit im Schülerlabor thematisiert wurden, waren auch keine deutlichen Änderungen von Pre- zu Post-Test zu erwarten gewesen. Im Follow-up-Test liegt der Mittelwert (MW= 1,71; SD= 0,51) leicht unter dem der vorherigen Tests, aber wie die Varianzanalyse zeigte, gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Testzeitpunkten ( $F(2, 144) = 1,35; p = 0,26$ ). Somit ist in Übereinstimmung mit den Erwartungen kein Einfluss des Schülerlabors auf die Vorstellungen der Schüler über Tätigkeiten der Skala *Investigative & Artistic* nachweisbar.

### Die Skala zum Tätigkeitsbereich *Social*

In der Skala *Social* kamen Tätigkeiten-Items vor, bei denen es um die Unterstützung bzw. Betreuung von Studierenden durch Naturwissenschaftler ging, wie zum Beispiel *Lehrveranstaltungen vorbereiten und durchführen* und *Fragen von Studierenden beantworten*. Inwieweit die Schüler den Tätigkeiten-Items dieser Skala zustimmten oder sie ablehnten, ist in der Abbildung 6.17c) dargestellt (bzw. in Tabelle 6.15). Dabei wurden sowohl im Pre-Test (MW= 1,08; SD= 0,52) und im Post-Test (MW= 1,11; SD= 0,68) als auch im Follow-up-Test (MW= 0,95; SD= 0,62) Mittelwerte nahe bzw. Medianwerte bei eins festgestellt, so dass auf der vierstufigen Likert-Skala von Ablehnung zu sprechen ist. Mithilfe der Varianzanalyse wurde bestätigt, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen jeweils zwei der drei Testzeitpunkte existieren ( $F(2, 144) = 2,48; p = 0,09$ ). Vom Pre-Test zum Post-Test zeigt sich - wie auch bei der Skala *Investigative & Artistic* - eine Vergrößerung der Standardabweichung und das oberste Quartil reicht bis zur stärksten Zustimmung (*stimmt völlig* = 3). Dies kam möglicherweise dadurch zustande, dass die Schüler eine Beschäftigung der Naturwissenschaftler mit Tätigkeiten dieser Skala im Post-Test unter dem Eindruck des Schülerlaborbesuchs, bei dem auch Studierende mitwirkten, für eher möglich hielten als noch im Pre-Test. Im Follow-up-Test ließ sich dies jedoch nicht wiederfinden.

Im Vergleich mit den anderen Bereichen der wissenschaftlichen Tätigkeiten erreichte die Skala *Social* an allen drei Testzeitpunkten die geringsten Mittelwerte (vgl. Tabelle 6.15). Einerseits konnte das daran liegen, dass Tätigkeiten wie die Betreuung von Studierenden kaum bekannt sind und wenig wahrgenommen werden. Andererseits wurden im Schülerlaborprogramm andere Tätigkeitsbereiche stärker betont. So wurden beispielsweise Tätigkeiten, die mit der Skala *Realistic* abgefragt wurden, von Schülern selbst durchgeführt.

Die geringe Zustimmung kann als Indiz dafür gesehen werden, dass in den Schülervorstellungen Tätigkeiten im Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern, wie sie in dieser Skala *Social* vorkamen, eine vergleichsweise untergeordnete Rolle spielen. Da an Interaktionen, wie einer Betreuung von Studierenden oder einer Vorlesung, stets mehrere Personen beteiligt sind, passen die

mit dieser Skala gefundenen geringen Mittelwerte auch zu Ergebnissen der explorativen Studie, wonach in nur 13% der von den Schülern dargestellten Situationen aus dem Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern mehrere Personen vorkamen (vgl. Abb. 5.12 auf S. 101). Ein Einfluss des Schülerlabors auf die Tätigkeiten-Items der Skala *Social* war somit nicht zu erkennen.

### Die Skala zum Tätigkeitsbereich *Enterprising*

Die Ergebnisse der Skala *Enterprising*, zu der Tätigkeiten-Items gehören wie *eine Arbeitsgruppe leiten* und *Fachvorträge halten*, sind in der Abbildung 6.17d) dargestellt. Es fällt auf, dass es vom Pre-Test (MW= 1,68; SD= 0,51) zum Post-Test (MW= 2,20; SD= 0,56) eine deutliche Steigerung hin zu mehr Zustimmung gab. Vom Post-Test zum Follow-up-Test (MW= 1,96; SD= 0,59) gab es hingegen eine leichte Verringerung der Zustimmungswerte. Die Varianzanalyse belegt, dass ein Haupteffekt durch den Testzeitpunkt vorlag ( $F(2; 144) = 27,07; p < 0,01$ ; partielles  $\eta^2 = 0,27$ ). Nach der Einteilung von Cohen (1988) handelt es sich dabei mit  $f = 0,61$  um einen starken Effekt. Die Post-hoc Überprüfungen (paarweisen Vergleiche) zwischen den einzelnen Testzeitpunkten führten zu den Ergebnissen in Tabelle 6.18.

**Tabelle 6.18:** Paarweise Vergleiche der Mittelwerte der Skala *Enterprising* (vgl. Tabelle 6.15).

Testzeitpunkte		Mittlere Differenz	Signifikanz p
Pre-Test	→ Post-Test	-0,52	< 0,01
Post-Test	→ Follow-up-Test	0,24	< 0,01
Pre-Test	→ Follow-up-Test	-0,28	< 0,01

Danach ist zunächst ein Unterschied zwischen Pre-Test und Post-Test festzustellen, der sehr signifikant ( $p < 0,01$ ) ausfällt. Trotz eines ebenfalls sehr signifikanten Rückgangs der Zustimmung vom Post-Test zum Follow-up-Test liegt insgesamt vom Pre-Test zum Follow-up-Test noch eine sehr signifikante Steigerung der Zustimmung vor. Da die Steigerung vom Pre- zum Post-Test auftrat, ist stark davon auszugehen, dass der Besuch im Schülerlabor diesen Trend im Zustimmungsverhalten ausgelöst hat.

Im Pre-Test erhielt die Skala *Enterprising* im Vergleich mit den Mittelwerten anderer Tätigkeiten-Skalen lediglich eine moderate Zustimmung (vgl. Abb. 6.14). Die in der Skala enthaltenen Tätigkeiten spielten somit in den Schülervorstellungen offenbar *vor* dem Besuch im Schülerlabor eine eingeschränkte Rolle. Anders sieht es hingegen beim Post-Test aus: Hier erhielt die Skala *Enterprising* durchschnittlich deutlich höhere Zustimmungswerte, wie der Abbildung 6.15 zu entnehmen ist. Im Follow-up-Test liegt der Skalenmittelwert immer noch bei einem im Vergleich zu anderen Skalen mittleren bis hohen Zustimmungswert (vgl. Abb. 6.16).

Es ist plausibel, dass die Steigerung der Zustimmungswerte auf die Aktivitäten im Schülerlabor zurückzuführen ist, bei denen unter anderem in Arbeitsgruppen und Teams gearbeitet wurde. Des Weiteren wurden bei der „Schülerkonferenz“ gegen Ende des Programms von den Schülern Vorträge präsentiert, so dass sich die Schüler teils genau mit denjenigen Tätigkeiten beschäftigten, welche mit Items der Skala *Enterprising* erhoben wurden. Solche Aspekte von Kommunikation und Kooperation im Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern zu thematisieren war eines der erklärten Ziele des Schülerlaborprogramms. Wie die Auswertung des Post-Tests zeigte, war

der Eindruck direkt nach dem Schülerlaborprogramm besonders stark ausgeprägt und auch im Follow-up-Test vier Monate später noch feststellbar. Somit konnte speziell in diesem Bereich ein sehr signifikanter Einfluss durch das Schülerlaborprogramm auf die Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern festgestellt werden.

#### **Die Skala zum Tätigkeitsbereich *Conventional***

Tätigkeiten-Items wie *Versuchsdaten dokumentieren* und *Berechnungen durchführen* wurden im Rahmen der Skala *Conventional* erhoben, deren Ergebnisse in Abbildung 6.17e) dargestellt werden. Zu allen drei Testzeitpunkten erhielt die Skala vergleichsweise hohe Zustimmungswerte (MW= 2,13 bis MW= 2,16) und war somit stets unter den Skalen mit den höchsten Zustimmungswerten (vgl. Tabelle 6.15). Die Varianzanalyse ergab, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Testzeitpunkten vorlagen und somit auch kein Haupteffekt durch den Testzeitpunkt existierte ( $F(2; 144) = 0,17; p = 0,89$ ). Aufgrund der hohen Zustimmungswerte zur Skala wurden die darin vorkommenden Tätigkeiten offenbar von den Schülern als sehr regelmäßig im Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern vorkommend eingeschätzt. Dies war bereits im Pre-Test der Fall, so dass es sehr wahrscheinlich darauf zurückzuführen ist, dass den Schülern Tätigkeiten wie das Dokumentieren und das Berechnen aus dem naturwissenschaftlichen Schulunterricht bekannt waren und somit auch als regelmäßig auszuführende Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in den Schülervorstellungen vorkamen.

Tätigkeiten, die mit Items dieser Skala *Conventional* erhoben wurden, wurden ebenfalls während des Experimentierens im Schülerlabor von den Schülern durchgeführt, z.B. um Ergebnisse zu berechnen und zu dokumentieren. Dies hatte - möglicherweise aufgrund der ohnehin hohen Zustimmungswerte und weil es nicht extra thematisiert wurde - keinen signifikanten Einfluss auf den Post-Test, der direkt nach dem Schülerlaborprogramm stattfand. Möglicherweise war eine deutliche Steigerung aufgrund der hohen Ausgangswerte kaum noch möglich, so dass von einem sogenannten Deckeneffekt zu sprechen ist.

Im Vergleich mit den Ergebnissen der explorativen Studie (vgl. Kapitel 5) fällt auf, dass die inhaltsanalytisch entwickelten Tätigkeitskategorien *Dokumentieren* und *Auswerten/Berechnen* in der explorativen Studie mit deutlichem Unterschied seltener vorkamen als experimentelle Tätigkeiten, wie aus der Abbildung 5.6 hervorgeht (S. 92). Die beiden Skalen mit entsprechenden experimentellen Tätigkeiten (*Realistic*) bzw. Routineaufgaben (*Conventional*) wiesen hingegen im Pre-Test nahezu gleich hohe Zustimmungswerte auf (MW= 2,15 bzw. MW= 2,14). Im Post-Test und Follow-up-Test erlangte jedoch die Skala *Realistic* wieder eine stärkere Zustimmung, so dass deren Tätigkeiten offenbar als bedeutender eingeschätzt wurden.

Bereits im Pre-Test wiesen die Tätigkeiten-Items der Skala *Conventional* hohe Zustimmungswerte auf, sehr wahrscheinlich weil die Tätigkeiten unter anderem aus dem Schulunterricht bekannt waren. Da Tätigkeiten dieser Skala während eines Schülerlaborbesuchs nicht explizit hervorgehoben wurden, gab es vermutlich nicht ausreichend Gründe für die Schüler ihre Zustimmung darüberhinaus deutlich zu erhöhen. Daher zeigten sich im Verlauf der drei Tests keine signifikanten Veränderungen und ein Einfluss des Schülerlaborbesuchs auf die Vorstellungen der Schüler bezüglich Tätigkeiten dieser Skala konnte somit nicht nachgewiesen werden.

### **Die Skala zum Tätigkeitsbereich *Networking Projects***

Zu den Tätigkeitsbereichen des RIASEC-Modells war bei Wentorf et al. (2015) ein weiterer Bereich, der des *Networkings*, ergänzt worden. In der vorliegenden Arbeit war bei der Zusammenstellung der Skalen (vgl. Abschnitt 6.2.2) vor allem aus dieser Skala die neue Skala *Networking Projects* hervorgegangen, bei der es vorrangig um Kooperationen auf organisatorischer Ebene geht, wie beispielsweise in den Tätigkeiten-Items *Fächerübergreifende Projekte durchführen* und *Austausch mit Naturwissenschaftlern von anderen Universitäten* zum Ausdruck kommt. Bei den Ergebnissen dieser Skala in der Abbildung 6.17f) und in der Tabelle 6.15 ist zu erkennen, dass mit Median- und Mittelwerten im Bereich von 1,92 bis 2,05 einer regelmäßigen Ausübung von Tätigkeiten dieser Skala im Durchschnitt deutlich zugestimmt wurde. Im Pre-Test war die Skala *Networking Projects* im Vergleich mit den übrigen Skalen eine mit deutlicher Zustimmung (Abb. 6.14). Im darauffolgenden Post- und Follow-up-Test wies sie weiterhin hohe Zustimmungswerte auf. Die Varianzanalyse lieferte keine Abhängigkeit vom Testzeitpunkt, so dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den Testzeitpunkten vorlagen ( $F(2; 144) = 1,77; p = 0,17$ ).

Ein Einfluss auf die bereits hohe Zustimmung zu dieser Skala war am ehesten durch die Präsentation des SFB Nanoswitches zu erwarten, der ein gemeinschaftliches Projekt verschiedener Fachrichtungen darstellt. In Übereinstimmung mit diesen Erwartungen wird ein geringer Anstieg des Mittelwertes der Skala vom Pre- zum Post-Test beobachtet, auch wenn dieser Anstieg nicht signifikant ausfällt. Von den in dieser Skala vorkommenden Tätigkeiten wurde jedoch von den Schülern selbst keine explizit ausgeführt. Insofern kann dies ein Grund dafür sein, dass keine statistisch signifikanten Veränderungen der Zustimmungswerte auftraten. Ein Einfluss auf Schülervorstellungen, die über die Tätigkeiten-Items dieser Skala *Networking Projects* erhoben wurden, konnte demnach nicht festgestellt werden.

### **Die Skala zum Tätigkeitsbereich *Networking Scientific***

Im Pre-Test erhielt die Aussage, dass Naturwissenschaftler sich regelmäßig mit Tätigkeiten zum wissenschaftlichen Austausch beschäftigen, wie sie mit Tätigkeiten-Items der Skala *Networking Scientific* erfasst wurden, weder eine deutliche Ablehnung noch eine Zustimmung (MW= 1,42; SD= 0,48). Zu dieser Skala *Networking Scientific* gehören beispielsweise die Tätigkeiten-Items *Konferenzen besuchen* und *Sich für Besprechungen treffen*. Im Vergleich mit den weiteren wissenschaftlichen Tätigkeitsbereichen erreichte die Skala im Pre-Test nach der Skala *Social* lediglich einen niedrigen Mittelwert (vgl. Abb. 6.14). Demnach wurde den zugehörigen Tätigkeiten aus Sicht der Schüler zunächst eine vergleichsweise geringe Bedeutung beigemessen. Im Post-Test, direkt im Anschluss an das Schülerlaborprogramm, erfuhr der Mittelwert dieser Skala jedoch eine erkennbare Steigerung (vgl. Abbildung 6.18a) und Tabelle 6.15). Im Follow-up-Test ist schließlich ein sehr geringes Absinken von Mittelwert und Median gegenüber dem Post-Test zu beobachten. Die Varianzanalyse zeigte, dass es einen Haupteffekt durch den Testzeitpunkt gab ( $F(2; 144) = 14,38; p < 0,01; \text{partielles } \eta^2 = 0,17$ ). Als Effektstärke ergab sich  $f = 0,45$ , die nach der Einteilung von Cohen (1988) einen starken Effekt bedeutet. Paarweise Vergleiche der Tests bestätigten die Unterschiede zwischen den verschiedenen Testzeitpunkten (Tabelle 6.19). Sowohl vom Pre- zum Post-Test als auch insgesamt vom Pre-Test zum Follow-up-Test ist somit ein hochsignifikanter Anstieg der Zustimmungswerte zu den Tätigkeiten-Items

**Tabelle 6.19:** Paarweise Vergleiche der Mittelwerte der Skala *Networking Scientific* (vgl. Tabelle 6.15).

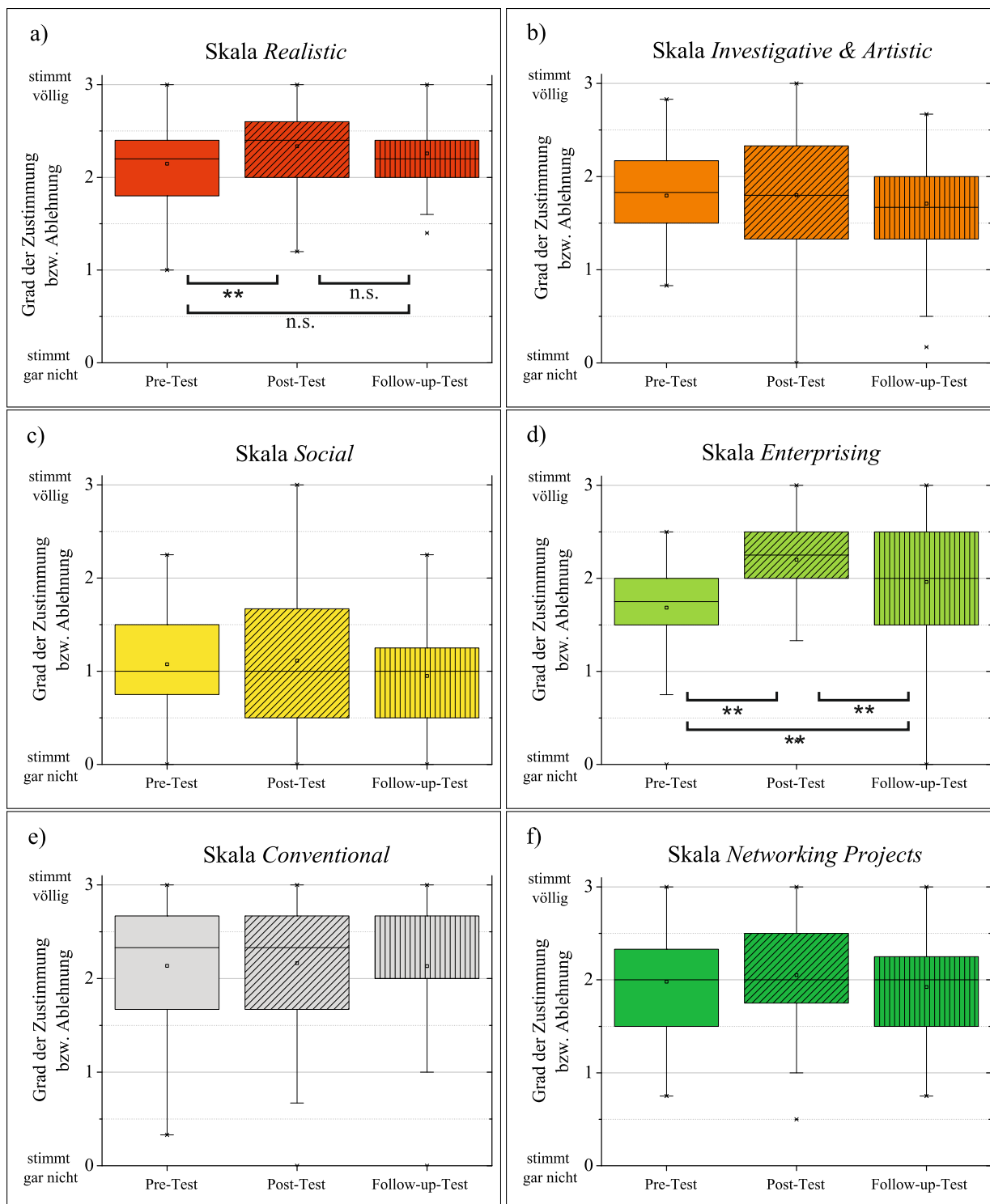
Testzeitpunkte		Mittlere Differenz	Signifikanz
Pre-Test	→ Post-Test	-0,35	< 0,01
Post-Test	→ Follow-up-Test	0,10	0,35
Pre-Test	→ Follow-up-Test	-0,25	< 0,01

dieser Skala zu verzeichnen. Dieser Anstieg lässt sich durch den Einfluss des Schülerlaborbesuchs und insbesondere durch die kommunikativen und kooperativen Aspekte des Programms erklären, denn die Tätigkeiten der in dieser Skala enthaltenen Items wurden fast alle explizit thematisiert oder sogar von den Schülern selbst durchgeführt (vgl. Kapitel 3). So bildeten die Schüler Gruppen bzw. Teams, innerhalb derer die verschiedenen Aufgaben und Experimente zu besprechen waren. Ihre Ergebnisse hielten sie in Form von „Schülerveröffentlichungen“ fest und präsentierten sie sich bei der gemeinsamen Konferenz. Zur eigenen Recherche von Fachliteratur blieben den Schüler während des Schülerlaborbesuchs nur wenig Möglichkeiten, aber es stand bereits Literatur zur Verfügung. Die Tätigkeiten dieser Skala wurden ebenfalls bei der Präsentation der Arbeitsweisen und der Organisation des SFB Nanoswitches besprochen, so dass auch dies zum Einfluss auf die Schülervorstellungen beigetragen haben kann.

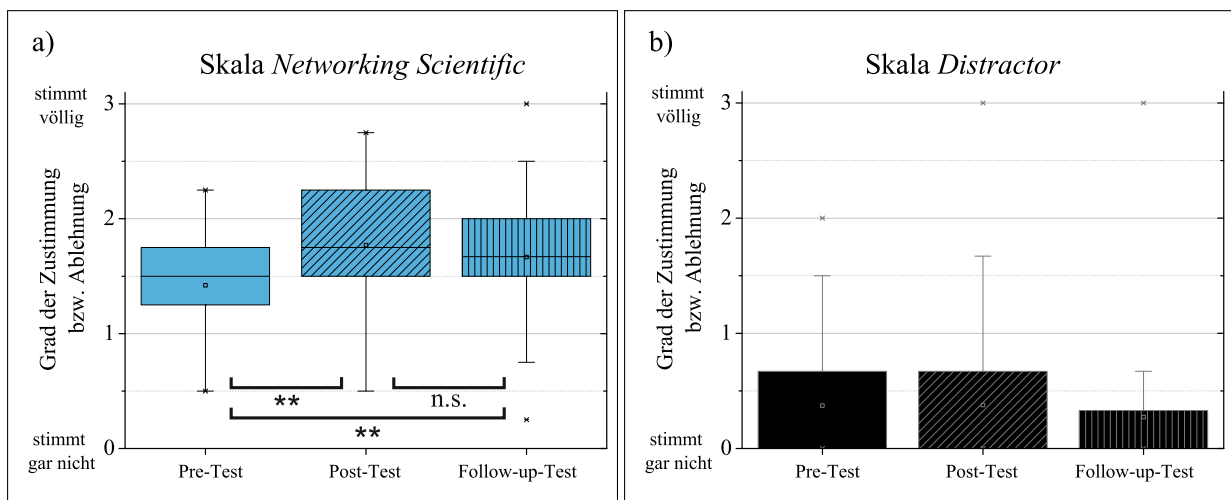
Ein Schülerlaborbesuch hatte somit einen Einfluss auf die Schülervorstellungen bezüglich der Tätigkeiten-Items dieser Skala. Dies lässt den Schluss zu, dass das Ziel des Schülerlabors, den Schülern ein authentischeres Bild von kommunikativen und kooperativen Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern zu vermitteln, erreicht wurde.

### Die Skala *Distractor*

Abschließend soll kurz auf die Distraktoren eingegangen werden, die zwar nicht zu den wissenschaftlichen Tätigkeiten zu zählen sind, aber trotzdem indirekt Auskunft über Schülervorstellungen zu Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern erlauben. Der Vergleich mit den Skalen wissenschaftlicher Tätigkeiten zeigt, dass die Items der Skala *Distractor* mit Medianwerten bei Null und Mittelwerten unter 0,4 deutlich abgelehnt werden (vgl. Abbildung 6.18b) und Tabelle 6.15). Das leichte Absinken des Mittelwertes vom Post-Test zum Follow-up-Test muss nach Prüfung auf Abhängigkeit vom Testzeitpunkt mittels Varianzanalyse ( $F(2; 144) = 1,50$ ;  $p = 0,23$ ) als nicht signifikante Änderung bewertet werden. Der Schülerlaborbesuch hatte demnach erwartungsgemäß keinen Einfluss auf die Tätigkeiten-Items der Skala *Distractor*.



**Abbildung 6.17:** Boxplots der Zustimmung bzw. Ablehnung durch die Schüler zu Tätigkeitsbereichen (Skalen) im Verlauf der drei Testzeitpunkte. Markierung von *sehr signifikanten* (\*\* für  $p < 0,01$ ) bzw. *nicht signifikanten* (n.s.) Änderungen im Falle eines Haupteffektes bei varianzanalytischer Untersuchung (vgl. Tabelle 6.16). Der Anstieg für die Skala *Enterprising* lässt sich plausibel durch den Einfluss des Schülerlaborbesuchs erklären.



**Abbildung 6.18:** Im Verlauf der drei Testzeitpunkte von den Schülern angegebene Zustimmung bzw. Ablehnung zu den Skalen *Networking Scientific* und *Distractor*. Für die Skala *Networking Scientific* ließ sich mittels Varianzanalyse über den Testzeitraum insgesamt ein sehr signifikanter Anstieg ( $p < 0,01$ ) der Zustimmungswerte nachweisen, welcher sich durch den Besuch im Schülerlabor erklären lässt.

## 6.4 Zusammenfassung der Interventionsstudie

In der Interventionsstudie wurde gemäß der zweiten Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit der Einfluss eines Besuchs im Schülerlabor SCIphyLAB\_nano auf die Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern untersucht.

Dazu wurde zunächst ein Fragebogen entwickelt, mit dem für eine Vergleichbarkeit von Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern die entsprechenden Vorstellungen quantitativ erfasst werden können. Im Unterschied zu bisherigen Fragebögen wurden speziell für den Einsatz im Schülerlabor Bild-Items entwickelt, um den Fragebogen für Schüler ansprechender zu gestalten und um weniger lesestarken Schülern eine Bearbeitung des Fragebogens zu erleichtern. Für den Fragebogen der vorliegenden Untersuchung wurden zum einen aus Fragebögen von Wentorf (2015a) und Stamer (2015), die im Verlauf der hier vorgestellten Untersuchungen verfügbar waren, Items über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern (Tätigkeiten-Items) ausgewählt und teils adaptiert. Außerdem waren im Rahmen der eigenen Untersuchungen in der explorativen Studie diverse Kategorien von Tätigkeiten gefunden worden, aus denen weitere Tätigkeiten-Items hervorgingen. Insgesamt wurden auf diese Weise 33 Tätigkeiten-Items zu Tätigkeitsbereichen zusammengestellt, wobei im Hinblick auf das Programm des Schülerlabors besonders organisatorische und kooperative Tätigkeiten berücksichtigt wurden. Als Basis für diese Zusammenstellung wurde das RIASEC+N-Modell (vgl. Unterabschnitt 2.2.2.2) verwendet, so dass beispielsweise im Tätigkeitsbereich *Networking* der Aussage zugestimmt oder diese abgelehnt werden kann, dass sich Naturwissenschaftler regelmäßig mit der Tätigkeit *Konferenzen besuchen* beschäftigen. Im Unterschied zum zuvor genannten Modell wurden bei der vorliegenden Untersuchung drei Distraktoren eingesetzt (Bereich *Distractor*) und der Tätigkeitsbereich *Conventional* wurde nicht berücksichtigt, weil dessen Tätigkeiten im Schülerlabor eine untergeordnete Rolle spielten. Nach der Auswahl und der Zusammenstellung von Tätigkeiten-Items wurden für 14 Items Bilder entwickelt und diese im Fragebogen integriert (Bild-Items). Um die Wirkung dieser Bild-Items auf die Schüler zu untersuchen wurde ein separater Fragebogenteil verwendet, mit welchem beispielsweise die Verständlichkeit und der Spaß bei der Bearbeitung der Bild-Items abgefragt wurden. In einem weiteren Fragebogenteil wurde zur Differenzierung der Schüler gemäß ihrer Lesekompetenz ein der Altersgruppe entsprechender und bereits erprobter sogenannter C-Test eingesetzt.

Zur Überprüfung des neu entwickelten Fragebogenteils über Tätigkeiten hinsichtlich gängiger Gütekriterien wurde eine Erprobung des Fragebogens durchgeführt. Für diese Erprobung wurden Daten von 245 Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9 von Gymnasien und Gesamtschulen hauptsächlich aus dem Raum Aachen herangezogen. Die Daten aus dieser Erprobung dienten insbesondere dazu die Güte der Zusammenstellung der Tätigkeiten-Items zu Bereichen (Skalen) zu untersuchen. Auf Basis einer dazu durchgeführten exploratorischen Faktorenanalyse wurden insgesamt sieben Skalen wissenschaftlicher Tätigkeitsbereiche gebildet. Es zeigte sich, dass die Skalen *Realistic*, *Social* und *Enterprising* bis auf kleinere Änderungen auch in der vorliegenden Untersuchung gefunden werden konnten. Die Skalen *Investigative* und *Artistic* hingegen wurden dabei zu einer gemeinsamen Skala zusammengefasst. Zudem ergab sich, dass statt der Verwendung des ursprünglichen Tätigkeitsbereichs *Networking* der Einsatz von zwei Skalen

mit unterschiedlichen Schwerpunkten sinnvoll war. So wurde zum einen die Skala *Networking Scientific* gebildet, bei der es um Kooperation unter Naturwissenschaftlern zum Beispiel im Rahmen von Konferenzen geht, und zum anderen die Skala *Networking Projects*, die projektbezogene Kooperationen zum Beispiel zwischen Fachrichtungen und Universitäten erfasst. Des Weiteren wurde mit Tätigkeiten-Items wie *Versuchsdaten dokumentieren* die Skala *Conventional* gebildet, welche im ursprünglichen RIASEC-Modell Routinetätigkeiten beschreibt (vgl. Unterabschnitt 2.2.2.2). Für die Überprüfung der Zuverlässigkeit der neu gebildeten Skalen wurden Reliabilitätswerte von 0,50 bis 0,70 errechnet, welche in Anbetracht der Bilder und des Ersteinsatzes des Fragebogenteils als akzeptabel angesehen werden.

Eine Bewertung der Tätigkeiten-Items hinsichtlich ihrer Darstellungsform ergab, dass die Text-Items von den Schülern zwar mehrheitlich als besser verständlich bewertet wurden, gleichzeitig aber nicht auf den Einsatz der Bild-Items verzichtet werden sollte. Deutliche Zustimmung erhielten dabei Aussagen, nach denen die Bild-Items den Fragebogen interessanter machen und mehr Spaß bei seiner Bearbeitung bringen als Text-Items. Die Differenzierung in lesestarke und leseschwache Schüler entsprechend der erreichten Punktzahl im Leseverständnistest (C-Test) ergab, dass sich die beiden Schülergruppen bei ihrer Bewertung der Bild-Items hinsichtlich der Verständlichkeit und der Erfassbarkeit signifikant unterschieden. So stimmten über 60% der lesestarken Schüler Aussagen zu, nach denen bei den Tätigkeiten-Items der Text besser verständlich sei und Bilder nicht leichter erfassbar seien, während es bei den leseschwachen Schülern durchschnittlich keine deutliche Mehrheit bei den Aussagen für oder gegen Text- bzw. Bilder-Items gab. Bezüglich der übrigen Bewertungen zeigten sich jedoch keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den Schülern mit unterschiedlicher Lesekompetenz. Die Bild-Items sind demnach insgesamt dazu geeignet die Bearbeitung des Fragebogens ansprechender zu gestalten, wie es für den Einsatz im Schülerlabor beabsichtigt wurde. Zudem deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Bild-Items die Fragebogenbearbeitung für leseschwächere Schüler etwas erleichtern.

Einige Items im Fragebogenteil zur Bewertung dienten außerdem dazu Tätigkeiten-Items zu identifizieren, die von den Schülern nicht im intendierten Sinn verstanden wurden. Dabei wurde aufgrund von Schülerangaben ein Distraktor (Item: *Fussball spielen*) gefunden, welcher vermutlich die Schüler vor allem durch die Position als eines der ersten Items und als Bild irritierte und nicht durch die Darstellung selbst. Um diesen Umstand zu ändern wurden dieser Distraktor und ein zweiter Distraktor in Textform für die weiteren Untersuchungen vertauscht. Ansonsten wurden keine Schwierigkeiten bei der Bearbeitung des Fragebogens festgestellt, so dass der Fragebogen - abgesehen von der Vertauschung der zwei Items - für die Hauptuntersuchung im Wesentlichen unverändert beibehalten wurde.

Nach der Entwicklung und Evaluation des Fragebogens wurden Untersuchungen mit einem Schülerlaborbesuch als Intervention durchgeführt. Die Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern wurden dazu bei Schulklassen jeweils einmal vor einem Besuch im Schülerlabor in der Schule erhoben (Pre-Test), dann direkt im Anschluss an den Schülerlaborbesuch noch vor Ort (Post-Test) und schließlich vier Monate nach dem Besuch wieder in der Schule (Follow-up-Test). Vier Schulklassen der Jahrgangsstufe 8 eines Aachener Gymnasiums durchliefen dieses Studiendesign, so dass Datensätze von insgesamt 73 Schülern für die Aus-

wertung der Tests vorlagen. Von den in der Erprobung entwickelten Skalen erhielten im Pre-Test die Skalen *Realistic* (experimentelle Tätigkeiten) und *Conventional* (Routinetätigkeiten) die höchsten Zustimmungswerte, während die Skala *Social* (u.a. Unterstützung von Studierenden) eher abgelehnt wurde. Varianzanalytische Auswertungen ergaben für die drei Skalen *Realistic*, *Enterprising* und *Networking Scientific* jeweils einen sehr signifikanten Anstieg von Pre- zu Post-Test. Für die beiden Skalen *Enterprising* und *Networking Scientific* war auch über alle Erhebungszeitpunkte, das heißt vom Pre-Test zum Follow-up-Test, noch ein sehr signifikanter Einfluss feststellbar. Tätigkeiten dieser beiden Skalen, die vor allem den wissenschaftlichen Austausch und die Organisation von Arbeitsgruppen betrafen, waren insbesondere im Schülerlabor behandelt und teils von den Schülern selbst durchgeführt worden. Vieles deutet daher darauf hin, dass der Einfluss auf die Aktivitäten im Rahmen des Schülerlaborbesuchs zurückgeführt werden kann. Angesichts der vergleichsweise kleinen Stichprobe (73 Schüler) und des Ersteinsatzes des entwickelten Fragebogens können die Ergebnisse zwar als erste Hinweise gewertet werden, dass ein Besuch im Schülerlabor SCIphyLAB\_nano zu einem adäquateren Bild der Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern beitragen kann, jedoch sollte dies mit größeren Schülerzahlen untermauert werden.

## 7 Zusammenfassung der Arbeit und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde am Beispiel des Schülerlabors SCIphyLAB\_nano an der RWTH Aachen eine Möglichkeit aufgezeigt einen Beitrag zu adäquaten Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern zu leisten. Dafür wurde zum einen das Schülerlabor mit der Zielsetzung, die genannten Schülervorstellungen zu beeinflussen, konzipiert und aufgebaut. Zum anderen wurden Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern mit dafür entwickelten Erhebungsinstrumenten zuerst in einer explorativen Studie und anschließend in einer Interventionsstudie erhoben und die entsprechenden Daten ausgewertet.

Vielfältige Gründe sprechen dafür, dass Schüler adäquate Vorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern in ihrem Arbeitsalltag haben sollten. Hierzu zählt ihr Einfluss auf konkrete Berufsperspektiven der Schüler. Trotzdem gibt es erst wenige fachdidaktische Arbeiten, bei denen sich explizit mit der Untersuchung von Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern befasst wurde (Wentorf et al., 2015; Stamer, Pönicke et al., 2018). Bei Untersuchungen von Schülervorstellungen über Wissenschaftler als Personen wurde im fachdidaktischen Themenbereich *Natur der Naturwissenschaften* wiederholt festgestellt, dass stereotypische Vorstellungen vorherrschten (z.B. dass Naturwissenschaftler männlich seien und weiße Kittel tragen (Chambers, 1983)). Bei Untersuchungen von Schülervorstellungen in diesem Kontext, die vor allem auf Studien aus dem englischen Sprachraum basierten, konnten die Schülervorstellungen als nicht adäquat bezeichnet werden (Höttecke, 2001).

Aus diesem Grund zielte die erste Forschungsfrage darauf zu ermitteln, welche Vorstellungen Schüler der Jahrgangsstufen 8 und 9 aktuell über Naturwissenschaftler und ihre Tätigkeiten besitzen. Zur Untersuchung solcher Schülervorstellungen war zunächst ein geeignetes Erhebungsinstrument erforderlich. Dafür wurde in Anlehnung an das *Draw-A-Scientist-Test-Format* (Chambers, 1983), welches zur zeichnerischen Erhebung von Vorstellungen über Naturwissenschaftler eingesetzt wurde und welches kritisiert wurde, weil es möglicherweise stereotypische Vorstellungen provoziert (vgl. Unterabschnitt 2.2.2.1 bzw. Wentorf et al., 2015), ein eigenes Erhebungsinstrument entwickelt, das unter Berücksichtigung der Kritik und entsprechend der eigenen Fragestellung modifiziert wurde. Im Unterschied zu anderen Erhebungsinstrumenten werden beim neu entwickelten Erhebungsinstrument der vorliegenden Arbeit Schüler dazu aufgefordert *drei* Zeichnungen anzufertigen statt *einer* Zeichnung und *Situationen* aus dem Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern darzustellen anstelle einer Person. Darüberhinaus kann eine Situation auch in einem Textfeld erläutert werden. Auf diese Weise erhalten Schüler die

Möglichkeit ihre Vorstellungen von z.B. aufeinanderfolgenden Situationen oder unterschiedlichen Tätigkeiten, Personen und Gegenständen sehr frei zu gestalten. Mit der Offenheit des Erhebungsinstrumentes wurde eine möglichst breite Erfassung von Vorstellungen der Schüler über den Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern und ihren Tätigkeiten angestrebt. Im Rahmen der explorativen Studie wurden für diese explorative Erhebung Daten von zehn Klassen der Jahrgangsstufen 8 und 9 in Aachener Schulen erhoben. Dabei wurden auswertbare Daten von 189 Schülern erfasst, die insgesamt 436 Situationen darstellten (2,3 Situationen pro Person). Aus diesen Situationen wurden gemäß der Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) Kategorien von Tätigkeiten aus dem Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern entwickelt, welche anschließend zusätzlich quantitativ ausgewertet wurden. Es konnten dabei mehrere Tätigkeiten in einer einzigen Situation vorkommen. Im Zuge der Inhaltsanalyse wurden neben Tätigkeiten der Naturwissenschaftler ebenfalls weitere Merkmale, wie die Anzahl der Personen, Gegenstände und Orte des Geschehens, erfasst.

Die Auswertung ergab, dass mit deutlichem Abstand in den meisten Situationen (>75%) Tätigkeiten identifiziert wurden, die der Kategorie *Experimentieren* zugeordnet werden konnten. In der Reihenfolge ihrer Häufigkeit folgen dann Tätigkeiten der Kategorie *Arbeiten mit Theorien, Dokumentieren, Auswerten/Berechnen* und *Vortragen/Diskutieren*. Ein überragend hoher Anteil von Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Experimentieren zeigte sich auch in einer Untersuchung von Reinisch et al. (2017) in den Darstellungen von angehenden Lehrkräften. Im Unterschied zu der genannten Studie wurden in der explorativen Studie dieser Arbeit jedoch mehr und auch andere naturwissenschaftliche Tätigkeiten identifiziert, wobei gleichzeitig generell weniger stereotypische Merkmale von Naturwissenschaftlern vorgefunden wurden.

Speziell im Hinblick auf die seinerzeit geplanten Aktivitäten im Schülerlabor wurden die erfassten Situationen auch auf kommunikative und kooperative Tätigkeiten unter Naturwissenschaftlern hin untersucht. Der Anteil von Situationen mit solchen Tätigkeiten war in Anbetracht der Bedeutung im heutigen Forschungsalltag vergleichsweise gering (<14%), so dass großes Potenzial für eine Thematisierung im Schülerlabor gesehen wurde, um Schülern ein aktuelles Bild zu vermitteln.

Ein Vergleich mit einer eigenen Erhebung bei 18 Schülern, die eine Schüleruniversität besuchten, zeigte, dass mit dem Erhebungsinstrument auch komplexe, zusammenhängende Situationen und Tätigkeiten erfassbar waren. Die explorative Studie lieferte somit einen ausführlichen Einblick in aktuell vorhandene Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern, die teils durch den naturwissenschaftlichen Unterricht geprägt zu sein scheinen und auf die dadurch noch mehr Einfluss möglich ist. Während in den dargestellten Vorstellungen in geringem Maße auch stereotypische Merkmale von Naturwissenschaftlern vorkamen, waren vereinzelt auch sehr elaborierte Vorstellungen festzustellen. Mit dem neu entwickelten Erhebungsinstrument der explorativen Studie wurde eine Möglichkeit zur differenzierten Darstellung und Erfassung von Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern geschaffen. Die erste Forschungsfrage wurde somit umfassend beantwortet.

Parallel zur explorativen Studie wurde das Konzept des neuen Schülerlabors SCIphyLAB\_nano ausgearbeitet, welches darauf ausgerichtet wurde am Beispiel eines größeren Forschungsprojektes, des Sonderforschungsbereiches SFB Nanoswitches (SFB 917, 2019), den Schülern zeit-

---

gemäße Forschungsaktivitäten im Bereich der Nanotechnologie sowie insbesondere kommunikative und kooperative Tätigkeiten des naturwissenschaftlichen Arbeitsalltags näherzubringen. Dabei werden in Anlehnung an die Idee von Planspielen im Schülerlabor Aktivitäten wie arbeitsteilige Gruppenarbeiten und eine Schülerkonferenz in das Programm aufgenommen, so dass die Schüler die Rollen von Naturwissenschaftlern übernehmen können und für einen Tag Teil einer kleinen Forschungsgemeinschaft werden. Das Programmangebot des Schülerlabors wurde insbesondere für Schüler der Jahrgangsstufen 8 und 9 von Gymnasien und Gesamtschulen konzipiert. Im Rahmen des Promotionsvorhabens wurden zwei Tagesprogramme, die Module *Nanowelt* und *Datenspeicher der Zukunft*, entwickelt. Diese beiden Module wurden inklusive zugehöriger Experimente präsentiert, um einen Eindruck von den Aktivitäten während eines Schülerlaborbesuchs zu vermitteln, welcher für die im Anschluss durchgeführte Studie als Intervention diente.

Gegenstand der zweiten Forschungsfrage war eine Untersuchung des Einflusses eines Besuchs im Schülerlabor SCIphyLAB\_nano auf die Vorstellungen der Schüler bezüglich der Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern. Dieser Forschungsfrage wurde im Rahmen der Interventionsstudie nachgegangen. Dafür wurde ein Fragebogen entwickelt, mit dem quantitative Unterschiede zwischen Schülervorstellungen zu verschiedenen Erhebungszeitpunkten festgestellt werden konnten. Für diesen Fragebogen wurden Items zu naturwissenschaftlichen Tätigkeiten (Tätigkeiten-Items) zusammengestellt, welche aus Ergebnissen der explorativen Studie stammen und auf der Basis von Fragebögen von Wentorf (2015a) und Stamer (2015) entwickelt wurden. Die Tätigkeiten-Items wurden anschließend entsprechend dem RIASEC-Modell und dessen Erweiterung (Wentorf et al., 2015) verschiedenen Tätigkeitsbereichen zugeordnet. Speziell für den Einsatz im Schülerlabor wurden darüberhinaus etwa ein Drittel der Tätigkeiten-Items als Bilder integriert, um den Fragebogen ansprechender zu gestalten und um leseschwachen Schülern seine Bearbeitung zu erleichtern. Die Wirkung der Bilder sowie das Leseverständnis der Schüler wurde ebenfalls mit dem Fragebogen erhoben.

Im Rahmen einer Erprobung mit 245 Schülern wurde bei der Überprüfung gängiger Gütekriterien von Fragebögen insbesondere die Zusammenstellung der Tätigkeiten-Items zu Bereichen (Skalen) betrachtet und angepasst. Dabei ergaben sich insgesamt sieben Skalen zu naturwissenschaftlichen Tätigkeitsbereichen. Im Unterschied zu den von Wentorf et al. (2015) verwendeten Skalen wurden nun statt der ursprünglichen Skala *Networking* die zwei Skalen *Networking Scientific* und *Networking Projects* gebildet. Die Skala *Conventional* wurde neu aufgenommen und die beiden Skalen *Investigative* und *Artistic* wurden zusammengefasst. In Anbetracht der Tatsache, dass insgesamt 14 der 33 Tätigkeiten-Items als Bilder dargestellt wurden, ließen sich die Tätigkeitsbereiche in der vorliegenden Studie zufriedenstellend identifizieren. Die Auswertung der als Items eingesetzten Bilder ergab, dass diese aus Schülersicht zwar weniger gut verständlich bzw. erfassbar waren als die Items in Textform, aber dazu beitrugen, dass die Bearbeitung des Fragebogens mehr Spaß machte und interessanter war. Lesestärkere und leseschwächere Schüler unterschieden sich signifikant in ihrer Bewertung der Darstellungsform der Items, wobei die leseschwächeren Schüler zu gleichen Anteilen Bilder begrüßten bzw. ablehnten, während die lesestarken Schüler sie eher ablehnten. Insgesamt sprach sich so zwar die Mehrheit der untersuchten Schüler für die bessere Verständlichkeit der Text-Items aus, aber immerhin ein

Drittel der Schüler schätzte Bild-Items als leichter erfassbar ein. Desweiteren zeigte sich in den Daten der Erprobung, dass die Schüler ihr Wissen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern durchschnittlich eher gering einschätzten und angaben, es vorwiegend aus dem Schulunterricht zu haben. Knapp ein Drittel der Schüler gab an jemanden persönlich zu kennen, der als Naturwissenschaftler arbeite.

Für die Untersuchung des Einflusses des Schülerlabors wurden bei vier Schulklassen zu drei Zeitpunkten Erhebungen der Schülervorstellungen mittels Fragebogen durchgeführt, wobei 73 auswertbare Datensätze erfasst wurden. Eine Woche vor einem Schülerlaborbesuch fand ein Pre-Test in der Schule statt, ein Post-Test wurde direkt im Anschluss an das Programm im Schülerlabor durchgeführt und vier Monate nach dem Besuch wurden die Schülervorstellungen mit einem Follow-up-Test in der Schule nochmals erhoben. Im Pre-Test zeigte sich, dass experimentelle Tätigkeiten der Skala *Realistic* und Routinetätigkeiten der Skala *Conventional* die stärkste Zustimmung erhielten, was konsistent mit den Ergebnissen der explorativen Studie ist. Im Post-Test wurden im Vergleich zum Pre-Test bei einigen Skalen höhere Mittelwerte festgestellt, so dass sich ein Einfluss des Schülerlaborbesuches auf die Schülervorstellungen andeutete. Die varianzanalytische Auswertung ergab, dass bei den drei Skalen *Realistic*, *Enterprising* und *Networking Scientific* die Steigerungen statistisch signifikant waren. Insbesondere Tätigkeiten dieser Skalen waren im Programm des Schülerlabors thematisiert und teilweise von den Schülern durchgeführt worden, so dass es naheliegt die Steigerungen auf den Einfluss des Schülerlaborbesuchs zurückzuführen, wie z.B. auf kommunikative und kooperative Tätigkeiten im Rahmen der Schülerkonferenz. Insgesamt gesehen, das heißt vom Pre- zum Follow-up-Test, war für die Skalen *Enterprising* und *Networking Scientific* ebenfalls eine signifikante Steigerung der Zustimmung festzustellen. Dies legt die Schlussfolgerung nahe, dass der Einfluss des Schülerlaborbesuchs auf die Vorstellungen der Schüler über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern auch nach vier Monaten noch nachweisbar war.

Die im Kapitel 4 gestellten Forschungsfragen wurden somit beantwortet. Die Ergebnisse der Interventionsstudie deuten darauf hin, dass das Schülerlabor SCIphyLAB\_nano hilft, Schülern ein aktuelles Bild naturwissenschaftlicher Forschung zu vermitteln. Mit der vorliegenden Arbeit wurde daher sowohl ein fachdidaktischer Beitrag zur Schülervorstellungsforschung geleistet, als auch mit dem Konzept des Schülerlabors eine Möglichkeit zur Beeinflussung der Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern geschaffen.

## 7.1 Ausblick

In dieser Arbeit wurde der Einfluss eines Besuchs im Schülerlabor SCIphyLAB\_nano auf Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern bei einer Stichprobe von 73 Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9 untersucht. Insbesondere die in der Interventionsstudie gefundene Unterscheidung von Tätigkeiten im Bereich des projektbezogenen bzw. wissenschaftsbezogenen Networkings sollte jedoch mit größeren Fallzahlen und mit Schülern unterschiedlicher Schulformen und Jahrgangsstufen weiter untermauert werden.

Großes Potential für Folgearbeiten liegt in der Intensivierung der Idee eines Planspiels, welches in seiner jetzigen Form an einem einzelnen Besuchstag durchgeführt werden kann, aber längst nicht alle vielversprechenden Aspekte voll entfaltet. So könnten im Rahmen mehrtägiger Veranstaltungen - wie beispielsweise bei an der RWTH Aachen stattfindenden Schüleruniversitäten - Vorteile von Kommunikation und Kooperationen zwischen Schülergruppen durch mehrere Experimentier- und Reflexionsphasen noch besser erfahrbar und dadurch auch verstärkt werden. Bislang werden einmal bei einer *Schülerkonferenz* am Ende eines Schülerlaborbesuchs die von den Schülern herausgefundenen Ergebnisse bei Präsentationen und Diskussionen besprochen. In diesem Zusammenhang wäre eine Untersuchung von erkenntnistheoretischen Ansichten (epistemologischen Überzeugungen) der Schüler über naturwissenschaftliches Wissen interessant, denn es ist zu vermuten, dass diese Ansichten durch die eigene Auseinandersetzung sowie durch die Kenntnisse von Abläufen in der naturwissenschaftlichen Forschung beeinflusst werden. Eine Beschäftigung mit derartigem Metawissen, wie es im fachdidaktischen Themenbereich Natur der Naturwissenschaften behandelt wird, sollte nicht nur im Schülerlabor, sondern auch im Schulunterricht verstärkt geschehen und entsprechende Konzepte sollten näher untersucht werden, weil es für das Verständnis der Schüler von naturwissenschaftlich und gesellschaftlich relevanten Problemen wichtig ist.

Darüberhinaus bleibt zu untersuchen, ob Schülerlabore im Laufe der Jahre einen Einflussfaktor für Ausbildungs-, Studien- oder Berufswahlentscheidungen von Schülern darstellen. Es wäre plausibel, dass die Vorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern dabei eine wichtige Rolle spielen. Mit den sich stetig weiterentwickelnden Tätigkeitsfeldern von Naturwissenschaftlern bleibt die Vermittlung eines aktuellen Berufsbildes eine langfristige Aufgabe.



# Literaturverzeichnis

- AAAS - American Association for the Advancement of Science. (1990). *Science for all Americans*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- AAAS - American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Barthlott, W. & Neinhuis, C. (1997). Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta*, 202, 1–8.
- Baum, M. & Schwarzer, S. (2013). Wie dünn ist eine Seifenblase? Ein experimenteller Zugang zu Mikro- und Nanoschichten. *Chemkon*, 20(1), 25–28.
- Berger, K. (2012). *Bilder, Animationen und Notizen - Empirische Untersuchung zur Wirkung einfacher visueller Repräsentationen und Notizen auf den Wissenserwerb in der Optik* (Diss., Wien).
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (7. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Brandt, A. (2005). *Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors* (Diss., Göttingen).
- Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (3. Auflage). Hallbergmoos: Pearson.
- Chambers, D. W. (1983). Stereotypic Images of the Scientist: The Draw-A-Scientist Test. *Science education*, 67(2), 255–265.
- 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* (2nd). Lawrence Erlbaum Associates.
- Damerau, K. (2012). *Molekulare und Zell-Biologie im Schülerlabor: Fachliche Optimierung und Evaluation der Wirksamkeit im BeLL Bio (Bergisches Lehr-Lern-Labor Biologie)* (Diss., Universität Wuppertal).
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C. & Chai, C. S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education*, 95(6), 961–999.
- DFG - Deutsche Forschungsgemeinschaft. (2008). *40 Jahre Sonderforschungsbereiche (Beilage zur Deutschen Universitätszeitung)*. Berlin: RAABE.
- DFG - Deutsche Forschungsgemeinschaft. (2014). Daten zur Entwicklung des Programms Sonderforschungsbereiche (2014). Zugriff 10. April 2019 unter [http://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/programme/sfb/bericht\\_daten\\_entwicklung\\_sfb\\_2014.pdf](http://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/programme/sfb/bericht_daten_entwicklung_sfb_2014.pdf)
- DFG - Deutsche Forschungsgemeinschaft. (2019). Webseiten der DFG: Förderprogramme, Sonderforschungsbereiche. Zugriff 10. April 2019 unter [www.dfg.de/foerderung/programme/koordinierte\\_programme/sfb](http://www.dfg.de/foerderung/programme/koordinierte_programme/sfb)

- Diaz-Bone, R. (2006). *Statistik für Soziologen*. Konstanz: UVK Verlagsgesellschaft mbH.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham, UK, Bristol, USA: Open University Press.
- Duit, R. (1990). Trends der Forschung zum naturwissenschaftlichen Denken - Von Alltagsvorstellungen zur konstruktivistischen Sichtweise. In K. H. Wiebel (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven* (S. 112–131). Alsbach: Leuchtturmverlag.
- Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken* (Diss., Berlin).
- Farland-Smith, D. (2012). Development and Field Test of the Modified Draw-a-Scientist Test and the Draw-a-Scientist Rubric. *School Science and Mathematics*, 112(2), 109–116.
- Felker, L. & Borowski, A. (2014). Veränderung von Vorstellungen zu NAW mittels Lernstationen zum SFB 917. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht* (S. 468–470). Kiel: IPN.
- Finson, K. D. (2002). Drawing a Scientist: What We Do and Do Not Know After Fifty Years of Drawings. *School Science and Mathematics*, 102(7), 335–345.
- Finson, K. D., Beaver, J. B. & Cramond, B. L. (1995). Development and Field Test of a Checklist for the Draw-A-Scientist Test. *School Science and Mathematics*, 95(4), 195–205.
- Frank, C. (2014). *Arbeitswelt als Kontext: Empirische Grundlagen der Gestaltung berufsorientierender Lehr- und Lernprozesse für Naturwissenschaft und Technik* (Diss., Technische Universität Dresden).
- Ganteför, G. (2013). *Alles Nano oder was? Nanotechnologie für Neugierige*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften - Ein Studienbuch*. Wiesbaden: Springer VS.
- Glowinski, I. (2007). *Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen* (Diss., Christian-Albrechts-Universität zu Kiel).
- Grotjahn, R. (2002). Konstruktion und Einsatz von C-Tests: Ein Leitfaden für die Praxis. In R. Grotjahn (Hrsg.), *Der C-Test. Theoretische Grundlagen und praktische Anwendungen* (Bd. 4, S. 211–225). Bochum: AKS-Verlag.
- Guderian, P. (2007). *Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte* (Diss., HU Berlin).
- Guderian, P. & Priemer, B. (2008). Interessenförderung durch Schülerlaborbesuche. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 7, 27–36.
- Günther, J. (2006). *Lehrerfortbildung über die Natur der Naturwissenschaften - Studien über das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften* (Diss., Universität Würzburg).
- Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corette, P., Vorst, S., Zehren, W. & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor - Begriffsschärfung und Kategorisierung. *MNU*, 66(6), 324–330.
- Hermanns, G. (2016). *Entwicklung einer Station für ein Schülerlabor zum Rasterkraftmikroskop* (Staatsexamensarbeit, RWTH Aachen, I. Phys. Inst. IA).
- Heß, G. (2017a). Geisteswissenschaften im Labor - das Göttinger YLAB - Geisteswissenschaftliches Schülerlabor. *LeLa magazin, Ausgabe 18*, 12–13.

- Heß, G. (2017b). Workshop zu Schülerlaboren für die Geisteswissenschaften. *LeLa magazin, Ausgabe 18*, 14.
- Holland, J. L. (1963). Explorations of a theory of vocational choice and achievement: II. A four-year prediction study. *Psychological Reports*, 12, 547–594.
- Holland, J. L. (1997). *Making vocational choices: a theory of vocational personalities and work environments* (3. Aufl.). Odessa, Fla.: Psychological Assessment Resources.
- Höttecke, D. (2001). *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen* (Diss., Berlin).
- Höttecke, D. (2013). Rollen- und Planspiele in der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In J. Menthe, D. Höttecke, I. Eilks & C. Höble (Hrsg.), *Handeln in Zeiten des Klimawandels - Bewerten lernen als Bildungsaufgabe* (S. 95–111). Münster: Waxmann.
- Huwer, J. (2015). *Forschendes Experimentieren im Kontext einer naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung* (Diss., Universität des Saarlandes).
- Janssen, J. & Laatz, W. (2017). *Statistische Datenanalyse mit SPSS* (9. Auflage). Berlin: Springer Gabler.
- Joußen, N. (2015). *Entwicklung einer Schülerlaborstation zur Physik des Taschenwärmers als Analogie für Phasenwechselmaterialien bei Datenspeichern* (Staatsexamensarbeit, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, I. Phys. Inst. IA).
- Kampschulte, L. & Schwarzer, S. (2015). Eine Ausstellung entwickeln: Vernetzung von Schülerlabor und Unterricht durch schülerkuratierte Ausstellungen. *Unterricht Chemie - Naturwissenschaften im Unterricht*, 147, 30–36.
- Karpa, D., Lübbecke, G. & Adam, B. (Hrsg.). (2015). *Außerschulische Lernorte - Theorie, Praxis und Erforschung außerschulischer Lerngelegenheiten* (Band 31). Immenhausen, Kassel: Prolog.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Kernlehrplan. (2008). *Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen, Physik*. Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, Frechen: Ritterbach.
- Kircher, E. (2015). Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion. In E. Kircher, R. Girdwicz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik - Theorie und Praxis* (3. Auflage, Kap. 4, S. 107–140). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kircher, E., Girdwicz, R. & Häußler, P. (Hrsg.). (2015). *Physikdidaktik - Theorie und Praxis* (3. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Klick!-Schülerlabor. (2019). Webseiten des Schülerlabors Klick! Zugriff 10. April 2019 unter <http://www.forschungs-werkstatt.de/labore/klicklabor/>
- KMK - Kultusministerkonferenz. (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss*. München, Neuwied: Luchterhand.
- Koska, J. & Krüger, D. (2012). Nature of Science-Perspektiven von Studierenden. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 11, 115–127.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and instruction*, 12(4), 383–409.

- Kraynova, A. (2012). *Didaktische Rekonstruktion der Nanophysik - Analytische und empirische Untersuchungen in einem interdisziplinären Forschungsfeld* (1. Auflage). Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Kremer, K. H. (2010). *Die Natur der Naturwissenschaften verstehen - Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I* (Diss., Kassel).
- Krey, O. (2012). *Zur Rolle der Mathematik in der Physik - Wissenschaftstheoretische Aspekte und Vorstellungen Physiklernender* (Diss., Berlin).
- Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung. (2008). *C-Test Klasse 8. Überfall*. (unveröffentlicht). Hamburg.
- Lederman, N. G. (2008). Nature of Science: Past, Present, and Future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 831–879). New York: Routledge.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (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., Wade, P. D. & Bell, R. L. (1998). Assessing the Nature of Science: What is the Nature of Our Assessments? *Science and Education*, 7(6), 595–615.
- Leiß, F., Detemple, R. & Heinke, H. (2015). Planspiel zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (NAW) im Schülerlabor. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014* (S. 543–545). Kiel: IPN.
- Leiß, F., Detemple, R., Salinga, M. & Heinke, H. (2015). Nanoswitches - kleine Schalter, große Zukunft? *Praxis der Naturwissenschaften, Physik in der Schule*, 64(3), 29–32.
- LernortLabor. (2015). *Schülerlabor-Atlas 2015* (1. Aufl.) (Lernort Labor - Bundesverband der Schülerlabore e.V., Hrsg.). Markkleeberg: Klett MINT.
- LernortLabor. (2018a). *Gründungen von Schülerlaboren* (Lernort Labor - Bundesverband der Schülerlabore e.V., Hrsg.). Private Mitteilung.
- LernortLabor. (2018b). Webseite des Bundesverbandes der Schülerlabore. Zugriff 12. Mai 2018 unter [www.lernortlabor.de](http://www.lernortlabor.de)
- Losh, S. C., Wilke, R. & Pop, M. (2008). Some Methodological Issues with 'Draw a Scientist Tests' among Young Children. *International Journal of Science Education*, 30(6), 773–792.
- Markic, S. (2008). *Studies on Freshman Science Student Teachers' Beliefs about Science* (Diss., Universität Bremen).
- Mashkovskaya, A. (2013). *Der C-Test als Lesetest bei Muttersprachlern* (Diss., Universität Duisburg-Essen).
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse - Grundlagen und Techniken* (11. Auflage). Weinheim und Basel: Beltz.
- Mead, M. & Métraux, R. (1957). Image of the Scientist among High-School Students: A Pilot Study. *Science*, 126, 384–390.
- Mikelskis-Seifert, S. & Müller, C. T. (2005). Schülervorstellungen von der Physik als Wissenschaft - Eine Bestandsaufnahme. *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.

- Milsch, N., von Hoff, E., May, I. & Waitz, T. (2018). Interdisziplinäre Projekte zur Öffentlichkeitsarbeit im SFB 803. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimension. GDCP-Jahrestagung* (S. 617–620). Regensburg.
- MINT-Frühjahrsreport. (2018). *MINT - Offenheit, Chancen, Innovationen: Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall*. Institut der deutschen Wirtschaft. Köln.
- Mitchell, M. (1993). Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. *Journal of Educational Psychology*, 85(3), 424–436.
- Moore, G. E. (1965). Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics*, 38(8), 114–117.
- Müller, R. (2014). Wie die Wissenschaft funktioniert. *Praxis der Naturwissenschaften, Physik in der Schule*, 63(8).
- Mummendey, H. D. & Grau, I. (2008). *Die Fragebogen-Methode* (5. Auflage). Göttingen: Hogrefe.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington DC: National Academy Press.
- Neumann, I. & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen - Ähnlichkeiten und Unterschiede. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 209–232.
- Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe* (Diss.).
- QCA - Qualifications and Curriculum Authority. (1999). *The National Curriculum: Handbook for primary teachers in England*. London: Crown.
- Reinisch, B., Krell, M., Hergert, S., Gogolin, S. & Krüger, D. (2017). Methodical challenges concerning the Draw-A-Scientist Test: a critical view about the assessment and evaluation of learners' conceptions of scientists. *International Journal of Science Education*, 0693, 1–24.
- SAGSAGA. (2019). Webseiten der Gesellschaft für Planspiele in Deutschland, Österreich und der Schweiz e.V. Zugriff 10. April 2019 unter <http://www.sagsaga.org/index.php/forschung/definition>
- Scharfenberg, F.-J. (2005). *Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse* (Diss., Universität Bayreuth).
- Schecker, H., Parchmann, I. & Krüger, D. (2014). Formate und Methoden naturwissenschafts-didaktischer Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschafts-didaktischen Forschung* (Kap. 1, S. 1–15). Springer Spektrum.
- Schwarzer, S., Rudnik, J. & Parchmann, I. (2013). Chemische Schalter als potenzielle Lernschalter. *Chemkon*, 20(4), 175–181.
- SFB 1070. (2019). Website des SFB 1070 mit Schülerprojekten in Tübingen. Zugriff 10. April 2019 unter <https://uni-tuebingen.de/forschung/forschungsschwerpunkte/sonderforschungsbereiche/sfb-1070/wissenschaftskommunikation/schulprojekte/>
- SFB 653. (2019). Website des SFB 653 mit Schülerprojekten in Hannover. Zugriff 10. April 2019 unter <https://www.sfb653.uni-hannover.de/3738.html>

- SFB 677. (2019). Sonderforschungsbereich 677 - Funktion durch Schalten. Zugriff 10. April 2019 unter [www.sfb677.uni-kiel.de](http://www.sfb677.uni-kiel.de)
- SFB 803. (2018). Website des SFB 803 mit Schülerprojekten in Göttingen. Zugriff 7. April 2018 unter <https://www.uni-goettingen.de/de/sfb@school/543020.html>
- SFB 917. (2019). Der Sonderforschungsbereich Nanoswitches. Zugriff 10. April 2019 unter [www.sfb917.rwth-aachen.de/](http://www.sfb917.rwth-aachen.de/)
- SFB 917 - Forschungsantrag 2011/2 - 2015/1. (2010). *SFB 917 Nanoswitches: Resistively Switching Chalcogenides for Future Electronics - Structure, Kinetics and Device Scalability (unveröffentlicht)*. RWTH Aachen.
- SFB 917 - Forschungsantrag 2015/2 - 2019/1. (2014). *SFB 917 Nanoswitches: Resistively Switching Chalcogenides for Future Electronics - Structure, Kinetics and Device Scalability (unveröffentlicht)*. RWTH Aachen.
- Stamer, I. (2015). *Fragebogen im Bereich der Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern*, Private Mitteilung.
- Stamer, I., Pönicke, H., Schwarzer, S. & Parchmann, I. (2018). Entwicklung und Validierung von Videos zur Förderung der authentischen Wahrnehmung von Naturwissenschaften im Schülerlabor klick! In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017* (S. 613–616). Universität Regensburg.
- Stamer, I., Schwarzer, S. & Parchmann, I. (2018). Investigating the perceptions of authenticity in out-of-school learning environments by insights in science. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto & K. Hahl (Hrsg.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2017 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future, Part 0763*. Helsinki: University of Helsinki.
- Strahl, A. (2014). Einführung in die philosophischen Grundlagen der Natur der Naturwissenschaften. *Praxis der Naturwissenschaften, Physik in der Schule*, 63(8), 5–10.
- Streller, M. (2015). *The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories* (Diss., Technische Universität Dresden).
- Thomas, J. A., Pedersen, J. E. & Finson, K. (2001). Validating the Draw-A-Scientist-Teacher-Test Checklist (DASTT-C): Exploring Mental Models and Teacher Beliefs. *Journal of Science Teacher Education*, 12(3), 295–310.
- Uhlmann, S. & Priemer, B. (2009). Nature of Science und Plasmaphysik gemeinsam in einem Schülerlaborprojekt. In D. Höttecke (Hrsg.), *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung: Jahrestagung der GDCP 2008 in Schwäbisch Gmünd* (S. 280–282). Berlin: Lit.
- Ulrich, M. (2006). Komplexität anpacken: Mit Planspielen erfolgreiches Handeln erlernen. In Werner-und-Elisabeth-Kollath-Stiftung (Hrsg.), *Komplexität erkennen - Zukunft gestalten. Ernährungsökologie als integrativer Ansatz für Wissenschaft und Praxis, Beitrag zum Tagungsband der 7. Werner-Kollath-Tagung in Gießen, 2006* (S. 1–24). Bad Soden/Ts. Zugriff unter <http://ucs.ch/service/download/docs/artikelkomplexitaetplanspiele.pdf>
- Völker, M. & Trefzger, T. (2010). Lehr-Lern-Labore Labore zur Stärkung der universitären Lehramtsausbildung. *Phydid B - Beiträge zur DPG Frühjahrstagung, Hannover*, 1–7.
- Vollmer, G. (2014). Die naturwissenschaftliche Methode - gibt es die? *Praxis der Naturwissenschaften, Physik in der Schule*, 63(8), 11–17.

- Wellington, J. (1990). Formal and informal learning in science: the role of the interactive science centres. *Physics Education*, 25(5), 247–252.
- Welnic, W. & Wuttig, M. (2009). Phasenwechsel-Materialien als universale Speichermedien. *Physik in unserer Zeit*, 40(4), 189–195.
- Wendt, H., Gröhlich, C., Guill, K., Scharenberg, K. & Bos, W. (2010). Die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im Leseverständnis. In W. Bos & C. Gröhlich (Hrsg.), *KESS 8 - Kompetenzen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern am Ende der Jahrgangsstufe 8* (Kap. 2, S. 21–36). Münster: Waxmann.
- Wentorf, W. (2015a). *Fragebogen im Bereich der Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern*, Private Mitteilung.
- Wentorf, W. (2015b). *Planspiel Wissenschaft - Konzept und Materialien zum Forschenden Lernen* (I. Parchmann, T. N. Höffler & W. Wentorf, Hrsg.). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Wentorf, W. (2017). Kompetenzen in der Oberstufe vermitteln - Konstruktive Unterstützung durch wissenschaftsauthentische Lernarrangements. *Unterricht Chemie - Naturwissenschaften im Unterricht*, 28, 44–48.
- Wentorf, W., Höffler, T. N. & Parchmann, I. (2015). Schülerkonzepte über das Tätigkeitspektrum von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern: Vorstellungen, korrespondierende Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21, 207–222.
- Weßnigk, S. (2013). *Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten* (Diss., Kiel).
- Widodo, A. & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 233–255.
- Winands, M. (2014). *Physik des Taschenwärmers - Eine Analogie zur Entwicklung von Schülerlaborversuchen zu Phasenwechselmedien* (Staatsexamensarbeit, RWTH Aachen, I. Phys. Inst. IA).
- Wissenschaftsrat. (1967). Empfehlungen des Wissenschaftsrates zum Ausbau der wissenschaftlichen Hochschulen bis 1970. Zugriff 10. April 2019 unter <http://digital.ub.uni-paderborn.de/ihd/id/465087>
- Wohak, K. (2015). *Entwicklung eines Einstiegs in die Nanowelt für ein Schülerlabor der Sekundarstufe I* (Bachelorarbeit, RWTH Aachen, I. Phys. Inst. IA).
- Wouters, D. J., Waser, R. & Wuttig, M. (2015). Phase-Change and Redox-Based Resistive Switching Memories. *Proceedings of the IEEE*, 103(8), 1274–1288.
- Zehren, W. (2009). *Forschendes Experimentieren im Schülerlabor* (Diss., Universität des Saarlandes).



# A Der Sonderforschungsbereich 917

## Nan SWITCHES

Am SFB Nan SWITCHES beteiligte Einrichtungen (SFB 917, 2014):

### **Einrichtungen an der RWTH Aachen:**

I. Physikalisches Institut IA (I. Phys. Inst. IA)  
II. Physikalisches Institut B (II. Phys. Inst. B)  
Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie (GFE)  
Institut für Anorganische Chemie (IAC)  
Institut für Physikalische Chemie (IPC)  
Institut für Theoretische Elektrotechnik (ITHE)  
Institut für Theoretische Festkörperphysik (Inst. f. Theor. FkPhys.)  
Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik 2 (IWE2)

### **Außeruniversitäre Einrichtungen am Forschungszentrum Jülich (FZJ):**

Ernst Ruska-Centrum für Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen (ER-C)  
Institute for Advanced Simulation (IAS-1)  
Jülich Centre for Neutron Science (JCNS-2)  
Peter Grünberg Institut (PGI-1, PGI-4, PGI-5, PGI-6, PGI-7, PGI-9)



# B Kurzbeschreibung der statistischen Methoden

Zum Verständnis der in dieser Arbeit angewandten statistischen Methoden und Berechnungen werden diese in Grundzügen skizziert. Die entsprechenden Berechnungen für die vorliegende Arbeit wurden mit dem Programm SPSS (Version 25) durchgeführt. Ausführlichere und weiterführende Darstellungen finden sich beispielsweise in den jeweiligen Kapiteln der Bücher von Bortz und Schuster (2010), Bühner (2011) und Janssen und Laatz (2017), auf welchen die nachfolgenden Beschreibungen basieren.

## Effektstärke

Während das Signifikanzniveau eines Tests angibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit Unterschiede in den untersuchten Daten vorliegen, lässt sich die Größe des Effekts durch die Effektstärke bemessen. Damit werden beispielsweise Vergleiche zwischen Gruppen mit unterschiedlicher Größe oder Varianz möglich. In dieser Arbeit wird im Rahmen der Varianzanalyse mit Messwiederholung die Effektstärke  $f$  berechnet, in welche in dem Fall ausschließlich das Bestimmtheitsmaß  $R$  (Quotient aus erklärter und gesamter Quadratsumme) eingeht.

## Faktorenanalyse

Die Faktorenanalyse ist ein datenreduzierendes Verfahren, mit dem Zusammenhänge zwischen Items untersucht werden, so dass diese Items durch übergeordnete, dahinterliegende - sogenannte *latente Variablen* (die Faktoren, wie Intelligenz oder Gewissenhaftigkeit) erklärt werden können. Je nachdem, ob die Anzahl der zu untersuchenden latenten Variablen bereits im Vorfeld der Analyse feststeht oder erst ermittelt werden soll, wird eine konfirmatorische oder eine exploratorische Faktorenanalyse durchgeführt. In der Interventionsstudie der vorliegenden Arbeit wurden Tätigkeitsbereiche von Naturwissenschaftlern untersucht. Aufgrund von neu entwickelten Items, deren Zuordnung zu einem Faktor (Bereich) noch nicht feststand, wurde eine exploratorische Faktorenanalyse durchgeführt. Zur Festlegung der Anzahl von zu extrahierenden Faktoren gibt es dann verschiedene Kriterien (z.B. Scree-Test und Kaiser-Kriterium), welche stets durch inhaltliche Überlegungen zu stützen sind.

## **Reliabilität**

Als Maß für die Messgenauigkeit eines Tests oder einer Auswahl von Items lässt sich die interne Konsistenz der Testteile oder der Items bestimmen. Dazu werden die durchschnittlichen Korrelationen zwischen allen Teilen bzw. Items ermittelt und durch Koeffizienten wiedergegeben. Eine Standardmethode dafür stellt die Berechnung des Reliabilitätskoeffizienten Cronbach  $\alpha$  dar, welcher im Wesentlichen die einzelnen Varianzen der Items ins Verhältnis zur Gesamtvarianz setzt. In dieser Arbeit wurden Berechnungen der internen Konsistenz im Anschluss an die Faktorenanalyse durchgeführt, um die Zusammenstellung der ermittelten Sets von Items (Skalen) eines Faktors zu erhalten.

## **t-Test**

Mit t-Tests wird untersucht, ob zwischen Mittelwerten Unterschiede bestehen, die signifikant ausfallen. Dazu wird standardmäßig ein Signifikanzniveau von 0,05 angenommen. Dies bedeutet, dass die Hypothese aufgestellt wird, dass es einen Unterschied gibt. Daraus resultiert, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 5% entweder kein Unterschied vorliegt, aber die Hypothese dennoch bestätigt wurde (alpha-Fehler), oder dass ein Unterschied vorliegt, aber die Hypothese abgelehnt wird (beta-Fehler).

## **Varianzanalyse**

Zur Untersuchung von Unterschieden der Daten verschiedener Gruppen bzw. Zeitpunkte eignen sich varianzanalytische Verfahren. Im Falle der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss der Intervention (Besuch im Schülerlabor) auf die Schülervorstellungen untersucht, das heißt es wurden die Ergebnisse von einer Gruppe an drei verschiedenen Zeitpunkten miteinander verglichen. Zum Vergleich von Mittelwerten werden häufig auch T-Tests verwendet. Der Vorteil einer Varianzanalyse liegt jedoch bei mehreren Testzeitpunkten darin, dass der alpha-Fehler (s. t-Test) dabei nicht unterschätzt wird.

## **Whitney-Mann-U-Test**

Der Test nach Whitney-Mann-U eignet sich zur Feststellung von Unterschieden zwischen Gruppen, welche nicht die Voraussetzungen (z.B. Normalverteilung der Daten) wie der t-Test erfordern. Die Daten müssen dazu lediglich in eine Rangfolge gebracht werden können. Diese Testmethode wurde in der vorliegenden Arbeit bei der Unterscheidung von Schülern mit unterschiedlicher Lesefähigkeit eingesetzt.

## C Materialien des Schülerlabors



**Abbildung C.1:** Einstieg im Modul *Nanowelt* (Unterabschnitt 3.2.2.2): Einschätzung der Größenordnungen verschiedener Gegenstände von der Höhe des Aachener Doms bis zum Durchmesser einer DNA-Struktur.



**Abbildung C.2:** Einstieg im Modul *Datenspeicher der Zukunft* (Unterabschnitt 3.2.2.1): Schätzung der zeitlichen Entwicklung der Speicherkapazitäten von Lochkarten bis SD-Speicherkarten.



# D Materialien der explorativen Studie

Liebe Schülerin, lieber Schüler,  
mithilfe dieser kleinen Aufgabe (10 min) möchten wir gerne wissen, wie *du* dir das Arbeiten in der naturwissenschaftlichen Forschung vorstellst. Dein Ergebnis wird nicht benotet und es kommt nicht auf deine künstlerischen Fähigkeiten an.

**Auftrag:** 1. Zeichne *deine Vorstellungen* von drei typischen Situationen aus dem Arbeitsalltag einer Forscherin oder eines Forschers in den Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Biologie).  
2. Beschreibe dann in 3 Sätzen das Wichtigste, was du auf deinen Bildern darstellst.

Entscheide dich und kreuze jeweils an, ob du Naturwissenschaften allgemein oder davon ein bestimmtes Teilgebiet darstellst.

1. Situation	Beschreibung der 1. Situation: _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ <input type="checkbox"/> allgemein <input type="checkbox"/> Chemie <input type="checkbox"/> Biologie <input type="checkbox"/> Physik
2. Situation	Beschreibung der 2. Situation: _____ _____ _____ _____ <input type="checkbox"/> allgemein <input type="checkbox"/> Chemie <input type="checkbox"/> Biologie <input type="checkbox"/> Physik
3. Situation	Beschreibung der 3. Situation: _____ _____ _____ _____ <input type="checkbox"/> allgemein <input type="checkbox"/> Chemie <input type="checkbox"/> Biologie <input type="checkbox"/> Physik

Bitte trage hier dein Alter ein: \_\_\_\_\_ und hier dein Geschlecht:  weiblich     männlich


Vielen Dank für deine Mitarbeit!

Verkleinerte Abbildung des für die explorative Studie (Unterkapitel 5.1) entwickelten Erhebungsinstrumentes, welches den Schülern als DIN A3-Bogen ausgegeben wurde.



# E Materialien der Interventionsstudie

## E.1 Fragebogen mit Bildern



**Befragung zu Vorstellungen über  
Tätigkeiten von NaturwissenschaftlerInnen**

Liebe Schülerin, lieber Schüler,


diese Befragung dient zur Verbesserung von Angeboten für Schülerinnen und Schüler an der RWTH Aachen. Dafür möchten wir erfahren, wie *deine persönlichen Vorstellungen* von Tätigkeiten aussehen, die im Arbeitsalltag von NaturwissenschaftlerInnen (Personen, die im Bereich der Biologie, Chemie oder Physik arbeiten) vorkommen könnten. Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Angaben.

Die Zettel werden *ohne* Namen abgegeben und *nicht* benotet!

Damit die heutigen Angaben mit denen einer späteren Befragung verknüpft werden können, ist es sehr wichtig, dass sie einen Code bekommen.

Der Code besteht aus...

	... den ersten 2 Buchstaben im Vornamen deiner Mutter	... und den ersten 2 Buchstaben im Vornamen deines Vaters
Beispiel-Namen:	Renate	Wolfgang
Beispiel-Code:	R e	W o
<b>Dein Code:</b>	_ _	_ _

Mache jetzt mit der Befragung auf der nächsten Seite weiter: 








Fragebogen der Interventionsstudie: *Fragebogenteil über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern (1/3)*



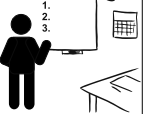



Im Folgenden werden verschiedene Tätigkeiten als Bild dargestellt oder durch Worte beschrieben. Kreuze an, inwieweit Folgendes *deiner Ansicht nach* zutrifft:

**Ein/e Naturwissenschaftler/in beschäftigt sich im Arbeitsalltag regelmäßig mit folgenden Tätigkeiten:**


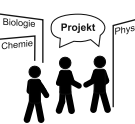

stimmt gar nicht → stimmt völlig

1	Messungen durchführen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	An eigenen Erfindungen arbeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Im Chemie-Labor: 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Ideen für neue Forschungsansätze entwickeln	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Unterhaltungssendungen im Fernsehen anschauen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Eine Arbeitsgruppe leiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Eigene Messverfahren entwickeln	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Neue Versuchsaufbauten konstruieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fragebogen der Interventionsstudie: Fragebogenteil über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern(2/3)

Ein/e Naturwissenschaftler/in beschäftigt sich im Arbeitsalltag regelmäßig mit folgenden Tätigkeiten:		stimmt gar nicht	→		stimmt völlig
13	Abschlussarbeiten von Studierenden betreuen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Ein Team aufbauen und organisieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Laborräume tapezieren und anstreichen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	 Konferenz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	 Arbeitsplan:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Austausch mit NaturwissenschaftlerInnen von anderen Universitäten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	Simulationen entwickeln	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	 Die Antwort ist...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	Lehrveranstaltungen vorbereiten und durchführen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	Theorien ausdenken und entwickeln	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fragebogen der Interventionsstudie: *Fragebogenteil über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern(3/3)*

Ein/e Naturwissenschaftler/in beschäftigt sich im Arbeitsalltag regelmäßig mit folgenden Tätigkeiten:		stimmt gar nicht	→		stimmt völlig
26	Personen bei ihrer Doktorarbeit betreuen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	Ein Projekt organisieren und durchführen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	Austausch mit Personen, die keine NaturwissenschaftlerInnen sind	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31	Versuchsdaten dokumentieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33	Neue Messgeräte entwickeln	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte hilf uns den Fragebogen zu verbessern		stimmt gar nicht	→		stimmt völlig
Die Bilder machen den Fragebogen interessanter		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hätte lieber nur Text und keine Bilder		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Bilder sind leichter zu erfassen als der Text		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich wünsche mir mehr Bilder anstelle von Text		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Text ist besser verständlich als die Bilder		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Durch Bilder macht es mehr Spaß den Fragebogen auszufüllen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich denke, ich habe die Tätigkeiten <i>auf den Bildern</i> verstanden:		alle <input type="checkbox"/>	die meisten <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	keine <input type="checkbox"/>
Probleme hatte ich bei Nr.: _____					
Ich denke, ich habe die Tätigkeiten <i>in Text-Form</i> verstanden:		alle <input type="checkbox"/>	die meisten <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	keine <input type="checkbox"/>
Probleme hatte ich bei Nr.: _____					

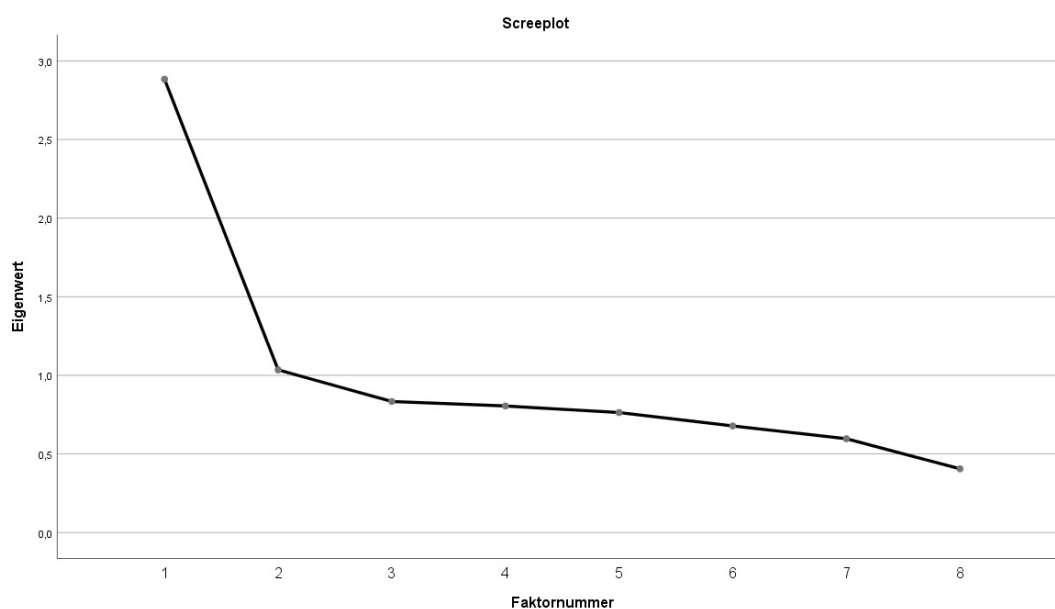
Bitte kontrolliere, dass du bis hierher überall ein Kreuz gemacht hast.

## E.2 Erprobung des Fragebogens der Interventionsstudie

Für die Aufteilung der Tätigkeiten-Items in Bereiche wurden die vorläufigen Bereiche *Social* und *Networking Projects* nochmals separat mittels Faktorenanalyse untersucht, um herauszufinden, ob sie mathematisch einen oder zwei Bereiche bilden:

**Tabelle E.1:** Prüfung der Faktorladungen ergibt 2-Faktoren-Lösung. Die beiden Items *Lehren* und *AustauNicht* laden auf beide Faktoren.

Item	Faktor	
	1	2
Antworten	0,75	
DrArbeit	0,68	
Abschlussarb	0,45	
Lehren	0,28	0,38
AustauNicht	0,23	0,22
AustauUni		0,64
FachÜProj		0,50
ProjektOrga		0,45



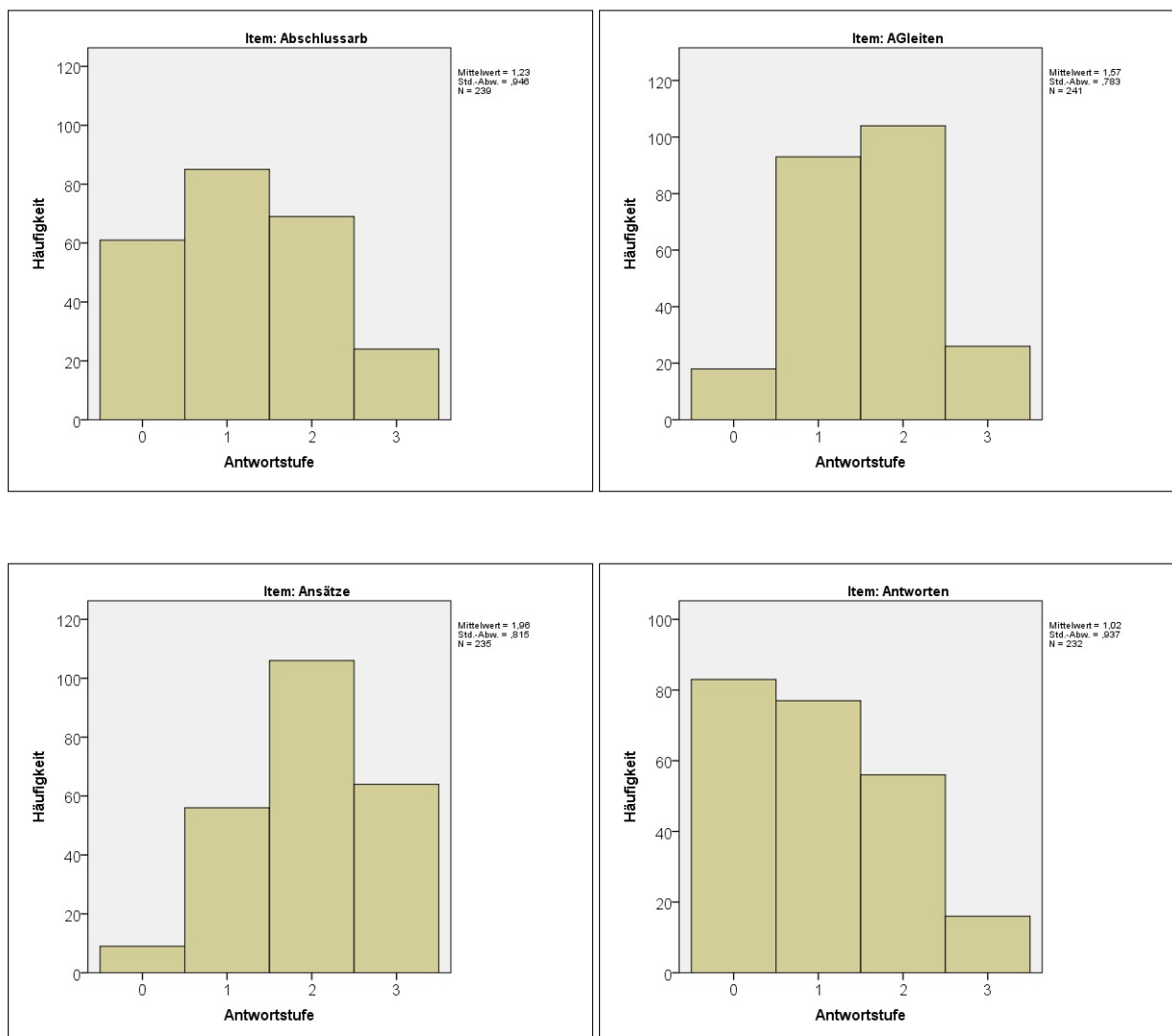
**Abbildung E.1:** Screeplot zu den Skalen *Social* und *Networking Projects*. Kaiser-Kriterium und Ellenbogen-Kriterium weisen auf eine 2-Faktoren-Lösung.

**Tabelle E.2:** Tätigkeiten-Items, sortiert nach ihrem Mittelwert mit Standardabweichung (SD) und mit roter Markierung ihres Schwierigkeitsindex, falls dieser weniger als 20% oder mehr als 80% betrug. Entsprechungen zu Item-Kurznamen siehe Tabelle 6.2 auf S. 136.

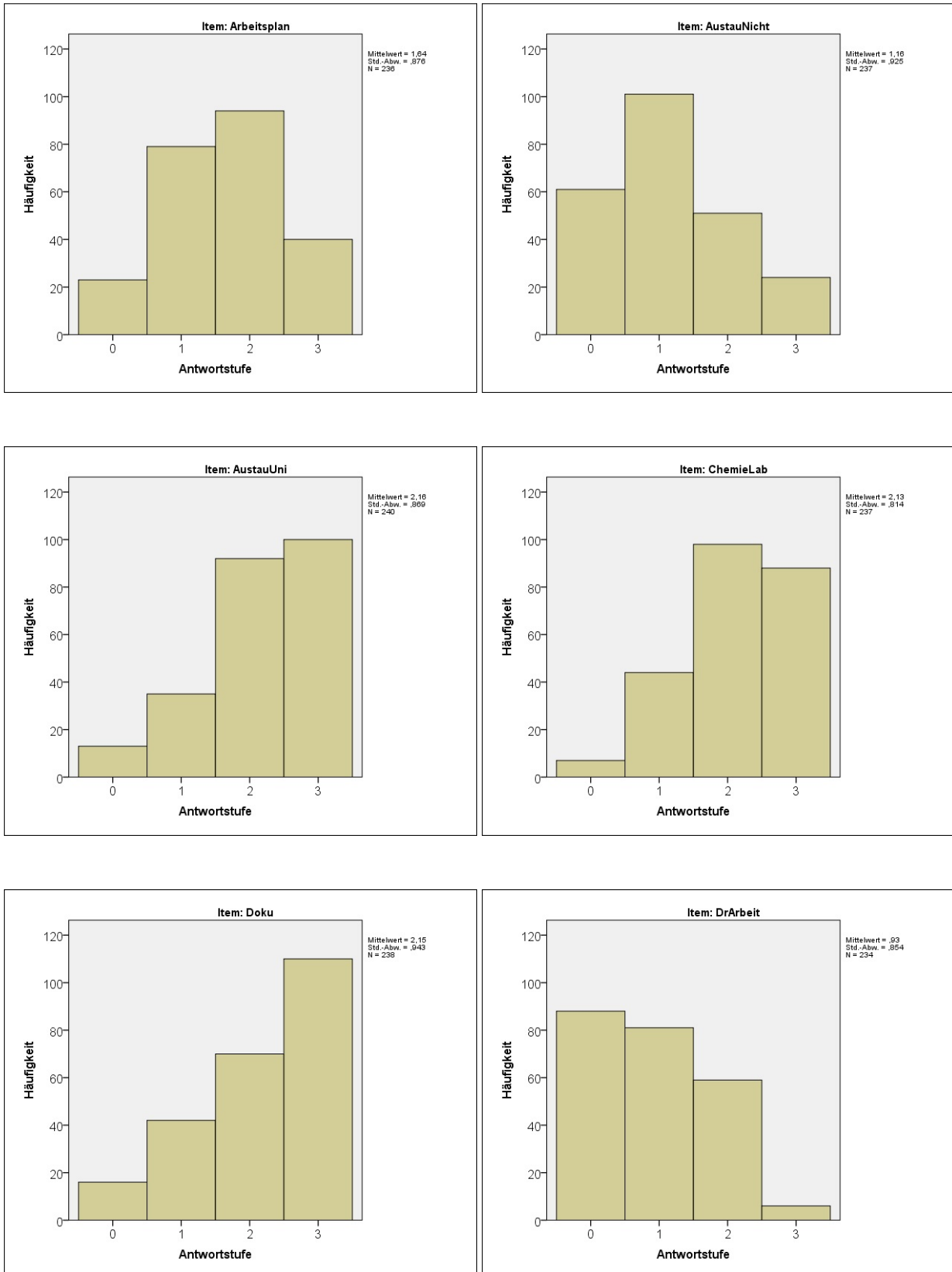
Item-Kurzname	Mittelwert	SD	Schwierigkeitsindex
Sicherheit	2,52	0,73	84%
Mikroskop	2,38	0,80	79%
AustauUni	2,16	0,87	72%
Doku	2,15	0,94	72%
ChemieLab	2,13	0,81	71%
Rechnen	2,13	0,94	71%
FachÜProj	2,09	0,86	70%
Messen	2,08	0,82	69%
Ansätze	1,96	0,82	65%
Theorien	1,89	0,89	63%
ProjektOrga	1,82	0,84	61%
Vortrag	1,80	0,88	60%
Konstrukt	1,77	0,80	59%
Arbeitsplan	1,64	0,88	55%
InNatur	1,59	0,96	53%
MessEntw	1,59	0,86	53%
AGleiten	1,57	0,78	52%
Simulat	1,53	0,89	51%
Meeting	1,48	0,87	49%
TeamAufb	1,39	0,89	46%
Erfinden	1,37	0,81	46%
Veröff	1,35	0,96	45%
Lehren	1,32	0,85	44%
GeräteEntw	1,28	0,91	43%
Konferenz	1,27	0,94	42%
Abschlussarb	1,23	0,95	41%
AustauNicht	1,16	0,93	39%
Antworten	1,02	0,94	34%
Literatur	0,98	0,85	33%
DrArbeit	0,93	0,85	31%
Fernsehen	0,49	0,86	16%
Sport	0,42	0,79	14%
Tapete	0,31	0,74	10%

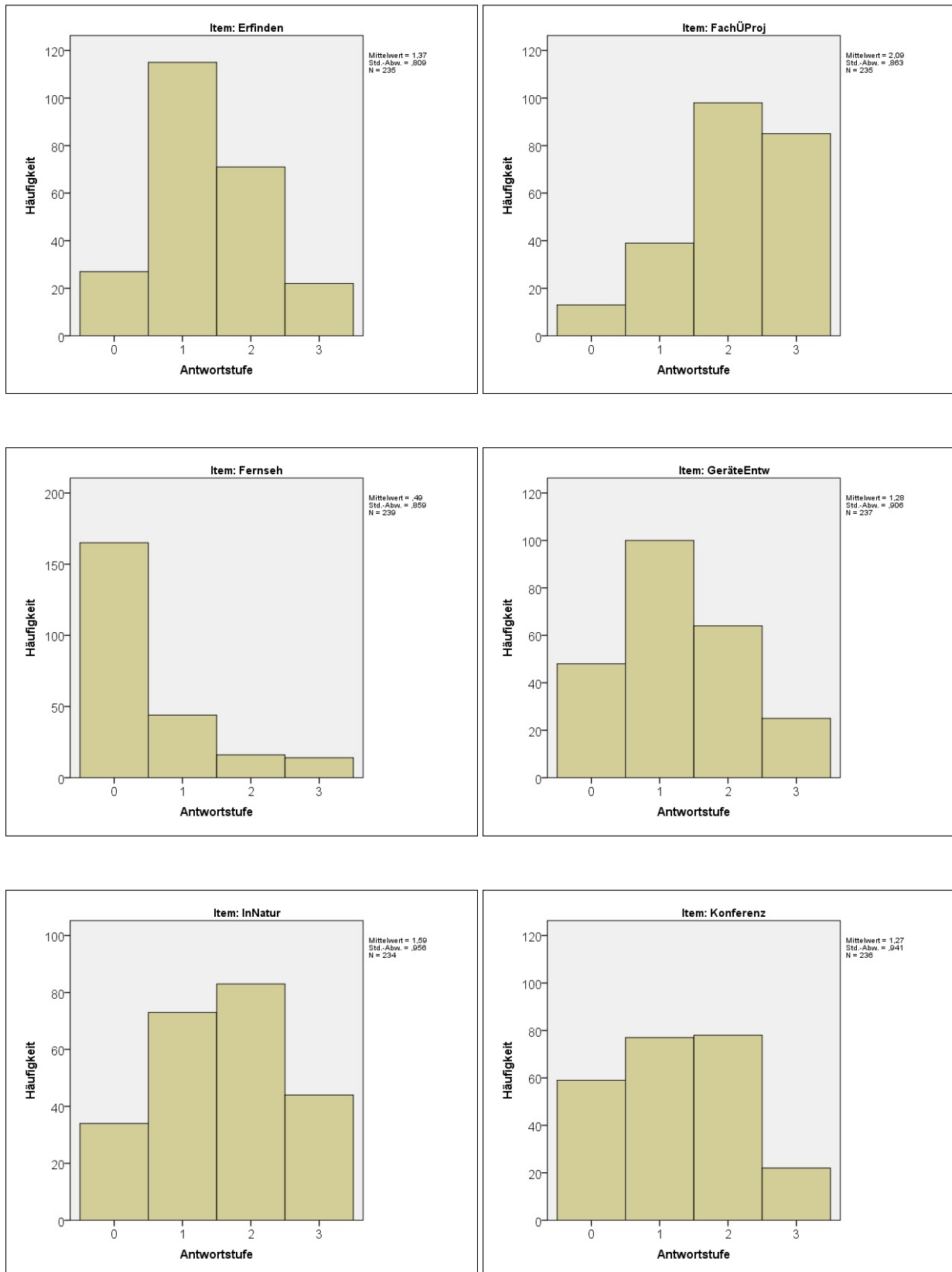
## Histogramme der Tätigkeiten-Items

Auf den nachfolgenden Seiten werden die Histogramme der 33 Tätigkeiten-Items des Fragebogens der Interventionsstudie aufgeführt. Bei allen Items wurden von den Schülern bei der Bearbeitung alle vier möglichen Antwortstufen ausgenutzt (0 = *stimmt gar nicht*, 1 = *stimmt wenig*, 2 = *stimmt etwas*, 3 = *stimmt völlig*) und in jedem Histogramm gibt es nur ein Maximum.

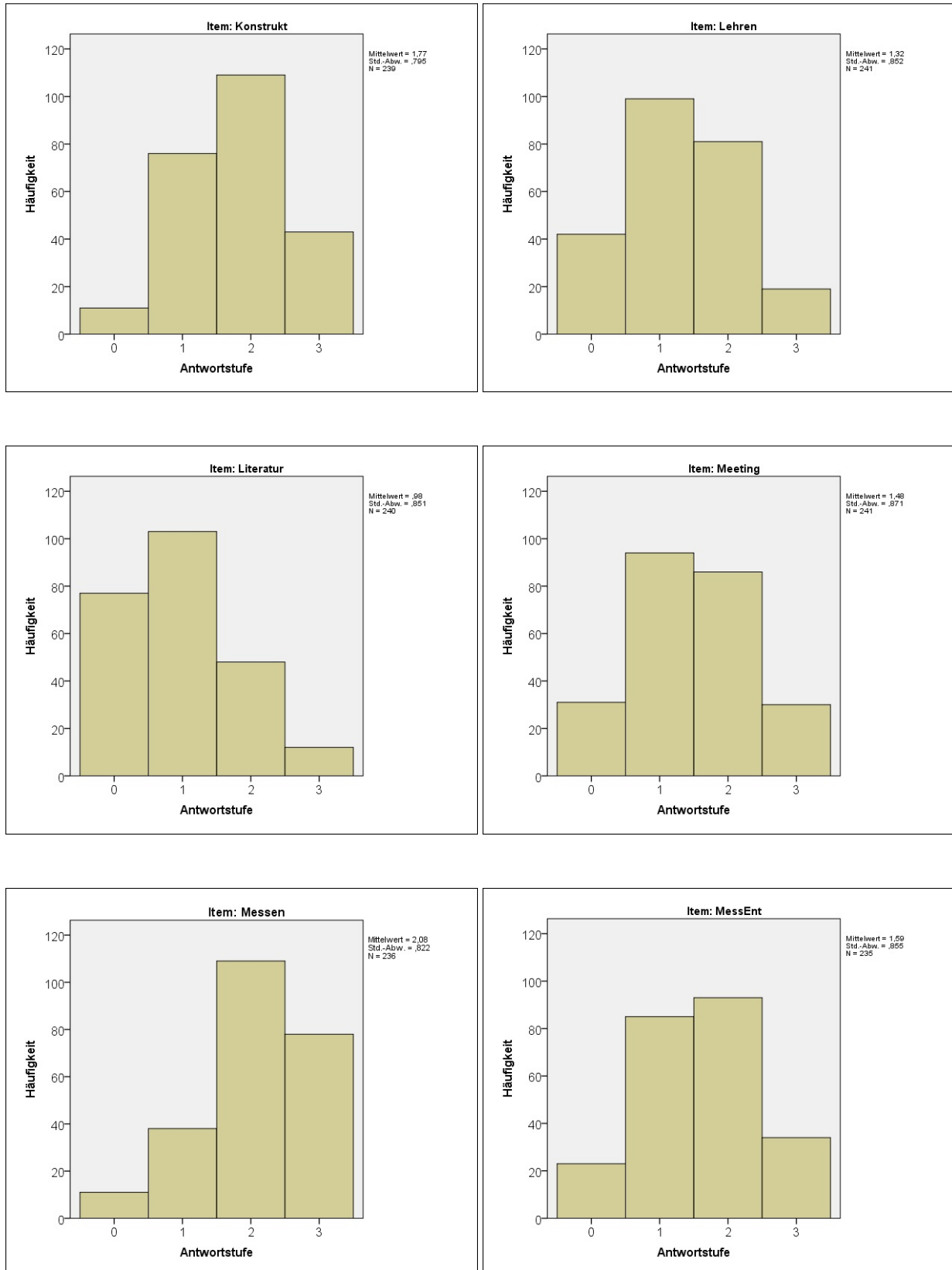


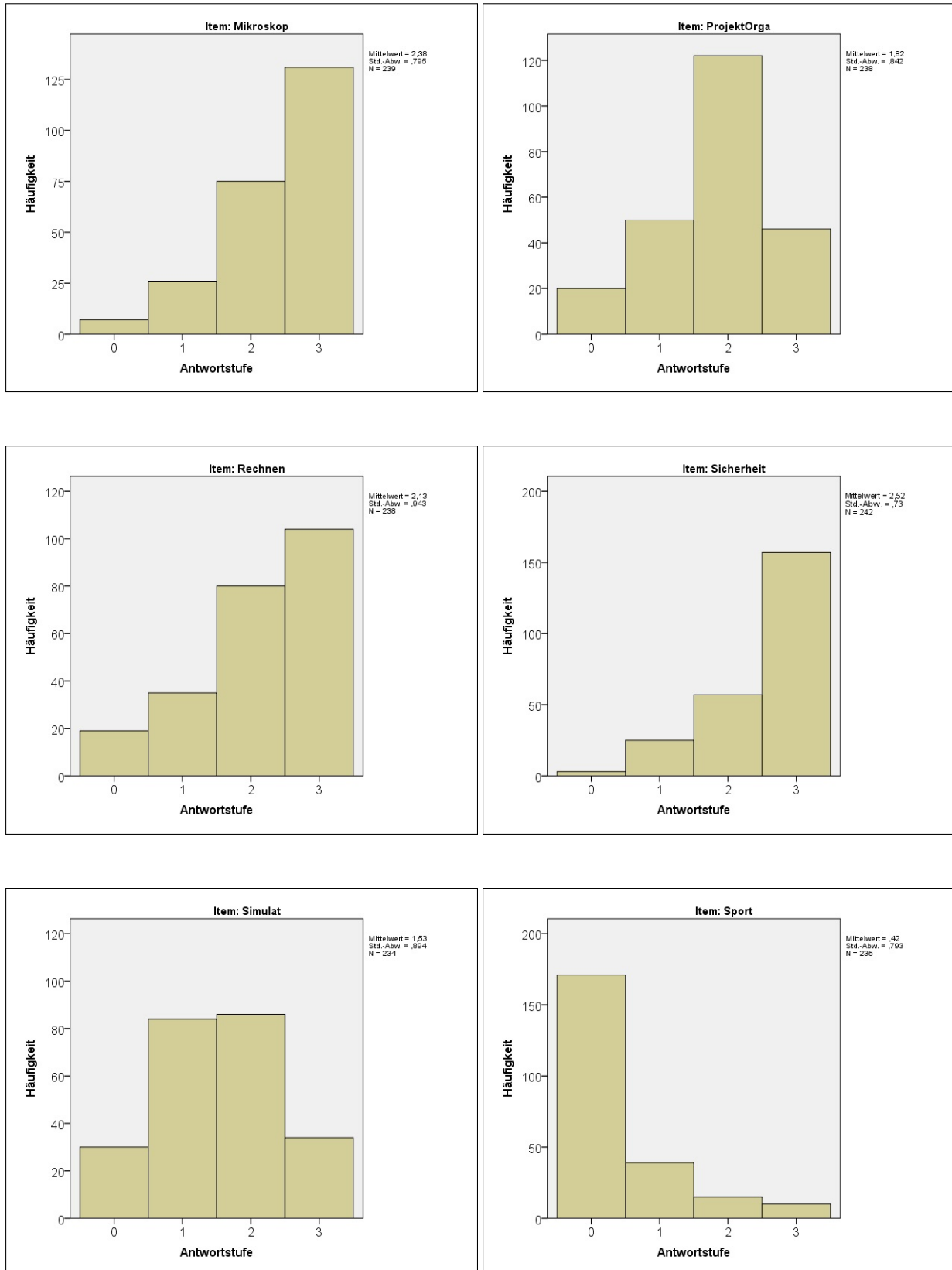
## E.2 Erprobung des Fragebogens der Interventionsstudie



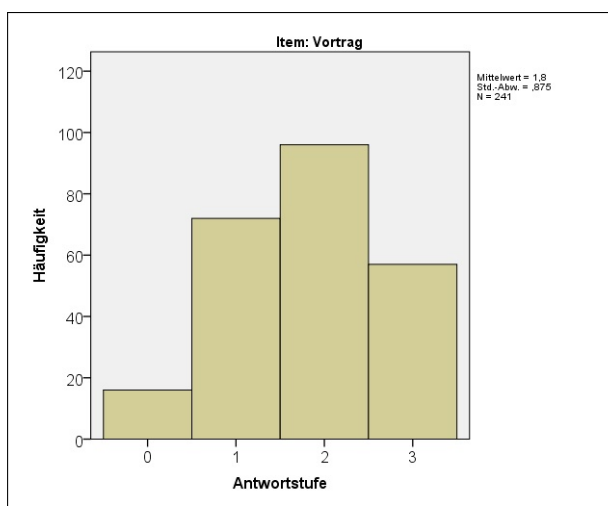
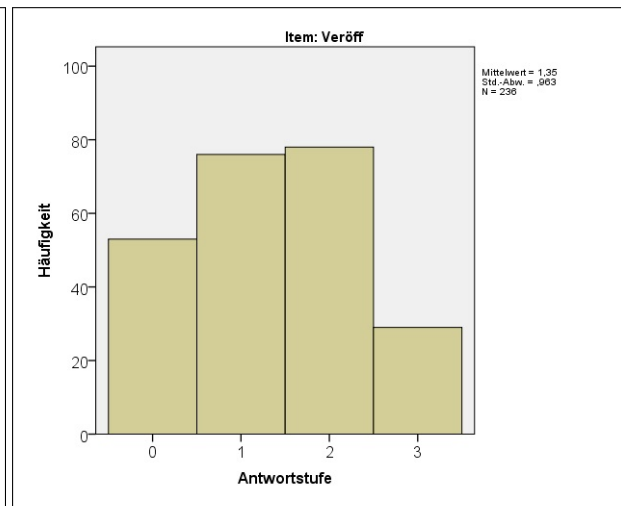
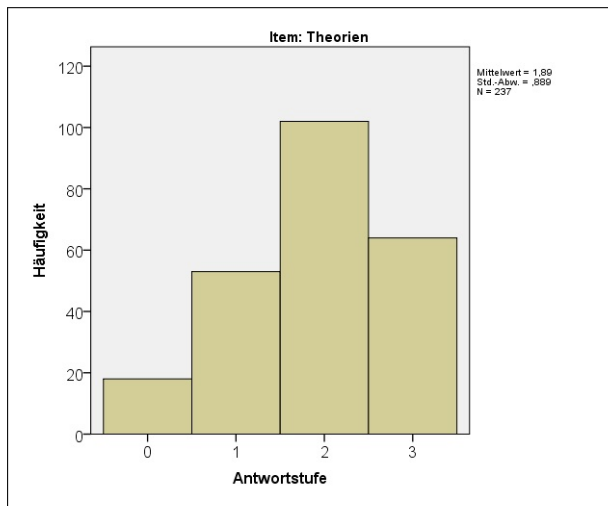
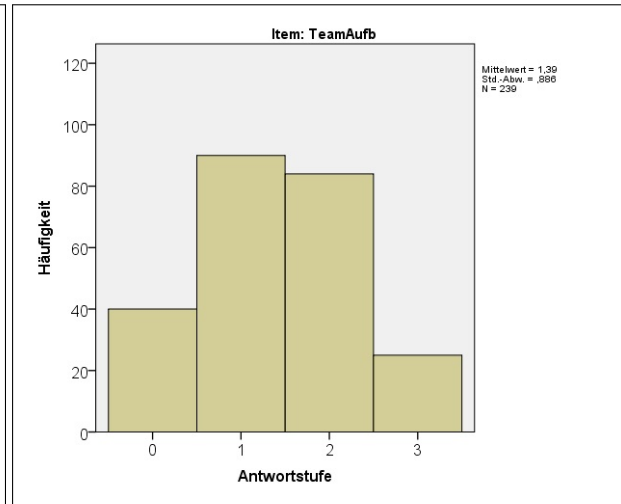
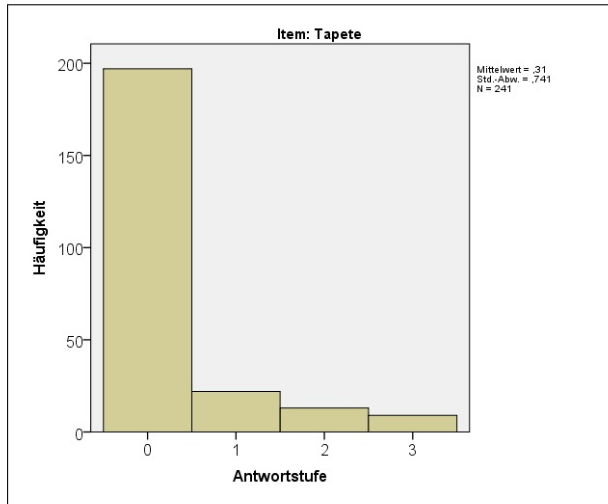


## E.2 Erprobung des Fragebogens der Interventionsstudie





## E.2 Erprobung des Fragebogens der Interventionsstudie





# F Danksagung

Zum Gelingen dieser Dissertation haben viele Menschen in meinem Umfeld beigetragen und bei jedem einzelnen möchte ich mich an dieser Stelle für die Unterstützung - ob klein oder groß - herzlich bedanken.

An erster Stelle ist meine Doktormutter Frau Prof. Heinke zu nennen, deren Betreuung ich stets als hervorragend empfunden habe und die in der Arbeitsgruppe für Bedingungen sorgte, die in höchstem Maße förderlich waren. Ihr gilt mein besonderer Dank. Des Weiteren danke ich Herrn Prof. Riese für seine Beratung und die Übernahme der Zweitkorrektur meiner Arbeit. Herrn Dr. Detemple danke ich für die ausgezeichnete Zusammenarbeit insbesondere bei organisatorischen Herausforderungen bei den Schülerlaborbesuchen. Herrn Prof. Mayer vom Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie danke ich für sein Engagement zur Entstehung des Schülerlaborprojektes im SFB Nanoswitches und der weiteren Unterstützung dieses Vorhabens. An dieser Stelle sei außerdem der DFG gedankt für die Finanzierung des Projektes zur Öffentlichkeitsarbeit im SFB Nanoswitches. Meinen Kolleginnen und Kollegen im SFB Nanoswitches und am I. Physikalischen Institut IA danke ich für die sehr gute Zusammenarbeit, insbesondere denjenigen, die ihre Forschungsvorhaben und Materialien für die Entwicklung des Schülerlabors auführlich erläuterten und sich die Zeit nahmen Schülern ihre Labore zu präsentieren. Allen voran seien hier Marcus Liebmann, Martin Lewin und Henning Hollermann genannt.

Von entscheidender Bedeutung für die in dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen und für das Schülerlabor sind selbstverständlich die Lehrkräfte und Schüler, die sich in den Schulen an den Erhebungen beteiligten bzw. die das Schülerlabor besuchten. Ihnen allen gilt mein herzlicher Dank. Unter den Lehrkräften hervorzuheben für ihr großes Engagement bei Erhebungen und Besuchen sind dabei Herr Kral vom Kaiser-Karls-Gymnasium und Herr Muchel von der 4. Aachener Gesamtschule.

Ich danke außerdem allen Studierenden, die durch ihr Engagement im Rahmen von Abschlussarbeiten bzw. HiWi-Tätigkeiten einen wichtigen Beitrag zu den Schülerlaboraktivitäten und zu fachdidaktischen Fragestellungen dieser Arbeit geleistet haben. Insbesondere sind dabei Norman Joußen, Jan Skibbe, Melanie Jordans und Kirsten Wohak zu nennen.

Die sehr gute Zusammenarbeit in der Arbeitsgruppe von Frau Prof. Heinke hat viel zum Gelingen der vorliegenden Arbeit beigetragen. Der ganzen Arbeitsgruppe mit meinen Doktorandengeschwistern sowie Christian Salinga und Martin Janus gebührt daher mein herzlicher Dank! Mit besonderer Freude danke ich Katharina Plückers und Andreas Kral für die gemeinsame Zeit, nicht nur im Arbeitsalltag. Außerhalb des Instituts wurde ich stets von guten Freunden sowie von meinen Eltern in meinem Vorhaben unterstützt. In außerordentlichem Maß trugen das Feedback und die Unterstützung meiner Freundin Karin Schürmann zum Gelingen dieser Dissertation bei. Euch allen danke ich von Herzen!



# G Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass diese Dissertation und die darin dargelegten Inhalte die eigenen sind und selbstständig, als Ergebnis der eigenen originären Forschung, generiert wurden.

Hiermit erkläre ich an Eides statt:

1. Diese Arbeit wurde in der Phase als Doktorand dieser Fakultät und Universität angefertigt;
2. Sofern irgendein Bestandteil dieser Dissertation zuvor für einen akademischen Abschluss oder eine andere Qualifikation an dieser oder einer anderen Institution verwendet wurde, wurde dies klar angezeigt;
3. Immer wenn andere eigene Veröffentlichungen oder diejenigen Dritter herangezogen wurden, wurden diese klar benannt;
4. Wenn aus anderen eigenen Veröffentlichungen oder denjenigen Dritter zitiert wurde, wurde stets die Quelle hierfür angegeben. Diese Dissertation ist vollständig meine eigene Arbeit, mit der Ausnahme solcher Zitate;
5. Alle wesentlichen Quellen von Unterstützung wurden benannt;
6. Immer wenn ein Teil dieser Dissertation auf der Zusammenarbeit mit anderen basiert, wurde von mir klar gekennzeichnet, was von anderen und was von mir selbst erarbeitet wurde;
7. Teile dieser Dissertation wurden bereits im Rahmen der zu Beginn aufgeführten Arbeiten (Seite iii) veröffentlicht.

Fabian Leiß