



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Macht nicht schon wieder so ein Theater!“

Darstellende Methoden im Physikunterricht

Verfasser

Arne Traun

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2014

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 190 412 299

Studienrichtung lt. Studienblatt: Lehramt UF Physik UF Psychologie und Philosophie

Betreuer: Univ. Prof. Dr. Martin Hopf

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen Personen und Institutionen bedanken, die mich während meiner Studienzeit und während des Verfassens meiner Diplomarbeit unterstützt haben. Das betrifft vor allem (aber nicht nur) die im Folgenden erwähnten:

Besonderer Dank gebührt dabei an erster Stelle Dr. Claudia Haagen – Schützenhöfer vom AECC (**A**ustrian **E**ducational **C**ompetence **C**entre) für Physikdidaktik an der Universität Wien, die mir stets mit wertvollen inhaltlichen Rückmeldungen, Literaturhinweisen, Ideen, Materialien und ermutigenden Worten zur Seite stand – auch und besonders in der Endphase der Arbeit, in der ein intensiver und zeitaufwändiger Austausch stattfand.

Weiters möchte ich mich bei Marianne Korner (ebenfalls AECC) für die freundliche Bereitstellung ihrer Daten und Items zur Motivationsmessung und für ihre wertvollen diesbezüglichen Kommentare bedanken. Ein weiterer Dank gebührt (unbekannterweise) den Mitarbeitern des Project 2061 des Science Assessment Department der AAAS (**A**merican **A**ssociation for the **A**dvancement of **S**cience), ohne deren inhaltliche Testitems diese Arbeit in dieser Form ebenfalls nicht möglich gewesen wäre.

Auch bei meinem Bruder Joachim Traun möchte ich mich in diesem Zusammenhang für die Rückübersetzung der von mir übersetzten AAAS - Testitems und für die inhaltlichen Besprechungen des Arbeitsfortschritts und seine wertvollen Tipps bedanken.

Außerdem gebührt den Schülerinnen, die an der Akzeptanzbefragung teilnahmen, sowie den Physiklehrern und den Schülerinnen der an der Intervention beteiligten Klassen ein besonders großer Dank - ihre Anonymität soll hier allerdings aus Datenschutzgründen gewahrt werden. Auch bei meinen Vorgesetzten und Mitarbeitern (bezogen auf meine derzeitige Tätigkeit für das Austauschprogramm *Campus Europae*) Prof. Wilfried Hartmann, Prof. Christoph Ehmann, Mag. Ingrid Osterhaus, Joachim Wyssling und João Bacelar möchte ich mich für ihr Verständnis der bei der Erstellung der Arbeit teilweise recht langen Kommunikationspausen und für ihre allgemeine Unterstützung bedanken.

An Institutionen gilt mein Dank der Universität Aveiro (Portugal) für die großartige Auslandserfahrung im Studienjahr 2010/11, dem Austauschprogramm *Campus Europae* für dessen hervorragende Organisation und für die spätere Anstellung als externer Mitarbeiter (was mir weitere wertvolle internationale Erfahrungen ermöglichte), sowie insbesondere auch der Universität Wien. Einerseits dafür, mir im Rahmen meiner Tätigkeit für *Campus Europae* einen Arbeitsplatz zur Verfügung zu stellen – aber vor allem für die mir zuteil gewordene, in weiten Bereichen selbstorganisierte, unverschulte und m. E. qualitativ hochwertige Hochschulbildung, die mir im Rahmen meines Studiums ermöglicht wurde, ohne mich dafür hoch verschulden zu müssen.

Schlussendlich möchte ich mich bei meinen Freunden und meiner Familie bedanken, die mich moralisch bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben und mir im Leben stets ein großer und wichtiger Rückhalt waren, sind und hoffentlich noch sehr lange sein werden.

Ein besonderer Dank gebührt dabei meinen Eltern Helmut und Ulrike Traun, die mir neben so vielen anderen Dingen im Leben das Studium an der Universität Wien ermöglichten und mir so zu einer großartigen Zeit verhalfen, auf die ich immer mit guten Erinnerungen zurückblicken werde.

Zuletzt geht noch ein ganz spezieller Dank an meine Frau Fabiola Muñoz, die ich liebe und ohne die das Leben nicht halb so schön wäre, wie es ist.

Wien, Juli 2014

Abstract

Deutsche Version

Die vorliegende Arbeit behandelt die (im theatralischen Sinn) darstellende Unterrichtsmethode in ihrer Anwendung auf den Physikunterricht. Untersucht werden sollte die Auswirkung der Methode auf die Motivation der Schülerinnen und Schüler, ihre Effektivität im Hinblick auf den Konzeptwechsel von Alltagsvorstellungen zu physikalischen Konzepten sowie ihre Auswirkung auf das Modellkonzept der Schülerinnen und Schüler. Ausgehend von einer Rezeption und Analyse der relevant erscheinenden Bezugswissenschaften Physikdidaktik, Theaterpädagogik, Spielpädagogik und Lernpsychologie wurde dabei auf der Basis von populären Schülervorstellungen eine Unterrichtsintervention mit kooperativen, darstellenden Elementen zum Thema der Bestrahlung der Erde durch die Sonne (insbesondere: Umlaufbahn, Jahreszeiten, Milanković – Zyklen) entwickelt.

Dieses Interventionskonzept wurde zunächst einer Akzeptanzbefragung unterzogen, daraufhin adaptiert und anschließend in drei Schulklassen im Großraum Wien in die Praxis umgesetzt und mit qualitativen und quantitativen Methoden evaluiert.

Die Ergebnisse zeigen für die untersuchte Stichprobe eine gute Effektivität der Intervention im Hinblick auf den Konzeptwechsel, eine ambivalente Situation bei der Motivation (ein relativ hoher Spaßfaktor aber vergleichsweise ein eher niedriges Kompetenzerleben und eher geringe persönliche Identifikation mit den Aufgaben) und eine positive Auswirkung auf das explizite Modellkonzept, die sich allerdings bei impliziten Aufgabenstellungen zur Modellverwendung nicht nachweisen lässt. Für die Gesamtpopulation können diese Ergebnisse als Hinweise dienen, sollten aber aufgrund der relativ geringen Stichprobengröße (N= 51) nicht verallgemeinert werden.

English Version

This thesis presents an enquiry about the application of drama-oriented teaching methods in secondary school Physics education. The main objective was to evaluate the effects of drama-oriented teaching on the students' motivation, its effectiveness for conceptual change from naïve pre-conceptions to physical concepts and its effects upon the students' concepts of models.

Starting out from an analysis of the scientific fields of Didactics of Physics, Drama Education, Pedagogy of Play and the Psychology of Learning, a classroom intervention with cooperative, drama-oriented elements on the topic of the earth's insolation by the sun (focusing on the orbit, the seasons and the Milankovitch - Cycles) was designed.

An acceptance survey regarding the concept of the intervention was then carried out with a small group of students, upon which the intervention was adapted and thereafter put into practice in three upper secondary Physics classrooms, after which it was evaluated with both qualitative and quantitative research methods.

The results show a high effect of the intervention on conceptual change within the sample, as well as a positive effect on the explicit concepts of models. However, the latter effect on the students' concepts of models could not be confirmed when a task required a transfer of explicit knowledge about the use of models to an implicitly phrased test item, which did not directly refer to the different ways of using models. Also the results for students' motivation were ambivalent: while the fun-factor of the intervention was reported to be relatively high, the perceived competence and the effort and importance connected with the drama-oriented tasks were relatively low. These conclusions may serve as indications for the situation in the general population, but should not be generalized due to the relatively small sample (N=51).

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	13
1.1. Forschungsvorhaben.....	16
1.2. Forschungsdesign.....	17
2. Theoretische Grundlagen	20
2.1. Einleitung	20
2.1.1. Terminologie I: Darstellende, theatralische und kinästhetische Module	21
2.2. Theaterpädagogik und darstellendes Spiel.....	26
2.2.1. Terminologie II – Theaterpädagogik, Rollenspiel und darstellendes Spiel.....	28
2.2.2. Terminologie III: Das darstellende Rollenspiel im Physikunterricht	31
2.2.3. Voraussetzungen für darstellendes Spiel.....	32
2.3. Die Praxis der Theaterpädagogik – aufbereitet für den Unterricht	33
2.3.1. Ausgewählte theatralische Aufwärmübungen	33
2.3.1.1. Lockerungs- und Entspannungsübungen	34
2.3.1.2. Vertrauens- und Kooperationsübungen	35
2.3.1.3. Übungen zum Beobachten und Darstellen	37
2.3.2. Das theatralische Setting – und wie man es in der Schule herstellt	38
2.3.2.1. Einstellungssache: Spielleiterin und Spielerin.....	38
2.3.2.2. Der Raum und seine Nutzung	39
2.3.2.3. Der Einsatz von Licht und Stimme	43
2.3.2.4. Requisiten	46
2.3.2.5. Inszenierung und Dramaturgie	48
2.4. Spielpädagogik	56
2.4.1. Interaktionssysteme	56
2.4.2. Auswahl theoretischer Beschreibungen des Phänomens Spiel	57
2.4.3. Spielsysteme – die Struktur des Spielprozesses	58
2.5. Physikdidaktik	62
2.5.1. Zur Rolle von Schülervorstellungen im Physikunterricht.....	62
2.5.2. Konzeptwechsel im Physikunterricht.....	63
2.5.3. Spielorientierte Ansätze in der Physikdidaktik	64
2.5.3.1. Die Studie von AUFSHNAITER & SCHWEDES.....	64
2.5.3.2. Weitere Ansätze zu Spielen im Physikunterricht	70

2.5.3.3.	Terminologie IV – „Spiel“ und „Darstellen“ in der Physikdidaktik	72
2.6.	Lernpsychologische Aspekte von Handlung, Erlebnis und Ort.....	74
2.6.1.	Gedächtnismodelle	74
2.6.2.	Handlungsorientiertes Lernen	78
2.6.3.	Kritische Betrachtung	78
2.6.4.	Die Methode der Orte als Lernstrategie (Loci - Methode)	81
3.	Praxisbeispiele aus der Literatur	82
3.1.	Zusammenhängende Lerneinheiten (mehrere Stunden) am Beispiel der kinästhetischen Astronomie.....	82
3.2.	Verschiedene Einzelmodule (eine Stunde oder weniger) – ein Literaturverweis	87
3.3.	Eine kritische Betrachtung: PaP – eRs on Particle Theory	88
4.	Modulentwicklung	92
4.1.	Das Interesse von Schülerinnen an physikalischen Themen.....	94
4.2.	Schülervorstellungen zum Interventionsthema.....	95
4.2.1.	Schülervorstellungen zu Jahreszeiten, Sonneneinstrahlung und Modellbegriff.....	95
4.2.2.	Mögliche weitere Schülervorstellungen zu Milanković-Zyklen und Klima.....	97
4.3.	Elementarisierungen – die <i>key ideas</i> der Intervention	98
4.4.	Ziele und Kompetenzen	100
4.4.1.	Allgemeines zu Zielen und Kompetenzen	100
4.4.2.	Ziele der Intervention und geförderte Kompetenzen.....	103
4.5.	Erstes Interventionsdesign.....	104
4.5.1.	Übersicht über den geplanten Stundenablauf.....	104
4.5.2.	Vorbereitung und Material	104
4.5.3.	Einführungsphase zu den darstellenden Experimenten (ca. 10 min)	105
4.5.4.	Gruppenarbeitsphase mit darstellerischen Elementen (ca. 25 min)	106
4.5.5.	Arbeitsblatt	107
4.5.6.	Nachbesprechung der Aufgaben im Plenum (ca. 15 min)	108
4.5.7.	Einführungsphase zu den Milanković – Zyklen (ca. 10 min)	108
4.5.8.	Gruppenarbeitsphase zu Milanković-Zyklen (ca. 10 min).....	109
4.5.9.	Vergleichs- und Elaborationsphase (ca. 15 min).....	109
4.5.10.	Evaluation (20 min).....	109

4.6.	Die Akzeptanzbefragung	110
4.6.1.	Beschreibung der Methode	110
4.6.2.	Adaption der Methode für die vorliegende Planung	111
4.6.3.	Durchführung der Akzeptanzbefragung	112
4.6.4.	Resultate der Akzeptanzbefragung und Adaptionen der Planung	113
4.7.	Adaptiertes Interventionsdesign.....	121
4.7.1.	Übersicht über den geplanten Stundenablauf (insg. 100 min)	121
4.7.2.	Material und Vorbereitung	121
4.7.3.	Einführungsphase zu den darstellenden Experimenten (ca. 10 min)	122
4.7.4.	Gruppenarbeitsphase mit darstellerischen Aufgaben (ca. 15 min)	124
4.7.5.	Arbeitsblatt	125
4.7.6.	Nachbesprechung der Aufgaben im Plenum und Anschluss mit Demonstrationsexperimenten (ca. 15 min)	126
4.7.7.	Einführungsphase zu den Milanković – Zyklen (ca. 10 min)	127
4.7.8.	Gruppenarbeitsphase zu Milanković-Zyklen (ca. 10 min)	128
4.7.9.	Vergleichs- und Elaborationsphase (ca. 15 min)	128
4.7.10.	Evaluation mit Fragebogen (ca. 25 Minuten)	129
4.8.	Diskussion des finalen Interventionsdesigns	129
4.8.1.	Allgemeine Diskussion	129
4.8.2.	Lehrplanbezug	130
5.	Datenerhebung und Auswertung	134
5.1.	Praktische Umsetzung der Intervention	134
5.1.1.	Stichprobe.....	134
5.1.1.1.	Klasse "GYM"	135
5.1.1.2.	Klasse "WPF"	136
5.1.1.3.	Klasse "BAKIP"	136
5.1.2.	Ablauf der Intervention	137
5.1.3.	Ablauf der Vorwissenstests.....	138
5.1.4.	Ablauf der Intervention in der Klasse GYM am 28.05.2014.....	140
5.1.5.	Ablauf der Intervention in der Klasse WPF am 02.06.2014	144
5.1.6.	Ablauf der Intervention in der Klasse BAKIP am 03.06.2014	144
5.2.	Auswertung der Fragebögen und Interviews.....	148
5.2.1.	Auswertung der Fragebögen	148
5.2.1.1.	Statistische Analyse der Voraussetzungen in den einzelnen Klassen	148

5.2.1.2.	Statistische Grobanalyse der Leistung bei den AAAS-Items	157
5.2.1.3.	Statistische Feinanalyse der Leistung bei den einzelnen AAAS-Items	162
5.2.1.4.	Korrelationsanalyse zwischen verschiedenen Faktoren	171
5.2.1.5.	Analyse der Motivation bei den darstellenden Gruppenarbeiten	175
5.2.1.6.	Qualitative Auswertung der Fragebögen	185
5.2.2.	Qualitative Inhaltsanalyse der Leitfadeninterviews.....	194
6.	Interpretation und Schlussfolgerungen	217
7.	Fazit und Ausblick	228
8.	Bibliographie.....	230
8.1.	Bücher, Monographien und Sammelbände	230
8.2.	Fachartikel aus Fachzeitschriften und Sammelbänden.....	231
8.3.	Online frei zugängliche Fachartikel und Monographien	232
8.4.	Weitere Internetquellen und Links	233
9.	Anhang	235
9.1.	Evaluationsinstrumente	235
9.1.1.	Fragebogen zum Vorwissenstest	235
9.1.1.1.	Konstruktion der deutschen Testitems auf Basis der AAAS Originalitems	235
9.1.1.2.	Die PISA-Skalen	262
9.1.1.3.	Kommentar zum Vorwissenstest	263
9.1.1.4.	Abdruck des Fragebogens zum Vorwissenstest	264
9.1.2.	Fragebogen zum Abschlusstest.....	274
9.1.2.1.	Items zur Motivationsmessung nach KORNER.....	274
9.1.2.2.	Kommentar zum Abschlusstest	277
9.1.3.	Leitfaden zur Akzeptanzbefragung	277
9.1.4.	Interviewleitfaden	281
9.1.4.1.	Allgemeines zum Leitfadeninterview	281
9.1.4.2.	Abdruck des Interviewleitfadens	283
9.2.	Selbstständigkeitserklärung	285
9.3.	Lebenslauf	286

Zur Genderthematik – ein Vorwort:

Es ist kaum zu leugnen, dass die Physik (als klassisches MINT – Fach)¹ nach wie vor ein stark männlich dominiertes Fachgebiet ist² – wobei es allerdings immer stärker zu Nachwuchsproblemen kommt, zu deren Bekämpfung besonders Frauen verstärkt in die MINT-Fächer geholt werden sollen. Das klar formulierte Ziel der Bundesvereinigung Deutscher Arbeitgeberverbände lautet daher, den Prozentsatz der weiblichen MINT-Studierenden in Deutschland von derzeit (Frühjahr 2013) 20% auf 35% anzuheben.³

In Österreich soll diese strategische Frauenförderung unter anderem von Seite des Unterrichtsministeriums mit Initiativen wie „FiT - Frauen in die Technik“ vorangetrieben werden, die sich ebenfalls das Ziel setzt, mehr Mädchen und junge Frauen für Technik im Besonderen und die MINT-Fächer im Allgemeinen zu gewinnen.⁴ Dass auch hinter dieser Initiative konkrete wirtschaftliche Interessen (Abwenden eines drohenden Fachkräftemangels) und nicht nur eine aus rein intrinsischer Motivation betriebene Frauenförderung stehen, ist bei näherer Betrachtung der Problematik kaum zu bezweifeln – allerdings sollte man trotz der ev. fragwürdigen Motivation hinter solchen Initiativen auch nicht darauf vergessen, dass genau solche MINT - Berufe nach wie vor zu den zu den gefragtesten und am besten bezahlten gehören und somit gut ausgebildeten Frauen reale Lebensvorteile bieten.⁵

Daher ist es im Sinne der Geschlechtergerechtigkeit durchaus sinnvoll, solche Initiativen zu unterstützen und zu versuchen, Frauen vermehrt für die MINT-Fächer (also auch für Physik!) zu gewinnen. Die Physikdidaktik hat sich diesem Thema auch schon ausführlich zugewandt und erforscht, wie genau geschlechtssensibler Unterricht besonders die Interessen der Mädchen berücksichtigen kann, ohne die Burschen zu dabei zu „verlieren“. HOPF et al.

¹ MINT steht für: Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik. Vgl.: <http://www.mint.at/content/> [Stand: 13.06.2013]

² Vgl.: ANGER, Christina; DEMARY, Vera; KOPPEL, Oliver; PLÜNNECKE, Axel: *MINT-Frühjahrsreport 2013*. Institut der Deutschen Wirtschaft Köln 2013, S. 25, Online: [http://www.bda-online.de/www/arbeitgeber.nsf/res/MINT-Fruehjahrsbericht%202013.pdf/\\$file/MINT-Fruehjahrsbericht%202013.pdf](http://www.bda-online.de/www/arbeitgeber.nsf/res/MINT-Fruehjahrsbericht%202013.pdf/$file/MINT-Fruehjahrsbericht%202013.pdf) [Stand: 13.06.2013]

³ Vgl.: Kommentar der Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände zum MINT Frühjahrsreport 2013, Online: http://www.bda-online.de/www/arbeitgeber.nsf/id/DE_MINT [Stand: 13.06.2013]

⁴ Vgl.: BMUKK, Online: <http://www.bmukk.gv.at/fit> [Stand: 13.06.2013]

⁵ Vgl. ANGER et al. (2013), S. 34

kommen dabei zu folgendem Schluss: „Wenn man den Physikunterricht stärker an den Interessen von Mädchen ausrichtet, ist das auch für Jungen gut. Der Umkehrschluss gilt jedoch nicht.“⁶

Unter anderem geht es aber auch darum, althergebrachte Rollenbilder von „typisch männlichen“ Berufen wie Techniker, Physiker, Chemiker, etc. aufzubrechen. Dass dies in der grammatischen Form des generischen Maskulinums kaum geschehen kann, ist leicht einzusehen – denn wer stets von „Physikern“ spricht, der wird eben auch an Physiker denken – und eher nicht an Physikerinnen. Wie GYGAX et al. gezeigt haben, gibt es diesen Effekt bei Pluralformen im Deutschen sogar dann noch, wenn es sich um eigentlich weiblich besetzte Rollenbilder, wie etwa „Frisöre“ oder „Geburtshelfer“ handelt.⁷

Die unter dem Titel „linguistischer Relativismus“ bekannt gewordene SAPIR – WHORF - Hypothese besagte in einer etwas radikalen Formulierung, dass alle Wahrnehmung durch die Struktur der Sprache unumgänglich determiniert sei.⁸ Eine zeitgemäßere Version dieses Gedanken wäre die von LEVINSON et al. (2004) formulierte Hypothese, dass Sprache vor allem solche kognitiven Prozesse beeinflusst, die auch verbal enkodiert werden⁹ – genau um solche Repräsentationen geht es aber bei Geschlechterrollen gerade (vgl. zur verbalen Enkodierung auch Abschnitt 2.6.2 auf S. 78).

Ein akademischer Verweis auf die theoretische Unterscheidung zwischen grammatischem, biologischem und gesellschaftlich konstruiertem Geschlecht ist in diesem Kontext zwar angebracht, nachdem aber, wie GYGAX et al. empirisch zeigten, unter dem „Deckmantel“ des grammatischen Geschlechts weiterhin durch das generische Maskulinum die alten Rollenbilder tradiert werden, ist die Form des generischen Maskulinums trotzdem kritisch zu hinterfragen. In dieser Arbeit wird deshalb unter der oben erwähnten Zielsetzung des Aufbrechens tradierter Rollenbilder im Allgemeinen das generische Femininum benutzt, das

⁶ HOPF, Martin; SCHECKER, Horst; WIESNER, Hartmut: *Physikdidaktik kompakt*. Aulis Verlag, Freising 2011, S. 102 f.

⁷ Vgl.: GYGAX, Pascal; GABRIEL, Ute; SARRASIN, Oriane; OAKHILL, Jane & GARNHAM, Allen: *Generically intended, but specifically interpreted. When beauticians, musicians and mechanics are all men*. In: *Language and cognitive processes*. Vol. 23, Nr. 3, 2008, p. 477 ff.

⁸ Vgl. GYGAX et al. (2008), S. 465

⁹ Vgl.: LEVINSON, S.C.; KITA, S.; HAUN, D. B. M. & RASCH, B.H.: *Returning the tables: Language affects spatial reasoning*. In: *Cognition*, Vol. 84, Nr. 2, p. 155 – 188, zitiert nach: GYGAX et al. (2008), S. 465

mittlerweile auch in der Grundordnung der Uni Leipzig verwendet wird.¹⁰ Jedoch wird es im Sinne der Ausgeglichenheit und der bestmöglichen Lesbarkeit in der vorliegenden Arbeit in einer leicht abgewandelten Weise verwendet werden, was sich folgendermaßen äußert:

- 1) Wo immer es sinnvoll und möglich erscheint, werden geschlechtsneutrale Begriffe wie „Lernende“, „Lehrende“, etc. verwendet. Um die stilistische Abwechslung zu erhalten und einem möglicherweise so zu interpretierenden Ausblenden der Geschlechterfrage vorzubeugen, wird jedoch darauf Wert gelegt, dass nicht ausschließlich neutrale Formen verwendet werden – dies ist rein praktisch auch nicht immer möglich, ohne dass die Arbeit stilistisch leidet.
- 2) Nicht zusammengesetzte Begriffe werden grundsätzlich in der weiblichen Form geschrieben, es wird also z.B. stets von Lehrerinnen und Schülerinnen die Rede sein (ohne großes Binnen – I), wobei die männlichen oder andersgeschlechtlichen Akteure stets mitgemeint sind – wo dies nicht der Fall ist, wird darauf speziell hingewiesen. Auf die Einfügung eines Sternchens oder Unterstriches (zur Repräsentation anderer, also weder weiblicher noch männlicher Geschlechtsidentitäten), also etwa in der Form Lehrer*in oder Lehrer_in wird im Sinn der bestmöglichen Lesbarkeit verzichtet, wobei auch diese selbstverständlich ebenfalls mit gemeint sind.
- 3) Ausschließlich zusammengesetzte Begriffe werden im Sinn der Lesbarkeit in ihrer maskulinen Form geschrieben. Es wird also etwa von einer Wissenschaftergeneration statt einer Wissenschafterrinnengeneration (vgl. S. 13) die Rede sein.
- 4) Wo immer es um spezifisch männliche Klischees geht oder in anderer Form speziell von den männlichen Akteuren gesprochen wird, wird ebenfalls die männliche statt der weiblichen Form verwendet. So ist zum Beispiel auf Seite 13 vom Klischee des „knochentrockenen, ‘emotionslosen‘ Naturwissenschaftler[s]“ die Rede. Hier geht es speziell um ein männlich dominiertes Klischeebild, weshalb hier ausnahmsweise nicht die weibliche Form verwendet wird.
- 5) Indirekte Zitate werden ins generische Femininum überführt, direkte Zitate selbstverständlich nicht. Bei Verweisen auf schematische Abbildungen, die das generische Maskulinum enthalten, wird dieses auch im Text verwendet.

¹⁰ Vgl.: Pressemeldung Nr. 2013/178 der Uni Leipzig vom 06.06.2013, Online:

http://www.zv.uni-leipzig.de/service/presse/pressemeldungen.html?ifab_modus=detail&ifab_id=4994

1. Einleitung

Das Schulfach Physik wird meist mit Mathematik, Geometrie und komplexen theoretischen Problemstellungen verbunden – ein durch und durch rationales Schulfach also. Kaum würde jemand wohl Begriffe wie Kreativität, körperliche Bewegung, Ausdruck oder Spiel in Verbindung mit Physik bringen. Das Image ist dementsprechend: Physik gilt oft als „trocken“, „schwierig“ und teilweise auch als „langweilig“. Auch statistische Untersuchungen belegen, dass das Fach deutlich weniger beliebt ist als andere Schulfächer.¹¹

Wenn man jedoch die moderne Naturwissenschaft im Hochschulbereich betrachtet, dann merkt man sehr schnell, dass das Klischee vom knochentrockenen, „emotionslosen“ Naturwissenschaftler in den allermeisten Fällen ebenso falsch ist wie die entgegengesetzte Überzeichnung des „verrückten Professors“. Allerdings hat mit einer neuen, jüngeren Wissenschaftergeneration wohl doch insgesamt ein frischer Wind an den Fakultäten Einzug gehalten. Die Teilnahme an Wettbewerben wie *Dance Your Ph. D.*¹² wären für viele Akademikerinnen vor gar nicht allzu langer Zeit wohl noch völlig undenkbar gewesen – heute erfreut sich diese Verbindung von Wissenschaft und kreativem Ausdruck aber einiger Beliebtheit.

Das Prinzip, dass Naturwissenschaft Spaß machen kann (und soll!) ist heute aber zum Glück in der Physikdidaktik angekommen: „*Spiel und Spaß in Physik* sollen gleichzeitig *Lernen und Verstehen der Physik* einschließen“¹³ schreiben LABUDDE und FIRMIN (2002). Die Erkenntnis, dass sich eine kreative Auseinandersetzung mit Physik auch mit so scheinbar fern liegenden Bereichen wie eben Ausdruckstanz oder dem Theater verbinden lässt, genießt aber bisher wohl eher weniger Popularität.

¹¹ Vgl.: HOPF et al. (2011), S. 99 ff.

¹² Dabei geht es darum, den Inhalt der eigenen Dissertation möglichst kreativ und prägnant durch eine Tanzchoreographie darzustellen, welche als Video einzureichen ist. Die Gewinner erhielten im Jahr 2012 Geldpreise und wurden zu einer Konferenz nach Brüssel eingeladen. Vgl.: <http://gonzolabs.org/dance/> sowie <https://www.facebook.com/DanceYourPhD> [Stand: 23.04.2013]

¹³ LABUDDE, Peter; FIRMIN, Ferdy: *Physikunterricht in Bewegung*. In: Unterricht Physik, Heft 70, S. 4-9, zitiert nach: KIRCHER, Ernst; GIRWIDZ, Raimund; HÄUßLER, Peter: *Physikdidaktik. Theorie und Praxis*. Springer Verlag, Heidelberg 2009, S. 404. Hervorhebung von KIRCHER et al. (2009)

Dass der Begriff „Theater“ im Schulalltag bei manchen Lehrerinnen auch eher negative als positive Assoziationen auslöst, mag der im Titel wiedergegebene Ausruf belegen, der vielleicht manchen aus der eigenen Schulzeit noch in den Ohren klingt.

Es ist hier nochmals im Sinn von LABUDDE und FIRMIN (2002) zu unterstreichen, dass es in der hier präsentierten Methode nicht darum geht, Inhalte durch eine derartige Ausdrucks-, Bewegungs- und nicht zuletzt Erlebnisorientierung zu ersetzen, sondern eher darum, sie dadurch zu erweitern und die Grundprinzipien der vermittelten Inhalte stärker zu festigen als bei einem vornehmlich theoretisch orientierten Unterrichtsstil. Schülerinnen sollen konkrete physikalische Inhalte mit den eigenen Händen erfühlen, mit den eigenen Beinen erlaufen und im Unterricht mehr mit dem eigenen Körper agieren, anstatt nur tagein tagaus dazusitzen, zuzusehen und zuzuhören, mitzuschreiben und sich nur ab und zu durch eine Wortmeldung selbst einzubringen. Natürlich gibt es einige Lernende, bei denen auch die eher traditionelle, instruierende Methode, bzw. auch offenere Methoden wie Gruppenarbeiten gut funktionieren. Allerdings gilt es doch, einen vielfältigen Unterricht zu gestalten – was auch im Sinne des Förderns unterschiedlicher Lernstrategien verstanden werden kann. Handlungsorientiertes Lernen scheint sich bei den Schülerinnen einer großen Beliebtheit zu erfreuen und die Inhalte werden zudem besser erinnert als beim rein verbal orientierten Lernen (vgl. S. 78 ff.). Natürlich ist aber mit dem Erinnern der Handlung natürlich noch nicht notwendigerweise ein Verständnis der ihr zugrunde liegenden theoretischen Problematik verbunden. Daher ist es unerlässlich, sich bei einem handlungsorientierten Unterrichtsstil nicht auf Handlungen allein zu beschränken, sondern dazu auch jeweils eine gut strukturierte Erklärung zu liefern, die den Lernenden ein kognitives Verständnis der physikalischen Zusammenhänge ermöglicht. Auch auf zusätzliche optische Verständnishilfen wie Zeichnungen und Diagramme kann und soll natürlich ebenfalls nicht verzichtet werden.

Handlungsorientierter Unterricht wird aber im Rahmen des Physikunterrichts oft auf Schülerversuche und ähnlich gelagerte Projekte reduziert. Die theatralische bzw. kinästhetische Methode bietet hier eine bisher wohl noch eher wenig verbreitete Alternative.

An dieser Stelle soll ein Beispiel zu zwei verschiedenen Vermittlungsmethoden zum gleichen Thema veranschaulichen, was mit dem hier vorgestellten Ansatz eigentlich gemeint ist. In

einem der beiden Unterrichtsszenarien ist das Agieren mit dem eigenen Körper im Physikunterricht wie oben beschrieben integriert:

- A) Die Lehrerin zeichnet eine die Skizze einer Kreisbewegung an die Tafel und versieht sie mit den entsprechenden Variablen. Schließlich wird der folgende Satz diktiert: „Die Bahngeschwindigkeit bei einer Kreisbewegung ist bei gleicher Winkelgeschwindigkeit linear vom Radius abhängig.“ Die Schülerinnen schreiben den Satz ab und haben 5 Minuten Zeit, darüber zu diskutieren und sich in 4er - Gruppen Beispiele dazu überlegen.
- B) Die Lehrerin geht mit den Schülerinnen auf den Schulhof (oder zur Not in den Turnsaal oder auf den Gang). Schülerin A hält ein 10m langes Seil an einem Ende fest und wird damit später zum Mittelpunkt einer Kreisbewegung werden. In 1, 2, 5 und 10 Meter Abstand von diesem Mittelpunkt sind am Seil Markierungen angebracht, an denen sich jeweils eine weitere Schülerin positioniert. Nun bekommen die fünf Schülerinnen den Auftrag, das Seil gerade und gespannt zu halten und in einer vorgegebenen Zeit (z. B. 10 Sekunden) eine volle, möglichst gleichmäßige Kreisbewegung um den Mittelpunkt zu vollführen. Der Rest der Klasse soll dabei vergleichen, wie schnell die einzelnen Schülerinnen laufen müssen¹⁴ und versuchen, selbstständig eine möglichst treffende „je ... desto“ Regel für ihre Beobachtung zu formulieren. Anschließend wird das Experiment in der Klasse nochmals theoretisch rekapituliert und in Form einer Skizze festgehalten. Die Formulierungen der Schülerinnen werden verglichen und die passendste ausgewählt. Der qualitative „je – desto – Satz“ wird dann um die in der theoretischen Analyse erlangte Erkenntnis erweitert, dass der Zusammenhang zwischen Bahngeschwindigkeit und Radius tatsächlich linear ist.

¹⁴ Die innerste Schülerin mit 1m Abstand vom Mittelpunkt tritt mit etwa 2,3 km/h langsam vor sich hin, während die äußerste mit 10m Abstand gleichzeitig fast 23 km/h schnell (also wegen der linearen Abhängigkeit vom Radius genau 10 Mal so schnell) rennen muss, um mitzuhalten. Wem das als zu anstrengend erscheint, der kann natürlich auch 20 Sekunden als Vorgabe für eine Umdrehung geben, aber so erfährt die Schülerin, die rennen muss, die Abhängigkeit vom Radius bei gleicher Winkelgeschwindigkeit als reale Anstrengung buchstäblich am eigenen Leib. Sinnvoll wäre, dass wirklich jede zumindest einmal rennen muss. Dazu kann man ein längeres Seil in mehrere 10 m lange Stücke zerschneiden und nach einer Vorzeigerunde mehrere Gruppen bilden lassen, die die Übung gleichzeitig durchführen.

An welche der beiden Unterrichtseinheiten wird sich eine Schülerin einige Wochen später noch besser erinnern können? Welche wird also wahrscheinlicher ein nachhaltiges physikalisches Konzept im Kopf der Schülerin hinterlassen? Eine der Hypothesen dieser Arbeit besteht darin, dass aktive Unterrichtseinheiten, wie die oben in Punkt B) beschriebene, sich besser einprägen, da hier kognitive mit praktischen Tätigkeiten effektiv verknüpft werden. So wird neben dem semantischen hier auch das episodische Gedächtnis angesprochen (vgl. Abschnitt 2.6.1 auf S. 74 ff.). Dies könnte für langfristiges Einprägen physikalischer Konzepte, bzw. für einen effektiven und nachhaltigen Wechsel von Alltagsvorstellungen zu physikalischen Konzepten (vgl. Abschnitt 2.5.2 auf S. 63 f.) unterstützend wirken. Dabei muss man seinen Unterrichtsstil ja auch nicht unbedingt radikal umstellen – unter Umständen reichen ein paar Abwechslungen, ein kreatives Element ab und zu, um insgesamt eine völlig andere Unterrichtsatmosphäre zu schaffen.

1.1. Forschungsvorhaben

In dem oben angesprochenen Punkt versucht diese Arbeit zum Thema „theatralische Methoden im Physikunterricht“ anzusetzen: Es geht nicht darum, ein Allheilmittel für den Physikunterricht zu finden, sondern darum, Vorschläge zu bringen, auf welche Art und Weise darstellende Module im Physikunterricht sinnvoll für die erwähnte Abwechslung im Rahmen eines vielfältigen Methodenmix' sorgen können. Dazu wurde unter den theoretischen Gesichtspunkten der Physikdidaktik, Lernpsychologie, Spielpädagogik und Theaterpädagogik ein darstellendes Modul für den Physikunterricht entwickelt, das anschließend in der Praxis erprobt wurde. Dabei wurde die Effektivität dieses Unterrichtsstils im Hinblick auf den Konzeptwechsel von Schülervorstellungen zu physikalischen Konzepten, sowie die Auswirkung der Methoden auf die affektiven Einstellungen der Lernenden zum Physikunterricht untersucht. Außerdem wurde der von KRAMER geäußerten Vermutung nachgegangen, dass theatralische Methoden möglicherweise positive Effekte auf die Modellbildung bzw. auf die Modellbewusstheit bei Schülern haben könnten. Dabei argumentiert KRAMER sinngemäß, dass ein bei Schülerinnen sehr häufig auftretendes Problem die Verwechslung von Modell und Realität sei, welche sich durch die Modellierung

anhand des menschlichen Körpers gar nicht erst ergäbe.¹⁵ So wäre es für Schülerinnen etwa intuitiv klar, dass Moleküle keine Arme und Beine hätten. Ganz im Gegensatz dazu sei durchaus oft nicht klar, dass sie genauso wenig kleine, harte Kugeln seien, was viele Schülerinnen sich laut KRAMER hauptsächlich aufgrund der häufigen und vor allem frühen Verwendung dieses Modells so vorstellten. KRAMERS Schlussfolgerung besagt, dass die Modellierung anhand des menschlichen Körpers (also z.B. die Modellierung von Molekülen mit "Schüleratomen") solche Fehlvorstellungen erst gar nicht entstehen ließe und ganz nebenbei Material spare.¹⁶ Diese recht plausibel erscheinende These wurde aber bisher noch keiner (veröffentlichten) empirischen Überprüfung unterzogen, was eine Forschungslücke darstellt, die im Rahmen dieser Arbeit u. a. geschlossen werden sollte.

1.2. Forschungsdesign

Auf Basis der theoretischen Überlegungen wurde unter fachdidaktischen Gesichtspunkten (so wurden etwa Forschungserkenntnisse zu Schülerinteressen bei der Themenwahl und themenrelevante Schülervorstellungen bei der Interventionskonzeption berücksichtigt) eine Stundenplanung für eine Unterrichtsintervention mit darstellenden Elementen entwickelt. Diese wurde im Anschluss einer Akzeptanzbefragung mit einer kleinen Gruppe Schülerinnen unterzogen und den Ergebnissen entsprechend adaptiert.

Die so entstandene Unterrichtseinheit (eine Doppelstunde zum Thema Astronomie bzw. Jahreszeiten und Sonneneinstrahlung auf der Erde) wurde dann in verschiedenen Schulen im Großraum Wien in die Praxis umgesetzt, wobei in den Wochen vor der Unterrichtseinheit ein Vorwissenstest mittels Fragebogen stattfand, bei dem inhaltliches Vorwissen anhand von ins Deutsche übersetzten¹⁷, inhaltlich passenden Multiple Choice - Items aus dem *Science Assessment* - Repertoire der *American Association for the Advancement of Science* (AAAS)

¹⁵ Vgl.: KRAMER, Martin: *Schule ist Theater. Theatrale Methoden als Grundlagen des Unterrichts*. Reihe: *Grundlagen der Schulpädagogik*. Hrsg.: WINKEL, Rainer, et al., Band 60. Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler 2008, S. 121 f.

¹⁶ Vgl.: KRAMER (2008), S. 121 f.

¹⁷ Die Items wurden aus dem Englischen ins Deutsche übersetzt und anschließend von einer qualifizierten dritten Person ohne Kenntnis der Originalitems zur Validierung wieder rückübersetzt. Anschließend wurden aufgrund praktischer Überlegungen in manchen Fällen noch leichte Anpassungen vorgenommen, die im Anhang dokumentiert sind (vgl. Abschnitt 9.1.1.1 auf S. 235 ff.).

erhoben wurde. Darüber hinaus enthielt der Fragebogen Items zu Fachinteresse und Selbsteinschätzung, die dem PISA-Test entnommen wurden, sowie zu grundlegenden statistischen Daten (Geschlecht, Alter, etc.).

Im Anschluss an die Einheit wurde mit einem zweiten Fragebogen (Abschlusstest) einerseits die Motivation der Schülerinnen bei der Durchführung der darstellenden Übungen erhoben, was mit Hilfe von Testitems erfolgte, die von Mag. Marianne KORNER im Rahmen einer anderen empirischen Untersuchung von Physikunterricht zu diesem Zweck entwickelt worden waren. Andererseits wurde mit dem Abschlusstest auch die Effektivität des Unterrichts in Bezug auf den Konzeptwechsel und die Auswirkungen auf den Modellbegriff untersucht, wobei diese Effektivitätsmessung mit den gleichen Items erfolgte, die auch beim Vorwissenstest verwendet worden waren – allerdings in anderer Reihenfolge (auch die Reihenfolge der Antworten wurde hierbei variiert), um Erinnerungseffekte zu verkleinern. Darüber hinaus wurden vier Schülerinnen im Anschluss an die Einheit im Rahmen eines Leitfadeninterview befragt, um weitere Erkenntnisse über mögliche Effekte der Methode zu gewinnen. Dabei wurden jeweils zwei Schülerinnen aus der beim Vorwissenstest beim Faktor „Fachinteresse“ am höchsten und am niedrigsten abscheidenden Klasse befragt, um mit vergleichsweise wenigen Interviews ein möglichst breites Spektrum an Meinungen von Schülerinnen mit hohem und geringem Fachinteresse in Physik einholen zu können.

Eine schematische Übersicht über den Ablauf der Forschungsarbeit bzw. das Forschungsdesign ist auf der folgenden Seite in **Abb. 1.1** dargestellt.

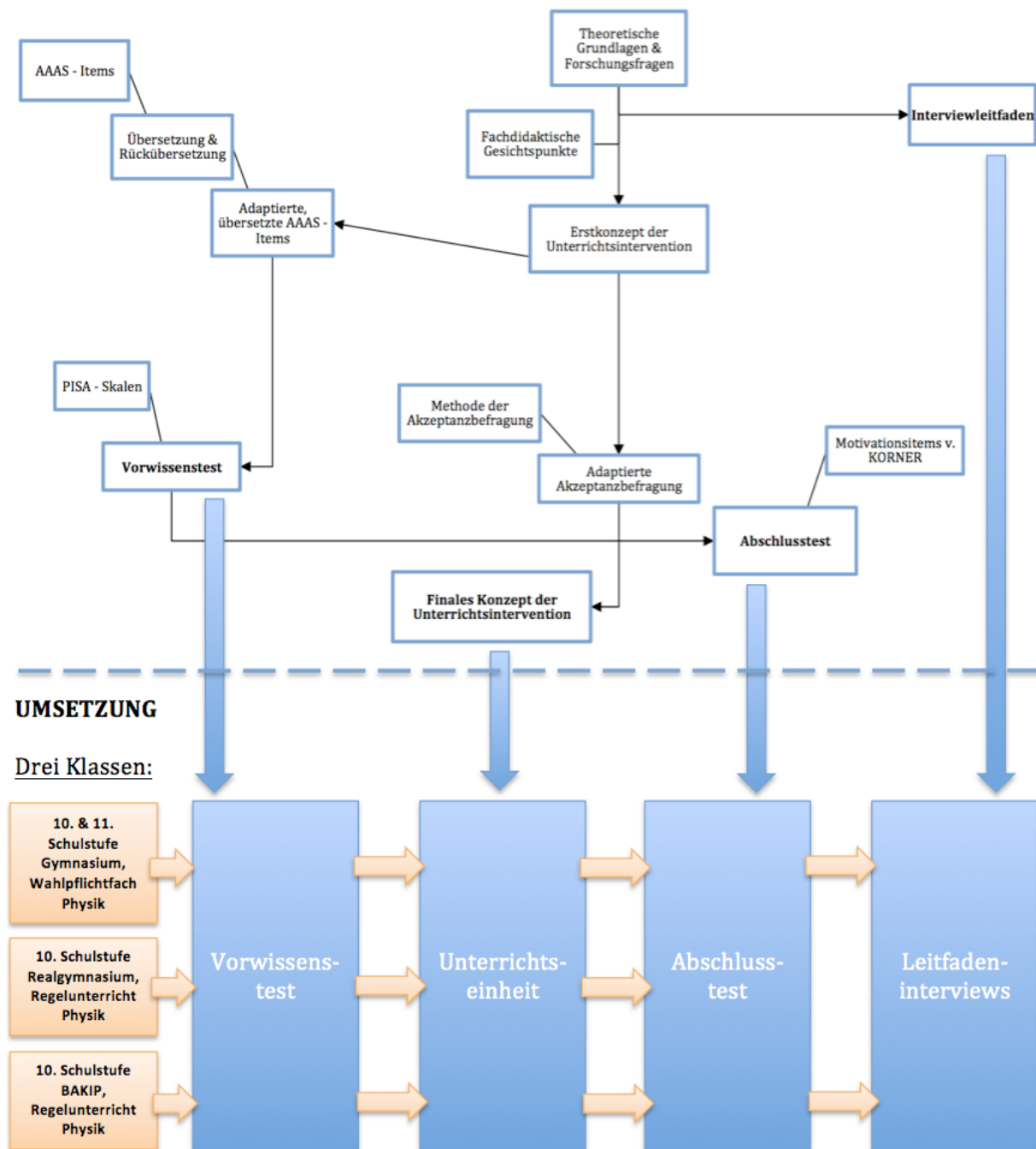


Abb. 1.1: Schematische Darstellung des Forschungsdesigns. Quelle: Eigene Abbildung

2. Theoretische Grundlagen

Der erste Teil der Arbeit ist der Behandlung der theoretischen Grundlagen für theatralisches bzw. darstellendes Unterrichten im Physikunterricht gewidmet. Es wird dabei zunächst auf die verwendete Terminologie eingegangen, so wird etwa zwischen kinästhetischen und theatralischen Unterrichtsmodulen differenziert, die Begrifflichkeiten „Theaterpädagogik“, „darstellendes Spiel“ und „Rollenspiel“ werden einander gegenübergestellt und mit dem auf dieser Basis neu eingeführten Begriff „darstellendes Rollenspiel“ wird versucht, dem speziellen Anspruch der hier beschriebenen Methode gerecht zu werden. Im Anschluss werden wichtige Aspekte der Theaterpädagogik¹⁸, der Spielpädagogik, der Lernpsychologie und der Physikdidaktik dargelegt und ihr Bezug zu der in dieser Arbeit beschriebenen Unterrichtsmethode reflektiert.

2.1. Einleitung

Im Rahmen der Theaterpädagogik geht es meist um das Gelingen des Ausdrucks in verschiedenen Szenen, um Emotionen, Gestik, Mimik, die Lust am Spielen und die schauspielerische Entwicklung der Laiendarstellerinnen. Kurz gesagt, es geht darum wie etwas, das auf einer Bühne passiert, auf die Betrachterin wirkt. KRAMER merkt dazu an, dass dies ganz generell eine sehr wichtige Fragestellung für jede Form von Unterricht sei, da erstens alles wirke¹⁹, und zweitens kaum jemand häufiger auf einer Bühne stehe, als eine Lehrerin.²⁰

Diese theatralischen Aspekte sind für Unterricht als solchen (unabhängig vom Fach) sicherlich höchst relevant und ich möchte an dieser Stelle den Lesern die wirklich großartige, weil inspirierende Lektüre von KRAMER (2008) zu diesem Thema ans Herz legen. Andererseits ist es aber auch wichtig, klar festzuhalten, dass der Forschungsschwerpunkt dieser Arbeit nicht die Analyse der Wirkung des Einsatzes allgemeiner theatralischer Methoden im Unterricht ist, sondern dass es konkret um die Auswirkungen des Einsatzes

¹⁸ Dieser wichtige Punkt unterteilt sich wegen dem starken Praxisbezug der Theaterpädagogik wiederum in einen rein theoretischen und einen eher praktischen Ansatz

¹⁹ Vgl.: KRAMER (2008), S. 1

²⁰ Vgl.: KRAMER (2008), S. 3

kurzer, darstellender Module auf den *Physikunterricht* geht. Dabei wird es im hier vorgestellten Ansatz sowohl um theatralische, wie auch um so genannte kinästhetische Module gehen.

2.1.1. Terminologie I: Darstellende, theatralische und kinästhetische Module

Jede Anwenderin eines darstellenden Moduls sollte selbst entscheiden, ob die von KRAMER und anderen Autoren wie BARZ und RELLSTAB angesprochenen theatralischen Techniken und Aspekte (etwa Aufwärmübungen, Raum, Licht, Gestik, Mimik, etc. – einige werden hier auch noch angesprochen werden) für das jeweilige Modul eine zentrale Rolle spielen oder nicht. So kann man beispielsweise annehmen, dass das oben genannte Modul zur Kreisbewegung auch gut ohne allzu große Vorbereitung (im Sinne von dem Theater entlehnten Aufwärmübungen) durchgeführt werden könnte. Es geht zwar sehr wohl darum, einen physikalischen Sachverhalt plastisch durch bewegte Aktion mit dem eigenen Körper darzustellen, aber *nicht* darum, in eine definierte Rolle zu schlüpfen. Solche Module werden hier in Anlehnung an die von MORROW und ZAWASKI verwendete Terminologie als „kinästhetische Module“ bezeichnet. Der Begriff Kinästhetik wird hier im Sinne von MORROW und ZAWASKI als körperliche Selbstwahrnehmung verstanden: „*Kinesthetic* describes a sensation of bodily position, presence, or movement.“²¹ Im Duden wird die Kinästhetik als Lehre von der Kinästhesie definiert²², welche wiederum von den altgriechischen Begriffen *kineîn* (dt.: bewegen) und *aísthēsis* (dt.: Sinneswahrnehmung) stammt²³. So beschreibt etwa RELLSTAB analog zu MORROW und ZAWASKI den „kinästhetischen Sinn“ als „Sinn für Bewegung und Lage des Körpers im Raum“²⁴.

PROSKE und GANDEVIA unterscheiden allerdings die Positions- und die Bewegungswahrnehmung der Gliedmaßen und des Körpers als zwei unterschiedliche

²¹ MORROW, Cheryllynn; ZAWASKI, Michael: *Kinesthetic Astronomy. Lesson One: Sky time. On the Astronomical Meaning of the Day, Year and Seasons*. Space Science Institute, Boulder, Colorado 2004, S. 6 (Hervorhebung von MORROW & ZAWASKI)

²² Vgl.: DUDEN: <http://www.duden.de/rechtschreibung/Kinaesthetik> [Stand: 30.05.2013]

²³ Vgl.: DUDEN: <http://www.duden.de/rechtschreibung/Kinaesthesie> [Stand: 30.05.2013]

²⁴ RELLSTAB, Felix: *Handbuch Theaterspielen*. Band 4: *Theaterpädagogik*. Reihe schau-spiel, Band 10. Stutz Verlag, Wädenswil 2000, S. 66

Sinne.²⁵ Die neurologischen Rezeptoren dafür werden einerseits an den Muskeln selbst (zwei verschiedene Rezeptoren: Primäre Rezeptoren für Muskellänge sowie deren Änderungsrate [also auch für Bewegung] und sekundäre Rezeptoren nur für die Muskellänge) und andererseits in der Haut (Hautdehnungsrezeptoren) verortet – die Gelenke liefern allem Anschein nach einen eher geringen Beitrag zur kinästhetischen Empfindung.²⁶

Der Sinn der (Gliedermaßen-)Positionsempfindung wird bei PROSKE und GANDEVIA folgendermaßen beschrieben: “The neural basis of limb position sense is the ability of receptors like muscle spindles to maintain static levels of discharge which increase in proportion to the increase in muscle length.”²⁷ Diese neuronalen Positionssignale der Rezeptoren können jedoch durch Konditionierung bzw. Habituation verzerrt werden – wenn etwa der Arm bei Probandin A zuerst gestreckt wird, dann wird die gleiche, leicht angewinkelte Armhaltung danach als stärker angewinkelt empfunden als bei einer Probandin B, deren Arm zuvor stark angewinkelt war.²⁸

Die Argumentation für zwei verschiedene Sinne für Position und Bewegung wird (neben der Interpretation anderer experimenteller Daten) u. a. folgendermaßen begründet:

*Finally, in a different experiment, blindfolded human subjects were required to move their arm between two targets for 70 repetitions. It was found that during the repeated movements hand position drifted without comparable drift in the distance or direction moved (Brown et al. 2003). This was interpreted as implying the existence of separate position and movement controllers. To conclude, while some receptors are able to contribute input to both the sense of position and the sense of movement, the balance of evidence suggests that the central processing of the information is done separately.*²⁹

²⁵ Vgl.: PROSKE, Uwe; GANDEVIA, Simon C.: *The kinaesthetic senses*. In: *The Journal of Physiology*. Vol. 587, Pt. 17, September 2009, S. 4139

²⁶ Vgl.: PROSKE & GANDEVIA (2009), S. 4139 f.

²⁷ PROSKE & GANDEVIA (2009), S. 4141

²⁸ Vgl.: PROSKE & GANDEVIA (2009), S. 4140

²⁹ PROSKE & GANDEVIA (2009), S. 4141

Exkurs: All dies sollte nicht mit der aus wissenschaftlicher Perspektive einigermaßen fragwürdigen³⁰ Theorie der angewandten Kinesiologie (oft auch in ihrer Weiterentwicklung als „EDU-Kinesiologie“, aber irreführenderweise auch als „EDU-Kinestetik“ bezeichnet) verwechselt werden, die ein alternativmedizinisches Verfahren darstellt, in dem es in einem einigermaßen diffusen Jargon u. a. um „Energieblockaden“ und das „Ein – und Ausschalten“ von Körperteilen und Muskeln geht.³¹ Um dieser Verwechslung (und damit einhergehenden, nachvollziehbaren Ressentiments der Leserschaft) vorzubeugen, wurde auch die Entscheidung getroffen, den Begriff der Kinästhetik im Titel dieser Arbeit nicht zu erwähnen.

Man kann also festhalten: Es existieren bewegungsorientierte Methoden, die sich auf den Physikunterricht anwenden lassen und nicht unbedingt theatralische Methoden (im vollen Sinn dieses Begriffs) sind. Demgegenüber gibt es komplexere, physikalische Szenen in einem theatralischen Setting, etwa die von KRAMER beschriebene Darstellung des Wechsels zwischen den Aggregatzuständen von Wasser auf molekularer Ebene mit einer Schulklasse:

*Jeder Schüler stellt ein H₂O-Molekül dar. Es herrscht eine Temperatur von -273,16 °C – der absolute Nullpunkt. Alles ist starr – kein Atem, kein Augenblinzeln. Die Brennerflamme (der Lehrer) führt ständig Energie zu und erhöht damit die Temperatur auf -263 °C. Die Moleküle sitzen immer noch starr auf ihren (Gitter-)Plätzen, aber die Augen blicken umher. Zwischen -200 °C und -150 °C nehmen die Gesichtszüge und die Grimassen zu. Moleküle können nicht sprechen, man hört nur die Temperaturansage. Mit steigender Temperatur bewegt sich immer mehr. Es ist – 10 °C. Die Moleküle zappeln auf ihren (Gitter-)Plätzen wild umher. Bei 0 °C stehen zuerst vereinzelt, dann immer mehr Moleküle auf und beginnen sich frei im Raum zu bewegen. Das Verlassen des (Gitter-)Platzes erfordert viel Energie. Erst als das letzte Stückchen Eis geschmolzen ist (der letzte Schüler aufgestanden ist), steigt die Temperatur weiter. Die Moleküle werden schneller und schneller, stoßen immer häufiger aneinander, bis schließlich bei ca. 100 °C das Wasser zu sieden beginnt. Die kleinsten Teilchen haben genügend Energie, um den Boden zu verlassen, klettern auf den Tisch und sind gasig.*³²

³⁰ So wird die (EDU-) Kinesiologie beispielsweise vom Psychologen Werner STANGL, aber auch von der Gesellschaft zur wissenschaftlichen Untersuchung von Parawissenschaften (GWUP) kritisiert. Vgl.: STANGL, Werner: <http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/WISSENSCHAFTPSYCHOLOGIE/Kinesiologie.shtml> sowie GWUP: <http://www.gwup.org/ueber-uns-uebersicht/wiw/60-edu-kinestetik> [Stand: 30.04.2013]

³¹ Vgl.: STROHMAYER, Sebastian Alexander: *Lernen und Bewegung: Ganzheitliches Lernen in der EDU Kinesiologie unter dem Aspekt der Hirnforschung*. Diplomarbeit, Wien 1997, S. 17 f.

³² Vgl.: KRAMER (2008), S. 119 f.

Man mag einwerfen, dass sich einige physikalische Ungenauigkeiten oder didaktische Schwierigkeiten bei dieser Übung ergeben,³³ aber noch geht es nur darum, eine exemplarische Veranschaulichung für den Einsatz einer theatralischen Methode im Physikunterricht zu geben und nicht darum, dieses Beispiel inhaltlich zu analysieren. Eine solcherart theatralisch konzipierte Übung erfordert im Sinne KRAMERS jedenfalls das Einverständnis der Klasse, eine theatralische Aufwärmübung und eine anfängliche Erklärung von Seiten der Lehrerin, was überhaupt der Sinn der folgenden Methode ist.³⁴

Man kann also prinzipiell unterscheiden zwischen kinästhetischen Modulen, bei denen es nicht (unbedingt) notwendig ist, eine bestimmte Rolle einzunehmen, und tatsächlich theatralischen Szenen, bei denen die Schülerinnen explizit von der Lehrerin dazu angehalten werden, aktiv in eine Rolle zu schlüpfen. Beide Arten von Modulen kann man unter dem Überbegriff „darstellende Module“ zusammenfassen, da es ja nicht nur bei den theatralischen, sondern auch bei kinästhetischen Modulen darum geht, einen physikalischen Inhalt plastisch darzustellen. In einem Venn – Diagramm³⁵ veranschaulicht könnte diese Terminologie etwa so aussehen:

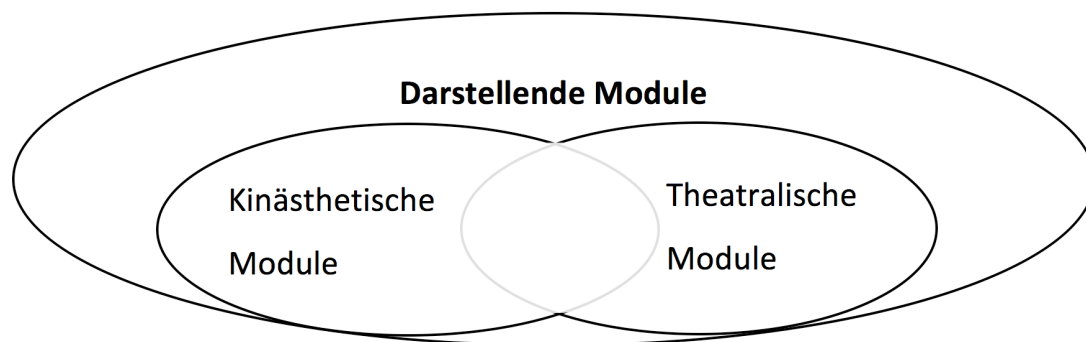


Abb. 2.1: Terminologie darstellender, theatralischer und kinästhetischer Module als Venn – Diagramm

³³ Etwa, dass die Gesetze der Thermodynamik das Erreichen des absoluten Nullpunktes verbieten, oder das didaktische Problem, dass eine einzelne Schülerin ein aus 3 Atomen bestehendes Molekül darstellt – siehe dazu auch den Abschnitt 3.3 auf S. 89 ff.

³⁴ Vgl. KRAMER (2008), S. 127 ff.

³⁵ Dabei handelt es sich um eine bekannte grafische Repräsentationsform für Mengen und logische Aussagen, die von 1880 John VENN vorgeschlagen wurde. Diese heute als Venn - Diagramme bezeichnete Darstellungsform von logischen Mengen und Schnittmengen durch Kreise und Ellipsen stellen eigentlich eine Weiterentwicklung der von VENN so genannten „Euler’schen Kreise“ dar, die von Leonhard Euler bereits in den 1760er Jahren beschrieben wurden. Vgl.: SANDIFER, Ed: *How Euler did it*. In: *The Mathematical Association of America: MAA Online*, January 2004, S. 1 ff.

Der Begriff „Darstellende Module“ umfasst also die zwei Teilmengen der „kinästhetischen“ und der „theatralischen“ Module, wobei an dieser Stelle angemerkt werden muss, dass es auch einen gewissen Grenzbereich gibt, in dem sich kinästhetische und theatralische Module überschneiden bzw. ineinander übergehen, was durch die graue Schattierung der Linien im Schnittbereich symbolisiert werden soll, da es sich nicht wirklich um eine ganz klar definierte Schnittmenge handelt, sondern die Grenzen fließend sind (siehe **Abb. 2.1** auf der vorherigen Seite). So könnte man etwa sagen, dass die Schülerinnen im eher kinästhetisch konzipierten Modul zur Kreisbewegung doch auch die Rolle eines Punktes am Radius einer Kreisbewegung spielen (was allerdings dann doch ein sehr abstraktes Rollenverständnis wäre). Dem könnte man wiederum entgegen, dass nicht nur ein mathematischer Punkt, sondern auch schon ein Wassermolekül (wie in KRAMERs „Siedeszene“) keine im eigentlichen Sinn theatralische Rolle darstellt, da man sich bei der Darstellung an keinerlei Vorkonzepten orientieren kann. Schließlich hat noch nie jemand ein *einzelnes* Wassermolekül gesehen, gehört, gerochen, ertastet oder geschmeckt, was das theatralische Spiel für die Schülerinnen einigermaßen problematisch macht – denn wie kann man etwas mit Überzeugung spielen, von dem man keine konkrete Vorstellung hat, da man es noch nie direkt wahrgenommen hat?³⁶

Diese beiden Argumentationsweisen haben durchaus beide eine gewisse Berechtigung, allerdings wird es sich für die Praxis wohl doch als sinnvoll erweisen, die oben getroffene Unterscheidung anzuwenden. Aus einem einfachen, praktischen Grund: Es ist wichtig für die Planung, da es sehr wohl einen Unterschied macht, ob man theatralische Aspekte explizit einfließen lässt (mitdenken sollte man sie wohl immer), also ob man die Schülerinnen auf die zu spielende Rolle hinweist, ob man etwa den Raum und das Licht für ein Modul verändert, ob man Figurentheater verwendet, Musik abspielt, Requisiten oder Kostüme verwendet, etc. Daran lässt sich also für den Zweck dieser Arbeit die Unterscheidung auch recht gut treffen – je mehr man als Spielleiterin das theatralische Setting explizit herstellt, desto mehr wird das so umgesetzte Modul zu den theatralischen und desto weniger zu den kinästhetischen Modulen zu rechnen sein.

³⁶ Allerdings geht es hier ohnehin weniger darum, dass jede Schülerin ihr einzelnes Wassermolekül möglichst gut spielt (auch wenn natürlich jede zum Gesamtbild beiträgt – gerade eine rasche Bewegung zu Beginn zerstört dieses), sondern darum, das Zusammenspiel vieler Moleküle als Gesamtheit anschaulich darzustellen.

Beide Arten darstellender Module haben wohl ihre Vor – und Nachteile, so ist ein kinästhetisches Modul wahrscheinlich in den meisten Fällen einfacher und mit weniger Zeitaufwand durchzuführen, als ein konsequent theatralisch orientiertes Modul. Der theatralische Ansatz funktioniert vermutlich auch besser, wenn die mit der Umsetzung betrauten Lehrenden schon eigene Theatererfahrung gesammelt haben und mit den entsprechenden Techniken vertraut sind. Falls dies aber der Fall ist, kann angenommen werden, dass damit möglicherweise eine stärkere emotionale (und nicht nur körperliche) Involviertheit der Schülerinnen in den Unterricht erreicht werden kann, was auf Gedächtnis (vgl. Abschnitt 2.6.1 auf S. 74 ff.) wie auf Motivation positive Effekte haben könnte. Allerdings ist es die Intention dieser Arbeit, auch Lehrerinnen ohne spezifischem theatralischem Vorwissen eine Möglichkeit zu bieten, darstellende Module im Physikunterricht einzusetzen (und darauf aufbauend eigene zu konzipieren) ohne sich im Voraus allzu intensiv mit der Theaterpädagogik auseinandersetzen zu müssen. Denn auch wenn man diese fruchtbare Recherche jedem, der diesen Beruf ausübt, nur empfehlen kann, so ist es für viele eben nicht nur eine Interessens- sondern auch eine Zeitfrage, wie weit man sich darauf einlässt. Zu diesem Zweck sollen die hier vorgestellten kinästhetisch orientierten Module als Alternative dienen.

2.2. Theaterpädagogik und darstellendes Spiel

Wegen der oben dargelegten Gründe wird sich dieser Abschnitt darauf beschränken, einzelne Methoden und Themen aus der theaterpädagogischen Literatur exemplarisch vorzustellen, die für die eingangs beschriebene Forschungsfrage dieser Arbeit relevant erscheinen. Dies ist insofern ein relativ eingeschränkter Bereich, da es sowohl im Feld der Theaterpädagogik wie auch in dem enger eingegrenzten Bereich des „Darstellenden Spiels“ in beinahe allen Werken zu diesen Themen um Fragestellungen geht, die vor allem für größer angelegte schulische Theaterprojekte relevant sind, in denen entweder literarische Vorlagen oder ein umfangreicher, selbst erarbeiteter Stoff auf die Bühne gebracht werden soll. Kurz gesagt, das Hauptinteresse der Literatur gilt der Frage, wie man am besten mit Schülerinnen, Jugendlichen und tlw. auch erwachsenen Laien einen Text bzw. eine Geschichte in ein Bühnenstück verwandeln kann. Dies steht in einigem Kontrast zum Gegenstand dieser Arbeit, die in ihrer Zielsetzung (nämlich der Entwicklung kurzer,

fachbezogener Module darstellenden Spiels für den Physikunterricht und deren Evaluation) naturgemäß mehr an der einzelnen Szene als am Kontext eines vollständigen Stückes interessiert ist.

Exkurs: *Ein interessanter Ansatz für theatralische Langformen im Physikunterricht*

Das soll aber nicht heißen, dass nicht auch im Rahmen des Physikunterrichts andere theatralische Fragestellungen denkbar wären: So wäre es beispielsweise ein durchaus spannendes fächerübergreifendes Projekt, die Biographien von Marie Curie oder Ludwig Boltzmann auf die Bühne zu bringen. Auch andere theatralische Langformen wären denkbar – so etwa eine Physikshow im Stil der PHY[MU]SIKER, die im Oktober 2011 in der Aula der Universität Erlangen – Nürnberg aus Anlass der *Langen Nacht der Wissenschaften* stattfand und bei der das Publikum in den Pausen auf die Bühne kommen konnte und eingeladen wurde, die in der Show gezeigten Versuche selbst nachzustellen.³⁷ Das schließt u. a. an die so genannten *science shows* an, wie sie etwa von den deutschen *Physikanten*³⁸ oder den österreichischen *Science Busters*³⁹ betrieben werden. Solche Shows zeichnen sich durchaus durch ein hohes Maß an Theatralik aus und sind daher für Unterrichtende besonders unter didaktischen Gesichtspunkten für Schulversuche interessant. Allerdings unterscheiden sie sich von dem hier diskutierten Ansatz darin, dass man bei den meisten dieser Shows – wenn überhaupt – eher in der Rolle als Zuschauende oder „Freiwillige“ für ein Experiment in das Bühnengeschehen eingebunden wird. Das Ziel des hier diskutierten Ansatzes ist es jedoch, die Lernenden selbst in die aktiven Rollen der Darstellenden zu versetzen. Die Grenzen zwischen passiven „Versuchskaninchen“ und aktiven Darstellerinnen sind dabei aber natürlich nicht immer ganz klar zu ziehen – auch hier gibt es durchaus einen Graubereich zwischen den Rollen. Trotzdem wäre es aber ein wirklich interessantes Projekt, wenn die Schülerinnen selbst bei der Konzeption einer solchen Show tragende Rollen übernehmen und anschließend selbst als Experimentatorinnen bzw. Showmaster auf der Bühne stehen würden. Eine solche Theatervorstellung könnte sich

³⁷ MIERICKE, Jürgen: *Physik auf der Bühne*. Online: <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/332/511> [Stand: 16.0.2013]

³⁸ Vgl.: <http://www.physikanten.de/physik-show-wissenschaftsshow-und-fernsehen> [Stand: 25.05.2013]

³⁹ Vgl.: <http://sciencebusters.agentur-o.de/> [Stand: 25.05.2013]

dann beispielsweise an niedrigere Schulstufen derselben Schule richten. Diese Vorgehensweise entspricht auch grob dem physikdidaktischen Ansatz von ZINNS Dissertation *Physik lernen, um Physik zu lehren*, in der er das Motivationspotential eines Projektes aufzeigt, in dem Gymnasiastinnen Physik lernten, um danach unter Begleitung und Aufsicht ihrer Lehrkräfte im Kindergarten und der Grundschule selbst physikalische Inhalte zu vermitteln.⁴⁰

2.2.1. Terminologie II – Theaterpädagogik, Rollenspiel und darstellendes Spiel

Der Begriff „Theaterpädagogik“ stammt aus der Spiel- und Theaterliteratur der 1970er Jahre⁴¹, wobei er lange einer engeren Definition entbehrte sondern im Gegenteil synonym für zum Teil recht unterschiedliche Bereiche verwendet wurde: „So erstreckt sich der Bereich der Theaterpädagogik vom traditionellen Schultheater über das Laienspiel, die Spielpädagogik, die Animationsarbeit hin zu einer therapeutischen Theaterarbeit.“⁴²

In dieser Arbeit wird es nun hauptsächlich um spielpädagogische, didaktische und lernpsychologische Aspekte theatralischer Elemente im Unterricht gehen. Warum es sinnvoll sein kann, solche theatralischen Elemente in den Unterricht zu integrieren, sei mit RELSTAB argumentiert, der schreibt, dass Theaterpädagogik ein „[...] handlungsorientiertes und mit Emotionen verbundenes Lernfeld [...]“ bietet.⁴³

Weiters bemerkt NICKEL, „[...] daß es kaum eine Zielgruppe gibt, die sich nicht für Spiel und Theater begeistern ließe (dafür scheinen vor allem die Selbstständigkeit und die körperlich-emotionale Bewegung verantwortlich) [...]“.⁴⁴ Auch OTTOS Unterscheidung zwischen professioneller und nicht professioneller Theaterarbeit, die besonders die pädagogische Absicht der didaktisch orientierten Theaterpädagogik gut umreißt, sei hier wiedergegeben:

⁴⁰ Vgl.: ZINN, Bernd: *Physik lernen um Physik zu lehren*. Dissertation an der Universität Kassel, erschienen im Logos Verlag, Berlin 2008

⁴¹ Vgl.: OTTO, Enrico: *Methodische Theaterpädagogik: Aufgezeigt anhand eines Arbeitsmodells*. Lit Verlag, Hamburg und Münster 1993, S. 1

⁴² MIERZOWSKY, Claudia: *Spiel und Theater*. In: MÜLLER ROLLI, Sebastian [Hrsg.]: *Kulturpädagogik und Kulturarbeit*. Juventa Verlag, Weinheim und München 1988, S. 129, zitiert nach OTTO (1993), S. 1

⁴³ RELSTAB (2000), S. 43

⁴⁴ NICKEL, Hans – Wolfgang: *Überlegungen zur Struktur von Spiel und Theater*. In: *Theaterpädagogik*. Nr. 6: *Handeln und Betrachten*. Pressestelle der Hochschule der Künste, Berlin 1987, S. 14

Ausgangsidee ist die Feststellung, daß zwischen professioneller und nicht professioneller Theaterarbeit der Unterschied in der jeweiligen EIGENSTÄNDIGKEIT des Gebietes liegt und nicht etwa im Kopierverfahren des einen durch das andere. Während professionelle Theaterarbeit (auch in den freien Gruppen) vordergründig von der Idee der institutionalisierten Arbeit getragen wird, die sich im Spielplan niederschlägt, versucht die nicht-professionelle Arbeit die didaktische Analyse des PHÄNOMENS Theater. Möchten die einen den künstlerischen Stellenwert sehen, verfolgen die anderen den pädagogischen. Arbeiten die einen an der ROLLE, so versuchen die anderen, die PERSÖNLICHKEIT zu gestalten. Schaffen die einen Inszenierungen, so bewegen sich die anderen im Bereich der KREATIVITÄT.⁴⁵

NICKEL unterscheidet außerdem zwischen den Begriffen „Theater“ und „Rollenspiel“ anhand des (Nicht-) Vorhandenseins von Publikum. Während er für Theater die Faktoren Material, Raum, Gruppe und Idee, Welt und Publikum anführt⁴⁶, wird beim Rollenspiel der Faktor Publikum durch den der Selbstreflexion der Spielgruppe ersetzt:

Produzent und Konsument fallen zusammen; die Gruppe betrachtet sich selbst während des Spiels und in der Reflexion nachher, eventuell unterstützt durch Protokoll, Tonband, Filmaufzeichnung, eventuell durch eine kurzfristige Aufteilung der Gruppe in Spieler und Beobachter. Leitgedanke ist eine Modellvorstellung der Gruppe, die erreicht werden soll (die utopische Funktion des Theaters) oder die Analyse eines gegenwärtigen Zustands, der in der Fiktion untersucht wird (die analytische Funktion des Theaters).⁴⁷

Eine grafische Veranschaulichung bietet noch bessere Vergleichsmöglichkeiten:

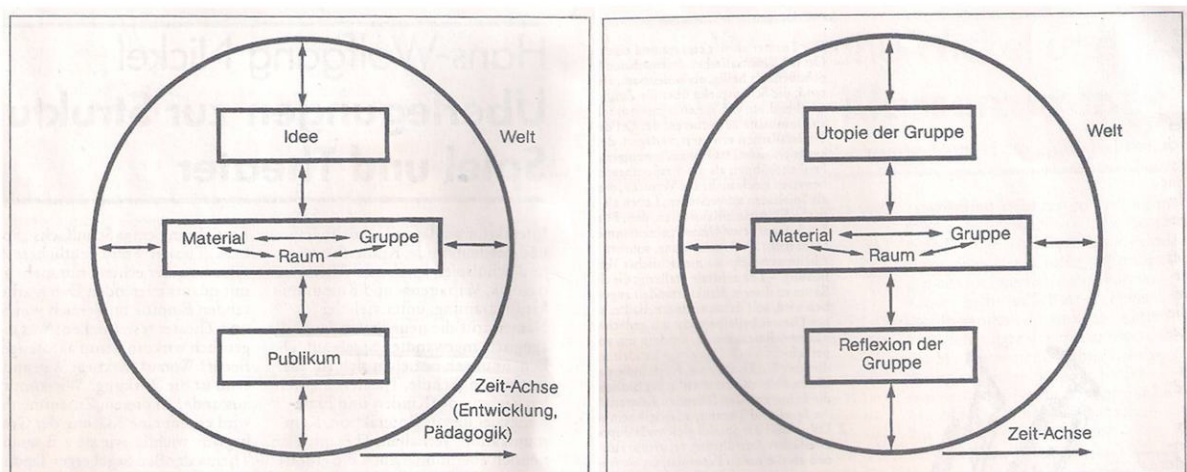


Abb. 2.2: Schematische Darstellung von Theater (links) und Rollenspiel (rechts). Quelle: NICKEL (1987)

⁴⁵ OTTO (1993), S. 2 (Hervorhebung von OTTO)

⁴⁶ Vgl.: NICKEL (1987), S. 15

⁴⁷ NICKEL (1987), S. 18

Mit dieser Definition sind wir nun schon recht nahe bei der Struktur der hier behandelten theatralischen Module im Physikunterricht. Meist wird ja kein externes Publikum einbezogen werden (außer vielleicht, man plant ein längeres, zeitintensives Theaterprojekt, wie auf S. 27 f. vorgeschlagen) und die Selbstreflexion der Gruppe über ihre Modellbildung physikalischer Gesetzmäßigkeiten wird entscheidend für den Lernfortschritt sein. NICKEL geht es in seiner Konzeption zwar eher um die Modellierung sozialer Beziehungen⁴⁸ als um die physikalischer Gesetze oder technischer Geräte – aber sein Modell ist in diesem Punkt gut auf die hier dargestellte Thematik übertragbar, wenn man die „Utopie der Gruppe“ als physikalisches Konzept versteht. An anderer Stelle führen NICKEL und RÜSTER außerdem aus, dass Fachlehrer unter anderem Körperübungen und Körperspiele, Rollenspiele, Lehr/Lernstücke und ähnliche Formen „[...] im Fachunterricht vor allem *fachgerecht* an[wenden], d. h. zur Vermittlung und Verlebendigung von Lerninhalten, zum Transport von Sach- und Fachfragen“⁴⁹, so wie das hier der Fall ist.

Um noch kurz bei der Terminologie zu bleiben: Es erscheint hier sinnvoll, den von NICKEL verwendeten Begriff „Rollenspiel“ noch etwas zu erweitern bzw. zu erläutern. So spricht etwa RELLSTAB generell vom „darstellenden Spiel“, wenn es sich um das Theaterspiel als Unterrichtsmethode handelt, so wie es hier der Fall ist.⁵⁰ BARZ betont besonders das körperlich handelnde Element des darstellenden Spiels, das für ihn gewissermaßen den Kern des theatralischen Handelns bildet, um den sich andere theatralische Faktoren wie Licht, Ton, Kostüme, etc. gruppieren, die er unter dem Überbegriff „Theater“ zusammenfasst.⁵¹ Es lässt sich leicht die Ambivalenz und Vielschichtigkeit der Terminologie erkennen – aber für unsere Zwecke reicht es, dem zuvor nach NICKEL definierten Begriff „Rollenspiel“ noch die Ergänzung „darstellendes“ voranzustellen, um zu betonen, dass es hier besonders stark um den körperlichen Ausdruck in einem theatralischen Setting (siehe Punkt 2.3.2 ab S. 38) geht.

⁴⁸ Vgl.: Ebenda

⁴⁹ NICKEL, Hans – Wolfgang; RÜSTER, Barbara: *Spielen im Klassenzimmer*. In: *Theaterpädagogik*. Nr. 6: *Handeln und Betrachten*. Pressestelle der Hochschule der Künste, Berlin 1987, S. 22

⁵⁰ Vgl.: RELLSTAB (2000), S. 42

⁵¹ Vgl.: BARZ, André: *Vom Umgang mit darstellendem Spiel*. Reihe: *Vom Umgang mit ...* Hrsg.: PROSCHE, Hannelore. Volk und Wissen Verlag, Berlin 1998, S. 7 f.

Es fällt zudem auf, dass der Begriff „Spiel“ in der Literatur zur Theaterpädagogik meist synonym zu „Theaterspiel“ verwendet wird⁵², was beispielsweise in der Literatur zur Spielpädagogik nicht der Fall ist – da wäre Theaterspiel (sofern dieses freiwillig geschieht) nur eines von vielen möglichen Spielen, denn der Begriff „Spiel“ ist dort viel allgemeiner definiert (siehe Punkt 2.4 ab S. 56).

In diesem Abschnitt soll es nun aber ganz im Sinne der Theaterpädagogik um das **darstellende Rollenspiel** als theatralisches Spiel gehen und unter diesem Gesichtspunkt ist also auch die Verwendung des Begriffs „Spiel“ in diesem Abschnitt zu verstehen. Die sich in dieser Konzeption von Spiel ergebenden Beziehungen zwischen Schüler, Spielleiter (Lehrer), Spiel und Ziel schematisieren NICKEL & RÜSTER wie in **Abb. 2.3.** dargestellt.

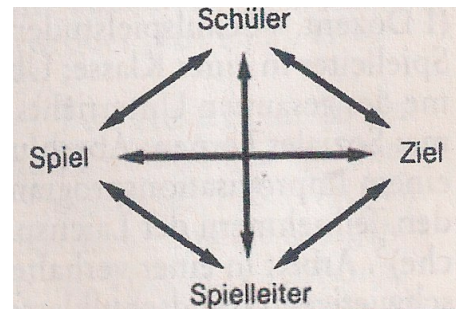


Abb. 2.3: Spiel im Unterricht (schematisch).

Quelle: NICKEL & RÜSTER (1987)

2.2.2. Terminologie III: Das darstellende Rollenspiel im Physikunterricht

Die hier verwendete Definition von „Rollenspiel“ unterscheidet sich recht stark von der üblichen Verwendung des Begriffs im Unterrichtskontext, wo zum Beispiel Diskussionsrollen in gespielten Podiumsdiskussionen eingenommen werden, ohne dass die Schülerinnen eigentlich ein konkretes Bild von der von ihnen gespielten Person im Kopf haben. Bleiben wir beim Physikunterricht und nehmen wir etwa an, es wird eine Podiumsdiskussion zum Thema Kernenergie als Rollenspiel veranstaltet. Denkbare Rollen wären darin etwa „Journalistin“ oder „Atomphysikerin“. Die Schülerinnen bringen also Beiträge in die Diskussion ein, die ihnen vom Standpunkt der ihnen zugewiesenen oder von ihnen gewählten Rolle als adäquat erscheinen (sofern sie sich überhaupt an ihre Rolle halten), ohne sich aber mit dem körperlichen Spielen dieser Rolle als „Journalistin“ oder „Atomphysikerin“ beschäftigt zu haben. Dem kommt in diesem Zusammenhang ja auch wirklich eher wenig Bedeutung zu - obwohl es diese klassische Form von Rollenspiel im Unterricht oft wohl auch etwas lebendiger machen würde.

⁵² Vgl. etwa: RELSTAB (2000), S. 43 ff.

Es geht aber in diesen „klassischen“ Unterrichtsrollenspielen weniger darum, sich einer Rolle entsprechend zu bewegen und diese körperlich darzustellen, wie das beim theatralischen Rollenspiel der Fall ist, sondern hauptsächlich darum, sich auf einer abstrakten mentalen bzw. argumentativen Ebene in die Rolle hineinzudenken.

In der hier beschriebenen Methode des darstellenden Rollenspiels geht es aber um beides – sowohl um abstraktes Denken (hier aber eher in Modellen als in Argumenten) als auch um körperliches Darstellen (wenn auch meist keine Menschen dargestellt werden).

Die Rollen sind beim darstellenden Rollenspiel physikalischer Inhalte normalerweise auch wesentlich abstrakter, da es sich meist nicht um Menschen, sondern eher um (bewegte) physikalische Objekte wie Atome, Elektronen oder Planeten handelt.

Wenn man also hier von einem „sich in die Rolle hineindenken“ spricht, dann ist immer ein Hineindenken in physikalische Modelle und Konzepte gemeint, denn selbstverständlich haben etwa Elementarteilchen kein Bewusstsein, in das man sich hineindenken könnte, so wie man sich etwa in die „klassische“ Rolle einer Journalistin hineindenken würde. Vielmehr geht es um folgende drei Schritte, die in einer physikalischen Darstellungsaufgabe erfüllt werden müssen:

1. Herausfinden, wie sich das dargestellte System/Teilchen/etc. verhält
2. Körperlich darstellbare Umsetzung des Verhaltens finden
3. Darstellen

2.2.3. Voraussetzungen für darstellendes Spiel

Nach BARZ gibt es vier Hauptprobleme, die sich vor allem Laienschauspielerinnen häufig stellen:

1. Die Spielenden wissen nicht, *was* sie darstellen sollen, d. h. es gibt inhaltliche Verständnisprobleme und die Szene wird falsch oder ungenau interpretiert.
2. Den Spielenden ist nicht klar, *wie* sie den Inhalt einer Szene auf die Bühne bringen sollen – oft macht ihnen dabei auch die eigene Unsicherheit einen Strich durch die Rechnung.
3. Die Spielenden fühlen sich schauspielerisch unvermögend und wissen nicht, wie etwas mit welchen darstellerischen Mitteln (z. B. Gestik, Mimik) ausgedrückt werden

kann. Sie scheitern oft daran, dass sie die eigene Körperlichkeit beim Spiel nicht richtig *berücksichtigen* und so unglaublich wirken (wenn z. B. jemand, der ganz offensichtlich sehr stark ist, den Schwächling spielt und umgekehrt).

4. Die Darstellenden haben Hemmungen, auf der Bühne miteinander zwanglos umzugehen und sich dabei gegenseitig nahe zu kommen.⁵³

Von diesen zentralen Problemen ausgehend, leitet BARZ die Voraussetzungen ab, „[...] die erfüllt werden müssen, um darstellendes Spiel so zu realisieren, dass die Zuschauenden das Gemeinte auch erkennen:

- Vertrauen und Vertrautheit zwischen den Spielern,
- wahrnehmen können *und*
- darstellen können!“⁵⁴

2.3. Die Praxis der Theaterpädagogik – aufbereitet für den Unterricht

Anmerkung: Die Leserin mag einwenden, dass sich dieses Kapitel sich nicht so recht unter den Punkt „Theoretische Grundlagen“ einordnen lässt, was sicherlich nicht von der Hand zu weisen ist. Allerdings beschreibt NICKEL die Theaterpädagogik als sehr praxisorientiert⁵⁵ und somit soll auf die Darstellung einiger Elemente der Theaterpraxis, die naturgemäß einen sehr zentralen Bereich des Faches Theaterpädagogik darstellt, hier nicht verzichtet werden. Da an dieser Stelle außerdem kein großer, künstlicher Riss zwischen Theorie und Praxis der Theaterpädagogik erzeugt werden soll, ist ihr Praxisteil hier im Sinne der Übersichtlichkeit gleich im Anschluss an den Theorieteil gestellt und wurde nicht zu Punkt 3 verschoben.

2.3.1. *Ausgewählte theatralische Aufwärmübungen*

Um die richtigen Voraussetzungen für funktionierende Theaterarbeit zu schaffen gibt es verschiedene Aufwärmübungen, die zur Lockerung von Körper und Geist, zur Reduktion von Hemmungen, zur Schärfung der (Selbst-) Wahrnehmung und zur Erweiterung

⁵³ Vgl.: BARZ (1998), S. 12 ff. (Hervorhebung von BARZ)

⁵⁴ BARZ (1998), S. 14 (Hervorhebung von BARZ)

⁵⁵ Vgl. NICKEL (1987), S. 14

darstellerischer Fähigkeiten dienen. Sowohl KRAMER als auch RELLSTAB und BARZ heben die Wichtigkeit dieser Aufwärmspiele hervor.⁵⁶

Die folgende Übersicht bezieht sich hauptsächlich auf KRAMER (2008), da er bei seiner Übungsauswahl die spezifischen zeitlichen, räumlichen und sozialen Anforderungen und Möglichkeiten des Schulunterrichts besonders berücksichtigt. Allerdings wurden auch einige andere Übungen in die Auswahl aufgenommen, die als Vorbereitung für die schulische Theaterarbeit unter den oben geschilderten Gesichtspunkten besonders gut geeignet erschienen.

2.3.1.1. Lockerungs- und Entspannungsübungen

➤ Autogenes Training

Die gesamte Übung (bis auf den letzten Teil) geschieht in Gedanken, es wird nicht gesprochen. Zunächst schließen alle die Augen und sagen zu sich selbst innerlich den Satz „Ich bin ganz ruhig“. Anschließend wird dieser Satz vor dem geistigen Auge mit großen Buchstaben aufgeschrieben bzw. an eine Wand gemalt, von der er in einem dritten Schritt abgelesen wird. Nun konzentriert man sich auf die Schwere des eigenen Körpers – ausgehend von den Zehenspitzen wird der gesamte Körper in Gedanken durchgegangen. Danach wird die wärmste Stelle des Körpers gesucht und man konzentriert sich darauf, wie sich die Wärme von dieser Stelle im ganzen Körper ausbreitet. Schließlich klatscht die Spielleiterin (bzw. die Lehrerin) in die Hände, woraufhin für einige Sekunden alle Muskeln angespannt werden sollen.⁵⁷

➤ Atemübungen

Eine mögliche Übung besteht darin, die Augen zu schließen und zu versuchen an nichts zu denken (was gerade immer dann besonders schwierig scheint, wenn es einem aufgetragen wird) und sich nur auf den eigenen Atem zu konzentrieren. Dieser soll dabei nicht aktiv gesteuert, sondern eher gedanklich beobachtet werden.

⁵⁶ Vgl.: BARZ (1998), S. 15, sowie KRAMER (2008), S. 129 und RELLSTAB (2000), S. 52

⁵⁷ Vgl.: KRAMER (2008), S. 129 f.

Eine andere Atemübung besteht darin, tief einzuatmen, kurz innezuhalten und dann mit dem Ausatmen Sorgen und Probleme langsam von sich wegströmen zu lassen.⁵⁸

➤ Abklopfen

Der eigene Körper wird mit den Händen abgeklopft. Die Spielerinnen stellen sich dabei vor, dass sie Staub bzw. Schmutz von der Kleidung abklopfen, der in dieser Übung Müdigkeit und Ärger symbolisiert.⁵⁹

2.3.1.2. Vertrauens- und Kooperationsübungen

➤ Der Blinde im Kreis

Alle stellen sich im Kreis auf. Eine Person wird in die Mitte geschickt, muss die Augen schließen, wird von der Spielleiterin im Kreis um die eigene Achse gedreht und soll danach einfach geradeaus losgehen. Sobald die Person den Rand des Kreises erreicht, wird sie sanft von den anderen Mitspielern aufgefangen, gedreht und in eine andere Richtung weitergeschickt.⁶⁰

➤ Sich fallen lassen

Eine Gruppe (mindestens 8 Personen, besser 10) stellt sich im Spalier auf und ihre Mitglieder fassen sich gegenseitig fest an den Armen. Ein Schüler steigt nun auf den Lehrertisch und lässt sich nach hinten in das so gebildete Spalier fallen und wird von den anderen aufgefangen. Wer den Nervenkitzel noch erhöhen will, kann zusätzlich noch mit einem Stuhl die Ausgangsposition erhöhen oder die Augen schließen.⁶¹

➤ Tunnelsprint

Hinweis: Diese Übung stellt eine Zusendung der Nutzerin „Rebecca“ an die Internetseite <http://www.praxis-jugendarbeit.de/spielesammlung/spiele-vertrauen.html> dar, auf der sich

⁵⁸ Vgl.: KRAMER (2008), S. 130

⁵⁹ Vgl.: Ebenda

⁶⁰ Vgl.: BARZ (1998), S.

⁶¹ Diese Übung ist mir persönlich aus meiner eigenen Schulzeit als positives Beispiel für vertrauensbildende Übungen in bleibender Erinnerung geblieben, weswegen ich sie hier wiedergeben möchte. Das ist auch der Grund dafür, warum zu dieser Übung keine Literaturangabe gemacht wird.

bis dato noch 24 weitere Vertrauensübungen finden, von denen viele sicher auch für die Schule gut geeignet sind.

Die Gruppe stellt sich zu einem Spalier auf. Nun strecken alle die Arme aus, so dass sich die Fingerspitzen gerade noch mit dem Gegenüber berühren. Jetzt sprintet ein Freiwilliger durch die gebildete Spaliergasse. Das Besondere: die beiden Reihen strecken ihre Hände aus und ziehen die Hände erst kurz bevor der Läufer kommt nach oben weg (wie eine Laolawelle). Danach kommt eine andere Person dran. Der Runner sollte sich nicht bücken und so schnell wie möglich laufen. Der Ernst des Spieles sollte vorher klar gemacht werden.⁶²

➤ Tische rücken

Das besondere an dieser Übung zur Gruppenkoordination, die man bei KRAMER (2008) findet, ist, dass im Zuge der Übung auch gleich die Anordnung der Tische im Raum verändert wird. Das ist besonders praktisch, wenn man den Raum für ein Modul sowieso umgestalten möchte. Die Lehrkraft gibt zunächst eine *klare* Vorgabe, wie die Tische (und Stühle) nach dem Ende der Übung stehen sollen – entweder kann man sie auf die Tafel zeichnen, oder per Overhead bzw. Beamer projizieren. Die Vorgabe soll von den Schülerinnen umgesetzt werden, ohne dass ein einziges Wort fällt.⁶³ Laut KRAMER funktioniert die Übung damit besser und schneller, als wenn man verbale Kommunikation zulassen würde:

*Darf man nicht mehr sprechen, muss man sich notwendige Informationen für eine gestellte Aufgabe (hier der Transport eines Tisches) auf anderem Wege beschaffen. Man muss sich mehr umschaun und **nimmt wahr**, was insgesamt im Klassenzimmer vor sich geht. Kurz, man ist ‚offen‘ für andere ‚Tisch muss hier durch – Probleme‘ und sieht nicht nur sein Eigenes: **Jetzt muss nicht mehr unbedingt ‚mein Tisch‘ zuerst da rüber, sondern insgesamt müssen ‚wir als Klasse‘ die Aufgabe lösen.**⁶⁴*

Weiters gibt KRAMER hier zu bedenken, dass man bei dieser Übung besonders hervorheben sollte, dass alle für ihr Funktionieren gleichermaßen verantwortlich sind – wenn eine Schülerin zum Schluss alleine an ihrem Tisch zieht, oder ihre Schultasche ohne Hilfe vom anderen Ende der Klasse holen muss, dann ist die ganze Klasse dafür mitverantwortlich.⁶⁵

⁶²Beitrag von „Rebecca“ zur Rubrik: Vertrauensspiele – Spiele zum Thema Vertrauen. Online: <http://www.praxis-jugendarbeit.de/spielesammlung/spiele-vertrauen.html> [Stand: 07.05.2013]

⁶³ Vgl.: KRAMER (2008), S. 132 f. (Hervorhebung von KRAMER)

⁶⁴ A. a. O., S. 133 (Hervorhebung von KRAMER [ursprünglich kursiv, fett von AT])

⁶⁵ Vgl.: KRAMER (2008), S. 133

2.3.1.3. Übungen zum Beobachten und Darstellen

➤ Beobachten im Alltag

Diese Übung kann gewissermaßen als Hausübung dienen. Das Ziel ist hier das genaue Beobachten der Verhaltensweise Einzelner, beispielsweise in einem Einkaufszentrum oder der Straßenbahn – in der nächsten Stunde sollen die Verhaltensweisen der beobachteten Personen möglichst genau dargestellt werden:

Mit solchen Beobachtungsübungen wächst der soziale Erfahrungshorizont. Sie regen an, den eigenen Alltag wacher zu betrachten, aufmerksamer zu sein, für Menschen, ihre Verhaltensweisen und ihre Beziehungen untereinander. Man entdeckt Unvermutetes, Kurioses. Etwa den Mann, der in einem Restaurant am Tisch schläft, zurückgelehnt, den Kopf auf der Brust, die Hände im Schoß. Vor sich ein halbvoller Teller mit darauf liegendem Besteck, daneben ein gefülltes Glas Cola. Er ist buchstäblich >über dem Essen eingeschlafen<.⁶⁶

➤ 5 Dinge verändern

Ähnlich wie die bekannten doppelt abgedruckten Rätselbilder in Zeitungen, in denen man „die 5 (oder 10) Unterschiede“ finden soll, funktioniert auch diese Übung von KRAMER nur über genaue Beobachtung. Dabei haben die Schülerinnen zunächst zwei Minuten Zeit, um sich das Bild vom Klassenraum in allen Details möglichst genau einzuprägen – wobei ab dem Start der Übung niemand auch nur irgendetwas verändern darf. Dann wird die Klasse kurz vor die Tür geschickt und der Lehrer verändert 5 Dinge im Raum – z.B. kann man einen Tisch etwas verrücken, den Tafelschwamm an einen anderen Ort legen, einen Vorhang etwas zuziehen, das Tafellicht ein- oder ausschalten, ein Fenster kippen, etc.

Dann wird die Türe geöffnet und die Schülerinnen dazu aufgefordert, wortlos im Raum umherzugehen – wer glaubt, alle 5 Veränderungen zu kennen, soll stehen bleiben und sich nicht mehr bewegen. Wenn alle stehen, werden 5 Freiwillige dazu aufgefordert, jeweils eine Veränderung (immer noch schweigend) rückgängig zu machen.⁶⁷

⁶⁶ BARZ (1998), S. 21

⁶⁷ Vgl.: KRAMER (2008), S. 134

➤ Masken werfen

Bei dieser Übung von BARZ sitzen alle Teilnehmenden im Kreis. Es beginnt nun jemand damit, sich mit der Hand über das Gesicht zu wischen und so eine bestimmte „Maske“ in Form eines Gesichtsausdrucks oder einer Grimasse aufzubauen. Diese imaginäre Maske wischt man dann wieder weg und wirft sie einer anderen zu, die nun zunächst die Aufgabe hat, die aufgefangene Maske aufzusetzen (also den Gesichtsausdruck der Vorgängerin möglichst genau zu kopieren) und danach eine eigene Maske aufzusetzen, usw. Man kann auch Emotionen als Masken verwenden (z.B. Neid, Zorn, Schrecken, Nervosität, etc.) und die Spielenden die Emotion erraten lassen.⁶⁸

➤ „Stille Post“

Bei dieser Übung von BARZ geht es um eine theatralische Version von „Stille Post“ – und zwar werden hierbei anstatt einer mündlichen Nachricht Figuren bzw. Körperhaltungen (oder sogar ganze Handlungsabläufe) weitergegeben. Die Übung wird für die Darstellenden einfacher, wenn nicht eine x-beliebige Körperhaltung, sondern eine Figur mit einem „Titel“ wie „Seeräuber“, „Denkmal“, „Tennisspielerin“, „Tänzerin“, etc. weitergegeben wird. Als Beispiel für einen Handlungsablauf nennt BARZ: „Kinderwagen schieben – mit dem Kind schäkern – Nuckel fällt heraus – Nuckel aufheben und sauber machen – dem Kind den Nuckel in den Mund stecken – das Kind streicheln – die Decke glatt ziehen – weiterschieben.“⁶⁹

2.3.2. *Das theatralische Setting – und wie man es in der Schule herstellt*

Hinweis: Der folgende Abschnitt bezieht sich hauptsächlich auf das Werk „Schule ist Theater“ von Martin KRAMER, da er den theatralischen Kontext effektiv auf alltägliche Situationen im Unterricht umlegt und viele praktisch anwendbare Beispiele gibt.

2.3.2.1. Einstellungssache: Spielleiterin und Spielerin

Die beste Unterrichtsmethode wird nicht funktionieren, wenn sie diejenige, die versucht, sie umzusetzen, selbst nicht ernst nimmt. Das gilt auch - und insbesondere - für theatralische

⁶⁸ Vgl.: BARZ (1993), S. 21 f.

⁶⁹ BARZ, André: *Darstellendes Spiel. Texte*. Volk und Wissen Verlag, Berlin 1996, zitiert nach BARZ (1998), S. 24

bzw. darstellende Methoden. KRAMER schreibt dazu: „Fakt ist: Sie können Ihren Schülern nichts vorspielen. Unsicherheit besitzt eine Qualität – sie kann eine Spannung erzeugen -, aber wenn Sie etwas nicht ernst nehmen, dann sollten Sie es bleiben lassen.“⁷⁰

Das gilt aber nicht nur für die Lehrerin/Spielleiterin, sondern auch für die Schülerinnen. Denn auch (und gerade dann!) wenn die Schülerinnen die Methode nicht ernst nehmen, wird sie nicht funktionieren. Ein guter Teil steht und fällt natürlich schon mit der Art und Weise, ob die Methode, wie oben angesprochen, von der Lehrerin ernst genommen wird – denn das überträgt sich schließlich und endlich auch auf die Lernenden. Allerdings kann es auch passieren, dass man trotz unzweifelhafter eigener Motivation bei Schülerinnen auf Unverständnis trifft. Schließlich unterrichten bisher kaum Kolleginnen mit theatralischen Mitteln – und schon gar nicht in naturwissenschaftlichen Fächern. Da kann es durchaus auch sein, dass die Schülerinnen eventuell von vorangegangenen Lehrerinnen oder auch den Eltern eine gewisse Skepsis gegenüber nicht-klassischen Methoden (von KRAMER selbstironisch „Waldorfzeug“ genannt⁷¹) geerbt haben.

Gerade bei Schülerinnen, die solche Methoden als nicht ernst zu nehmend abstempeln, können rationale Argumente einen Meinungsumschwung bewirken. Dazu kann der lernpsychologische Teil der Arbeit herangezogen werden, aber auch im Fazit (siehe Punkt 7. auf S. 228 f.) gibt es eine Reflexion über Vorteile und Nachteile der Methode und deren Einsatzmöglichkeiten. Diese Begründung sollte nach KRAMER bereits vor dem ersten Einsatz einer theatralischen Methode geliefert werden, wobei er außerdem darauf Wert legt, die Schülerinnen anschließend zu befragen, ob sie die Methode auch wirklich ausprobieren möchten. Bei einer mehrheitlich negativen Antwort sollte die Methode dann natürlich auch nicht zur Anwendung kommen.⁷²

2.3.2.2. Der Raum und seine Nutzung

Leider sind die Möglichkeiten zur Raumgestaltung in der Schule oft sehr begrenzt. In vielen Physiksälen haben die Bänke einen Stromanschluss sowie manchmal auch einen Gashahn, weswegen sie oft fix im Boden verschraubt werden. Solcherart unbewegliche Pulte

⁷⁰ KRAMER (2008), S. 127

⁷¹ Vgl.: KRAMER (2008), S. 127

⁷² Vgl.: Ebenda

schränken die Raumgestaltung natürlich extrem ein – sowohl für Gruppenarbeiten als auch für Stationenlernen, aber eben auch für theatralische Methoden.

Wer das Glück hat, keine fix montierten Bänke im eigenen Physiksaal zu haben, der sei auf das Kapitel „Die ‚Hardware‘ der Sitzordnung – Das Bühnenbild“ bei KRAMER (2008) hingewiesen, in dem u. a. die praktischen Vor- und Nachteile von 11 verschiedenen Sitzordnungen erläutert werden.⁷³

Ansonsten ist es fast immer möglich, für ein bestimmtes Modul auf den Gang, in die Aula (wenn vorhanden), auf den Schulhof oder sogar in den Turnsaal auszuweichen – der Kreativität sollen hier keine Grenzen gesetzt werden. Noch einmal sei hier auf die Lektüre von KRAMER (2008) zu diesem Thema hingewiesen, der sich über fast 40 Seiten auf äußerst kreative und interessante Weise mit der Bedeutung und Möglichkeiten der Nutzung von Raum im Unterricht auseinandersetzt. Dazu hier nur vier von vielen Methoden, die exemplarisch aufzeigen sollen, was mit einer kreativen Herangehensweise alles möglich ist:

➤ Auf den Tisch steigen

Die Schüler bekommen die Anweisung, auf den Tisch zu steigen, sobald sie bei einem besonders schwierigen Thema die Ausführung der Lehrerin nicht mehr nachvollziehen können. Die Lehrerin beginnt nun mit ihrer Erklärung und arbeitet sich langsam vom Einfachen zum Komplexen vor – sie kann bei dieser Methode nun physisch erkennen, bei welchem Teil des Unterrichts welche bzw. wie viele Schülerinnen „aussteigen“ – bzw. hier: hinaufsteigen und so erkennen, was als besonders schwierig empfunden wird.⁷⁴

Anmerkung: Natürlich können die Schülerinnen hier nur Feedback über Inhalte geben, die sie *bewusst* nicht verstehen. Ein häufig auftretendes Problem ist aber natürlich auch, dass den Schülerinnen selbst gar nicht bewusst ist, dass sie etwas inhaltlich nicht richtig verstanden haben. Die Lehrerin erklärt und die Schülerin glaubt auch, dass sie versteht – hat aber trotzdem etwas anderes verstanden als die Lehrerin ihr vermitteln wollte. Zu dieser Art von Kommunikationsproblemen bietet diese Methode natürlich kein Feedback.

Außerdem sollte man beachten, dass diese Methode in disziplinar eher schwierigen Klassen durchaus zu Problemen führen könnte – wie etwa dem, dass Schülerinnen ohne inhaltlichen Grund auf die Tische steigen könnten – einfach weil es ihnen Spaß macht oder sie

⁷³ Vgl.: KRAMER (2008), S. 27

⁷⁴ Vgl.: KRAMER (2008), S. 47

provozieren wollen. Auch könnte das Verhalten auf die Stunden von darauf unvorbereiteten Kolleginnen übertragen werden – es wäre also vielleicht besser, mit diesen über die Methode zu sprechen, bevor man sie einsetzt.

➤ Räumliches Feedback in einer, zwei und drei Dimensionen

Bei dieser Methode wird der Raum mit Bedeutungen codiert und die Position der Schülerin (oder eines persönlichen Gegenstandes der Schülerin) gibt der Lehrerin Feedback zu bestimmten Fragen. Die einfachste Variante ist das eindimensionale „Schieberegler“ - Feedback zu einer einfachen Frage, etwa „War dir der Vortrag heute zu schwierig?“. Wer für „ich habe alles verstanden“ ist, soll sich in der ganz linken Ecke der Klasse positionieren, wer für „war mir viel zu schwer“ ist, soll sich in die ganz rechte Ecke stellen – alle Zwischenpositionen sind möglich und sollen auch verwendet werden.

Das gleiche lässt sich nun auf zwei Dimensionen übertragen, etwa mit den zwei Fragen „War der Unterricht für dich zu schnell/zu langsam?“ und „Hast du das Gefühl, das Thema sehr gut/sehr schlecht verstanden zu haben?“. Wichtig ist, dass die Codierung klar formuliert wird: So ist beispielsweise das Feedback „zu langsam“ ein anderes als „nicht zu schnell“. Bei zwei Dimensionen kann man der Übersichtlichkeit halber deshalb auch beginnen, die Feedbackachsen optisch mit Zetteln zu markieren. In drei Dimensionen kommt nun nicht nur die Positionierung der Schülerinnen rechts und links (bzw. vorne und hinten) in der Klasse zum Tragen, sondern auch die Höhe des Kopfes, die von „hinlegen“ bis „auf den Sessel steigen“ variiert werden kann (KRAMER warnt allerdings vor den in Physiksälen häufig vorhandenen Drehstühlen aufgrund des potenziellen Verletzungsrisikos bei einem möglichen Sturz – dasselbe gilt für instabile Tische⁷⁵). Ein Szenario wäre etwa Feedback zu einer Projektarbeit nach drei Fragen/Achsen zu kategorisieren: „Bist du sehr/gar nicht zufrieden mit deiner Leistung?“, „Hattest du einen sehr großen/sehr kleinen Arbeitsaufwand?“ und „Hat dir die Arbeit sehr viel/sehr wenig Spaß gemacht?“.⁷⁶

Anmerkung: Gleichzeitig mit dem Reflektieren über die Arbeit lernen die Schülerinnen dabei intuitiv, dass die Achsen von Skalen ganz verschiedene Bedeutungen haben können und keineswegs an die in der Mathematik sehr oft verwendete und eingeübte räumliche Bedeutung des Koordinatensystems gebunden sind. Vorsicht ist jedoch mit persönlichen

⁷⁵ Vgl.: KRAMER

⁷⁶ Vgl.: KRAMER (2008), S. 43 ff.

Fragen geboten, da es sich ja um kein anonymisiertes Feedback handelt, sondern jede buchstäblich „zu ihrem Standpunkt stehen muss“. Dadurch werden persönliche Fragen wie „Hat dir der Unterricht sehr gut/überhaupt nicht gefallen?“ problematisch – erstens muss das Vertrauen in die Professionalität der Lehrerin dabei sehr hoch sein, damit sich die Schülerinnen sicher sind, dass ihr Feedback nicht in die Note einfließt. Und sogar wenn das Vertrauen da ist, dann ist man immer noch nicht sicher, dass das Feedback nicht durch Gruppendruck verzerrt wird – wenn nur eine den Unterricht gut findet, dann wird sie es vor den anderen möglicherweise nicht zugeben wollen, genauso wenn ihn nur eine schlecht findet – wobei dies vermutlich auch stark von der sozialen Position der Schülerin in der Klasse abhängt.

Wer also ein verlässlich(er)es Feedback haben möchte, der ist mir der anonymisierten Variante (Fragebogen) wohl besser beraten. Aber als Stimmungsbarometer für weniger problematische Fragen ist diese Methode allemal sehr gut geeignet.

➤ Mit Flüssigkreiden auf Fenster schreiben

Man kann anmerken, dass diese Methode mit dem Thema „Raum“ wenig zu tun hat. Das mag zwar auf den ersten Blick stimmen – andererseits muss die Lehrerin hier gezwungenermaßen eine für die Schülerin ungewohnte Position einnehmen und einige Zeit lang seitlich unterrichten, was sehr wohl das tradierte Raumkonzept „die Lehrerin steht (hauptsächlich) vor der Tafel“ in Frage stellt. Auch zur Bedeutung der Position der Lehrerin gibt es bei KRAMER viel zu lesen – so eignet sich seitliches unterrichten z.B. angeblich besonders für Disziplinierungsmaßnahmen.⁷⁷ Empirisch belegt werden diese theoretischen Annahmen KRAMERS jedoch nicht.

Besonders wichtige Inhalte können mit dieser Methode jedenfalls über längere Zeiträume hinweg am Fenster stehen bleiben, auch wenn die Tafel jede Stunde neu beschrieben wird. Allerdings sollte man möglichst leicht abwaschbare Flüssigkreiden verwenden. Am besten wäre es dabei, sich vorher möglichst mit dem Reinigungspersonal, den Kolleginnen (es könnte durchaus sein, dass manche nicht wollen, dass bestimmte Formeln während ihrer Physiktests am Fenster stehen) oder gegebenenfalls der Direktion zu besprechen.

⁷⁷ Vgl.: KRAMER (2008), S. 78

Zu guter Letzt sollte auf diese Methode hier aber einfach auch deshalb nicht verzichtet werden, weil sie an sich so simpel umzusetzen ist, und doch eine willkommene Abwechslung bietet.⁷⁸

➤ Unterricht im Freien, im Gang, im Turnsaal...

Manche kinästhetischen bzw. theatralischen Übungen brauchen viel Platz – wie das in der Einleitung beschriebene Modul zur Kreisbewegung. Für solche Einheiten bietet es sich natürlich an, auch einmal den Schulhof, den Gang oder den Turnsaal⁷⁹ als Lernort zu nutzen. KRAMER weist auf die Möglichkeit der Beschriftung des Bodens mit Straßenkreiden hin, wodurch z.B. thematisch gegliederte Lernstationen entstehen können⁸⁰ – aber auch Strahlengänge an optischen Geräten können so (nach einer entsprechend großformatigen Zeichnung) im wörtlichsten Sinn *nachgegangen* werden.⁸¹ Auf die lernpsychologischen Vorteile, die sich durch solcherart an spezifische Orte gebundenes Lernen ergeben können, wird im Abschnitt 2.5 noch eingegangen werden (*Loci - Methode*).

2.3.2.3. Der Einsatz von Licht und Stimme

KRAMER beschreibt verschiedene Möglichkeiten für den Einsatz von Licht im Unterricht:

- als theatralisches Mittel zur Erzeugung bestimmter Situationen - so kann etwa der Overheadprojektor als Spotlight für Präsentationen verwendet werden.
- als praktisches und relativ unkonventionelles Feedbackmittel á la „ob ihr wirklich richtig steht, seht ihr, wenn das Licht angeht“ im Stil der bekannten Kinderquizshow „1,2 oder 3“. Dies funktioniert am besten, wenn unterschiedliche Raumbereiche mit Hilfe des Deckenlichts unterschiedlich beleuchtet werden können.
- Veränderung des Lichts zur Disziplinierung: Die Änderung des Raumlichts kann zur nonverbalen Kommunikation mit den Schülerinnen verwendet werden, wenn die

⁷⁸ Vgl.: KRAMER (2008), S. 54

⁷⁹ Nach vorheriger Absprache mit dem zuständigen Sportlehrer, versteht sich – auch fächerübergreifender Unterricht ist bei stark bewegungsorientierten Modulen möglich.

⁸⁰ Vgl.: KRAMER (2008), S. 69 ff

⁸¹ Vgl.: KRAMER, Martin: *Physik als Abenteuer. Band I: Didaktik, Akustik, Optik, E-Lehre und Kernphysik*. Aulis Verlag, Hallbergmoos 2011, S. 150 f.

Codierung im Voraus mit den Schülerinnen vereinbart wurde. So kann etwa das Ein- und Ausschalten des Lichtes als Signal für ein verstummen aller Gespräche vereinbart werden, was dann allerdings im Sinne der Konditionierung auch geübt werden muss.⁸²

Was die Akustik in der Klasse betrifft, so schlägt RELSTAB vor, die Raumakustik durch Klatschen oder Rufen eines kurzen Tons zu prüfen. Wenn die Nachhallzeit deutlich mehr als eine Sekunde beträgt, so ist der Raum an sich eher ungeeignet zum Sprechen, was oft an glatten und so den Schall reflektierenden Böden, Wänden und Decken liegt.⁸³ RELSTAB empfiehlt in diesem Fall den Einsatz von Decken, Tüchern, Vorhängen, Polstermöbeln, etc. Dass dies im Physiksaal meist nur schwer möglich ist, ist klar. Daher ist es in diesem Zusammenhang sinnvoller, sich dem Bereich des ökonomischen Einsatzes der Stimme, bzw. des Stimmtrainings zu widmen. Bei RELSTAB findet sich im Kapitel „Atem – Stimme – Sprechen“ der fett gedruckte Satz: **„Stimmschonung ist bei der Ausbildung und im Alltag Gebot.“**⁸⁴ Dies lässt sich mit Sicherheit auch auf den Lehrberuf übertragen, wo die Stimme tagtägliches Arbeitswerkzeug ist. Daher ist es sinnvoll, sie so weit wie möglich zu schonen, wenn sie nicht unbedingt gebraucht wird. Etwa mit folgenden Techniken:

- Einsatz von Licht *statt* Stimme (siehe oben)
- Einsatz anderer akustischer Mittel als der Stimme als Codierung für bestimmte Standardsituationen (wie etwa die Ermahnung zur Ruhe oder das Stoppen bzw. Einfrieren aller Tätigkeiten, den theatralischen „freeze“): In die Hände klatschen, Gong oder Triangel anschlagen, etc.⁸⁵
- Grundsätzlich gilt: Die Aufnahmefähigkeit der Schülerinnen nicht überfordern. Wenn mehrere Informationskanäle gleichzeitig mit inhaltlich voneinander abweichender Information beansprucht werden, dann kommt meistens eher weniger an, als mehr. Einzelne inhaltliche Schritte sollen deshalb immer *nacheinander* stattfinden. KRAMER

⁸² KRAMER (2008), S. 66 ff

⁸³ Vgl.: RELSTAB (2000), S. 228

⁸⁴ RELSTAB (2000), S. 150 (Hervorhebung von RELSTAB)

⁸⁵ Vgl. KRAMER (2008), S. 138 f.

bezeichnet das als „Zug um Zug-Prinzip“: beobachten – bewerten – reagieren.⁸⁶

Daraus lässt sich für die Sprache im Unterricht folgende Schlussfolgerung ziehen: Nicht gleichzeitig an die Tafel schreiben und sprechen (vgl. die Ausnahme im nächsten Absatz). Auch wenn man die Schülerinnen bittet, etwas zu betrachten (etwa eine Grafik oder ein Diagramm) sollte man ihnen die nötige Zeit dazu geben, bevor man das Gezeigte kommentiert oder Fragen dazu stellt. Das schont aber nicht nur die eigene Stimme, sondern ist generell verständnisfördernd: Erstens verwirrt die Gleichzeitigkeit des Hörens und Schauens oft, wenn die inhaltlichen Ebenen nicht zusammenpassen, weil die Schülerinnen nicht wissen, worauf sie sich nun konzentrieren sollen. Zweitens ist es ein meist ohnehin zum Scheitern verurteilter Kommunikationsversuch, wenn statt den Schülerinnen die Tafel, bzw. der Overheadprojektor, Beamer oder Laptop angesprochen wird.

- Eine Ausnahme von der obigen Regel können physikalische Formeln darstellen, wo es häufig durchaus sinnvoll sein kann, einen sprachlichen Bezug zu den Variablen herzustellen und etwa beim Aufschrieb der Formel „ $p = F/A$ “ ihre semantische Bedeutung „Druck ist gleich Kraft pro Fläche“ parallel dazu mitzusprechen. Dabei wird das Wissen um die Bedeutung der Zeichen für die physikalischen Größen durch Wiederholung gefestigt und längere Rechnungen bleiben für manche Schülerin auch inhaltlich übersichtlicher, wenn sie kommentiert werden – besonders dann, wenn für die Herleitung eines Zusammenhanges viele verschiedene Formeln nötig sind. Dieser Fall unterscheidet sich auch von anderen (etwa der ergänzenden Erklärung eines Diagramms) darin, dass die semantischen Ebenen der verschiedenen Informationskanäle hier zusammenpassen. Die Erklärung der Bedeutung oder Herkunft eines Diagramms ist meist relativ komplexe Metainformation, die (für Schülerinnen) nicht unmittelbar aus der Grafik hervorgeht. Es wird also gleichzeitig auf dem visuellen Kanal Information (das Diagramm selbst) und auf dem auditiven Kanal Metainformation (die Erklärung zum Diagramm) gegeben – das verwirrt. Natürlich ist auch die Erfassung der Bedeutung einer physikalischen Formel beileibe keine einfache semantische Aufgabe, aber der Unterschied zum Diagramm liegt darin, dass hier auf beiden Kanälen genau dieselbe Information gegeben wird – schließlich sind die semantischen Inhalte von „ $p = F/A$ “ (visuell) und „Druck ist gleich

⁸⁶ Vgl.: KRAMER (2008), S. 13

Kraft pro Fläche“ (akustisch) die gleichen – und genau dieses semantische Verständnis von physikalischen Formeln sollte geübt und gefestigt werden. Allerdings sollte man auch hier vermeiden, mehr als einen Satz zur Tafel hin zu sprechen.

Man sollte sich also laut KRAMER im Schulalltag generell möglichst darum bemühen, nicht unnötig zu viel zu sprechen sondern Pausen bzw. andere Techniken einzusetzen, wo dies sinnvoll erscheint.⁸⁷ Wenn aber gesprochen wird, so sollte dies bewusst geschehen - nicht nur in Bezug auf den Inhalt, sondern auch auf die Stimme. Auch hier gilt: Variationen und Gegensätze bringen Abwechslung, Monotonie macht eher schläfrig. Man sollte also ruhig versuchen, einzelne Passagen lauter und andere leiser zu sprechen, stimmlich auf einen inhaltlichen Höhepunkt im Vortrag zuzusteuern, strategische Pausen einzulegen, etc. Denn: Stimme transportiert Emotion. Oder, wie RELLSTAB es ausdrückt: „Sie [die gesprochene Sprache, Anm. von AT] ist unser wichtigstes und differenziertestes Kommunikationsmittel.“⁸⁸ Diese Erkenntnisse sind auch der traditionellen Physikdidaktik nicht fremd - KIRCHER rät ausdrücklich dazu, Schweigen, Stimmmodulation und leises, nachdrückliches Sprechen zu üben.⁸⁹ Was aber tun, wenn man einmal so heiser ist, dass man überhaupt nicht mehr richtig sprechen kann? KRAMER meint, auch für diese Situation das richtige Rezept gefunden zu haben:

*Eine ausklingende Erkältung brachte es mit sich, dass das Sprechen schmerzte. Sonst war ich fit, nur eben die Sprache hatte es mir verschlagen. Und der Vormittag bestand aus sechs Stunden. Tafelanschrieb: Heute findet der Unterricht leider tonlos statt. Damit begann jede Stunde. Ein Experiment, das jeder durchführen kann. Das Ergebnis: Schüler diskutieren mehr als üblich über den Unterrichtsstoff, insgesamt ist der Unterricht disziplinierter und ruhiger, und die Schüler lernen mehr als sonst.*⁹⁰

2.3.2.4. Requisiten

Beim Thema Requisiten ist weniger oft mehr, gemeint sind hier auch keine ausgefallenen Gegenstände und Kostüme, sondern eher Einfaches: Ein Tuch, ein Hut, ein Stab, ein Helm...

⁸⁷ Vgl.: KRAMER (2008), S. 20 f. und S. 93

⁸⁸ RELLSTAB (2000), S. 135

⁸⁹ Vgl. KIRCHER, Ernst in: KIRCHER et al. (2009), S. 332

⁹⁰ KRAMER (2008), S. 93

eventuell ein Bart zum Aufkleben oder ein Labormantel zum Umhängen. Wichtiger als der Gegenstand ist eigentlich die Funktion der Requisiten:

- So kann es beispielsweise die Spannung im Unterricht deutlich erhöhen, wenn über das Experiment des Tages zu Unterrichtsbeginn ein Tuch gebreitet ist. Denn „[...] sobald Sie öffentlich Dinge verborgen halten, erzeugen Sie Neugier: Jeder will wissen, was unter dem Tuch ist.“⁹¹ Im Moment des Enthüllens fokussiert sich die ungeteilte Aufmerksamkeit der Zuschauenden auf den Gegenstand – genau in diesem Moment muss er dann aber auch zum Einsatz kommen, nicht eine halbe Minute später – denn dann ist der Moment schon wieder vorbei.⁹²
- Eine zweite wichtige Funktion von Requisiten ist die, dass sie den Spielerinnen einerseits das Einsteigen in die Rolle, aber vor allem das Aussteigen aus der Rolle erleichtern. Mit dem Sakko kann zum Beispiel die Rolle der Atomlobbyistin nach einer als Rollenspiel veranstalteten Podiumsdiskussion an den Nagel gehängt werden. Es lässt sich leicht erkennen, dass sich dies vor allem für ungeliebte Rollen als wichtig erweist. KRAMER bezeichnet diese Funktion von Requisiten als „Zitat“ der Rolle:

Ein Zitat ist beispielsweise ein Hut, ein Tuch, ein Gegenstand oder sonst eine Kleinigkeit, die zur Rolle gehört. Wenn die Darstellung zu Ende ist, wird das Zitat – und somit die Rolle – abgelegt. Ich spielte einmal einen schleimigen Alten und war danach sehr dankbar dafür, dass ich die Rolle mit einem Zitat abgeben konnte – zumal hinterher alle meinten, dass ich ‚extrem überzeugend‘ war.⁹³

⁹¹ KRAMER (2008), S. 64

⁹² Vgl.: Ebenda

⁹³ KRAMER (2008), S. 168 ff

2.3.2.5. Inszenierung und Dramaturgie

KRAMER zeigt, wie sich das traditionelle Handlungsschema eines Theaterstücks, das aus 9 Teilen besteht, auf Unterricht umlegen lässt:

Exposition	Einstieg – um was geht's?
Erregendes Moment	„Was meint ihr, was würdet ihr an dieser Stelle machen?“ Lernstoff zu eigener Sache machen
Entwicklung	Vermutungen und Hypothesen aufstellen (lassen)
Höhepunkt/Wendepunkt	Der Merksatz ist gefunden
Retardierendes Moment	Stimmt er wirklich? - Gegenbeispiel
Katastrophe	Er stimmt nicht, er ist unvollständig
Peripetie	Alles umsonst? Die ganze Idee war verkehrt?
Geniestreich	Durch einen Zusatz wird der Merksatz gerettet
Schlusslösung	Alles wieder im Lot

Tabelle 2.1: Das Handlungsschema des Theaters auf Unterricht umgelegt. Quelle: KRAMER (2008), S. 24

Im Wesentlichen ist dieses Schema mit von Fachdidaktikern vorgeschlagenen Schemata zur Gliederung von Unterrichtsstunden kompatibel, insofern einige Elemente auftauchen, die mit denen aus klassischen pädagogischen Gliederungsschemata assoziiert werden können. Allerdings ist die Reihenfolge dieser Elemente durchaus unterschiedlich. So sieht etwa das laut dem Physikdidaktiker Ernst KIRCHER „[...] im deutschen Sprachraum weitgehend akzeptierte [...]“ Schema von ROTH folgende fünf Stufen vor⁹⁴:

- Die Stufe der Motivation
- Die Stufe der Schwierigkeiten
- Die Stufe der Lösung
- Die Stufe des Tuns und Ausführens
- Die Stufe des Bereitstellens, der Übertragung, der Integration

⁹⁴ Vgl.: ROTH, H.: *Pädagogische Psychologie des Lehrens und Lernens*. Schroedel Verlag, Hannover 1963. Zitiert nach: KIRCHER et al. (2009), S. 178

Die Stufe der Motivation lässt sich dabei gut mit KRAMERS „erregendem Moment“ assoziieren, bei KRAMERS „Entwicklung“ wird es wohl wie bei ROTHs „Schwierigkeiten“ auch zu einigen Problemen kommen - obwohl hier auch argumentiert werden kann, dass die Stufe der Schwierigkeiten bei KRAMER eher nach der Stufe der Lösung kommt und mit seiner „Katastrophe“ assoziiert werden müsste. ROTHs Stufe der Lösung tritt bei KRAMERS theatralischem Schema jedenfalls doppelt auf, nämlich beim „Höhepunkt“ und bei der „Schlusslösung“. ROTHs Stufe des Tuns und Ausführens dürfte im Sinne einer Vertiefung des Stoffes gemeint sein⁹⁵, die bei KRAMERS Schema nicht vorkommt, Übertragung und Integration findet bei KRAMER wohl am ehesten bei „Geniestreich“ und „Schlusslösung“ statt.

Der Schweizer Pädagoge Fritz OSER geht in Punkto Schematisierung des Unterrichtsablaufes sogar soweit, eine Sammlung von 12 Basismodellen des Lernens zu präsentieren, wobei jedes der 12 Basismodelle nach OSER eine Basisstruktur des Lernens abbildet. Der Begriff der Basisstruktur wird bei OSER et al. so beschrieben:

*Die Basisstruktur besteht aus einer für jeden Lernenden absolut notwendigen, feststehenden Kette von Operationen, die nicht durch etwas anderes ersetzt werden kann. Der ganzheitliche Charakter dieser jeweiligen Kette wird bestimmt durch lernpsychologische Gesetzmässigkeiten einerseits und durch den Typ des Ziels bzw. die Inhalte andererseits.*⁹⁶

Das Besondere an diesem Ansatz OSERS ist, dass diese Ablaufketten der Einzelschritte nicht wie in anderen Ablaufsschemata (so auch bei KRAMER)⁹⁷ als relativ variable Konzepte, sondern als absolute Gesetzmäßigkeiten verstanden werden, wie ELSÄSSER feststellt: „An anderer Stelle führen die Autoren an, dass kein einziges Element dieser Ketten weggelassen werden darf und das Bestehen dieser Elemente und ihrer Verkettung sogar nomothetisch fixiert sei.“⁹⁸

⁹⁵ Vgl.: KIRCHER et al. (2009), S. 178

⁹⁶ OSER, Fritz; PATRY, Jean – Luc; ELSÄSSER, Traugott; WAGNER, B.: *Choreographien unterrichtlichen Lernens. Basismodelle des Unterrichts*. Pädagogisches Institut (Berichte zur Erziehungswissenschaft Nr. 89), Freiburg 1990, S. 3. Zitiert nach: ELSÄSSER, Traugott: *Choreografien unterrichtlichen Lernens als Konzeptionsansatz für eine Berufsfelddidaktik*. Schweizerisches Institut für Berufspädagogik, Zollikofen 2000, S. 11

⁹⁷ Vgl.: KRAMER (2008), S. 26

⁹⁸ ELSÄSSER (2000), S. 11

Es gibt also nach OSER et al. genau 12 Arten bzw. Ablaufsschemata, auf die Lernen prinzipiell stattfinden kann. Diese Basismodelle des Lernens „[...] stellen [...] eine Art Mutterstruktur des Lernens im Sinne Piagets dar“⁹⁹, sind „[...] als Typen nicht vermischbar und nicht aufeinander zurückführbar [...]“¹⁰⁰ und „[...] die Zahl der Basismodelle [ist] keineswegs beliebig erweiterbar, was aber nicht heißen soll, dass die Konzeption nicht prinzipiell für eine Weiterentwicklung offen ist.“¹⁰¹

Wenn man es nun radikal formulieren will, so könnte man sagen, dass KRAMERS Schema (und jedwede andere Schematisierung von Unterricht) sich mit einem der 12 Schemata nach OSER assoziieren lassen muss, wenn das Schema Lernen im Sinne OSERS ermöglicht. Hier ein kurzer Überblick über die 12 Basismodelle nach OSER:

Nummer und Name des Basismodells		Zieltyp des Lernens
1a	Lernen durch Eigenerfahrung	Aneignung von Erfahrungswissen
1b	Entdeckendes Lernen	Generalisierendes Lernen durch Suchprozesse in der Wirklichkeit
2	Entwicklungsförderndes/ strukturveränderndes Lernen	Transformation von Tiefenstrukturen
3	Problemlösen	Lernen durch Versuch und Irrtum
4a	Begriffsbildung	Aufbau von memorisierbaren Fakten, von zu verstehenden Sachverhalten
4b	Konzeptbildung	Aufbau von vernetztem Wissen
5	Betrachtendes Lernen	Meditative Versenkung
6	Lernen von Strategien	Lernen lernen (Metallernen)
7	Routinebildung und Training von Fertigkeiten	Automatisierung
8	Motilitätsmodell	Transformation affektiver Erregung
9	Aufbau dynamischer Sozialbeziehungen	Bindungsentwicklung durch sozialen Verhaltens Austausch
10	Wert- und Identitätsaufbau	Wertwandel, Wertklärung, Wertschaffung
11	Hyptertextlernen	Konstruktion und Erstellung von eigenständigen Vernetzungen
12	Verhandeln lernen	Herstellen von Konsens in verschiedenen Situationen des Lebens

Tabelle 2.2: 12 Basismodelle des Lernens nach OSER. Quelle: WALTER & PFIFFNER (2007), S. 2

⁹⁹ ELSÄSSER (2000), S. 12

¹⁰⁰ Ebenda

¹⁰¹ Ebenda

Am ehesten passt KRAMERS Schema wohl zu OSERS Basismodell 3, das das Ablaufschema für Problemlösen bzw. entdeckendes Lernen beschreibt:

1. Die Lernenden entdecken ein Hier-und-Jetzt-Problem in ihrem Erfahrungsbereich oder die Lehrenden vermitteln ein Problem, z. B. basierend auf Diskrepanzerlebnissen zwischen Erwartung und Erfahrung (Problemgenerierung).
2. Sie formulieren daraus ein Problem, bestehend aus den Ausgangsbedingungen und einem anzustrebenden Ziel; die Mittel (Lösungsweg) sind unbekannt (Problemformulierung, möglichst exakt).
3. Die Lernenden machen (u. a. auch von der Lehrperson als unangemessen beurteilte) Lösungsvorschläge (schlagen mögliche Lösungswege vor); allenfalls mehrere unterschiedliche mögliche Lösungswege (Variation).
4. Prüfung, ob die vorgeschlagenen Lösungswege bei den Ausgangsbedingungen zielführend sind (Lösungswege testen, Selektion); wenn kein Lösungsweg zielführend ist: zurück zu Schritt 3. Wenn ein Lösungsweg oder mehrere Lösungswege zufriedenstellend zielführend ist oder sind, diese/n festhalten (Retention).
5. Anwendung des Lösungswegs auf neue Probleme des gleichen Typs, Analyse der Übertragbarkeit oder Verallgemeinerbarkeit des gewählten Lösungswegs, abstrakte Verallgemeinerung etc. (Vernetzung, Transfer, etc. ermöglichen).¹⁰²

Die Phase der Exposition und das „Erregende Moment“ bei KRAMER ließen sich gut mit den ersten beiden Schritten (Problemgenerierung und -formulierung) OSERS assoziieren. Die dritte und vierte Phase (das Aufstellen und Prüfen von Hypothesen und das Festhalten eines passenden Lösungsweges bzw. Merksatzes) kann man sogar in beiden Modellen beinahe als identisch bezeichnen. Dann differenziert KRAMER allerdings in 5 relativ detaillierten Einzelschritten, was OSER et. al. in einem einzelnen Schritt zusammenfassen: Die Analyse der Übertragbarkeit bzw. Verallgemeinerbarkeit des Lösungsweges.

Es lässt sich also feststellen, dass KRAMERS theatralisch orientiertes Ablaufschema lerntheoretisch analysiert gut mit dem Schema des problemorientierten Lernens assoziiert werden kann und so auch in OSERS Auffassung Lernen ermöglicht. Was jedoch die Dogmatik von OSERS Ansatz betrifft, so wurde daran durchaus auch Kritik geübt, etwa von Catherine WALTER und Manfred PFIFFNER:

*Im Gegensatz zu Oser glauben wir aber, dass eine solche Strukturierung für geführte Aktivitäten/Lektionen (Instruktion) als Planungshilfe dienen **kann**. Die Schrittfolgen sind aus unserer*

¹⁰² ELSÄSSER (2000), S. 25

Sicht über die verschiedenen Basismodelle vielfach weder streng logisch noch zwingend. Sicher ist die Behauptung, dass Lernen nur in diesen fixen Schrittfolgen zum Erfolg führt, unhaltbar (Lehren führt ja auch häufig nicht unbedingt zum Lernen). Das ändert indes nichts an der im Leitfaden formulierten Feststellung:

These: Die Orientierung an den Tiefenstrukturen des Lernens ist zwingend notwendig. Sie kann durch die Orientierung an den Basismodellen erleichtert werden.¹⁰³

Oder, um es mit KRAMER zu sagen: „Allerdings kann nur etwas abgeändert oder verändert werden, wenn es bereits da ist. Strukturen können verändert werden, keine Strukturen bedeuten Chaos.“¹⁰⁴ In diesem Sinn hat OSNERS umfassende Strukturierung von Lernprozessen also durchaus einen sehr hohen pädagogischen Wert, auch wenn sein Dogmatismus wohl eher fragwürdig ist.

Allgemein lässt sich zu KRAMERS Schema noch sagen, dass das „retardierende Moment“ in KRAMERS Schema, also das Gegenbeispiel nach dem Höhepunkt der Stunde, das den mühsam erarbeiteten Merksatz wieder zunichte macht (vgl. Tabelle 2.1 auf Seite 48), relativ einzigartig ist – etwas Vergleichbares lässt sich auch in anderen didaktischen Ablaufsschemata kaum finden.¹⁰⁵ Diese Form der Überarbeitung und Anpassung physikalischer Gesetze kann sicherlich eine interessante Bereicherung einer Stunde darstellen, allerdings ist wohl auch Vorsicht dabei geboten, sie allzu häufig einzusetzen, weil sich ansonsten bei den Schülerinnen ev. gar kein Eindruck von der Allgemeingültigkeit physikalischer Gesetzmäßigkeiten entsteht, sondern diese gar nicht mehr als „Gesetze“ sondern eher als lockere Formulierungen verstanden werden, bei denen „sowieso dauernd nachgebessert werden muss“.

Auch wird sicher nicht in jeder Unterrichtsstunde ein Merksatz eine so zentrale Rolle einnehmen, wie hier. Er kann aber als symbolisch für den Kern der Stunde gesehen werden –

¹⁰³ WALTER, Catherine; PFIFFNER, Manfred: *Erläuterungen zu Fritz Osners Basismodellen des Lernens*. S. 6; (Ergänzung zur 6. Lektion, Abschnitt 1.3, S.134 von: MEYER, Hilbert: *Leitfaden zur Unterrichtsvorbereitung*. Cornelsen Scriptor, Berlin 2007) Online: <http://www.staff.uni-oldenburg.de/hilbert.meyer/41005.html> [Stand: 28.06.2014], Hervorhebung im Original kursiv, fett von AT

¹⁰⁴ KRAMER (2008), S. 26

¹⁰⁵ Vgl. dazu das Kapitel *Artikulationsschemata – wie eine Unterrichtsstunde gegliedert wird* von Ernst KIRCHER in: KIRCHER et al. (2009), S. 178 ff.

und gerade im Physikunterricht lässt sich dieser ja tatsächlich oft auf einen oder zwei Sätze destillieren, das Schema ist also im hier behandelten Kontext durchaus sinnvoll. Allerdings ist es etwas unübersichtlich und kann laut KRAMER auch noch weiter reduziert werden.¹⁰⁶ KIRCHER reduziert das fünfstufige Schema von ROTH auf drei Phasen (Motivation, Erarbeitung und Vertiefung)¹⁰⁷ und dies scheint auch für KRAMERS theatralisches Schema gut zu passen, denn es lässt sich gut in die drei Abschnitte „Anfang“, „Mittelteil“ (ev. mit Höhepunkt) und „Schluss“ einteilen.¹⁰⁸ Auf diese drei Abschnitte soll noch kurz etwas genauer eingegangen werden:

- **Anfang:** Der Beginn ist lernpsychologisch wichtig (siehe den Primacy - Effekt auf Seite 55) und man hat außerdem den Vorteil, dass man mit einer relativ hohen Aufmerksamkeit in den ersten Minuten rechnen kann. Das Thema der Stunde sollte schon am Beginn klar werden – andererseits sollte man auch noch nicht alles verraten, um die Spannung nicht zu zerstören.¹⁰⁹ KRAMER zeigt sich außerdem als Verfechter des direkten Einstiegs in ein Thema – geschehen kann dies etwa in Form einer experimentellen Demonstration, eines geeigneten physikalischen Cartoons, einer zu lösenden Aufgabe oder einer zugespitzten Fragestellung. Zum Beispiel kann man eine Stunde zum Thema der Lorentzkraft bereits mit einer ihrer Anwendungen eröffnen – also etwa mit einem Video der Aurora und einem Experiment dazu.¹¹⁰ Von so einem spezifischen Beispiel oder einem ähnlichen Anknüpfungspunkt kann man sich dann zum allgemeinen Prinzip vorarbeiten – es findet also ein induktives Lernen (vom Besonderen auf das Allgemeine schließen) statt.¹¹¹ Erstens ist dies der ursprüngliche Ablauf, der jeder im galileischen Sinn verstandenen Naturwissenschaft

¹⁰⁶ Vgl.: KRAMER (2008), S. 24

¹⁰⁷ Vgl.: KIRCHER, Ernst in: KIRCHER et al. (2009), S. 178

¹⁰⁸ KRAMER reduziert sein eigenes Schema ebenfalls, teilt es jedoch selbst in vier Abschnitte ein (vgl. KRAMER (2008), S. 24 ff.). Da er allerdings in einer Anlehnung an GIFFEI den Abschnitt „Anfang“ doppelt verwendet, erscheint eine weitere Reduktion auf drei Abschnitte und einen einzigen Anfang hier sinnvoller.

¹⁰⁹ Vgl.: KRAMER (2008), S. 24

¹¹⁰ Vgl.: JEANJACQUOT, Philippe; LILENSTEN, Jean: *Casting light on solar wind: simulating aurorae at school*. In: *Science in school*. Issue Nr. 26, Spring 2013, p. 32 – 37. Online:

http://www.scienceinschool.org/repository/docs/issue26_aurorae.pdf [Stand: 25.05.2013]

¹¹¹ Vgl.: KRAMER (2008), S. 25

zugrunde liegt¹¹², zweitens hat es den Vorteil, dass die Schülerinnen nicht zuerst abstrakte Prinzipien lernen und (wie das leider so oft geschieht) erst am Ende der Einheit die Erklärung dazu geliefert wird, *wozu* das Gelernte eigentlich wichtig ist. Das allgemeine Prinzip wird im Lauf der Stunde erst aus Beispielen heraus entwickelt, im Idealfall kommen die Schülerinnen unter der Anleitung der Lehrerin sogar selbst darauf. Sobald das Prinzip einmal erarbeitet ist, kann damit auch deduktiv verfahren werden, etwa in Form einer Hausübung. Jedenfalls ist es eine erprobte Methode, zu Beginn die Aufmerksamkeit zu erregen und eine zentrale Frage unbeantwortet zu lassen, auf die im Lauf der Stunde hingearbeitet werden kann.

- **Mittelteil/Höhepunkt:** Im Mittelteil kann – wie gerade beschrieben - das Hinarbeiten auf den Höhepunkt stattfinden. Im hier herangezogenen Beispiel wäre das die Formulierung der Lorentzkraft als physikalisches Gesetz. Wenn es in der geplanten Stunde einen solchen klaren Höhepunkt gibt, dann sollte man sich als Lehrende auch bemühen, diesen möglichst klar hervortreten zu lassen. Es bringt wenig, wenn ein toller Einstieg gewählt wurde und nach der Stunde nicht klar ist, *worin genau* nun eigentlich die physikalische Erkenntnis in der Stunde lag. Natürlich kann jede Schülerin den Höhepunkt der Stunde im Endeffekt in etwas Anderem sehen – aber man selbst sollte sich bei der Konzeption der Stunde doch klar darüber sein, was einem selbst am wichtigsten erscheint und wie man die betreffenden Inhalte dramaturgisch möglichst klar unterstreicht. Wenn es also einen derartig klaren Höhepunkt gibt, dann ist es auch angemessen, ihn entsprechend zu zelebrieren, damit diesen Teil der Stunde alle mitbekommen. Was danach (bis zum Schluss) geschieht, ist dramaturgisch gesehen eher unwesentlich. Hier kann etwa organisatorisches oder die Hausübung besprochen werden.¹¹³

Anmerkung: Dies heißt nun nicht, dass jede Stunde unbedingt einen Höhepunkt haben muss und immer gleich konzipiert werden sollte – denn das wäre schließlich auch wieder langweilig. Aber wenn es in einer Stunde einen Höhepunkt gibt, dann sollte man sich bemühen, diesen auch als solchen zu kennzeichnen.

¹¹² Heute wird Naturwissenschaft natürlich durchaus auch deduktiv betrieben und aus Theorien bestimmte Ereignisse vorhergesagt, die dann in der empirischen Praxis überprüft werden.

¹¹³ Vgl.: KRAMER (2008), S. 25

- **Schluss:** Die meisten kennen dieses Gefühl: Der Film war eigentlich ganz gut, aber der Schluss war leider nichts sagend, vorhersehbar, langweilig oder sonst irgendwie unbefriedigend. In jedem Fall bleibt so ein schaler Nachgeschmack. Oder wie KRAMER es ausdrückt: „Goethe schließt seinen Prolog im Faust mit: ‚Es ist gar hübsch von einem großen Herrn, so menschlich mit dem Teufel selbst zu sprechen.‘ Ein Lehrer schließt seinen Unterricht mit: ‚Hausaufgabe: Buch Seite 23, Aufgabe 15 und 18 – den A-Teil bitte fertig machen‘ – auch eine Möglichkeit, das ‚letzte Wort‘ zu nutzen. Leider keine gute.“¹¹⁴ Dass dem Schluss (neben dem Beginn) eine besondere Bedeutung zukommt, weiß man in der Lernpsychologie schon lange. JAHNKE hat bereits 1965 gezeigt, dass sich in einer zu lernenden Serie von unzusammenhängenden Begriffen neben den am Anfang gelernten Begriffen (Primacy - Effekt) auch die am Schluss gelernten besonders stark einprägen (Recency – Effekt).¹¹⁵ Erklärt wird das dadurch, dass die Erinnerungsleistung bzw. der Abruf von Information aus dem Gedächtnis stark kontextgebunden funktioniert (siehe Punkt 2.6).¹¹⁶ Die Lernsituation (aber auch eine Schulstunde) stellt einen solchen Kontext dar und von dem, was im Rahmen des Kontexts geschieht, werden die ersten und die letzten Erfahrungen besonders gut erinnert. Daher ist es sinnvoll, den Schluss möglichst effektiv zu nutzen. KRAMER schlägt vor, den Inhalt der Stunde in zwei Sätzen zusammenzufassen. Man kann dies entweder als Lehrer selbst tun, oder – noch besser, wenn man noch etwas Zeit hat – durch die Schüler tun lassen und die beste Version küren.¹¹⁷

Anmerkung: Wichtig ist es natürlich auch, dabei die Zeit im Auge zu behalten. Wenn man in die Pause hinein unterrichtet und es schon geläutet hat, dann sind die Gedanken der Schülerinnen in den meisten Fällen schon in der Pause – dann bringt sie wohl auch der beste Schlusssatz kaum mehr in die Stunde zurück. Also im Zweifelsfall lieber auf etwas verzichten, dass man in der nächsten Stunde genauso gut machen kann und sich dafür den Schluss nicht nehmen lassen!

¹¹⁴ KRAMER (2008), S. 19

¹¹⁵ Vgl.: ZIMBARDO, Philip G.; GERRING, Richard J.; GRAF, Ralf [Bearb.]: *Psychologie*. Pearson Studium Verlag, München (u. a.) 2004, S. 247

¹¹⁶ Vgl.: ZIMBARDO et al. (2004), S. 248

¹¹⁷ Vgl.: KRAMER (2008), S. 26

2.4. Spielpädagogik

Da sowohl Autoren aus der spielorientierten Physikdidaktik¹¹⁸ als auch aus der Theaterpädagogik¹¹⁹ explizit auf die Spielpädagogik Bezug nehmen, scheint es adäquat, hier auch exemplarisch einen Ansatz der theoretischen Spielpädagogik vorzustellen. Der Ansatz, der hier aufgegriffen werden soll, ist jener von Rafael HELANKO, den er in seinem Werk *Theoretical Aspects of Play and Socialization* beschreibt und auf den sich AUFSHNAITER & SCHWEDES in ihrem Artikel *Play Orientation in Physics Education* beziehen (vgl. Punkt 2.5.3).

2.4.1. Interaktionssysteme

HELANKO beschäftigt sich in seiner Studie vor allem mit einer strukturellen Beschreibung des Phänomens Spiel, wozu er mit einer Systematisierung von (menschlichen) Interaktionsschemata im Allgemeinen beginnt. Dazu unterscheidet er zunächst zwischen primären und sozialen Systemen. Primäre Systeme (die HELANKO so benennt, weil sie in der kindlichen Entwicklung meist vor den sozialen Systemen auftreten) bestehen aus einem interaktionsfähigen Individuum (bzw. Subjekt) und einem nicht interaktionsfähigen Objekt, mit dem sich das interagierende Individuum befasst. Soziale Systeme bestehen dagegen aus zwei interaktionsfähigen Individuen, die einerseits beide als interagierende Subjekte auftreten, einander andererseits aber auch gegenseitig als Interaktionsobjekt dienen. Jedes Individuum eines sozialen Systems ist also nach HELANKOS Beschreibung Subjekt und Objekt zugleich (siehe **Abb. 2.4**).¹²⁰

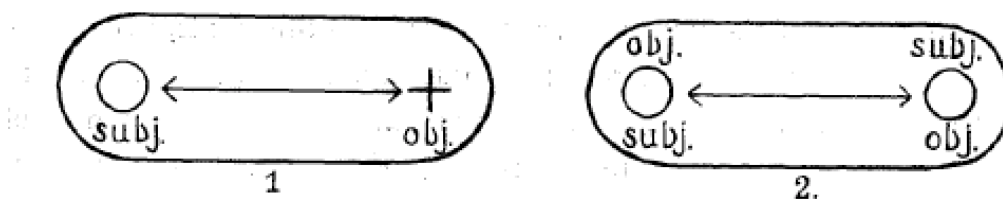


Abb. 2.4: Links: Primäres System [1], Rechts: Soziales System [2]. Quelle: HELANKO (1958), S. 9

¹¹⁸ Vgl.: AUFSHNAITER, Stefan von; SCHWEDES, Hannelore: *Play orientation in Physics education*. In: Science Education. Vol. 73, Nr. 4, July 1989, S. 486 ff.

¹¹⁹ Vgl.: NICKEL, Hans Wolfgang: *Überlegungen zur Struktur von Spiel und Theater*. In: *Theaterpädagogik*. Nr. 6: *Handeln und Betrachten*. Pressestelle der Hochschule der Künste, Berlin 1987, S. 14 ff.

¹²⁰ Vgl.: HELANKO, Rafael: *Theoretical Aspects of Play and Socialization*. *Annalis Universitatis Turkuensis*, Ser. B. Vol. 70, Turku 1958, S. 8 f.

Solche Systeme sind laut HELANKO außerdem durch bestimmte Verhaltenssequenzen gekennzeichnet, die genau so lange bestehen wie das System selbst – wenn die Verhaltenssequenz endet, so endet auch das System und wird durch ein neues System (mit einer neuen Verhaltenssequenz) ersetzt. Nach HELANKO lässt sich das Leben eines Individuums als Zusammensetzung bzw. Zusammenspiel solcher Interaktionssysteme beschreiben.¹²¹

Er stellt außerdem fest, dass Kinder es bevorzugen, jeweils nur Teil eines einzelnen Interaktionssystems zu sein – ihre Aufmerksamkeit also nur auf jeweils eine Handlung bzw. ein Objekt auf einmal zu fokussieren. Erwachsene dagegen sind oftmals auch Teil mehrerer Systeme auf einmal, was zu Problemen führen kann, aber nicht muss:

A combination of systems leads to a new more extensive sequence of behavior, which is a combination of all the sequences of behavior of the various component systems. A play, a competition, a commercial venture, a journey, work and the like in which a person takes part, are usually combinations of several systems of which one dominates, while, for instance, a glance at a clock is a single system. [...] Even all adults are not equally capable of managing their systems. One person 'flits' like a child from one system to another and in this way avoids an accumulation of systems, while another 'collapses' immediately under the stress of several systems, while a third attains his goals though he forms the nucleus of many systems.¹²²

Solche Systeme sind natürlich nicht notwendigerweise Spielsysteme, wie das Beispiel mit dem Blick auf die Uhr zeigt. Um aber die Struktur eines Spielsystems theoretisch beschreiben zu können, muss zunächst einmal das Phänomen „Spiel“ genauer eingegrenzt werden.

2.4.2. Auswahl theoretischer Beschreibungen des Phänomens Spiel

Es soll an dieser Stelle nur ein kurzer, exemplarischer Überblick über einige Theorien gegeben werden, der sich im Wesentlichen an der Darstellung in HELANKOS Arbeit orientiert, wobei jedoch im Sinne der besseren Überschaubarkeit wiederum eine Auswahl der am relevantesten erscheinenden Modelle getroffen wurde.

Einer der ältesten Beschreibungsversuche für das Phänomen des Spielens ist SCHILLER & SPENCERS Überflusstheorie von 1875, die besagt, dass Tiere und Menschen spielen, um

¹²¹ Vgl.: HELANKO (1958), S. 10

¹²² Ebenda

überflüssige Energie aufzubrengen, die nicht anderweitig benötigt wird.¹²³ Diese Theorie wird von HELANKO als ursprüngliche Begründung dafür genannt, das Fach Sport in die schulischen Lehrpläne aufzunehmen – damit die offensichtlich vorhandenen überschüssigen Energien kanalisiert würden und sich nicht anderweitig (nämlich in Störungen des Unterrichts) bemerkbar machten.¹²⁴ Die Instinktübungstheorie von GROOS betont dagegen den Übungscharakter des Spiels – der eigentliche, evolutionäre Zweck des Spiels ist es demnach, die Kinder (bzw. Jungtiere) und ihre Instinkte und Fertigkeiten für die Anforderungen des späteren Lebens zu trainieren und vorzubereiten.¹²⁵ Nach BUYTENDIJK muss beim Spiel allerdings immer ein Objekt oder Partner vorhanden sein und es muss nach einer Art Handlungsmuster ablaufen (im theatralischen Sinn von Anfang, Hauptteil und Schluss, wie in Punkt 2.3.2.8 auf S. 53 ff. dargestellt). Außerdem muss ein Spiel bestimmten Regeln folgen, die allerdings wiederum einen gewissen Auslegungs- bzw. Adaptionsspielraum lassen müssen. Das Spiel als strukturierte, jedoch von Freiwilligkeit gekennzeichnete Tätigkeit geht für BUYTENDIJK insofern über eine reine Fertigkeitsschulung im GROOSCHEN Sinn hinaus, welche ja auch unfreiwillig oder ohne Objekt bzw. Partner geschehen könnte.¹²⁶ PIAGET sieht (symbolisches) Spiel als Assimilation der Realität an das Ich des Kindes – während das Kind mit Gegenständen und anderen Kindern spielt, werden diese an die mentalen Spielkonzepte des Kindes angepasst.¹²⁷ Ein Beispiel dafür könnten etwa Spielkonzepte wie „Familie“ sein, bei denen Spielkameradinnen oft an prädestinierte Rollenbilder wie „Mutter“ oder „Kind“ assimiliert werden.

2.4.3. *Spielsysteme – die Struktur des Spielprozesses*

Sowohl primäre, als auch soziale Systeme können nach HELANKO Spielsysteme sein - allerdings kommt es dabei vor allem auf die Einstellung bzw. die innere Handlungsmotivation der Spielerin an, ob eine Handlung als Spiel beschrieben werden kann, oder nicht. Es ist

¹²³ Vgl.: SCHILLER, Friedrich: *Essays, Aesthetical and Philosophical*. London, 1875, S. 112 und SPENCER, Herbert: *The Principles of Psychology*. New York 1873, S. 627 – 631. Zitiert nach: HELANKO (1958), S. 15

¹²⁴ Vgl.: HELANKO (1958), S. 15

¹²⁵ Vgl.: KRÜCHE, Helga: *Die Bereicherung unserer Kenntnis des kindlichen Spiels*. Jena, 1936, S. 11. Zitiert nach: HELANKO (1958), S. 15

¹²⁶ Vgl.: KRÜCHE (1936), S. 12 ff., zitiert nach HELANKO (1958), S. 15

¹²⁷ Vgl.: PIAGET, Jean: *Play, dreams and imitation in childhood*. New York, 1951, S. 163. Zitiert nach: HELANKO (1958), S. 16

beinahe keine Tätigkeit denkbar, die nicht als Spiel betrachtet werden kann, wenn die handelnde Person diese Tätigkeit selbst als Spiel wahrnimmt. So können auch Tätigkeiten, die allgemein hin oft als "Arbeit" betrachtet werden (wie etwa das Aufhängen der Wäsche oder das Streichen eines Zaunes) zum Spiel werden, wenn sie von der sie ausführenden Person als solches betrachtet werden. Gerade diese innere Einstellung der Person kann aber natürlich von Außenstehenden niemals beobachtet werden.¹²⁸

Wichtig ist dazu allerdings die Freiwilligkeit bei der Wahl des Objektes – wenn man zum „Spiel“ mit einem bestimmten Objekt gezwungen oder gedrängt wird, so ist es (im Normalfall) kein echtes Spiel mehr. Nach HELANKO sind Spielsysteme außerdem immer ungestörte, singuläre Interaktionssysteme, die von keinem anderen System überlagert oder beeinträchtigt werden. So kommt HELANKO zu seiner Definition eines Spielsystems: „A system is play if the individual subject can freely choose the object of the system and no other system interferes with the resulting system.“¹²⁹

HELANKO illustriert dies mit dem (fiktiven) Beispiel eines Mr. Smith, der sich im Urlaub eines Morgens dazu entschließt, das Ruderboot am Strand vor seinem Sommerhaus zu streichen. Er tut dies freiwillig, ist entspannt und empfindet Freude dabei, den Pinsel in langsamen Zügen über den Rumpf des Bootes zu führen und zu sehen, wie dieser langsam Farbe annimmt – er ist ungestört und betrachtet seine Beschäftigung als Spiel. Dies lässt sich strukturell als primäres Spielsystem (Mr. Smith → Ruderboot) ausdrücken. Da hört Mr. Smith, wie ihn seine Gattin, Mrs. Smith, zum Frühstück ruft. Nun vollzieht sich eine Wandlung: Mr. Smith möchte nun vor dem Frühstück schnell noch das Boot fertig streichen (es fehlt nur mehr ein relativ kleines Stück) und er wechselt daher das Tempo und streicht den fehlenden Bereich mit hektischen, fahrigten Bewegungen fertig. Die Tätigkeit des Streichens hat für Mr. Smith nun keinen spielerischen Charakter mehr, sondern kann besser als Arbeit beschrieben werden.¹³⁰

Warum kam es aber zu dieser Transformation? Laut HELANKO liegt das vor allem daran, dass nun plötzlich zwei Systeme (Mr. Smith → Ruderboot und Mr. Smith → Frühstück) miteinander interferieren, bzw. sich gegenseitig stören.¹³¹ Die beiden Systeme können nicht

¹²⁸ Vgl.: HELANKO (1958), S. 16 ff.

¹²⁹ HELANKO (1958), S. 19

¹³⁰ Vgl.: HELANKO (1958), S. 17 f.

¹³¹ Vgl.: HELANKO (1958), S. 18

gleichzeitig existieren, deswegen ist Mr. Smith bemüht, das eine System (Mr. Smith → Ruderboot) so schnell wie möglich zu beenden, um zum anderen System (Mr. Smith → Frühstück) wechseln zu können. Das hängt natürlich auch damit zusammen, dass Mr. Smith Grund zu der Annahme hat, dass er das System Mr. Smith → Frühstück nicht so lange aufschieben kann, wie er möchte. Denn vom Objekt Frühstück ist ja auch seine Frau abhängig (wenn man davon ausgeht, dass sie zusammen frühstücken werden) – und er kann annehmen, dass sie beim Warten vermutlich irgendwann ungeduldig werden wird, was wiederum damit zusammenhängt, dass Mrs. Smith ihre eigenen Systeme hat, die sie gerne störungsfrei halten will.¹³²

So ist es etwa vorstellbar, dass Mrs. Smith nach dem Frühstück einen Arzttermin in der Stadt hat. Wenn sich nun wegen Mr. Smiths Verspätung beim Streichen das gemeinsame Frühstück verschiebt, so wird es für sie immer wahrscheinlicher, dass das System Mrs. Smith → Frühstück das System Mrs. Smith ↔ Arzt stört, was sie vermeiden möchte.

HELANKO kommt deswegen zum Schluss, dass alle Individuen stets daran interessiert sind, ihre Systeme störungsfrei zu halten und möglichst nur ein System auf einmal „bedienen“ zu müssen, was gleichzeitig die Idealform des kindlichen Spiels darstellt:

*If Mr. Smith had disregarded his wife's call and had proceeded with the painting of his boat undisturbed, he would have behaved like a child. If on hearing the call he had left his painting unfinished and without difficulty assumed the new breakfast system, this would have also resembled a child's behavior. A child is able to ward off interfering systems without difficulty and continue his play systems. Initially a child has very few interfering systems; they appear later, as the child becomes older. Consequently a child plays almost always, but an adult only occasionally. But whether a child or an adult is involved, an interfering system always produces a feeling of resentment and an undisturbed system a feeling of contentment. It is therefore natural, that both the child and the adult strive to remove interfering systems and to build pure play systems as far as possible.*¹³³

HELANKO beschreibt das System Mr. Smith → Frühstück offensichtlich als (doppeltes) primäres System. Auf der folgenden Seite wurde dieses System in einer selbst angefertigten Abbildung illustriert (es handelt sich dabei um das in **Abb. 2.5** links oben dargestellte System, das mit [1] bezeichnet wurde), die sich an der grafischen Darstellung von Spielsystemen in

¹³² Vgl.: Ebenda

¹³³ Vgl. HELANKO (1958), S. 18 f.

der Arbeit von HELANKO orientiert. Man könnte das gleiche System aber ebenso gut als komplexeres soziales System mit den Subjekten Mr. Smith und Mrs. Smith und dem gemeinsamen Objekt Frühstück beschreiben (vgl. **Abb. 2.5** [3]), da ja offensichtlich doch davon ausgegangen wird, dass Mr. Smith gemeinsam mit seiner Frau frühstückt.

Es gibt bei HELANKO auch keine Beschränkung der Subjekte und Objekte eines Systems, die dies verbieten würde. Fraglich ist allerdings, ob dieses System dann noch ein (echtes) Spielsystem ist, da sich ja darin für jedes Subjekt zwei Teilsysteme (also für Mrs. Smith z. B. die Systeme Mrs. Smith $\leftrightarrow$ Mr. Smith und Mrs. Smith $\rightarrow$ Frühstück) überlagern. Dies führt zu der Frage, ob diese Teilsysteme einander stören oder miteinander kompatibel sind, die aber nicht allgemein beantwortet werden kann, sondern abhängig von der jeweiligen Situation ist: „Whether a system interferes or what number of systems is required to banish play depends on the subject, the situation, etc.“.¹³⁴ Man kann das Frühstück allerdings auch als stetig wechselnde Abfolge eines sozialen Systems (vgl. **Abb. 2.5** [2]) und zweier primärer Systeme (vgl. **Abb. 2.5** [1]) beschreiben, was vielleicht illustriert, dass eine eindeutige strukturelle Beschreibung einer Handlung bzw. eines Systems nicht immer möglich, sondern schon bei relativ einfachen Systemen bereits eine Frage der jeweiligen Interpretation ist.

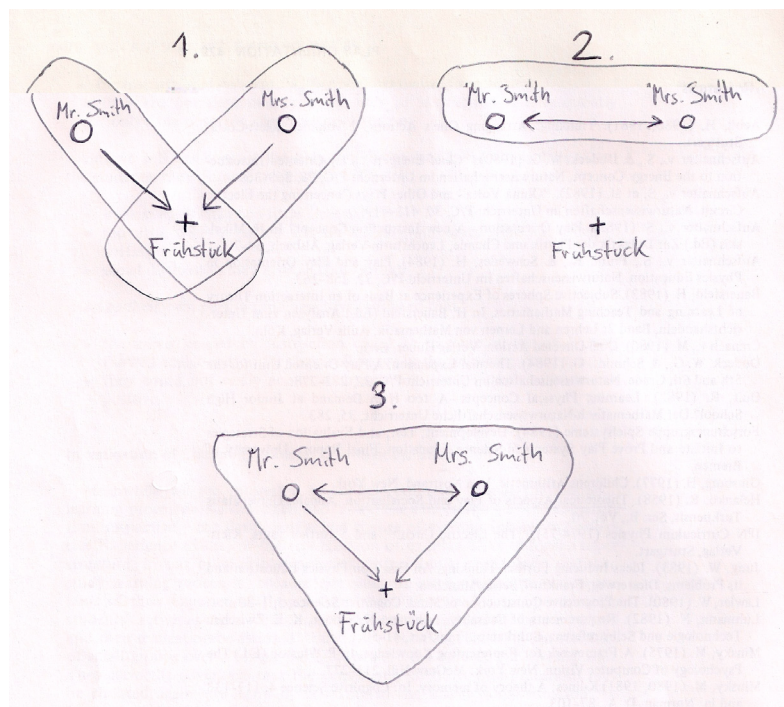


Abb. 2.5: Gemeinsames Frühstück von Mr. und Mrs. Smith als doppeltes primäres System [1], als einfaches soziales System [2] und als komplexes soziales System [3]. Eigene Abbildung nach HELANKO (1958).

¹³⁴ HELANKO (1958), S. 19

2.5. Physikdidaktik

Nachdem es in der vorliegenden Arbeit um eine Anwendung theatralisch-darstellender Methoden im Rahmen des Physikunterrichts geht, werden im folgenden Abschnitt einige wichtige Ansätze der Physikdidaktik diskutiert. Dabei wird zunächst auf Schülervorstellungen und Konzeptwechsel eingegangen, im Anschluss daran werden dann noch einige physikdidaktische Ansätze zur Spielorientierung und der Rolle des Darstellens bzw. Modellierens im Physikunterricht präsentiert.

Anmerkung: Auch die Themen „Schülerinteressen“, „Ziele und Kompetenzen“ sowie „Elementarisierungen und didaktische Rekonstruktion“ gehören natürlich zur Physikdidaktik. Da die Rezeption dieser Forschungsgebiete jedoch direkt als Anlass für die Modulentwicklung diente, werden sie erst in deren Kontext zu Beginn des Kapitels 4 präsentiert, um keinen allzu großen Bruch zwischen theoretischer Darstellung und praktischer Anwendung zu erzeugen.

2.5.1. Zur Rolle von Schülervorstellungen im Physikunterricht

Nach DUIT haben Schüler- bzw. Alltagsvorstellungen eine doppelte Funktion im Physikunterricht: „Sie sind einerseits notwendiger Anknüpfungspunkt des Lernens - andererseits aber auch Lernhemmnis.“¹³⁵

Das Problem kommt zum Teil daher, dass sich Physik häufig mit Vorgängen befasst, die auch im Alltag eine wesentliche Rolle spielen (Schall, Wärme, Licht, etc.). Kinder bzw. Schüler bilden sich im Lauf der Zeit aber ihre eigenen Konzepte, um Informationen aus der Umwelt für sie sinnvoll einordnen zu können – sie kommen also schon mit oft sehr gefestigten Vorstellungen in den Unterricht. Dieser Prozess der Vorstellungsbildung bei Kindern wird oft auch von alltagssprachlichen Ausdrücken wie „die Sonne geht auf/unter“ beeinflusst – das „aufgehen“ und „untergehen“ der Sonne impliziert ja sprachlich eher eine Bewegung der Sonne, als eine Rotation der Erde.¹³⁶

¹³⁵ DUIT, Reinders: *PIKO-Brief Nr. 1, Mai 2004. Schülervorstellungen und Lernen von Physik.* S. 1. Online: http://www.idn.uni-bremen.de/schuelervorstellungen/material/Piko-Brief_Schuelervor.pdf

¹³⁶ Vgl.: Ebenda

Wenn ein Kind dann noch beobachtet, wie sich die Sonne im Laufe des Tages aus unserer Sicht über den Himmel bewegt, dann liegt der Schluss natürlich nahe, dass sich die Sonne um uns dreht – und ein entsprechend starkes Konzept entsteht.

Insofern sind Alltagskonzepte Lernhindernisse, da sie meist nicht mit den häufig der unmittelbaren Intuition entgegengesetzten physikalischen Konzepten vereinbar sind. HOPF et al. unterscheiden dabei nach JUNG, REUL & SCHWEDES sachbedingte, lehrbedingte und innenbedingte Lernschwierigkeiten¹³⁷ – wobei die Schülervorstellungen zu letzteren beitragen, da sie bei den Lernenden gewissermaßen zu internen, kognitiven Widersprüchen zwischen dem physikalischen Konzept und der Schülervorstellung führen.

Andererseits muss an bekannte Schülervorstellungen angeknüpft werden, um einen Lernfortschritt zu erzielen – sonst läuft man Gefahr, dass neue Information von Schülerinnen im Unterricht zwar wahrgenommen, aber dennoch in den Rahmen der alten, falschen Konzepte eingeordnet wird. DUIT spricht in diesem Zusammenhang von Physiklernen als einem Vorgang des Konzeptwechsels.¹³⁸

2.5.2. Konzeptwechsel im Physikunterricht

Gemäß der konstruktivistischen Sichtweise entspricht der Konzeptwechsel zumindest einer Umstrukturierung, wenn nicht sogar einer Neukonstruktion der physikalischen Konzepte, da Wissen nicht einfach „weitergegeben“ werden kann, sondern im Denken der Schülerinnen von diesen selbst konstruiert bzw. erarbeitet werden muss. Es handelt sich dabei also nicht um einen vergleichsweise einfachen Prozess, von einer vorhandenen Sichtweise auf eine andere zu wechseln, sondern die neue Sichtweise ist zu Beginn bei den Schülerinnen (meist) noch gar nicht vorhanden – sie muss von ihnen erst in intensiver Auseinandersetzung erarbeitet werden. Dabei muss oft intensive Überzeugungsarbeit geleistet werden, da die oft als seltsam empfundenen physikalischen Konzepte häufig auch dann nicht affektiv akzeptiert werden, wenn sie rein kognitiv nachvollzogen werden können. Kurz: Die Schülerinnen verstehen das Konzept zwar, sie glauben es aber nicht wirklich.¹³⁹

¹³⁷ Vgl.: HOPF et al. (2011), S. 35 f.

¹³⁸ Vgl.: A. a. O., S. 3

¹³⁹ Vgl. A. a. O., S. 3 f.

DUIT nennt drei Kennzeichen, die dazu beitragen können, den Unterricht im Hinblick auf Schülervorstellungen und Konzeptwechsel erfolgreich zu gestalten:

- *Die Schülervorstellungen ernst nehmen, sie ausdrücklich bei der Unterrichtsplanung berücksichtigen, sie im Unterricht ggf. zur Sprache bringen.*
- *Die Themen des Unterrichts in sinnstiftende Kontexte einbetten, damit sie den Schülerinnen und Schülern als lernenswert erscheinen.*
- *Nicht allein Lernangebote machen, sondern diese nachhaltig unterstützen. Freiräume für eigenständiges Erarbeiten des eigenen Wissens schaffen.*¹⁴⁰

2.5.3. *Spielerorientierte Ansätze in der Physikdidaktik*

In diesem Abschnitt werden spielorientierte bzw. darstellungsorientierte Ansätze aus der fachdidaktischen Literatur zum Physikunterricht präsentiert, wobei der Studie von AUFSHNAITER & SCHWEDES besonderer Raum gegeben werden soll, da es sich laut KIRCHER hierbei um die bisher einzige groß angelegte, theoretisch fundierte empirische Untersuchung zum Thema handelt, die insofern interessante Aufschlüsse für die vorliegende Arbeit verspricht.¹⁴¹

2.5.3.1. Die Studie von AUFSHNAITER & SCHWEDES

AUFSHNAITER & SCHWEDES orientieren sich (wie zu Beginn von Abschnitt 2.4 bereits erwähnt) in ihrem Artikel *Play Orientation in Physics Education* an HELANKOS struktureller Theorie des Spiels und wenden diese auf den Kontext des Physikunterrichts an. Dabei findet sich allerdings eine zentrale Annahme der Autoren, die nach der Lektüre von HELANKOS Originaltext einigermaßen verblüffend wirkt (besonders deswegen, weil sie auch noch HELANKO direkt zugeschrieben wird): „According to Helanko, learning (meaningful learning) predominantly takes place in play systems, or whenever non play systems are transformed into play systems.“¹⁴²

¹⁴⁰ DUIT, Reinders: *PIKO-Brief Nr. 1, Mai 2004. Schülervorstellungen und Lernen von Physik.* S. 5. Online: http://www.idn.uni-bremen.de/schuelervorstellungen/material/Piko-Brief_Schuelervor.pdf

¹⁴¹ Vgl.: KIRCHER et al. (2009), S. 157

¹⁴² AUFSHNAITER & SCHWEDES (1989), S. 469

Das ist insofern schon einmal verwunderlich, als HELANKO in seiner Arbeit kaum direkt über das Thema Lernen schreibt – seine Arbeit ist ja (wie oben beschrieben) einer strukturellen Theorie des Spieles bzw. der Sozialisation in Gruppen gewidmet. Die oben dargestellte Aussage geht jedenfalls in dieser Klarheit bei weitem nicht so deutlich aus HELANKOS Arbeit hervor, wie es hier den Anschein hat, wie in folgendem Exkurs verdeutlicht wird:

Exkurs: Leider ist bei dem oben wiedergegebenen, indirekten Zitat in AUFSHNAITER & SCHWEDES Artikel keine Seitenangabe zu HELANKOS Arbeit zu finden (das würde es doch wesentlich leichter machen, herauszufinden, auf welche Stelle von HELANKOS Arbeit sie sich genau beziehen), aber es lassen sich doch einige Stellen eingrenzen, in denen HELANKO explizit über das Lernen schreibt. Vermutlich beziehen AUFSHNAITER & SCHWEDES sich auf folgende Stelle bei HELANKO: „Evidently learning is most effective, when the subject has a play attitude.“¹⁴³

Dieser Satz ist in dieser Form allerdings stark aus dem Kontext gerissen – eigentlich geht es an dieser Stelle nämlich um den Prozess der Selbstkonstruktion im Kleinstkind (mit etwa einem Lebensjahr), der als Sozialisationsprozess betrachtet wird. Das volle Zitat lautet so:

*The self is thus a relative concept and is fully dependent on the system in question. Only the opinions of himself that he has received by the aid of a large number of social systems provide him with an approximately true picture of himself and transforms [SIC!] his social apparatus into a useful one. This process is a part of the socialization of an individual and develops primarily in play. Socialization is also a process of learning (27.20 – 22, 316 - 317) and play and learning develop in close association. Evidently learning is most effective when the subject has a play attitude.*¹⁴⁴

Es geht also hier eigentlich um einen Sozialisationsprozess, der sich laut HELANKO (unter anderem) durch soziale Spielsysteme entwickelt. Der Begriff „Lernen“ kann in diesem Kontext als Synonym für „soziales Lernen“ im Kleinkindalter gelesen werden – ob dies so einfach mit dem Lernen physikalischer Inhalte in der Sekundarstufe, um das es in AUFSHNAITERS & SCHWEDES Artikel geht, gleichgesetzt werden kann, kann

¹⁴³ HELANKO (1958), S. 25

¹⁴⁴ HELANKO (1958), S. 25

wohl in Frage gestellt werden. An folgender Stelle wird außerdem deutlich, dass HELANKO auch beim sozialen Lernen eigentlich eher für eine Ausgewogenheit von Spielsystemen und Nichtspielsystemen plädiert – wobei das Spiel dem Sozialisationsprozess auch oft geradezu entgegenzuwirken scheint:

Since the systems that interfere with play usually promote socialization, there seems to be an apparent incompatibility between play and socialization. But if the causes of this incompatibility, the interfering systems, were removed, both socialization and play would cease to exist. If all systems of the individual were undisturbed play systems, socialization would hardly undergo progress. Play seems to retard the march of progress and is in this respect somewhat conservative. The play system affords the individual a refreshing pause in the pressing progress of socialization. Only the alternation of play and non-play can promote socialization. The play systems and the interfering non-play systems are like counteracting hormones, the latter promoting progress and the former retarding it. If they are not balanced, we have social deficiency.¹⁴⁵

Und dann findet sich noch eine Stelle gegen Ende der Arbeit, an der HELANKO tatsächlich direkt zum Kontext des schulischen Lernens Stellung nimmt:

The purpose of education is to teach children to build systems which the community considers important. In this endeavour the educator is almost compelled to break up play systems of the child by arranging interfering systems, which he then tries to transform into new play systems. For example, he frequently stresses the importance of choosing a distant and high objective and of striving to attain this by removing the obstacles. However, he (the educator) frequently forgets the very important fact that his pupils are not always capable of building such systems. The tragedy of pedagogy is that the educator is forced to destroy play without being able to provide something to replace it, or in other words, he sacrifices the present world of his pupils for their (usually uncertain) future.¹⁴⁶

In diesem Sinne ist es wohl anzunehmen, dass HELANKO dem Projekt AUFSHNAITERS UND SCHWEDES, nämlich Spielsysteme stärker in den schulischen Unterricht zu integrieren, wohl grundsätzlich beipflichten würde. Allerdings lässt sich die Annahme, dass Spielsysteme besonders effektive Lernumgebungen seien, bzw. dass Lernen

¹⁴⁵ HELANKO (1958), S. 21

¹⁴⁶ HELANKO (1958), S. 43

hauptsächlich in Spielsystemen stattfindet, in der Form wie in ihrem Artikel dargestellt nicht bei HELANKO finden. Wenn man HELANKOS Lernkonzept (das nur sehr vage skizziert wird) nach der Lektüre seiner Arbeit auf den Punkt bringen müsste, so würde es wohl eher lauten, dass Lernen durch das Wechselspiel von Spielsystemen und Nichtspielsystemen passiert.

Allerdings stützen sich AUFSHNAITER und SCHWEDES in ihrer Konzeption einer spielorientierten Physikdidaktik auch noch auf zwei andere Theorien, nämlich auf die Handlungstheorie von ÄBLI und die Theorie der subjektiven Erfahrungssphären („spheres of subjective experience“¹⁴⁷) von BAUERSFELD und somit kann kein Zweifel daran aufkommen, dass ihre Arbeit ausreichend theoretisch fundiert ist. Im Sinne der Spielpädagogik besonders positiv hervorzuheben ist der hohe Grad an Selbstverantwortung der Schülerinnen während der Spielphasen (sie konnten in AUFSHNAITER & SCHWEDES Konzeption selbstständig bestimmen, mit welchen Materialien sie frei experimentieren wollten)¹⁴⁸, denn nach HELANKO wird der Spielcharakter einer Handlung ja zerstört, wenn diese zu stark extern angeleitet bzw. das Objekt direkt vorgegeben wird (vgl. Punkt 2.4.3 auf S. 59). Daraus leiten AUFSHNAITER & SCHWEDES das Unterrichtsprinzip ab, dass Störungen von Spielsystemen durch die Lehrkraft nur dann berechtigt seien, wenn dadurch gewährleistet werde, dass eine größere Zahl von Schülerinnen neue Spielsysteme aufbauen könne. Außerdem wurden in der Umsetzung Spielphasen mit Nichtspielphasen abgewechselt, was (wie weiter oben nach der Theorie von HELANKO argumentiert wurde, vgl. S. 66) zu einem lernförderlichen Umfeld beitragen sollte. Zwei weitere Unterrichtsprinzipien in AUFSHNAITER und SCHWEDES Projekt lauteten:

- *Instruction, directed by the teacher, primarily means the construction of learning environments allowing the largest possible number of students to build up play systems. [...]*
- *Play systems are of major importance for learning, even if the teacher cannot set up the same learning objectives as compulsory for all students and cannot give evidence of learning*

¹⁴⁷ Vgl.: BAUERSFELD, H.: *Subjective Spheres of Experience as Basis of an Interaction Theory of Learning and Teaching Mathematics*. In: BAUERSFELD, H. [Hrsg.]: *Analysen zum Unterrichtshandeln, Band 2: Lehren und Lernen von Mathematik*. Aulis Verlag, Köln 1983. Zitiert nach: AUFSHNAITER & SCHWEDES (1989), S. 472 ff.

¹⁴⁸ Vgl.: AUFSHNAITER & SCHWEDES (1989), S. 473 f.

*achievement in every individual case.*¹⁴⁹

Was die konkrete Umsetzung von AUFSHNAITER & SCHWEDES Ansatz betrifft, so wurden im Rahmen ihrer Forschungsarbeit zu spielorientiertem Physikunterricht nach einem Prätest zweier Module mit den Titeln „Wir schalten das Licht ein“ und „Wasser und Elektrizität“ drei (weitere) spielorientierte Unterrichtsmodule zu den Themen:

- Stromkreis (16 Unterrichtsstunden)
- Thermische Ausdehnung (10 Unterrichtsstunden) und
- Arbeit und Energie (17 Unterrichtsstunden) entwickelt.

Diese drei Module wurden mit den Klassen von 32 Physiklehrerinnen getestet, wobei etwa 900 Schülerinnen an dem Feldversuch beteiligt waren.¹⁵⁰

Die Ergebnisse von AUFSHNAITERS & SCHWEDES' empirischer Evaluation des Projekts können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, die in vergleichbarem Stundenausmaß traditionell unterrichtet wurde, waren die Leistungen in einem standardisierten Abschlusstest mit visuellen Testitems in der spielorientiert unterrichteten Versuchsgruppe ähnlich bzw. etwas besser.
- Schülerinnen und Lehrerinnen bevorzugten spielorientierte Phasen gegenüber dem traditionellen Unterricht.
- Die Vorstellungen der Lehrerinnen darüber, wann ihren Schülerinnen Spaß hatten und wann nicht, korrelierte nicht mit dem tatsächlichen Spaßempfinden der Schülerinnen (das wiederum mit dem Gefühl bzw. der Aussage „viel gelernt“ zu haben korrelierte).
- Die Abwechslung von spielorientierten und nicht spielorientierten Phasen trug dazu bei, dass der Unterricht während des gesamten Moduls für die Schülerinnen attraktiv blieb.

¹⁴⁹ Ebenda

¹⁵⁰ Vgl.: AUFSHNAITER & SCHWEDES (1989), S. 474 f.

- Nicht alle Materialien sind dazu geeignet, Spielsysteme bzw. Spielphasen zu induzieren.¹⁵¹

Während Lehrerinnen u. a. das selbstbestimmte Lernen der Schülerinnen, die erleichterte Individualisierung des Unterrichts und die Rolle als Beobachterin, Organisatorin und Beraterin als positive Punkte anmerken, so äußerten sie auch Kritik an der Methode:

- *[...] weak students had too little direction*
- *too little was verbalized and no learning outcomes were put in writing*
- *social difficulties may arise in some groups.*

As to their own person some teachers criticized that

- *the unrest caused by instruction could be irksome, above all if they showed consideration for the adjoining classrooms.*
- *they could not easily accept their new role, even if their attitude was positive.*¹⁵²

Besonders die Kritik an der fehlenden Verbalisierung zeigt ein grundsätzliches Problem der Studie (und des spielorientierten Ansatzes) auf, da aufgrund der offenbar deutlich geringeren sprachlichen Enkodierung von Informationen bei dieser Art des Unterrichts davon auszugehen ist, dass nach einer spielorientierten Instruktion (die ja immer gleichzeitig handlungsorientiert ist) auch weniger Wissen in verbaler Form abgerufen oder auf andere verbale Aufgaben transferiert werden kann (vgl. dazu Abschnitt 2.6.2 und 2.6.3 auf S. 78 ff.). Dies ließ sich in der Studie auch nicht erfassen, da der Abschlusstest auf visuellen und nicht auf verbalen Aufgabenstellungen basierte – es kann also begründet angenommen werden, dass die Ergebnisse bei einem Test mit verbalen Aufgabenstellungen stärker zugunsten der traditionellen Instruktion ausgefallen wären.

Fraglich ist auch, ob trotz der relativen Freiheit der Schülerinnen bei der Wahl der Objekte wirklich von einem Spielsystem im Sinne HELANKOS gesprochen werden kann – denn auch wenn nicht vorgegeben wurde, mit welchem der zur Verfügung gestellten Gegenstände (z. B. Batterien, Lämpchen, etc.) die Schülerinnen welche Experimente durchführen sollten, so

¹⁵¹ Vgl.: AUFSHNAITER & SCHWEDES (1989), S. 476 f.

¹⁵² AUFSHNAITER & SCHWEDES (1989), S. 478

wurden doch die Gegenstände selbst (und damit im Sinne HELANKOS die Objekte) vorgegeben – die vorgebliche Wahlfreiheit ist also tatsächlich nur eine relative.

2.5.3.2. Weitere Ansätze zu Spielen im Physikunterricht

Ernst KIRCHER argumentiert in Bezug auf andere Autoren (u. a. KRAPPMANN, OERTER und WEGENER-SPÖHRING) für eine Integration von Spielen in den Physikunterricht, da ihr Einsatz folgende vorteilhafte Effekte habe:

- Weiterentwicklung sozialer Fähigkeiten
- Förderung der Kreativität
- Erwerb, Übung und Verfeinerung von für wissenschaftliches Arbeiten notwendigen Fertigkeiten (Wahrnehmung, Motorik und Intelligenzleistungen)
- Entschleunigung des Physikunterrichts¹⁵³

Bei KIRCHER wird jedoch (mit Verweis auf EINSIEDLER) auch die bereits weiter oben thematisierte Problematik der Instrumentalisierung von Spielen durch die Pädagogik aufgegriffen – und auf die damit verbundene Gefahr hingewiesen, dass diese dadurch leicht das wichtige Element der Freiheit bzw. Freiwilligkeit verlieren können.¹⁵⁴

Nach EINSIEDLER können Spiele folgendermaßen klassifiziert werden:

- Psychomotorische Spiele
- Phantasie- und Rollenspiele
- Bauspiele und
- Regelspiele¹⁵⁵

¹⁵³ Vgl.: KIRCHER, Ernst: Kapitel *Spiele im Physikunterricht* in: KIRCHER et al. (2009), S. 156

¹⁵⁴ Vgl.: EINSIEDLER, W.: *Das Spiel der Kinder*. Klinkhardt Verlag, Bad Heilbrunn 1991, S. 156. Zitiert nach: KIRCHER et al. (2009), S. 156

¹⁵⁵ Vgl.: EINSIEDLER (1991), zitiert nach: KIRCHER et al. (2009), S. 157

Besonders interessant ist im hier behandelten Kontext die Gruppe der psychomotorischen Spiele, da ihr von KIRCHER als Unterkategorie die „[...] von Schülern *gespielten physikalischen Sachverhalte und Analogien*“¹⁵⁶ zugeordnet werden, wobei es unter anderem um das Darstellen und Nachspielen physikalischer Modelle geht – also genau um das Thema, mit dem sich diese Arbeit beschäftigt. Dabei hebt KIRCHER hervor, dass bei dieser Art von Spielen aus fachdidaktischer Sicht das Lernen des Begriffes (und nicht die psychomotorische Entwicklung) im Vordergrund stehe.¹⁵⁷

LABUDDE schlägt vor, zuerst die physikalischen Inhalte zu erarbeiten und erst dann als Anwendung und Übung des erlernten Modelles (wobei aber auch neue Erkenntnisse am Modell erarbeitet werden können) zum Darstellen überzugehen. Im Anschluss an das Nachspielen des Modelles empfiehlt er außerdem eine Reflexionsphase.¹⁵⁸

Als von Modellspielen abgegrenzte Spielkategorie führt LABUDDE außerdem die „sinnhaften Spiele“ ein, in denen „[...] Schülerinnen und Schüler [...] physikalische Phänomene mit ihren Sinnen [entdecken]“ sowie „[...] mit Phänomenen und Sinnen [spielen].“¹⁵⁹

LABUDDE illustriert dieses Konzept über ein Feldexperiment im Schwimmbad zur Analyse der Eigenschaften des Wasserdrucks mit Hilfe des eigenen Ohrs. Dabei sollen die Schülerinnen im Rahmen eines Schwimmbadbesuches versuchen, die folgenden drei Fragen zu beantworten:

1. *Wie verändert sich der Druck mit der Tiefe? Wie stark empfindet man den Druck z.B. in 1.5 m bzw. 3 m Tiefe?*
2. *Besteht ein Unterschied, ob sich der Kopf senkrecht oder waagerecht unter Wasser befindet? Spürt man bei waagerechtem Kopf überhaupt einen Druck auf dem unteren Ohr?*
3. *Spielt es für den Druck, den ich in den Ohren spüre, eine Rolle, ob ich in einem flächenmäßig kleinen oder großen Schwimmbecken oder in einem See tauche? (Vorausgesetzt ich befinde mich stets in gleicher Wassertiefe.)*¹⁶⁰

¹⁵⁶ KIRCHER, Ernst in: KIRCHER et al. (2009), S. 157. Hervorhebung von KIRCHER übernommen.

¹⁵⁷ Vgl.: A. a. O., S. 158

¹⁵⁸ Vgl.: LABUDDE, P.: Kapitel 10.3: *Gespielte Analogien - modellhaftes Lernen*. In: KIRCHER et al. (2009), S. 410 ff.

¹⁵⁹ LABUDDE, P.: Kapitel 10.4: *Sinnhafte Spiele – ursprüngliches Verstehen*. In: KIRCHER et al. (2009), S. 417

¹⁶⁰ A. a. O., S. 418

Einer der didaktischen Hintergedanken dabei ist jener, dass die Schülerinnen bei derartigen Selbstversuchen von sich aus zur Einsicht gelangen, dass unser Körper nicht immer ein geeignetes Messinstrument darstellt (etwa weil ein subjektives Druckgefühl aus einem vorherigen Experiment nicht genau genug erinnert werden kann, um es anschließend mit dem aus einem anderen Experiment zu vergleichen), was sie schließlich zur eigenen Einsicht der Notwendigkeit von Laborexperimenten führen soll.¹⁶¹

In seinem abschließenden Plädoyer für diese Art des Physikunterrichts betont LABUDDE außerdem noch einmal den Effekt Entschleunigung und die Ursprünglichkeit der direkten Sinneserfahrung im Vergleich zur traditionellen Instruktion:

Sinnhafte Spiele bzw. das Erfahren von Physik mit den eigenen Sinnen lassen sich in weiteren Beispielen umsetzen. Entscheidend ist, dass Kinder und Jugendliche diese nicht einfach theoretisch z.B. anhand eines Lehrbuchtextes erarbeiten, sondern wirklich mit den eigenen Sinnen erfahren: Die Geschwindigkeit eines Autos mittels Dopplereffekt und Ohr bestimmen (Labudde 1996, 64); den Drehimpulssatz auf einem Kinderkarussell [SIC!] erleben; Kraft und Gegenkraft beim Tragen eines Steines erfahren (Schön 1991), Eigenschwingung und Resonanz beim Schaukeln spüren (Labudde 1997); das Fliegen und den aerodynamischen Auftrieb mit einem ausgestopften Vogelflügel entdecken (Labudde 1993, 170), die Last an einem elektrischen Generator wahrnehmen (Muckenfuß 1992). Mit diesen und ähnlichen Beispielen können wir Physiklehrkräfte einer Klage Nietzsches begegnen, der seufzte: ‚Die Bildung wird täglich geringer, weil die Hast größer wird.‘. Mit sinnhaften Spielen, mit Sinnlichkeit und Sinn wird der Physikunterricht entschleunigt, dafür das ursprüngliche Verstehen gestützt.¹⁶²

2.5.3.3. Terminologie IV – „Spiel“ und „Darstellen“ in der Physikdidaktik

Allgemein ist festzustellen, dass innerhalb der Physikdidaktik bisher nicht konsequent zwischen der Terminologie „spielen“ und „darstellen“ unterschieden wird – so wird nach der von KIRCHER, EINSIEDLER und LABUDDE verwendeten Kategorisierung (vgl. dazu den letzten Abschnitt) das Darstellen im Physikunterricht gemeinsam mit anderen, nicht darstellenden Spielen der Überkategorie „Spiele“ zugeordnet. Wenn man dies allerdings mit dem Strukturkonzept des Spiels nach HELANKO und dessen praktischer Umsetzung im Ansatz von

¹⁶¹ Vgl.: A. a. O., S. 417

¹⁶² LABUDDE, P.: Kapitel 10.4: *Sinnhafte Spiele – ursprüngliches Verstehen*. In: KIRCHER et al. (2009), S. 421

AUFSHNAITER & SCHWEDES vergleicht, in dem sehr wohl gespielt, aber nicht unbedingt dargestellt wurde, so merkt man schnell, dass dies nicht wirklich konsistent ist. Es gibt durchaus Spiele bzw. Spielsysteme, die nicht darstellend sind (etwa primäre Spielsystemen wie das Streichens des Ruderbootes in HELANKOS Beispiel) und es gibt andererseits Darstellungen, die nicht spielerisch sind. Letzteres ist zum Beispiel dann der Fall, wenn den Darstellerinnen genau vorgegeben wird, was von ihnen wie bzw. womit dargestellt werden soll, wodurch eindeutig das für das Spiel (im Sinn der Spielpädagogik)¹⁶³ zentrale Element der Freiwilligkeit verloren geht. Das muss allerdings nicht heißen, dass solche stark angeleiteten Darstellungen nicht sinnvoll oder effizient sein können, bzw. keine Vorteile mit sich bringen. KRAMER schreibt etwa zu einer stark angeleiteten Darstellung der Induktion mit einem Schülermodell: „Der Lehrer führt die Regie. Er legt auch die Rollen fest, in denen die Schüler reagieren. Ein solches von dem Lehrer bestimmtes Vorgehen ist wesentlich einfacher, als wenn die Gruppe selbst Regie führt.“¹⁶⁴ An anderer Stelle stellt er außerdem fest, dass diese Vorgehensweise für im Darstellen bzw. Modellieren ungeübte Schülerinnen besonders gut geeignet sei.¹⁶⁵

Obwohl also viele Darstellungen spielerischen Charakter haben und umgekehrt viele Spiele (mehr oder weniger) darstellend sind, bedingt das eine nicht notwendigerweise das andere – und vice versa. Eine genauere Unterscheidung dieser Begriffe in der Literatur zum Thema wäre also durchaus wünschenswert.

¹⁶³ Hier wird der Begriff „Spiel“ wie bereits angedeutet im eher allgemeinen Sinn der Spielpädagogik nach HELANKO gebraucht (vgl. dazu Abschnitt 2.4, S. 56 ff.). Wenn man hier noch den spezifischen Spielbegriff der Theaterpädagogik (vgl. dazu Abschnitt 2.2.1, S. 31), der mit „spielen“ ja immer das Theaterspielen bzw. Darstellen meint, hinzunimmt, so ergibt sich daraus die etwas paradox klingende Aussage, dass unter der oben getroffenen Annahme eines stark angeleiteten darstellenden Moduls das Spielen dieses Moduls (im theaterpädagogischen Sinn des Wortes – also als Darstellen verstanden) gar kein echtes Spiel (im spielpädagogischen Sinn) ist.

¹⁶⁴ KRAMER (2011), Band 1, S. 30

¹⁶⁵ Vgl.: A. a. O., S. 131

2.6. Lernpsychologische Aspekte von Handlung, Erlebnis und Ort

2.6.1. Gedächtnismodelle

ATKINSON und SHIFFRIN entwickelten 1968 das bekannte Dreispeichermodell, das Ultrakurzzeitgedächtnis (auch: sensorisches Gedächtnis), Kurzzeitgedächtnis und Langzeitgedächtnis umfasst.¹⁶⁶ Während die Behaltensdauer im sensorischen Gedächtnis nur ein paar hundert Millisekunden beträgt und die Inhalte häufig gar nicht bewusst werden¹⁶⁷, so ist sie im Kurzzeitgedächtnis mit wenigen Sekunden immer noch so kurz, dass sie für schulisches Lernen kaum relevant ist (eher schon für das kurzfristige Merken von Telefonnummern, Adressen oder dergleichen). Die Konzeption des Kurzzeitgedächtnisses wurde von BADDELEY 1968 weiter verfeinert, indem er es weiter in die Subbereiche phonologische Schleife, visuell – räumlicher Notizblock und zentrale Exekutive unterteilte. Ihre Funktionen sind bei WINKEL folgendermaßen beschrieben:

*In der phonologischen Schleife werden akustische und verbale Informationen verarbeitet. Durch subvokales Wiederholen (eine Art geistiges Nachsprechen) werden die Inhalte im Bewusstsein gehalten. Der visuell-räumliche Notizblock dient der Verarbeitung und Erinnerung räumlicher und bildlicher Informationen. Die Funktionen dieser Speicher werden durch die zentrale Exekutive koordiniert, die Prioritäten bei der Verarbeitung von Informationen setzt, Routineprozesse überwacht und Handlungsergebnisse überprüft.*¹⁶⁸

Nach dem Dreispeichermodell ist das Langzeitgedächtnis für effektives schulisches Lernen naturgemäß besonders interessant, da seine Speicherdauer mit mehreren Jahrzehnten sehr lang und seine Kapazität praktisch unbegrenzt ist. Eine Information gilt dann als im Langzeitgedächtnis verankert, wenn sich z.B. aufgrund von häufiger Wiederholung eine strukturelle, neurophysiologische Veränderung manifestiert.¹⁶⁹ Nach LASHLEY sind dabei Modifikationen auf Ebene der Synapsen besonders ausschlaggebend, solche dauerhaft

¹⁶⁶ Vgl.: WINKEL, Sandra; PETERMANN, Franz; PETERMANN, Ulrike: Lernpsychologie. Schöningh Verlag, Paderborn 2006, S. 34

¹⁶⁷ Vgl.: WINKEL et al. (2006), S. 34

¹⁶⁸ WINKEL et al. (2006), S. 35

¹⁶⁹ Vgl.: WINKEL et al. (2006), S. 35

eingepprägten Gedächtnisspuren werden auch als „strukturelle Engramme“ bezeichnet.¹⁷⁰ Allerdings gibt dieses Gedächtnismodell noch nicht viel Aufschluss darüber, warum manche Inhalte tiefer eingepragt werden und andere weniger. Das lässt sich wiederum mit dem Modell der Verarbeitungstiefe von CRAIK & LOCKHART erklären, die postulieren, dass „die Dauer der Informationsspeicherung [...] von der Tiefe der Informationsverarbeitung (Elaboration) ab[hängt].“¹⁷¹ Damit kann etwa erklärt werden, dass wir uns manche Dinge auch ohne bewusste Wiederholung gut merken können, da etwa bei besonders bedeutsamen Inhalten (wie z.B. ein einschneidendes persönliches Erlebnis) von einer intensiveren kognitiven Verarbeitung ausgegangen werden kann.

BUCHNER kombiniert die bereits diskutierten Modelle¹⁷², was zu einem erweiterten Dreispeichermodell des Gedächtnisses führt, das in **Abb. 2.6** dargestellt ist. Darin lässt sich auch bereits eine weitere Unterscheidung innerhalb des Langzeitgedächtnisses erkennen, und zwar differenziert man nach SCHACTER zwischen explizitem und implizitem Gedächtnis bzw. nach SQUIRE zwischen deklarativem und nondeklarativem Gedächtnis¹⁷³, wobei

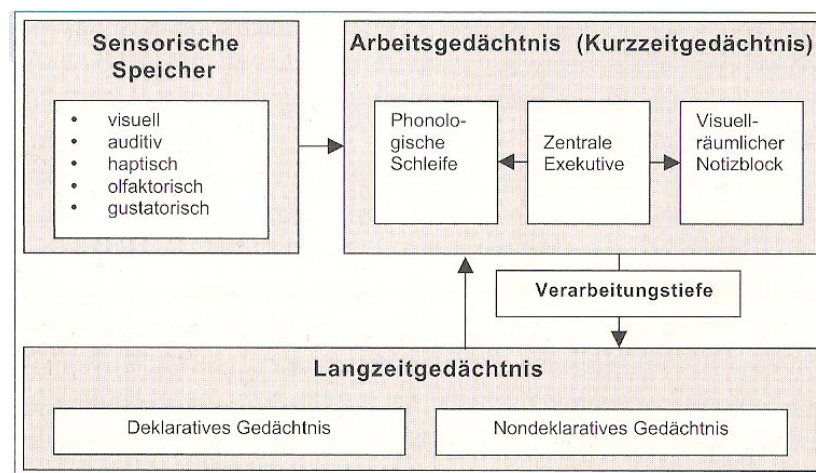


Abb. 2.6: Schema des erweiterten Dreispeichermodells nach BUCHNER.

Quelle: WINKEL (2006), S. 36

Man geht dabei davon aus, dass im expliziten Gedächtnis benennbares bzw. reproduzierbares Wissen gespeichert ist, also etwa das Geburtsdatum eines Freundes. Im impliziten Gedächtnis ist dagegen Wissen gespeichert, das nicht ohne weiteres verbalisiert werden kann, zum Beispiel prozedurales Wissen wie der Umstand, dass viele

¹⁷⁰ Vgl.: WINKEL et al. (2006), S. 47

¹⁷¹ WINKEL et al. (2006), S. 36

¹⁷² Vgl.: WINKEL et al. (2006), S. 36

¹⁷³ Vgl.: WINKEL et al. (2006), S. 36 f.

Leute Rad fahren oder Schi fahren können, ohne in der Lage zu sein, die dazugehörigen Bewegungen und Techniken exakt zu beschreiben. Ein weiteres Beispiel wäre Grammatikwissen – so können viele Menschen etwa die eigene Sprache problemlos verwenden, haben allerdings große Probleme damit, die dahinter stehenden grammatischen Regeln zu benennen. Auch Konditionierung und Priming werden zum Bereich des impliziten Gedächtnisses gerechnet. Dieses zeichnet sich allgemein dadurch aus, dass seine Inhalte – ganz im Gegensatz zu denen des deklarativen Gedächtnisses – dem Bewusstsein nicht zugänglich sind.¹⁷⁴

Weiters unterscheidet man innerhalb des expliziten Gedächtnisses, nach TULVING zwischen semantischen und episodischen Gedächtnisinhalten. Im episodischen Gedächtnis sind demnach Ereignisse gespeichert, die persönlich erlebt wurden. Es handelt sich dabei also meist um einigermaßen außergewöhnliche oder persönlich wichtige Ereignisse des eigenen Lebens – etwa ein toller Urlaub oder der erste Kuss.¹⁷⁵

Im semantischen Gedächtnis ist hingegen „klassisches“ Faktenwissen wie etwa das Wissen um die Bedeutung von Wörtern und Konzepten gespeichert.¹⁷⁶

Die Unterscheidungen innerhalb des Langzeitgedächtnisses sind in **Abb. 2.7** noch einmal in übersichtlicher Form dargestellt. Bei ZIMBARDO findet sich zum Thema des Vergessens

semantischer Gedächtnisinhalte folgender interessanter Hinweis: „Wenn Sie einen semantischen Gedächtnisinhalt nicht wieder finden können, so ist es eine gute Strategie, diesen wieder wie einen episodischen zu

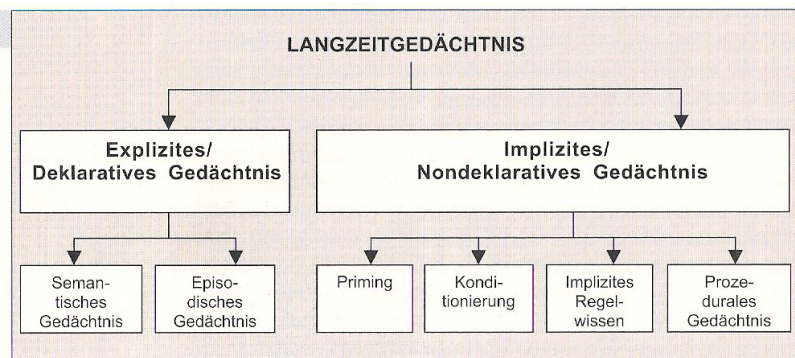


Abb. 2.7: Schematischer Aufbau des Langzeitgedächtnisses. Quelle: WINKEL (2006), S. 36

behandeln. Indem Sie sich denken ‚Ich weiß, ich habe die Namen der römischen Herrscher in meinem Lateinkurs behandelt‘, können Sie sich vielleicht die zusätzlichen Hinweisreize für den erfolgreichen Abruf liefern.“¹⁷⁷

¹⁷⁴ Vgl.: WINKEL et al. (2006), S. 37

¹⁷⁵ Vgl.: ZIMBARDO et al. (2004), S. 245

¹⁷⁶ Vgl.: Ebenda

Das ist ein Punkt, der für theatralisches bzw. kinästhetisch orientiertes Lernen besonders interessant ist. Es ist anzunehmen, dass durch diese Methoden, bzw. die dadurch provozierte signifikante Unterbrechung des vorherrschenden Unterrichtsalltages „sitzen, mitschreiben, zuhören“ ein Kontext geschaffen wird, der zumindest näherungsweise als ein persönliches Erlebnis betrachtet werden kann. Denn wann kommt man als Schülerin im Regelunterricht schon dazu, auf Tische zu steigen, an einem Seil im Kreis zu laufen oder die Funktionsweise eines Fernsehers mit dem eigenen Körper zu modellieren?¹⁷⁸

Sobald Unterricht aber zu etwas außergewöhnlichem, also zu einem persönlich bedeutsamen Erlebnis wird, kann man davon ausgehen, dass sich dieser auch im episodischen Gedächtnis einprägt. Wenn diese episodischen Erlebnisse dann effektiv mit dem zugehörigen Faktenwissen verknüpft werden, so besteht die Möglichkeit, dass Inhalte tatsächlich langfristig behalten werden. KRAMER bringt diesen Umstand mit dem Motto „*Das brauche ich nicht zu lernen, das habe ich erlebt!*“¹⁷⁹ auf den Punkt, ohne jedoch explizit auf die hier beschriebenen psychologischen Grundlagen einzugehen, wenn auch bei ihm ebenfalls zwischen einer „Welt des Fachwissens“ und einer „Welt des Erlebens“ unterschieden wird.¹⁸⁰

Vorsicht ist allerdings geboten bei der allzu schnellen Annahme, dass episodisches Wissen automatisch mit Faktenwissen verknüpft wird. Ob dies in der Realität und beim einzelnen Schüler der Fall ist, hängt sicherlich von vielen Faktoren ab – etwa von der persönlichen Begeisterungsfähigkeit des Schülers oder der Klasse für ein bestimmtes Modul. Ein wichtiger Beitrag ist aber sicherlich darin zu sehen, dass die Lehrkraft die Verbindungen zwischen Fachwissen und erlebter Praxis explizit herstellen und betonen sollte. In der theoretischen Aufarbeitung sollten also immer wieder Bezüge zum konkreten Modul hergestellt werden, so sollten besonders die Zusammenhänge und Unterschiede zwischen theoretischer Physik und der Praxis des Moduls klar hervortreten.

¹⁷⁷ ZIMBARDO et al. (2004), S. 246

¹⁷⁸ Vgl. KRAMER (2008), S. 137

¹⁷⁹ KRAMER (2011), Band I, S. 5

¹⁸⁰ Vgl. KRAMER (2011), Band I, S. 17

2.6.2. Handlungsorientiertes Lernen

WINKEL, PETERMANN & PETERMANN bringen die Rolle des handlungsbezogenen Lernens bei der Enkodierung von Information folgendermaßen auf den Punkt:

Die Verarbeitung und Einspeicherung von Informationen (Enkodierung) kann auf verbale oder nonverbale Weise erfolgen. Beim verbalen Lernen wird Sachwissen durch sprachliches Lernen aufgebaut. [...] Beim nonverbalen Lernen wird Wissen auf bildhafte oder handlungsbezogene Weise enkodiert. Konkrete Informationen werden eher bildhaft enkodiert, abstrakte Informationen eher auf verbalem Weg. Diese Sichtweise der dualen Verarbeitung (Paivio, 1986) korrespondiert mit Mehrspeichermodellen des Gedächtnisses[...]. Der Prozess des Wissenserwerbs kann nach dieser Auffassung gefördert werden, indem die Präsentation von Lerninhalten gezielt auf beide Weisen zugleich erfolgt.¹⁸¹

Damit ist von vornherein klar, dass handlungsbezogenes Lernen, wie es in kinästhetischen und theatralischen Modulen zweifellos geschieht, keinesfalls die einzige Form der Informationsdarbietung bleiben darf. Nur verbale (womit hier aller Wahrscheinlichkeit nach sowohl mündliche als auch schriftliche Verbalisierung gemeint sein dürfte) Information garantiert eine Aufnahme von abstrakter Information, wie sie für das Verständnis physikalischen Konzepten unbedingt notwendig ist.

Dass handlungsbezogenes Enkodieren von einfachen Handlungsphrasen wie „die Tasse abtrocknen“ im Vergleich mit der rein verbalen Enkodierung eine bessere Erinnerungsleistung zur Folge hat, wird durch diverse Studien belegt und ist somit auch relativ unbestritten.¹⁸² Warum diese Form der Enkodierung jedoch bessere Ergebnisse zeigt (ob sie etwa per se ausgeprägtere Engramme hinterlässt) und wie sie genau funktioniert, darüber gehen die Meinungen in der Fachwelt auseinander¹⁸³, worauf hier aber nicht näher eingegangen werden soll.

2.6.3. Kritische Betrachtung

Nun ist es also relativ unbestritten, dass handlungsorientiertes Enkodieren im Allgemeinen bessere Erinnerungsleistungen mit sich bringt, als verbales. Warum wurde die Wichtigkeit

¹⁸¹ WINKEL et al. (2006), S. 146

¹⁸² Vgl.: SCHATZ, Tanja R.: *Wiederholtes Lernen und Erinnern von verbal enkodierten und ausgeführten Handlungen*. Dissertation, Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt am Main 2011, S. 4

¹⁸³ Vgl. SCHATZ (2011), S. 4 ff.

von verbalem Enkodieren in Punkt 2.6.2 trotzdem so stark hervorgehoben? Vor allem aus einem Grund: *Wahrnehmen* und *behalten* sind keinesfalls gleichzusetzen mit *verstehen*.¹⁸⁴

Bei den einfachen Handlungsphrasen um die es in den oben erwähnten Studien ging, ist der Inhalt an sich kaum eine kognitive Herausforderung – oder anders formuliert: an „die Tasse abtrocknen“, „das Butterbrot schmieren“, „Orangensaft eingießen“ oder ähnlichen Beispielen gibt es zwar bei 30 Items wie z.B. in der Studie von SCHATZ¹⁸⁵ insgesamt viel zu erinnern – aber eher wenig zu verstehen. Das logische Denken oder die kreative Übertragung und Anpassung eines theoretischen Konzeptes auf andere Aufgaben wird bei einer solchen Aufgabe in keiner Weise beansprucht. Die klare Unterscheidung zwischen Sinneswahrnehmung (die durchaus über multiple Kanäle erfolgen kann) und deren kognitiver Verarbeitung (welche klarerweise nur mental erfolgt) ist unter anderem einer der zentralen Kritikpunkte von LOOß, die vor allem VESTERS Lerntypenmodell in diesem Punkt kritisch gegenübersteht. So unterteilt dieser etwa in einen visuellen, einen auditiven, einen haptischen und einen intellektuellen Lerntyp – was relativ absurd erscheint, da sich die ersten drei Typen auf verschiedene Wahrnehmungskanäle, der letzte jedoch auf die kognitive Verarbeitung des in einer nicht näher spezifizierten Form Wahrgenommenen bezieht. Ohne Inanspruchnahme ihres Intellekts werden also auch die ersten drei postulierten Typen kaum zu irgendeiner Form von Lernen in der Lage sein.¹⁸⁶

LOOß rezipiert auch die Kritik am Ansatz des handlungsorientierten Lernens:

*So ist der Behauptung mit Skepsis zu begegnen, dass man durch Experimente allein Schülern etwas leichter begreiflich machen kann. Unbezweifelt kann Schülern ein Unterricht, in dem sie selbst praktisch tätig werden können, mehr Spaß machen oder bei Laune halten. Auch die Anziehungskraft von erlebnisorientierten „Hands-on“-Museen oder interaktiven Science-Centern spricht hier für sich – was das Vergnügen betrifft. Ein Lernerfolg stellt sich allerdings erst dann ein, wenn die Schüler selbst aus Experimenten die richtigen Schlussfolgerungen ziehen. So behalten sie den Lernstoff möglicherweise eher als wenn das Ergebnis nur mitgeteilt wird. Lernen durch Nachdenken! Aber aus Experimenten können auch falsche Schlussfolgerungen gezogen werden. Dann liegt eben auch der Fehler im Gedanken und nicht in falscher Optik, Haptik oder Akustik.*¹⁸⁷

¹⁸⁴ Vgl.: LOOß, Maik: *Lerntypen? Ein pädagogisches Konstrukt auf dem Prüfstand*. In: Die Deutsche Schule. Vol. 93. Nr. 2, 2001, S. 195

¹⁸⁵ Vgl.: SCHATZ (2011), S. 28

¹⁸⁶ Vgl.: LOOß (2001), S. 190

¹⁸⁷ LOOß (2001), S. 195

So könne etwa „nur unter der Prämisse der kognitiven Verarbeitung handlungsbezogenes Lernen vom Aktionismus abgegrenzt werden“, was aber häufig dann doch nur ein „bloßes Lippenbekenntnis“ sei.¹⁸⁸

Dieser Vorwurf (des Aktionismus) wird dann relativ diffus „verschiedenen Publikationen“ zugeschrieben, woraus aber natürlich nicht klar wird, welche Publikationen bzw. Autorinnen damit genau gemeint sind. Insgesamt wäre es hier hilfreich, wenn nicht nur die negative Sicht auf handlungsorientiertes Lernen beschrieben wäre, sondern erstens auch den positiven Seiten der Methode etwas mehr Platz eingeräumt würde und andererseits anhand von Beispielen die Kritik stärker konkretisiert würde. Denn wo scheidet sich genau der „Aktionismus“ vom sinnvollen „handlungsorientierten Lernen“, dem LOOß insgesamt nicht komplett ablehnend gegenüber zu stehen scheint? Wo ist handlungsorientiertes Lernen mehr als ein Lippenbekenntnis? Für positive Beispiele bleibt leider kein Raum. So wird, bei aller berechtigten Kritik, leider ein wohl unverhältnismäßig negatives Bild von handlungsorientiertem Unterricht gezeichnet.

Weiters richtet sich die Kritik gegen handlungsorientiertes Lernen auch daran, dass dies meist (wie auch hier) unter der Prämisse des effektiveren Speicherns der Lerninhalte propagiert wird, was LOOß' Auffassung nach ein Symptom der häufig auf reines Reproduzieren ausgelegten Prüfungsmodalitäten im herrschenden Schulbetrieb zu sein scheint.¹⁸⁹

So berechtigt die Kritik an rein reproduzierenden Prüfungen ist – es dürfte doch verfehlt sein, diese mit handlungsorientiertem Unterricht zu assoziieren. Wenn man sich an die handlungsbezogene Lerneinheit besser erinnert und man damit offensichtlich mehr Spaß hat, wie LOOß zugesteht, dann heißt das natürlich nicht *automatisch*, dass man darin tatsächlich inhaltlich mehr *verstanden* hat, als in einer vergleichbaren nicht handlungsbezogenen Einheit. Andererseits heißt es ebenso wenig, dass

- a) es unmöglich ist, in einer handlungsbezogenen Lerneinheit zumindest ebenso viel inhaltlich zu *verstehen* wie in einer nicht handlungsbezogenen Einheit – sofern sie gut konzipiert ist und im Sinn von PAIVIO auf duale Wissensvermittlung aufbaut (vgl. S. 78).

¹⁸⁸ Vgl.: LOOß (2001), S. 194

¹⁸⁹ Vgl.: LOOß (2001). S. 196

- b) Handlungsorientiertes Lernen zu rein reproduzierenden Prüfungen führt und kein Wissenstransfer auf andere Aufgaben bzw. Gebiete angestrebt wird.

Unterm Strich scheint es eher unangebracht, handlungsorientiertes Lernen als Methode per se komplett zu verwerfen, nur weil manche Autorinnen den Begriff in Misskredit gebracht haben. Vielmehr ist es nötig, aufbauend auf berechtigter Kritik eine positive Realisierung von handlungsorientiertem Lernen schaffen, ohne dabei die beanstandeten Fehler zu machen. Dann kann sich handlungsorientiertes Lernen (und seine Spielart der kinästhetischen bzw. theatralischen Methoden) im Rahmen eines methodisch vielfältigen Unterrichts als wertvoller Beitrag erweisen.

2.6.4. Die Methode der Orte als Lernstrategie (Loci - Methode)

Die Methode der Orte oder Loci – Methode ist eine so genannte Mnemotechnik (griech. *mnémē* = dt.: Erinnerung), also eine Technik, die dabei helfen kann, sich an Faktenwissen zu erinnern. Sie besteht darin, verschiedene Lernorte mit verschiedenen Lerninhalten zu verknüpfen, wobei oft geistig ein vertrauter Weg (etwa der Schulweg) abgeschritten wird, während jeder Station des Wegs einzelne Wissensinhalte zugeordnet werden. Die Methode stammt aus der klassischen Antike und wurde bereits von den griechischen Rednern praktiziert.¹⁹⁰

Wie bereits unter Punkt 2.3.2.5 auf S. 43 beschrieben, können auch einzelne kinästhetische bzw. theatralische Module die Loci – Methode zu ihrem Vorteil nutzen, wenn etwa einzelne Lernstationen eingerichtet werden, zwischen denen sich die Lernenden bewegen. So kann die Schülerin den jeweiligen Ort der Lernstation gedanklich mit dem Inhalt verbinden – insbesondere wenn diese Technik den Schülerinnen auch explizit erklärt wird. KRAMER beschreibt u.a. die Methode des „Stationenlaufs“, in der er auf die ihr zugrunde liegende Loci - Methode verweist.¹⁹¹

¹⁹⁰ Vgl.: ZIMBARDO et al. (2004), S. 254 ff.

¹⁹¹ Vgl. KRAMER (2008), S. 69 ff.

3. Praxisbeispiele aus der Literatur

In Abschnitt 2.5.3 (siehe Seite 64 ff.) wurden anhand einer eher theoretisch orientierten Analyse schon kurz einige konkrete Möglichkeiten aufgezeigt, physikalische Inhalte darstellerisch umzusetzen. An dieser Stelle soll unter praktischen Gesichtspunkten noch etwas weiter auf solche in der fachdidaktischen (Praxis-)Literatur bereits vorhandenen Ansätze eingegangen und mögliche Probleme aufgezeigt werden. Obwohl die darstellerisch orientierte Physikdidaktik bisher (besonders unter theoretischen Gesichtspunkten) noch kein besonders breites oder gründlich untersuchtes empirisches Forschungsfeld darstellt, so gibt es doch schon eine Vielzahl praktischer Ansätze für darstellerisch orientierte Unterrichtsmodule – der folgende Abschnitt kann insofern natürlich bei weitem keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, sondern nur exemplarisch einige praktische Umsetzungsmöglichkeiten von darstellerisch orientiertem Physikunterricht aufzeigen.

3.1. Zusammenhängende Lerneinheiten (mehrere Stunden) am Beispiel der kinästhetischen Astronomie

MORROW & ZAWASKI präsentieren in ihrer Arbeit *Kinesthetic Astronomy* einen fundiert und vor allem detailliert (in 188 einzelnen Schritten!) ausgearbeiteten Ansatz für ein 3-6 Unterrichtsstunden (je nach Vorwissen) umfassendes, darstellendes Modul, dass sich mit Grundfragen der Astronomie wie der nach der Ursache für den Tag-/Nachtwechsel und die Jahreszeiten auf der Erde befasst. Ihre Zielgruppe sind Schülerinnen der Schulstufen 5 – 8, was altersmäßig in etwa einem Einsatz in der österreichischen Unterstufe entspricht. In ihrer Planung kombinieren sie darstellerische Phasen, bei denen die Schülerinnen nur stellenweise einzeln darstellerische Übungen vorführen, meistens jedoch die komplette Klasse die gleiche Übung zur gleichen Zeit macht, mit Phasen der Einzelarbeit an Arbeitsblättern.¹⁹²

Im Folgenden wird nur der darstellerische Teil stark gekürzt beschrieben, die komplette, detaillierte Ablaufplanung mit Unterrichts- und Evaluationsmaterialien findet sich auf der Downloadseite des *Space Science Institute*.¹⁹³

¹⁹² Vgl.: MORROW & ZAWASKI (2004), S. 4 ff.

¹⁹³ Link zum Download: http://www.spacescience.org/education/extra/kinesthetic_astronomy/download.html

[Stand: 12.06.2014]

Nach einem mit Alltagsobjekten (Grapefruit, Kugelschreiberspitze) dargestellten, maßstabsgetreuen Größen- und Distanzvergleich zwischen Erde und Sonne (um keine falschen Konzepte in Bezug auf die astronomische Relationen zu erzeugen) wird eine Darstellungsmethode eingeführt, die MORROW & ZAWASKI als „kinästhetischen Astronomiekreis“ bezeichnen (vgl. **Abb. 3.1**).¹⁹⁴

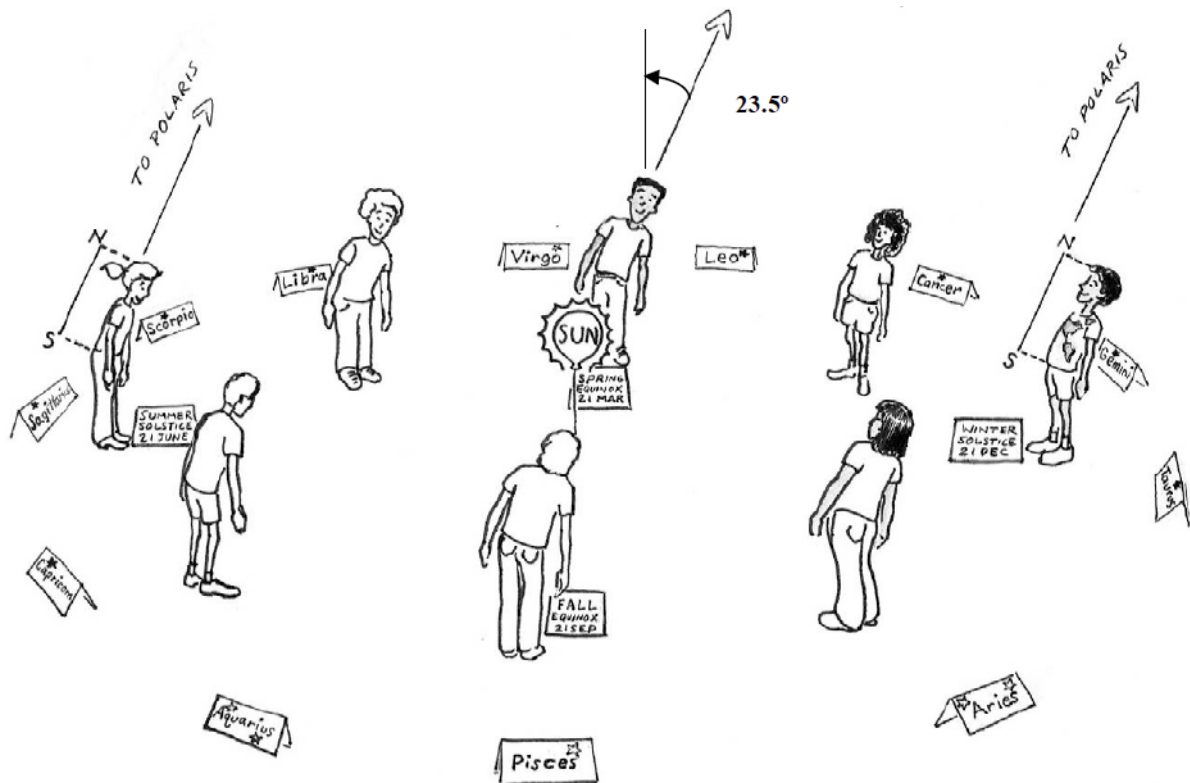


Abb. 3.1: Der kinästhetische Astronomiekreis. Quelle: MORROW & ZAWASKI (2004), S. 15

Dabei stehen die Schülerinnen in einem Kreis um einen zentral angebrachten und etwa auf Bauchhöhe schwebenden Heliumballon angeordnet. Außerhalb des durch die Schülerinnen selbst gebildeten Kreises sind in einem weiteren Kreis die 12 Tierkreiszeichen bzw. Sternbilder von Stier bis Zwilling angeordnet, die die umgebenden Sternbilder symbolisieren. Zunächst wird dann der Oberkörper der Schülerinnen mit der Erde assoziiert, worauf in eigenem Abschnitt namens „Körpergeografie“ eingegangen wird. Insbesondere wird dabei die Position der Himmelsrichtungen (Norden am Kopf, Süden am Steiß, Osten an der linken Hand und Westen an der rechten Hand) und die Unterteilung der Erde in Nord- und Südhalbkugel anhand des Äquators festgelegt.¹⁹⁵

¹⁹⁴ Vgl.: MORROW & ZAWASKI (2004), S. 8 f.

¹⁹⁵ Vgl.: A. a. O., S. 9 ff.

Anmerkung: Die Neigung der Erdachse (in **Abb. 3.1** deutlich zu sehen) wird in dieser Phase noch nicht dargestellt und auch die durch Tafeln symbolisierten Jahreszeiten werden erst in einer späteren Phase erarbeitet.

Im Anschluss wird der durch die Rotation um die eigene Achse bedingte Tagesablauf dargestellt, was jede Schülerin an ihrer jeweiligen Position des Kreises dar- bzw. nachstellt. Im Zuge dieses Abschnitts wird besonders auf die Tageszeiten und das Auf- und Untergehen der Sonne, aber auch der Sterne eingegangen.¹⁹⁶

Nun erst wird in dem Modell die Neigung der Erdachse in Richtung des Polarsterns eingeführt, die in **Abb. 3.1** zu sehen ist. Diese wird anschließend mit dem Tagesablauf (also der Rotation um die eigene Achse) kombiniert, was bereits eine darstellerische bzw. körperliche Herausforderung für viele Schülerinnen ist:

Have all students to try to rotate their bodies through a complete day in the appropriate direction (toward the east) around their tilted axis. Guide students to keep the tops of their heads oriented in the same direction toward Polaris. Give students 30 seconds or so to enjoy exploring this on their own. [This action is physically challenging, requiring changes in the bend at the waist. It generally does not go well on the first try but students enjoy trying it.]¹⁹⁷

Als nächster Schritt wird der Umlauf der Erde um die Sonne dargestellt und so der Jahresablauf durchgespielt. Dabei wird u. a. auf die Position von Sommer- und Wintersonnenwende auf der Umlaufbahn eingegangen, aber ein besonderes Augenmerk liegt auf die Neigung der Erdachse als Ursache der Jahreszeiten. Das wird zunächst so demonstriert, dass die Schüler, die sich im Kreis jeweils bei Winter- und Sommersonnenwende befinden, die Sonne zu Mittag jeweils niedriger bzw. höher über ihrem „Horizont“ stehen sehen. Der (südliche) Horizont wird dabei so dargestellt, dass die Schüler eine Hand mit der Handfläche nach unten zeigend an ihr Kinn anlegen – sie schauen dann also jeweils über ihren Handrücken hinweg zur Sonne, wobei die Oberseite des kleinen Fingers den Horizont bildet.¹⁹⁸

¹⁹⁶ Vgl.: MORROW & ZAWASKI (2004), S. 11 ff.

¹⁹⁷ MORROW & ZAWASKI (2004), S. 16

¹⁹⁸ Vgl.: A. a. O., S. 16 ff.

Die (erste) Erklärung der Ursache der Jahreszeit Winter lautet dann bei MORROW & ZAWASKI folgendermaßen:

Explain: If the Sun is lower in the sky, it spends less time above the horizon and we have fewer daylight hours. Ask: ‚Have you noticed that we have fewer daylight hours in the winter compared to summer?‘ [Most students have observed this.] Explain: Fewer daylight hours means the Sun has less time to warm Earth. So when a hemisphere is leaning away from the Sun we have the cooler temperatures of winter.¹⁹⁹

Exkurs: Dass in dieser Erklärung die aufgrund des flacheren Einfallswinkels im Winter geringere Intensität des Sonnenlichts noch nicht berücksichtigt wird und für den Moment so getan wird, als ließe sich die Kühle des Winters aus der geringeren Sonnenscheindauer allein erklären, ist zwar nicht optimal, darauf gehen MORROW & ZAWASKI im weiteren Verlauf aber noch einmal extra ein. Ein anderes missverständliches Detail der Erklärung wird aber nicht mehr aufgegriffen (es wird vielmehr konsequent wiederholt) – und das ist der hier etwas zu allgemeingültig dargestellte Zusammenhang zwischen der (von der Erde aus wahrgenommenen) Höhe der Sonne über dem Horizont und der Tageslänge. Die im Zitat oben wiedergegebene Formulierung „If the Sun is lower in the sky, it spends less time above the horizon [...]“²⁰⁰ legt nämlich nahe, dass dies eine allgemeingültige Regel sei – und das wird im weiteren Stundenverlauf auch so gehandhabt.²⁰¹ Das ist sie aber eigentlich nicht – es ist zwar eine *für jeweils ein und denselben Ort auf der Erde*²⁰² brauchbare Näherung, ganz anders sieht es aber aus, wenn man verschiedene Punkte der Erdoberfläche miteinander vergleicht. So steht die Sonne ja zum Beispiel während des Polartages in der unmittelbaren Nähe des Nordpols nie besonders hoch am Himmel (über 23,5 Grad Höhenwinkel kommt sie dort nicht hinaus), die Tageslänge beträgt dort aber über ein halbes Jahr hinweg jeweils volle 24 Stunden (weswegen man auch von einem

¹⁹⁹ MORROW & ZAWASKI (2004), S. 20

²⁰⁰ Ebenda

²⁰¹ Vgl.: MORROW & ZAWASKI (2004), S. 22

²⁰² Sofern er nicht innerhalb der beiden Wendekreise liegt, denn dort stimmt diese Regel nicht einmal dann, wenn man jeweils denselben Ort betrachtet.

halbjährigen Polartag sprechen kann), während sie an den Wendekreisen, wo die Sonne im Sommer zu Mittag stets sehr hoch am Himmel steht, nie über 14 Stunden beträgt.²⁰³

Im Anschluss folgt eine Demonstration der größeren Intensität des Sonnenlichtes im Sommer im Vergleich zum Winter mit Hilfe einer Taschenlampe, mit der im abgedunkelten Raum ein kugelförmiges Erdmodell (ein Globus oder ein blauer Ball) beleuchtet wird und auf die unterschiedliche Intensität des Lichtes an verschiedenen Stellen des Modells hingewiesen wird.

Zum Schluss wird noch die Verbindung zwischen den Tierkreiszeichen des jeweiligen Geburtstages der Schülerinnen und den zugehörigen Sternbildern hergestellt und das Modell wird noch weiter zur Beantwortung praktischer Fragestellungen mit Bezug zu Sternbildern angewendet. Dabei werden insbesondere die beiden Fragen „Do you think we will see pretty much the same stars in the US tonight that people in China saw last night?“²⁰⁴ und „Can we see Orion every night of the year? What times of the night is Orion visible from your position?“²⁰⁵ behandelt.

Das Modul von MORROW & ZAWASKI hat unbestritten sehr viele Stärken und ist insbesondere für seine Zielgruppe (Unterstufe) geeignet, da es die Erklärungen zu einigen recht komplexen Themen sehr anschaulich liefert. Dabei muss ihr Modell wegen der (glücklicherweise) nicht kugelförmigen Oberfläche des menschlichen Körpers einige Vereinfachungen (wie die im obigen Exkurs beschriebene) in Kauf nehmen. Eine davon ist etwa die, dass die Sonne immer im Osten auf- und im Westen untergeht. Tatsächlich ist die genaue Himmelsrichtung des Sonnenaufganges und Sonnenunterganges in unseren (und damit auch den nordamerikanischen) Breiten auch von der Jahreszeit abhängig und befindet sich meist nicht genau im Osten oder Westen, sondern weicht im Winter nach Süden und im Sommer nach Norden ab²⁰⁶ – das ergibt sich allerdings erst aus der kugelförmigen Oberfläche der Erde wirklich schlüssig. Auch um die Intensität der Sonneneinstrahlung gut darzustellen müssen MORROW & ZAWASKI auf ein kugelförmiges Erdmodell zurückgreifen.

²⁰³ Das kann man z. B. anhand der Website www.sonnenverlauf.de gut nachvollziehen.

²⁰⁴ MORROW & ZAWASKI (2004), S. 30

²⁰⁵ A. a. O., S. 31

²⁰⁶ Vgl. dazu den Sonnenverlauf für Wien am 21. Juni, und am 21. Dezember auf www.sonnenverlauf.de

Weiters ist das beschriebene Modul auch ein gutes Beispiel für den in Abschnitt 2.5.3.3. auf Seite 73 beschriebenen Fall einer darstellenden Einheit ohne strukturellen Spielcharakter im spielpädagogischen Sinn, da hier durch die sehr detaillierte Vorgabe des Objektes bzw. der auszuführenden Handlungen so gut wie keine echte Wahlfreiheit des Objektes gegeben ist. Das muss aber natürlich nicht heißen, dass diese Einheit den Schülerinnen keinen Spaß machen kann (im Gegenteil - das ist im Vergleich zum herkömmlichen Unterricht, der ja noch viel weniger spielorientiert ist, sogar anzunehmen) – denn zum Glück können ja auch Tätigkeiten als lustig bzw. befriedigend empfunden werden, die man sich nicht selbstständig ausgesucht hat. Sie können in manchen Fällen sogar trotz ihrer strukturellen Abweichung vom klassischen Spielsystem als Spiel betrachtet werden, nämlich genau dann, wenn sie von den Ausführenden selbst trotz Anleitung als solches empfunden werden (vgl. Abschnitt 2.4.3 auf S. 58 f.) – und diese Möglichkeit ist hier wohl durchaus nicht unwahrscheinlich.

3.2. Verschiedene Einzelmodule (eine Stunde oder weniger) – ein Literaturverweis

Eine gute Ideensammlung für Einzelmodule bieten etwa die beiden Kapitel 10.3 *Gespielte Analogien – modellhaftes Lernen* und 10.4 *Sinnhafte Spiele - ursprüngliches Verstehen* von LABUDDE in KIRCHER et al. (2004), bzw. die dort referenzierte Literatur. Auf die beiden Kapitel wurde jedoch schon in Abschnitt 2.5.3.2 eingegangen, deswegen wird an dieser Stelle nur nochmals auf diesen Abschnitt verwiesen (vgl. S. 70 ff.). Eine weitere, umfassende Sammlung von darstellenden Kurzmodulen bzw. einzelnen Szenen findet man in den beiden Bänden von Martin KRAMERS Werk *Physik als Abenteuer*, dessen Lektüre wohl jeder an darstellenden Methoden interessierten Physiklehrerin nur empfohlen werden kann. Die darin behandelten physikalischen Themen umfassen die Bereiche Akustik, Optik, Elektrizität und Magnetismus, Kernphysik, Wärmelehre und Mechanik, decken also ein sehr breites thematisches Feld ab.²⁰⁷

Vielleicht etwas willkürlich unter Optik eingeordnet findet sich dort auch ein astronomisches Modul namens „interaktives Planetarium“, das stark an den oben beschriebenen Ansatz der

²⁰⁷ Vgl.: KRAMER (2011), Band 1 und Band 2

kinästhetischen Astronomie von MORROW und ZAWASKI erinnert, wenn KRAMER auch etwas andere thematische Schwerpunkte setzt.²⁰⁸

Eine (auch nur überblicksmäßige) Darstellung all der bei KRAMER und LABUDDE vorgestellten Module würde den Rahmen dieses Abschnitts der Arbeit bei weitem übersteigen, weswegen stattdessen an dieser Stelle noch einmal eine ausdrückliche Empfehlung der oben genannten Literatur gegeben wird.

3.3. Eine kritische Betrachtung: PaP – eRs on Particle Theory

In ihrem Werk *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge* präsentieren LOUGHRAN, BERRY & MULHALL eine umfassende Sammlung an schulischen Vermittlungskonzepten zu zentralen Themen aus Physik, Biologie und Chemie. Sie gehen dabei vom akademischen Konzept des **Pedagogical Content Knowledge (PCK)** nach SHULMAN aus, das vielleicht am besten mit dem Begriff „fachdidaktisches Wissen“ übersetzt werden kann. Mit PCK meint SHULMAN nämlich nicht ein allgemeines, inhaltliches Wissen über Pädagogik an sich (in einem allgemeinen, fachunabhängigen Pädagogikverständnis), wie die allzu direkte Übersetzung „pädagogisches Inhaltswissen“ wohl suggerieren würde, sondern vor allem das Fach- und Erfahrungswissen darüber, wie zentrale Ideen und Konzepte des eigenen Faches bzw. seiner Teilgebiete den Lernerinnen am besten vermittelt werden können. Kurz gesagt geht es darum, zu wissen, welche Methoden, Analogien, Repräsentationen, Beispiele, Erklärungen und Demonstrationen am besten zur Vermittlung einer bestimmten fachlichen Idee eingesetzt werden können.²⁰⁹

Das PCK-Konzept ist dabei auch klar in der konstruktivistischen Sichtweise verwurzelt, so bezieht es etwa Schülervorstellungen explizit mit ein:

Pedagogical content knowledge also includes an understanding of what makes the learning of different topics easy or difficult: the conceptions and preconceptions that students of different ages and backgrounds bring with them to the learning of those most frequently taught topics and lessons. If

²⁰⁸ Vgl.: KRAMER (2011), Band 1, S. 126 ff.

²⁰⁹ Vgl.: SHULMAN, L. S.: *Those who understand: Knowledge growth in teaching*. In: *Educational Researcher*. Vol. 15, Nr. 2, S. 9 f. Zitiert nach: LOUGHRAN, John; BERRY, Amanda; MULHALL, Pamela: *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. 2nd Edition, Sense Publishers, Rotterdam 2012, S. 7

*those preconceptions are misconceptions, which they so often are, teachers need knowledge of the strategies most likely to be fruitful in reorganizing the understanding of learners, because those learners are unlikely to appear before them as blank slates.*²¹⁰

Auf das PCK – Konzept von SHULMAN aufbauend haben LOUGHRAN, BERRY & MULHALL eine Methode entwickelt, das fachdidaktische Wissen verschiedener Fachlehrer sichtbar zu machen und zu sammeln. Sie arbeiten dabei mit sogenannten „**Content Representations**“ (CoRes) und „**Pedagogical and Professional – experience Repertoires**“ (PaP-eRs). Dabei sind die CoRes gewissermaßen eine tabellarische Sammlung von zentralen Ideen zu einem bestimmten fachlichen Thema, die jeweils mit Überlegungen zu ihrer Vermittlung versehen werden. Als Ergänzung dazu dienen die PaP-eRs, die in narrativer Form einen bestimmten Aspekt eines zu lehrenden Themas beschreiben und so weitere Einblicke in das PCK gewähren sollen. Oft sind diese PaP-eRs dabei entweder aus einem einzelnen oder einer Kombination mehrerer Lehrertagebücher entstanden, so wie im im Folgenden beschriebenen Fall.²¹¹

In einem PaP-eR mit dem Titel *What is the smallest bit?* beschreibt eine (bei LOUGHRAN et al. anonyme) Lehrerin eine Unterrichtssequenz zur molekularen Struktur von flüssigem Wasser, Eis und Wasserdampf. Darin wurde unter anderem ein darstellendes Rollenspiel zum Schmelzen von Eis und Sieden von Wasser durchgeführt, wie von KRAMER in seiner „Siedeszene“ vorgeschlagen (vgl. Seite 23).²¹²

Im weiteren Verlauf des Unterrichts werden die Schülerinnen dazu aufgefordert, ein Bild davon zu zeichnen, wie das Verdampfen von Wasser wohl aussehen würde, wenn man die Wasserteilchen dabei mit freiem Auge beobachten könnte. Das Resultat ist in **Abb. 3.2** auf der folgenden Seite dargestellt.²¹³

²¹⁰ SHULMAN, L. S.: *Those who understand: Knowledge growth in teaching*. In: *Educational Researcher*. Vol. 15, Nr. 2, S. 9 f. Zitiert nach: LOUGHRAN, John; BERRY, Amanda; MULHALL, Pamela: *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. 2nd Edition, Sense Publishers, Rotterdam 2012, S. 7

²¹¹ Vgl.: LOUGHRAN et al. (2012), S. 17 ff.

²¹² Vgl.: A. a. O., S. 32 ff.

²¹³ Vgl. Ebenda



Abb. 3.2: Verschiedene Schülerkonzepte des Verdampfens von H_2O . Quelle: LOUGHRAN et al. (2012), S. 34

Drei Schülerinnen verteidigen in der Stunde das zweite Konzept (**Abb. 3.2 Mitte**) und eine verweist dabei auf das zuvor durchgeführte Rollenspiel:

Kylie: Maybe it separates into the H and O gases then recombines again and that's why you feel the water droplets on your hand if you put your hand over it.

Steph: But when we see the pictures in the book it says solids ,break up' into liquids, so the liquid also ,breaks up' into gas, therefore H_2O breaks up in H + O.

Bron: Yeah, and when we did the role-play about ice melting and water boiling we all had to break apart and run around the room then[...].²¹⁴

Darin offenbart sich ein mögliches Missverständnis des von KRAMER skizzierten Rollenspiels: Schülerinnen könnten dadurch in ihrem Verständnis von Molekülen und Atomen verwirrt werden, wenn sie diese konzeptuelle Unterscheidung noch nicht wirklich verinnerlicht haben. Genauso wie die Bindungen zwischen den festen Eisteilchen „aufbrechen“ müssen, um zu flüssigem Wasser zu werden, so wird das Verdampfen der Wasserteilchen ebenfalls als ein Aufbrechen der Bindungen vorgestellt – allerdings nicht *zwischen*, sondern nun eben *innerhalb* der Wasserteilchen.

²¹⁴ LOUGHRAN et al. (2012), S. 34

Das oben geschilderte Beispiel von LOUGHRAN et al. zeigt erstens, wie wichtig es ist, darstellende Module, sofern sie durch die Lehrerin angeleitet werden, sorgfältig vorzubereiten und mögliche Schülervorstellungen bei der Planung zu berücksichtigen. Zweitens wird dadurch einmal mehr die Notwendigkeit einer Reflexionsphase deutlich, die LABUDDE ja ebenfalls als integraler Bestandteil eines darstellenden Unterrichts anführt (vgl. Abschnitt 2.5.3.2 auf S. 71). Diese ist nicht nur zur Verbalisierung des dargestellten Inhaltes unbedingt notwendig, sondern auch zur Klärung möglicher Missverständnisse.

Wenn eine solche Reflexionsphase allerdings stattfinden kann, dann können die sich daraus ergebenden Diskussionen sehr fruchtbare Lerngelegenheiten darstellen, bei denen die Schülerinnen auch emotional eingebunden werden und den Lernstoff somit zur eigenen Sache machen – ebenfalls ein wichtiger Aspekt der konstruktivistischen Lernkonzeptes. Das illustriert u. a. die folgende Notiz der Klassenlehrerin in ihrem Lehrtagebuch, die andererseits auch das Problem des hohen Zeitbedarfs dieser Vorgangsweise thematisiert: „There wasn’t time to work through all of this but what I LOVE is that they are fighting for those models, and coming up with ideas to defend them as hard as they can. LOTS of thinking...”²¹⁵

²¹⁵ LOUGHRAN et al. (2012), S. 34

4. Modulentwicklung

Zu Beginn der Modulentwicklung stand eine literaturgestützte Auseinandersetzung mit Schülerinteressen. Im Zuge dieser Analyse wurde der Themenbereich „Astronomie“ für die Intervention gewählt, da er von Schülerinnen und Schülern gleichermaßen als „interessant“ bewertet wird, wie fachdidaktische Forschungsergebnisse zeigen (siehe Punkt 4.1).

Aus dem Themenkomplex Astronomie wurde daraufhin das konkrete Interventionsthema „Erde und Sonne: Jahreszeiten, Sonneneinstrahlung und Milanković-Zyklen“ ausgewählt, da sich die ersten beiden Subthemen (Jahreszeiten und Sonneneinstrahlung) besonders gut zu einer Analyse eignen, weil zu ihnen bereits Erhebungen zu relevanten Schülervorstellungen und validierte Evaluationsinstrumente existieren (siehe Punkt 4.2). Das dritte Subthema „Milanković-Zyklen“ wurde noch dazu genommen, da sich damit thematische Verbindungen zur einem aktuellen Forschungsgebiet – nämlich der Klimaforschung - knüpfen lassen.

Im Anschluss an die Themenfindung und die Berücksichtigung und Erarbeitung von Schülervorstellungen, Elementarisierungen, Zielen und Kompetenzen wurde eine erstes Interventionskonzept mit darstellerischen Elementen erstellt, das anschließend im Rahmen einer Akzeptanzbefragung (wobei hier die Methode der Akzeptanzbefragung leicht an die Gegebenheiten des vorliegenden Interventionskonzeptes angepasst wurde) mit einer kleinen Gruppe Schülerinnen getestet wurde.

Im Anschluss an diesen Testlauf wurde das Interventionskonzept bzw. die Stundenplanung noch einmal in Bezug auf die Ergebnisse der Akzeptanzbefragung überarbeitet, wobei aber auch inhaltliche und methodische Überlegungen abseits der Akzeptanzbefragung in die adaptierte Version einfließen. Der gesamte Prozess der Modulentwicklung ist in der Grafik auf der folgenden Seite (**Abb. 4.1**) überblicksmäßig dargestellt.

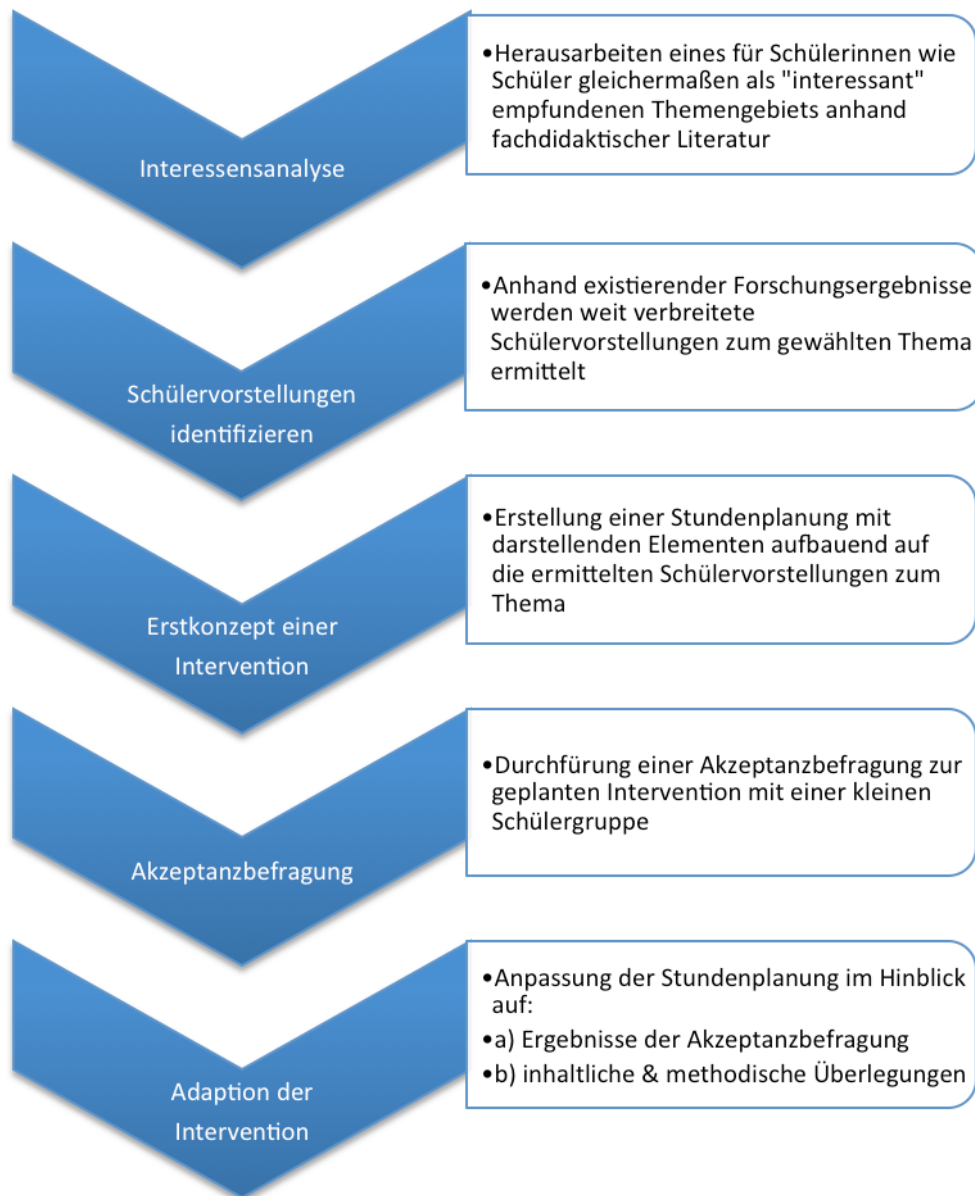


Abb. 4.1: Schematischer Überblick über den Prozess der Modulentwicklung. Quelle: Eigene Abbildung

Was die darstellerischen Phasen betrifft, so wurde ein eher kinästhetisch ausgerichtetes Modul in Anlehnung an die kinästhetische Astronomie von MORROW & ZAWASKI entwickelt. Im Gegensatz zum Konzept von MORROW & ZAWASKI wurde hier aber überwiegend mit Modellen bzw. Gegenständen gearbeitet, da sich viele Effekte der Bestrahlung der Erde durch die Sonne erst durch die kugelförmig gewölbte Erdoberfläche entstehen – und das ist in MORROWS und ZAWASKIS Konzept so leider nur schlecht bzw. gar nicht darstellbar.

4.1. Das Interesse von Schülerinnen an physikalischen Themen

Der Selbstbestimmungstheorie der Motivation von DECI & RYAN folgend, unterscheidet ELSTER zwischen zwei Interessensformen: Dem situativen und dem individuellen Interesse. Dabei wird mit dem Begriff „situatives Interesse“ ein momentaner, vorübergehender Zustand der Interessiertheit bezeichnet, wohingegen „individuelles Interesse“ ein fortdauerndes persönliches Interesse im Sinn einer dauerhaften Disposition meint.²¹⁶

Ob situatives Interesse im Unterricht überhaupt entsteht und ob sich daraus ein individuelles Interesse entwickeln kann, das hängt von mehreren Faktoren ab, die schematisch in **Abb. 4.2** dargestellt sind.

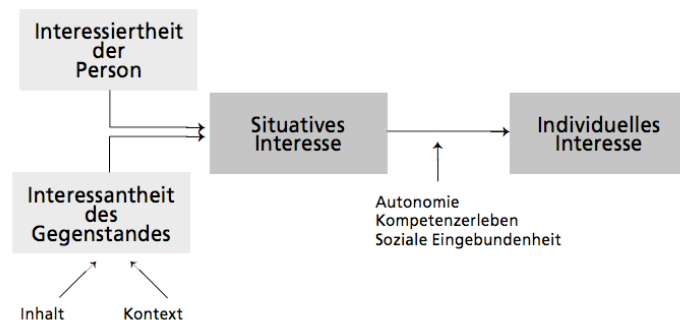


Abb. 4.2: Interessensgenese nach KRAPP. Quelle: ELSTER 2007

Dass das individuelle Interesse für das Schulfach Physik bei Buben statistisch gesehen stärker ausgeprägt ist als bei Mädchen und dass es außerdem bei beiden Geschlechtern im Laufe der Schulzeit kontinuierlich abnimmt, ist bereits durch zahlreiche empirische Studien belegt worden.²¹⁷

Allerdings ist das Interesse der Jugendlichen auch innerhalb der einzelnen Fächer stark themenbezogen - so wird manchen physikalischen Fragestellungen ein größeres Interesse entgegengebracht als anderen, was wiederum in vielen Fällen geschlechtsspezifisch unterschiedlich ist. In der internationalen ROSE-Studie (The **R**elevance **O**f **S**cience **E**ducation) wurde das Interesse von Jugendlichen anhand von 108 Items aus den naturwissenschaftlichen Fächern Physik, Chemie und Biologie untersucht, wobei die Erhebungen in Deutschland und Österreich an 26 Schulen zwischen Oktober 2004 und Juni 2006 durchgeführt wurden.²¹⁸ Dabei stellte sich heraus, dass im Bereich Physik unter den untersuchten Items vor allem am Themenbereich Licht und Strahlung sowie dem Themenbereich Universum bzw. Astrophysik überdurchschnittliches Interesse besteht – und

²¹⁶ Vgl.: ELSTER, Doris: *In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? Ergebnisse der ROSE Erhebung in Österreich und Deutschland.* In: *Plus Lucis* 3/2007, S. 2 f. Online: http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/073/s2_8.pdf

²¹⁷ Vgl.: Ebenda

²¹⁸ Vgl.: A. a. O., S. 4

das von beiderlei Geschlechtern gleichermaßen. Das Interesse am Themenkomplex Astrophysik und Universum ist dabei bei beiden Geschlechtern allerdings noch etwas größer als das Interesse an Licht und Strahlung.²¹⁹

Mit dem Themenbereich Astrophysik kann also den Interessen von Mädchen und Buben gleichermaßen entsprochen werden und somit sind vom inhaltlichen Aspekt her keine gravierenden geschlechtsspezifischen Interessensunterschiede zu erwarten, die sich verzerrend auf die Untersuchungsergebnisse bei einer geschlechterspezifischen Analyse auswirken könnten.

4.2. Schülervorstellungen zum Interventionsthema

Im folgenden Abschnitt werden Schülervorstellungen zum Thema der Intervention diskutiert. Dabei wird zunächst auf in der Literatur dokumentierte Schülervorstellungen Bezug genommen, anschließend werden weitere mögliche Schülervorstellungen zum Thema ergänzt.

4.2.1. *Schülervorstellungen zu Jahreszeiten, Sonneneinstrahlung und Modellbegriff*

Es folgen einige kommentierte Beispiele für Schülervorstellungen zu den Themen, die in der Intervention berücksichtigt bzw. aufgegriffen werden sollen. Die Vorstellungen wurden von der AAAS (American Association for the Advancement of Science) teilweise selbst erhoben und teilweise aus der Literatur zusammengetragen.²²⁰

Schülervorstellungen zur Ursache der Jahreszeiten:

[WCM015](#): The sun's changing temperature is the reason it is cooler in the winter and warmer in the summer (AAAS Project 2061, n.d.).

²¹⁹ Vgl.: A. a. O., S. 5

²²⁰ Vgl.: AAAS: Misconception references: <http://assessment.aaas.org/pages/references>. Alle der im folgenden Abschnitt auf Englisch zitierten Schülervorstellungen sind der Website <http://assessment.aaas.org/pages/home> entnommen. Dabei wurde Bezug auf die Themenbereiche „Weather and Climate I: Basic Elements“, „Weather and Climate II: Seasonal Differences“ und „Models“ genommen.

WCM094: *The sun is farther from the earth in winter and closer to the earth in summer (AAAS Project 2061, n.d.).*

Kommentar von AT: Was in dieser Formulierung der obigen Schülervorstellung (WCM094) nicht explizit erwähnt wird, ist, dass dies oft auch als Ursache der Jahreszeiten vorgestellt wird.²²¹ Das ist natürlich nicht der Grund für die Existenz der Jahreszeiten wie wir sie kennen (denn der liegt in der Neigung der Erdachse), ist aber insofern auch nicht ganz zu vernachlässigen, da die Exzentrizität der Umlaufbahn durchaus einen Einfluss auf das Weltklima bzw. auf die Jahreszeiten hat: Sie ist als einer der drei Milanković-Parameter dafür verantwortlich, dass die Jahreszeiten derzeit auf der Südhalbkugel extremer ausfallen als auf der Nordhalbkugel, da die Erde der Sonne derzeit im Nordwinter/Südsommer näher steht (also global gesehen mehr Strahlung einfällt) als im Nordsommer/Südwinter, die deswegen etwas kühler ausfallen. Der Unterschied in der über 24h global einfallenden Strahlung beträgt dabei derzeit etwa 7% (im Aphel am 6. Juli gegenüber dem Perihel am 3. Januar).²²²

Schülervorstellungen zur Erwärmung der Erdoberfläche durch die Sonneneinstrahlung:

WCM097: *Sunlight does not warm the surface of the earth (AAAS Project 2061, n.d.).*

WCM048: *Sunlight warms a place on the surface of the earth more when the sun is closer to the horizon (AAAS Project 2061, n.d.).*

CLM062: *Sunlight is more intense at some places on the surface of the earth because sunlight travels a shorter distance to get to those places (AAAS, Project 2061).*

CLM083: *The point on the surface of the earth where sunlight is most intense is always at the equator (AAAS Project 2061, n.d.).*

CLM071: *The total amount of sunlight reaching the northern and southern hemispheres is the same every day of the year (AAAS project 2061, n.d.).*

²²¹ Vgl.: BECKER, Gary A.: *Popular Misconceptions in Astronomy. The Earth.*

Online: <http://www.astronomy.org/astronomy-survival/miscon4.html>

²²² Vgl.: McILVEEN, Robin: *Fundamentals of Weather and Climate.* Stanley Thornes, Cheltenham 1998, S. 245 f.

[CLM072](#): *The northern and southern hemispheres never receive the same amount of sunlight (AAAS project 2061, n.d.).*

Schülervorstellungen zur Erdumlaufbahn und zur Ausrichtung der Erdachse:

[CLM068](#): *The shape of earth's path around the sun is strongly elliptical (AAAS Project 2061, n.d.).*

[CLM069](#): *Where earth's axis of rotation points, with respect to a point in space, changes during the year (AAAS Project 2061, n.d.).*

Kommentar von AT: Genau genommen stimmt das (CLM069) aufgrund von Präzession und Nutation eigentlich doch, der Effekt ist aber innerhalb eines Jahres vernachlässigbar klein.

Schülervorstellungen zum Modellbegriff:

[MOM003](#): *A model should look like the object, event, or process it is modeling (with the possible exception that it can be smaller). Therefore, a diagram or graph could be considered a model only if it bore a physical resemblance to what is being represented (Grosslight et al., 1991; Penner et al., 1997; Treagust, et al. 2002; Schwartz & White, 2005).*

[MOM007](#): *A model can only represent aspects of a phenomenon that are already known; it cannot be used to figure out new things (for example, make an accurate prediction) about what is being represented. This still allows one person to use a model to communicate things he or she already knows about something to other people, even if they do not already know it (Grosslight et al., 1991; Schwartz & White, 2005).*

[MOM006](#): *The more a model is similar to what is being modeled (particularly with respect to physical similarities), the better the model is (AAAS Project 2061, n.d.).*

4.2.2. Mögliche weitere Schülervorstellungen zu Milanković-Zyklen und Klima

SV 1: *Die Erdachse ist absolut raumfest.*

Anmerkung: Das ist zwar bei einer momentanen Betrachtung eine zulässige Näherung, auf längere Zeiträume gesehen aber falsch. Die Erdachse unterliegt dabei langfristig wegen des Gravitationseinflusses anderer Planeten und des Mondes prinzipiell ähnlichen Bewegungsschemata wie sie unter bestimmten Bedingungen auch beim Kreisel auftreten

(Präzession und Nutation). Andererseits muss man hinzufügen, dass es sich hierbei schon um eine Schülervorstellung auf recht hohem Niveau handelt, da sie wie gesagt eine praktikable Näherung darstellt, wenn es sich nicht um sehr lange Zeitspannen handelt.

SV 2: *Das Weltklima ändert sich nur aufgrund menschlicher Einflüsse.*

Anmerkung: Diese Vorstellung ist genauso falsch wie ihr Gegenteil (nämlich die, dass der Mensch keinen Einfluss auf das Klima hätte) – das Weltklima hat sich schon lange vor der Existenz des Menschen bzw. der industriellen Revolution geändert – unter anderem aufgrund der langfristig veränderlichen Erdbahnparameter. Auf der anderen Seite soll bei der Thematisierung dieser Vorstellung keineswegs unterstellt werden, dass der (kurzfristige, aber starke) Einfluss des Menschen vernachlässigbar, nicht nachweisbar oder gar nicht vorhanden wäre.

4.3. Elementarisierungen – die *key ideas* der Intervention

Mittels didaktischer Elementarisierungen lassen sich zentrale Unterrichtsinhalte auf den Punkt bringen. Der Physikdidaktiker Ernst KIRCHER schreibt dazu:

*Schwierige Begriffe und komplexe Geräte müssen zunächst elementarisiert, das heißt so vereinfacht, so zerlegt werden, dass sie von einer bestimmten Adressatengruppe gelernt werden können. Dabei darf der physikalische Sinn eines Begriffes nicht verfälscht, die Funktionsweise eines Gerätes nicht auf falsche physikalische Grundlagen bezogen und nicht trivialisiert werden. Dieser Vorgang des Vereinfachens und Zerlegens soll zu kleineren Sinneinheiten führen, die dann im Verlauf des Unterrichts wieder aneinander gefügt werden. Diese Schleiermachers Auffassung, kann man als Grundprinzip der Elementarisierung bezeichnen, das bis heute Gültigkeit hat: Das elementare sind Sinneinheiten.*²²³

Die American Association for the Advancement of Science (AAAS) bezeichnet diese Elementarisierungen als „*key ideas*“ und formuliert sie auf die oben genannten Schülervorstellungen zur vorliegenden Stundenplanung bezogen so, wie im folgenden Abschnitt wiedergegeben.²²⁴

²²³ KIRCHER, Ernst in: KIRCHER et al. (2009), S. 161

²²⁴ Auf Englisch wiedergegebenen *key ideas* wurden übernommen aus: AAAS Science Assessment: *Project 2061. Topic: Weather and Climate II: Seasonal Differences*. Online: <http://assessment.aaas.org/topics/CL#/>

1. *The orientation of earth's axis of rotation with respect to the sun changes as the earth moves around the sun.*

Anmerkung: Zu jeder der „key ideas“ existieren auch Erweiterungen bzw. nähere Erläuterungen, die sogenannten „sub ideas“. Zur obigen Elementarisierung sind diese etwa so formuliert:

- a) *The earth moves in a nearly circular path around the sun over the course of one year, approximately 365 days.*
- b) *The earth's axis of rotation is tilted about 23.5° relative to a line that is perpendicular to the plane formed by earth's circular path around the sun.*
- c) *As the earth moves around the sun and it rotates on its axis, its axis always points to the same place in the sky.*
- d) *Since the earth's axis is tilted relative to the plane of its path around the sun and the angle at which it is tilted does not change as the earth moves around the sun over the course of a year, the orientation of the earth with respect to the sun changes gradually and continually over the year*

Bei der oben genannten *key idea* können die *sub ideas* durchaus als Elementarisierungen gesehen werden, bei den im Folgenden wiedergegebenen *key ideas* beziehen sich die *sub-ideas* aber oft auf sehr spezifische Details, die nicht mehr wirklich als Elementarisierungen im Sinne KIRCHERS (also als elementare Sinneinheiten, die zum Verständnis der allgemeinen Zusammenhänge nötig sind) verstanden werden können, sondern eher die Funktion von spezifischen Zusatzinformationen einnehmen. Deswegen werden hier auch nicht alle mit einer *key idea* assoziierten *sub ideas* wiedergegeben. Weitere *key ideas* des AAAS zur vorliegenden Stundenplanung sind:

2. *Changes in the orientation of earth's axis of rotation with respect to the sun over the course of a year causes the intensity of energy from the sun to be highest in the northern hemisphere when the north pole is tilted toward the sun and highest in the southern hemisphere when the south pole is tilted toward the sun.*

3. *As the earth moves around the sun over the course of a year, the orientation of earth's axis with respect to the sun changes and the latitude of the place that is directly beneath the sun changes. This shift causes the intensity of energy from the sun that any place receives to change over the course of a year.*
4. *The earth's spherical shape causes differences in the intensity of sunlight and thus the amount of energy from sunlight to be greater at some places than at other places. Sunlight is most intense at the single point where the sun is directly overhead (90° angle to the earth's surface).*
5. *Models are useful for thinking about real-world objects, events, and processes.*
6. *The usefulness of a model in thinking about objects, events, and processes depends on how closely its behavior matches key aspects of what is being modeled.*²²⁵

Dem werden außerdem noch die folgenden, selbst erstellten Elementarisierungen hinzugefügt:

7. Die Lage der Erdachse im Raum ist nicht absolut fixiert. Wenn man sehr große Zeitspannen (mehrere 1000 Jahre) betrachtet, dann kann man Änderungen der Position der Erdachse im Raum feststellen. Eine dieser Änderungen heißt Präzession und kommt auch beim Kreisel vor.
8. Astronomische Faktoren (Milanković-Zyklen) beeinflussen das Weltklima sehr langfristig gesehen und können u. a. mit der Entstehung von Eiszeiten assoziiert werden – der Mensch beeinflusst es allerdings kurzfristig.

4.4. Ziele und Kompetenzen

4.4.1. Allgemeines zu Zielen und Kompetenzen

Da die folgende Stundenplanung zur Umsetzung in österreichischen AHS/BHS konzipiert wurde, die die Schülerinnen auf eine zeitgemäße, kompetenzorientierte Reifeprüfung vorbereiten sollen, wird hier auf das Kompetenzmodell zur neuen Reifeprüfung aus Physik Bezug genommen, das von einer Arbeitsgruppe unter der Koordination von Prof. Martin

²²⁵ Key ideas 5 und 6 übernommen aus AAAS Science Assessment: *Project 2061. Topic: Models*. Online: <http://assessment.aaas.org/topics/MO#/>

HOPF für das österreichische Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur entwickelt wurde (siehe **Abb. 4.3**).²²⁶

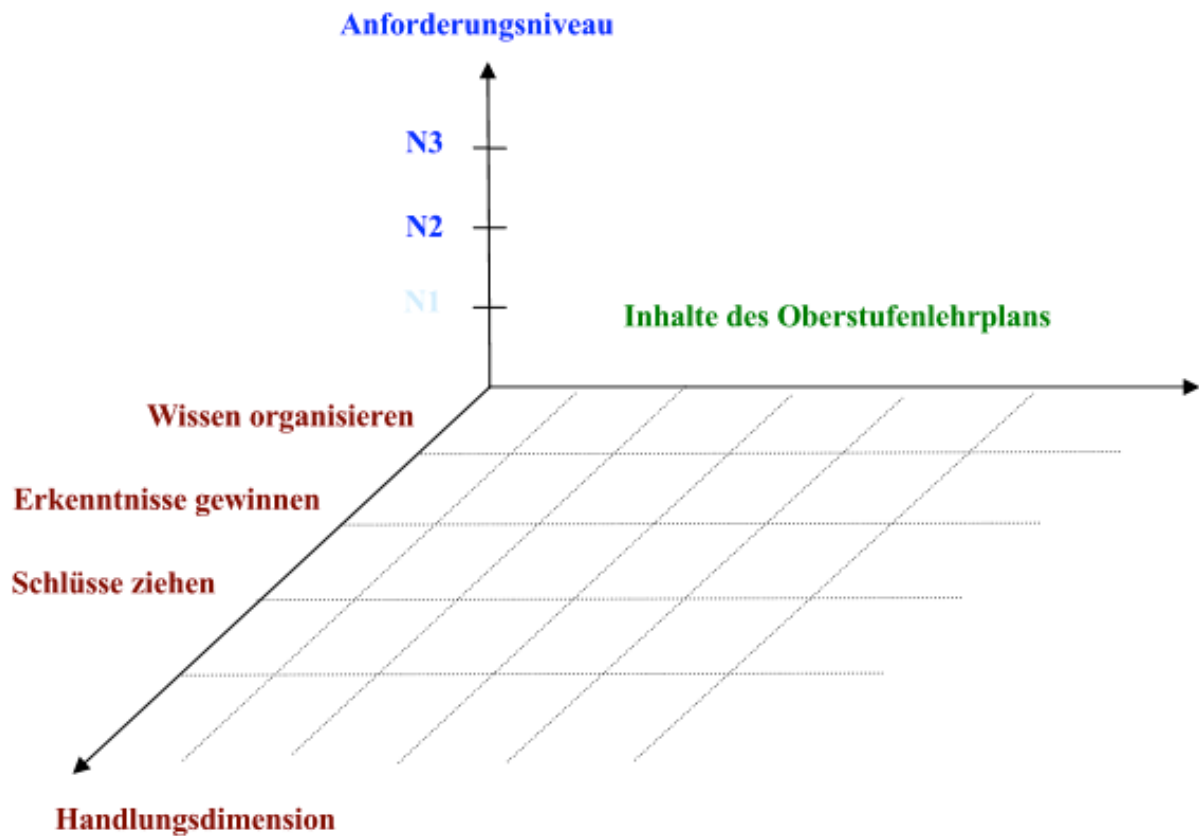


Abb. 4.3: Kompetenzmodell zur neuen Reifeprüfung aus Physik. Quelle: BMUKK/HOPF et al. 2012

Je nach Handlungsdimension und Anforderungsniveau ergeben sich dabei verschiedene Handlungskompetenzen, die die inhaltliche Dimension des Oberstufenlehrplans ergänzen. Die drei Kompetenzbereiche Wissen organisieren (W), Erkenntnisse gewinnen (E), und Schlüsse ziehen (S) werden im Folgenden näher erläutert:

W: Wissen organisieren: Aneignen, Darstellen und Kommunizieren

E: Erkenntnisse gewinnen: Fragen, Untersuchen, Interpretieren

S: Schlüsse ziehen: Bewerten, Entscheiden, Handeln

Als hilfreiche Unterscheidung hat sich dabei folgende Lesart erwiesen:

²²⁶ Vgl.: BMUKK [Hrsg.]; HOPF, Martin [Koordination]: *Die kompetenzorientierte Reifeprüfung aus Physik. Richtlinien und Beispiele für Themenpool und Prüfungsaufgaben*. BMUKK, März 2012

W Innerphysikalisches Fachwissen

E Der Prozess, in dem physikalisches Fachwissen generiert wird, also z.B. durch Experimentieren

S Über innerphysikalische Zusammenhänge hinausgehende Aspekte.²²⁷

Es folgt eine noch detailliertere Ausarbeitung der einzelnen Bereiche, die hier vollständig wiedergegeben wird, da auf sie im folgenden Abschnitt direkt Bezug genommen wird:

Wissen organisieren: Aneignen, Darstellen und Kommunizieren

Ich kann einzeln oder im Team ...

W 1 Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik beschreiben und benennen.

W 2 aus unterschiedlichen Medien und Quellen fachspezifische Informationen entnehmen.

W 3 Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik in verschiedenen Formen (Bild, Grafik, Tabelle, Diagramm, formale Zusammenhänge, Modelle ...) darstellen, erläutern und adressatengerecht kommunizieren.

W 4 die Auswirkungen von Vorgängen in Natur, Umwelt und Technik auf die Umwelt und Lebenswelt erfassen und beschreiben.

Erkenntnisse gewinnen: Fragen, Untersuchen, Interpretieren

Ich kann einzeln oder im Team ...

E 1 zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen und/oder Messungen durchführen und diese beschreiben.

E 2 zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen.

E 3 zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren.

Schlüsse ziehen: Bewerten, Entscheiden, Handeln

Ich kann einzeln oder im Team ...

S 1 Daten, Fakten, Modelle und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen.

S 2 Bedeutung, Chancen und Risiken der Anwendungen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für mich persönlich, für die Gesellschaft und global erkennen, um verantwortungsbewusst handeln zu können.

S 3 die Bedeutung von Naturwissenschaft und Technik für verschiedene Berufsfelder erfassen, um diese Kenntnis bei der Wahl meines weiteren Bildungsweges verwenden zu können.

²²⁷ A. a. O., S. 7

*S4 fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren und naturwissenschaftliche von nicht-naturwissenschaftlichen Argumentationen und Fragestellungen unterscheiden.*²²⁸

4.4.2. Ziele der Intervention und geförderte Kompetenzen

Aus den oben beschriebenen Bereichen ergeben sich für die vorliegende Stundenplanung u.

a. die folgenden Ziele und Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler...

- wissen, dass die Jahreszeiten auf der Erde (zum allergrößten Teil) durch die Neigung der Erdachse verursacht werden. (W1)
- können Präzession beim Kreisel erkennen und benennen. (W1)
- wissen, dass auch die Erde diesem Effekt unterliegt und die Erdachse daher nicht dauerhaft raumfest ist. (W1)
- können verschiedene astronomische Konstellationen zwischen Erde und Sonne (Frühlingsäquinoktium, Sommersonnenwende, Herbstäquinoktium, Wintersonnenwende) mit Einsatz von Alltagsgegenständen in Kleingruppen darstellen (W3) und
- arbeiten die korrekte Darstellung in der Gruppe selbstständig aus (E3)
- können schlussfolgern und argumentieren, welche Auswirkungen die (Größe der) Neigung und die Präzession der Erdachse auf das Weltklima haben. (S1, S4)
- können schlussfolgern und argumentieren, welche Rolle der Abstand zwischen Erde und Sonne für das Klima bzw. die Jahreszeiten spielen. (S1, S4)
- können Aufgabenstellungen zur Sonneneinstrahlung (bzw. deren Einfallswinkel) an bestimmten Punkten der Erde darstellerisch in Gruppenarbeit lösen. (E3, W3)

²²⁸ A. a. O., S. 7 f.

4.5. Erstes Interventionsdesign

4.5.1. *Übersicht über den geplanten Stundenablauf*

Insgesamt 100 min (eine Doppelstunde):

- Vorstellung und Einführung zu den darstellenden Experimenten (10 min)
- Darstellende Experimente zu Jahreszeiten und Sonneneinstrahlung (25 min)
- Nachbesprechung der Aufgaben im Plenum (10 min)

Pause (5 min)

- Einführung zu den Milanković – Zyklen: Demonstration mit dem Kreisel und Video zur Präzession/Skizzen an der Tafel, Kurzvortrag mit Informationen zu Exzentrizität und Ekliptikschiefe (10 min)
- Darstellende Experimente zu Milanković - Zyklen (10 min)
- Diskussion der Schlussfolgerungen im Plenum (10 min)

Evaluation (20 min)

4.5.2. *Vorbereitung und Material*

Für die Durchführung dieser Doppelstunde ist folgendes Material nötig:

- 1 Computer mit Beamer
- 1 Volleyball (Sonne im Plenum)

Pro 3-er Gruppe:

- 1 Straßenmalkreide
- 1 Marker (Edding, etc.)
- 1 Fuß- oder Volleyball
- 1 Orange
- 1 hölzernes Esstübchen
- 1 Smartphone mit Kamerafunktion

(die genaue Zahl an benötigten Gegenständen variiert je nach Klassengröße, jeweils 1 Exemplar pro Dreiergruppe sollte vorhanden sein, also bei 24 Schülerinnen jeweils 8 der oben genannten Gegenstände)

Mit einer Straßenmalkreide wird vor der Stunde eine Ellipse (Erdumlaufbahn) auf den Boden des Physiksaals gezeichnet und ein Brennpunkt (Sonne) sowie die Äquinoktial- und Sonnenwendpunkte markiert.

4.5.3. Einführungsphase zu den darstellenden Experimenten (ca. 10 min)

Zu Beginn der Stunde erfolgt die Vorstellung und ein kurzer Überblick über die Themen der kommenden Stunde (Jahreszeiten, Sonneneinstrahlung, langfristige Änderungen der Erdbahnparameter und Auswirkungen auf das Klima).

Die Lehrkraft bittet die Schülerinnen dann zunächst darum, näher zu kommen, dabei aber den Bereich, in dem sich die Ellipse am Boden befindet, freizuhalten. Anschließend werden zwei Freiwillige darum gebeten, sich in einigem Abstand auf dem Boden mit Straßenmalkreiden bereits vorgezeichneten Positionen (für Sonne und Erde) hinzustellen. Die Person, die am Punkt der Sonne steht, wird nun gebeten, den Volleyball zu halten, während die Person, die auf der Position der Erde steht, die vorbereitete Orange (siehe **Abb. 4.4**) bekommt. Die Schülerinnen werden nun darauf hingewiesen, dass die Orange die Erde symbolisiert und der Volleyball die Sonne darstellen soll. Nun wird die Person, die die Orange hält, darum gebeten, das obere Ende der Achse in Richtung der Sonne (des Volleyballs) zu neigen. Nun kann gefragt werden, um welche Jahreszeit es sich in dieser konkreten astronomischen Situation auf der Nordhalbkugel handelt (Lösung: Nordsommer).

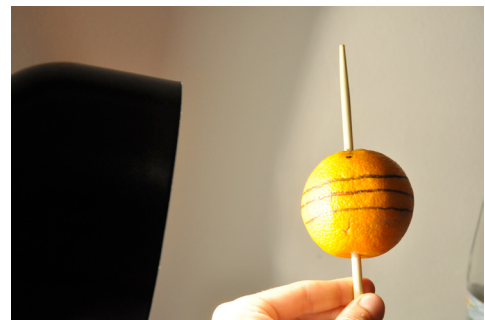


Abb. 4.4: Vorbereitete Orange mit Essstäbchen als Erdachse, auf der Äquator und Wendekreise markiert wurden

Abschließend soll unbedingt darauf hingewiesen werden, dass die Größenverhältnisse nicht die wahren Maßstäbe abbilden (diese werden genannt: die Sonne hätte einen Durchmesser

von ca. 7m und wäre etwa 800m weit entfernt, wenn die Erde so groß wie eine Orange wäre) und dass auch die Exzentrizität der Ellipse stark übertrieben gezeichnet ist.

4.5.4. Gruppenarbeitsphase mit darstellerischen Elementen (ca. 25 min)

In dieser Hauptphase sollen die Schülerinnen nun mit Hilfe eines Stiftes, einer Orange, eines Essstäbchens, eines Fuß- oder Volleyball und eines Smartphones in Gruppenarbeit einige darstellerische Aufgaben zu astronomischen Situationen zu lösen versuchen und ihre Lösungen festhalten.

Es werden 3er-Gruppen gebildet, jede Gruppe sollte dabei ein Fotohandy, eine Orange, ein Essstäbchen, eine Straßenmalkreide und einen Ball haben. Vor der Stunde muss dazu das Vorhandensein von genügend Material sichergestellt werden. Den ersten Teil der am Arbeitsblatt auf der folgenden Seite gestellten Aufgaben (Darstellende Experimente Teil I) sollen die Gruppen in etwa 20-25 Minuten lösen (Arbeitsblatt ausdrucken und an die Gruppen verteilen).

4.5.5. Arbeitsblatt

Darstellende Experimente Teil I:

Vorbereitung: Steckt zunächst das Esstäbchen, dass die Erdachse symbolisiert, in die Orange (=Erde) und markiert mit einem gut sichtbaren Stift den Äquator. Zeichnet mit den Straßenmalkreiden eine leicht elliptische Umlaufbahn auf den Boden.

1. Stellt nun die folgenden astronomischen Konstellationen zwischen Sonne und Erde im Verlauf eines Jahres mit Orange (=Erde) und Volleyball (=Sonne) dar und macht dazu jeweils ein Foto, auf dem man die dargestellte Situation möglichst gut erkennen kann:
 - a. Tag- und Nachtgleiche zu Frühlingsbeginn (Foto 1)
 - b. Sommersonnenwende (Foto 2)
 - c. Tag- und Nachtgleiche zu Herbstbeginn (Foto 3)
 - d. Wintersonnenwende (Foto 4) - alle Jahreszeitenangaben sind auf die Nordhalbkugel bezogen
 - e. Überlegt auch, welche Rolle die Entfernung zwischen Erde und Sonne für die Jahreszeiten spielt.
 2. Nochmal Sommersonnenwende: Wo auf der Erde fallen die Sonnenstrahlen zur Sommersonnenwende (nochmals nachstellen!) während eines Tages (Rotation beachten!) genau in einem Winkel von 90 Grad ein? Markiert diese Linie so genau wie möglich auf der Orange und macht ein Foto (Foto 5).
 3. „In der Früh geht die Sonne im Osten auf (1), zu Mittag steht sie im Süden (2) und am Abend geht sie im Westen unter (3)“. Von Österreich aus gesehen stimmt nur eine einzige dieser drei Aussagen das ganze Jahr über wirklich genau – versucht, mit Hilfe der Gegenstände herauszufinden, welche. Markiert dazu die geografische Breite Wiens so gut wie möglich auf der Orange – und ev. auch die Himmelsrichtungen (von Wien ausgehend).
-

Darstellende Experimente Teil II:

1. Experimentiert nun mit der Neigung der Erdachse: Stellt einmal eine etwas größere und einmal eine etwas geringere Neigung der Erdachse in derselben Jahreszeit dar und macht jeweils ein Foto davon (Foto 6 und Foto 7). Überlegt: Welchen Effekt hat die Größe der Neigung der Erdachse auf die Jahreszeiten?
2. Welchen Einfluss hat die Präzession der Erdachse auf die Jahreszeiten und das Klima? Wie sieht die astronomische Konstellation zwischen Erde und Sonne zur Sommersonnenwende (auf der Nordhalbkugel) in ca. 13 000 Jahren aus und in welchem Monat findet sie statt? Stellt sie dar und macht ein Foto (Foto 8). (Anmerkung: Ein voller Präzessionsumlauf der Erdachse dauert ca. 26 000 Jahre).

4.5.6. Nachbesprechung der Aufgaben im Plenum (ca. 15 min)

Die Lösungen der Aufgaben werden im Plenum nochmals von Freiwilligen nachgestellt und offene Fragen und Schwierigkeiten besprochen. Einige Punkte (z. B. Perspektive von der Erde aus) können dabei aufgegriffen und noch etwas genauer besprochen werden. Außerdem soll eine kurze Einführung über die Sonneneinstrahlung gegeben werden (beispielhafte Berechnung der Einstrahlung für Wien zur Sommersonnenwende zu Mittag).

(5 Min. Pause)

4.5.7. Einführungsphase zu den Milanković – Zyklen (ca. 10 min)

Anhand eines Kreisels²²⁹ wird das Rotationsphänomen der Präzession der Drehachse demonstriert, dabei dienen Grafiken zur Veranschaulichung der Achsenbewegung. Sehr schön ist die Präzessionsbewegung auch in einem Demonstrationsvideo der Uni Wien zu sehen (<https://www.univie.ac.at/physikwiki/index.php/LV001:LV-Uebersicht/Videos/Kreisel> ab 00:27 bis 01:00). Weiters wird noch eingeführt, dass die Neigung der Erdachse über sehr lange Zeiten ebenfalls nicht stabil ist und dass sich auch die Form der Erdbahn (die Exzentrizität der Ellipse) ändert.

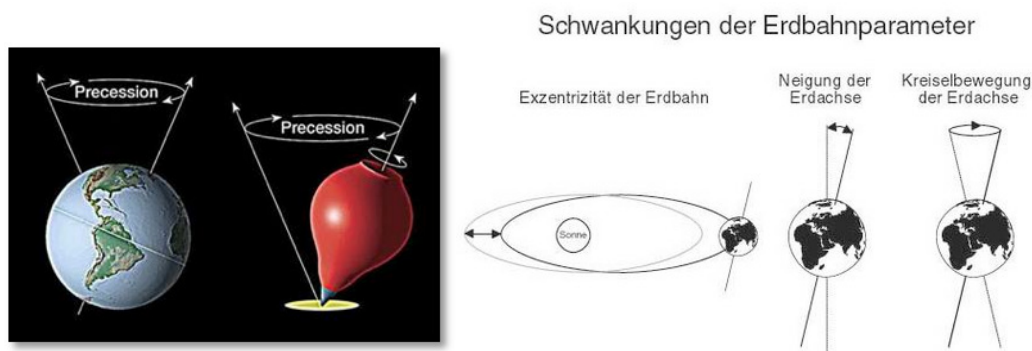


Abb. 4.5: Links: Präzession bei Kreisel & Erdachse; Rechts: Schwankungen der Erdbahnparameter nach Milanković

²²⁹ Je nachdem, was vorhanden ist – im Grunde genügt ein Kinderkreisel mit einem Zusatzgewicht aus Plastelin. Etwas besser kann man die Phänomene natürlich an geeigneten Demonstrationsgeräten zeigen, etwa dem Gerät von Leybold, welches im Demonstrationsversuch der Uni Stuttgart verwendet wird, der unter folgendem Link beschrieben wird:

<http://www.pi1.physik.uni-stuttgart.de/teaching/Vorlesungsversuche/V243.html>

Die Grafiken zur Illustration (siehe **Abb. 4.5**)²³⁰ können alternativ in ähnlicher Form auch an der Tafel skizziert werden. Dabei soll erwähnt werden, dass die Exzentrizität der Ellipse stark überzeichnet ist und ein Eindruck von der Langfristigkeit der zyklischen Änderungen (ein Zyklus dauert jeweils mehrere 10 000 Jahre) gegeben werden, wodurch erklärt werden kann, dass wir deren Auswirkungen kurzfristig nicht wahrnehmen können.

4.5.8. Gruppenarbeitsphase zu Milanković-Zyklen (ca. 10 min)

Die Aufgaben des zweiten Teils des obigen Arbeitsblattes sind zu lösen.

4.5.9. Vergleichs- und Elaborationsphase (ca. 15 min)

Anschließend sollen die astronomischen Konstellationen aus der Gruppenarbeit von Freiwilligen nochmals im Plenum nachgestellt werden – sie werden daraufhin unter physikalischen Gesichtspunkten (besonders im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Jahreszeiten bzw. das Weltklima) besprochen. Weiters kann je nach noch zu Verfügung stehender Zeit auf die Theorie der Milanković-Zyklen²³¹ eingegangen werden (auch auf die bisher noch nicht behandelten astronomischen Parameter, die auf das Klima Einfluss nehmen). In einer Anschlussstunde können diese Parameter und ihre Auswirkungen noch ausführlicher behandelt werden.

4.5.10. Evaluation (20 min)

Die Ergebnisse der Stunde werden mit Hilfe eines Fragebogens evaluiert.

²³⁰ Quellen: Linke Abbildung: NOIR, J.; CEBRON, D.; LIN, Y.; SCARFE, P.:

http://www.epm.ethz.ch/research/experimental_studies/exp_prec

Rechte Abbildung: BRUMSACK, Hans Jürgen; WEHAUSEN, Rolf: <http://www.presse.uni-oldenburg.de/f-aktuell/01-Meeressedimente.html>

²³¹ Eine brauchbare Übersicht über Milankovićs Theorie findet man zum Beispiel hier: http://www.cms.fu-berlin.de/geo/fb/e-learning/pg-net/themenbereiche/klimaschwankungen/ursachen/ursachen_naturliche/ursachen_extraterrestrische/erdba_hnparameter_veraenderung/

4.6. Die Akzeptanzbefragung

4.6.1. Beschreibung der Methode

Die Akzeptanzbefragung ist eine qualitative Methode zur Ermittlung von themenspezifischen Lernwiderständen, die außerdem Hinweise auf Schülervorstellungen geben kann. Bei Hartmut WIESNER und Rita WODZINSKI wird sie so beschrieben:

*Untersuchungen nach der Methode der Akzeptanzbefragung haben zum Ziel, Schwierigkeiten beim Lernen grundlegender physikalischer Inhaltsbereiche zu erkennen und die Lernverläufe von Schülerinnen und Schülern besser zu verstehen. Sie schaffen die Grundlage für die Entwicklung von Unterrichtskonzepten, mit denen die Lernschwierigkeiten verringert werden können und die Akzeptanz der physikalischen Sicht unterstützt werden kann. Kern der Methode der Akzeptanzbefragung ist, daß Schülerinnen und Schülern in Einzellehrgesprächen Erklärungsangebote gemacht werden und beobachtet wird, wie sie diese verstehen, bewerten und in Anwendungen nutzen.*²³²

Der Unterschied zur Methode des Interviews liegt vor allem in den oben erwähnten Erklärungsangeboten – so werden in einer Art *Micro-Teaching* zunächst Inputsequenzen (Erklärungen physikalischer Phänomene) gegeben, wobei aber nach relativ kurzer Zeit innegehalten und in einer intensiveren Auseinandersetzung (in Form von Kurzinterviews) erhoben wird, wie das Erläuterte bei den Adressatinnen angekommen ist. Das Ablaufschema einer solchen Akzeptanzbefragung wird bei JUNG, WIESNER und BLUMÖR so wiedergegeben:

1. Der Interviewer gibt mündlich eine Erklärung mit Erläuterungen und Beispielen (Ggf. Erläuterungen nicht verstandener Termini etc.)
2. Der Befragte wird aufgefordert, die Erklärung zu bewerten; ist sie gut-schlecht, verständlich-unverständlich, plausibel-unplausibel u. ä. m.
3. Der Befragte wird aufgefordert, die Erklärung in seinen eigenen Worten zu wiederholen, wobei besonders auf Auslassungen und Transformationen geachtet wird.
4. Der Befragte wird aufgefordert, die Erklärung auf ein konkretes Beispiel anzuwenden.

²³² WIESNER, Hartmut; WODZINSKI, Rita: *Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen*. In: DUIT, Reinders; VON RHÖNECK, Christoph: *Lernen in den Naturwissenschaften*. IPN Kiel 1996, S. 250

5. *Teilkomplexe werden detailliert bewertet, diskutiert, durch neue Informationen angereichert und erneut bewertet und diskutiert. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn Lücken und Mißverständnisse auftreten.*
6. *Abschließend wird der Befragte aufgefordert, die Erklärung auf ein neues konkretes Beispiel anzuwenden.*²³³

4.6.2. Adaption der Methode für die vorliegende Planung

In Bezug auf die zu evaluierende Stundenplanung zu den Themen Sonneneinstrahlung, Jahreszeiten & Milanković-Zyklen, erscheint es angebracht, die Elementarisierungen, also die teilweise dem AAAS- Archiv entnommenen und teilweise selbst formulierten *key ideas* zu diesen Themen einer solchen Akzeptanzbefragung zu unterziehen, um mögliche Lernhindernisse im Voraus aufzuzeigen und daraufhin die Stundenplanung vor der eigentlichen Erhebung entsprechend modifizieren zu können.

Andererseits ist festzustellen, dass es sich in der vorliegenden Stundenplanung nicht nur um "Erklärungen" für physikalische Verhältnisse handelt, sondern vor allem auch darum, dass eine adäquate kognitive Repräsentation des Systems Erde-Sonne entsteht. Wenn eine solche Repräsentation entsteht und von den Schülern darauf zurückgegriffen bzw. diese gedanklich manipuliert werden kann, um verschiedene Konstellationen wiederzugeben, dann kann man das Hauptlehrziel der Stunde als erreicht betrachten. Es ist also vor allem dahingehend zu fragen, ob die kognitive Repräsentation des Systems Erde-Sonne und dessen verschiedene Konstellationen korrekt wiedergegeben werden können.

Da allerdings ein Großteil der Stundenplanung auf selbstständiger Gruppenarbeit basiert, ist außerdem sicherzustellen, dass diese zum Erreichen der Lernziele beitragen kann. Deshalb sollen im Rahmen der Akzeptanzbefragung auch die Gruppenarbeiten probeweise durchgeführt werden, wobei unter anderem Feedback zur Verständlichkeit der Aufgabenstellungen eingeholt werden soll. Dies ist darüber hinaus auch für die ins Deutsche übersetzten AAAS-Items des Fragebogens geplant, da dieser ja als Erhebungsinstrument dienen soll, und die Items aufgrund der Übersetzung ebenfalls potenzielle spezifische Verständnisschwierigkeiten mit sich bringen könnten, die in der Untersuchung der AAAS nicht zutage getreten sind. Auch hier ist das Ziel, mögliche Unklarheiten im Voraus zu

²³³ JUNG, W.; BLUMÖR, R.; WIESNER, H.: *Untersuchungen über Schülervorstellungen zur Optik*. DFG – Abschlussbericht, Frankfurt am Main 1988, zitiert nach: WIESNER & WODZINSKI (1996), S. 256

identifizieren und so das Erhebungsinstrument vor der empirischen Untersuchung ggf. entsprechend adaptieren zu können.

Insgesamt sollte beim Ablauf der Akzeptanzbefragung außerdem die für den Unterricht geplante Reihenfolge der einzelnen Sequenzen beibehalten werden, da sich auch einer veränderten Reihenfolge von Input und selbstständigem Arbeiten Verständnisschwierigkeiten ergeben könnten – aber natürlich auch aus der aktuell geplanten Reihenfolge. Außerdem ist anzumerken, dass im Rahmen der vorliegenden, adaptierten Akzeptanzbefragung der Transfer bzw. die Anwendung der Erklärungen auf Beispiele hauptsächlich anhand von Darstellungen bestimmter Konstellationen bzw. anhand der Lösung der Aufgaben des Arbeitsblattes überprüft wurde, wie dies ja in den eigentlichen Unterrichtseinheiten auch der Fall sein sollte. Der Leitfaden zur Akzeptanzbefragung befindet sich im Anhang dieser Arbeit (vgl. Abschnitt 9.1.3, S. 277 ff.).

4.6.3. Durchführung der Akzeptanzbefragung

Die Akzeptanzbefragung wurde am 4. Mai 2014 mit einer Kleingruppe von 3 Schülerinnen der 9. Schulstufe bei einer der Schülerinnen zuhause im Wohnzimmer durchgeführt. Es wurden dabei bewusst Schülerinnen der niedrigsten Schulstufe zur Befragung ausgewählt, für die die Intervention (gerade) noch als geeignet bezeichnet werden kann, damit von einer Verständlichkeit der Aufgaben und Erklärungen auf einem möglichst niedrigen Niveau (im Vergleich etwa zur 11. Schulstufe) bzw. mit möglichst wenig Vorwissen ausgegangen werden kann. Die Schülerinnen waren außerdem aus keiner der 3 Klassen, in denen die Intervention später durchgeführt wurde – sonst wären wohl Datenverzerrungen zu befürchten gewesen.

Die Befragung dauerte insgesamt etwa 2 Stunden, wobei nach etwa einer Stunde eine Pause von ca. 15 Minuten eingelegt und die Befragung entsprechend der oben beschriebenen Methode in einzelnen Abschnitten durchgeführt wurde. Sie wurde mit einem MP3 - Aufnahmegerät aufgezeichnet²³⁴ und in zwei separaten Dateien (Datei 1 stellt den Befragungsteil vor der Pause dar, Datei 2 den Befragungsteil nach der Pause) abgespeichert, aus denen im Folgenden zitiert wird.

²³⁴ Dazu wurde selbstverständlich im Voraus das schriftliche Einverständnis der Erziehungsberechtigten der Befragten eingeholt.

4.6.4. Resultate der Akzeptanzbefragung und Adaptionen der Planung

Anmerkung zur Transkription: Die Schülerinnen werden hier als Akzeptanzbefragung - Schülerin 1 (**AS1**), Akzeptanzbefragung - Schülerin 2 (**AS2**) und Akzeptanzbefragung - Schülerin 3 (**AS3**) bezeichnet, um der zugesicherten Anonymisierung Folge zu tragen und sie außerdem von den Schülerinnen zu unterscheiden, die im Anschluss an die Durchführung der Intervention mittels Leitfadeninterview befragt wurden (diese werden dann mit „Schülerin 1“, etc. bezeichnet), der Interviewer wird mit „I“ abgekürzt. Insgesamt orientiere ich mich grob an der Transkriptionsmethode nach GROPENGEIER²³⁵, allerdings wurde auf eine Transformation und Paraphrasierung bzw. auf das Redigieren der Aussagen verzichtet, da dadurch „[...] die Unmittelbarkeit und Lebendigkeit der Argumentation [verloren geht]“²³⁶, wie GROPENGEIER selbst bemerkt. Abgebrochene Sätze und Satzteile sowie kürzeres Stocken wird mit drei Punkten abgekürzt, Fortsetzungen bereits (selbst oder von anderen Personen) begonnener Sätze und Satzteile ebenfalls, bei Selbstkorrekturen wird nur die korrigierte Version transkribiert. Auffällige Pausen werden mit [Pause] und Lachen mit [Lachen] gekennzeichnet, auffällige Betonungen werden unterstrichen gedruckt und in der Aufzeichnung unverständliche Äußerungen werden mit [unverständlich] gekennzeichnet. Anmerkungen des Verfassers werden in eckige Klammern gesetzt und Auslassungen irrelevanter Äußerungen bzw. Äußerungspassagen werden mit [...] gekennzeichnet. Dialektale Formen werden zur leichteren Lesbarkeit adaptiert, Verkürzungsformen wie „das wär’ super“ bleiben erhalten. Partikel wie „äh“ und eindeutige Füllworte, die im Kontext des Satzes keine Funktion einnehmen (z. B. häufig: „irgendwie“) werden nicht transkribiert. Eine Kategoriebildung zur Auswertung und Strukturierung der Daten, wie von GROPENGEIER vorgeschlagen²³⁷, scheint in diesem Fall nicht sinnvoll, da nur eine einzelne Befragung durchgeführt wurde, die Aussagen werden aber thematisch anhand des Ablaufs der Stundenplanung bzw. der hier geführten Argumentation zu den einzelnen Abschnitten der Planung geordnet. Da die Akzeptanzbefragung aber ohnehin in der selben Reihenfolge wie die Stundenplanung ablief waren hier kaum Adaptionen notwendig.

²³⁵ Vgl.: GROPENGEIER, Harald: *Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung*. In: MAYRING, Philipp; GLÄSER-ZIKUDA, Michaela [Hrsg.]: *Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse*. Beltz Verlag, Weinheim und Basel 2005, S. 176 ff.

²³⁶ Vgl.: A. a. O., S. 179

²³⁷ Vgl.: A. a. O., S. 176, Tabelle 1

Zu Beginn der Akzeptanzbefragung, während der Darstellung der ersten Aufgabe des Arbeitsblattes (vgl. S. 107) und bereits nach der ersten Erklärung des Zustandekommens der Jahreszeiten durch die Achsenneigung konnte eine der von der AAAS erhobenen Schülervorstellungen bei AS1 identifiziert werden, während bei AS2 offensichtlich Unklarheit über die astronomischen Ursachen von Tag/Nacht-Wechsel und dem Jahresablauf herrschte:

AS2: *Da ist Frühlingsbeginn. [Pause] Oh warte...*

AS1: *Das stimmt schon oder, da ist der Frühlingsbeginn... da wär' doch Sommer, weil das ist näher an der S...*

AS2: *Und jetzt in der Nacht ist es da.*

I: *Aha, Ok.*

AS2: *Ist der Frühlingsbeginn jetzt woanders in der Nacht? [Lachen]*²³⁸

Es wird hier deutlich, dass bei AS1 zu Beginn der Befragung die Vorstellung besteht, dass die Jahreszeit Sommer mit der Nähe zur Sonne auf der elliptischen Umlaufbahn der Erde zusammenhängt (vgl. Schülervorstellung WMC094 auf Seite 96). Auch über Tag und Nacht bzw. deren Zusammenhang mit den Jahreszeiten herrscht zu Beginn des Darstellens noch Unklarheit. Nach einer folgenden Erklärungsphase, bei der noch einmal einzelne astronomische Abläufe wie der Tag-Nacht-Wechsel vom Interviewer dargestellt und erklärt werden, kann die erste Aufgabe des Arbeitsblattes aber ohne weitere Schwierigkeiten gelöst werden. Zum Begriff der Sommersonnenwende bestehen einige Assoziationen, die die Schülerinnen jedenfalls in die richtige Richtung leiten:

AS1, AS2, AS3 [gleichzeitig, lesen vom Arbeitsblatt ab]: *Sommersonnenwende...*

AS1: *Das ist jetzt irgendwie so weil..., ah ich weiß, wenn's den ganzen Tag sonnig ist...*

AS2: *Nein...*

AS1: *...ist das nicht in Schweden oder so?*

AS2: *Nein... Sommersonnenwende ist wenn... wenn... ich weiß nicht, aber wir feiern's immer, mit dem Feuer.*

AS1: *Voll, da war ich dabei sogar einmal.*

AS2: *Ah, da werden die Nächte länger.*

AS2, AS3 [gleichzeitig]: *Da werden die Tage länger.*

I: *Genau, Sommersonnenwende heißt, das ist der längste Tag und die kürzeste Nacht im Jahr.*²³⁹

²³⁸ Akzeptanzbefragung, Datei 1, 07:40 – 08:00

²³⁹ Akzeptanzbefragung, Datei 1, 11:29 – 11:50

Da bei einigen Schülerinnen hier offenbar persönliches Vorwissen bzw. Assoziationen bestehen, an die im Unterricht gut angeknüpft werden kann, wurde hier darauf verzichtet, die entsprechenden Begriffe (wie etwa Sommer- und Wintersonnenwende) am Arbeitsblatt näher zu erklären, gegebenenfalls sollte darauf im Unterricht kurz eingegangen werden, wie dies auch in einigen Klassen später aufgrund von Nachfragen tatsächlich erfolgte.

Bei der zweiten Aufgabe des Arbeitsblattes (vgl. S. 107) zeigte sich zu Beginn auch die ebenfalls vom AAAS erhobene Vorstellung, dass die Linie des senkrechten Einfalls des Sonnenlichts während eines Tages zur Sommersonnenwende identisch mit dem Äquator sei – und nicht mit dem nördlichen Wendekreis, wie es auf der Nordhalbkugel der Fall ist:

AS2: *Genau am Äquator!*

AS1: *Am Äquator ist die Sommersonnenwende am...*

AS2: *...stärksten! [Lachen]*²⁴⁰

Erst nach einem erneuten Hinweis auf die Achsneigung wurde hier akzeptiert, dass sich der Punkt des senkrechten Lichteinfalls auf der Erde nicht immer am Äquator befindet. Die dritte Aufgabe des Arbeitsblattes (vgl. S. 107) konnte von den Schülerinnen nicht selbstständig gelöst werden und wurde erst nach der Darstellung und einer Erklärung durch den Interviewer beantwortet. Besonders auffällig war hier, dass ein adäquates Hilfsmittel zur Darstellung der Licht – Schatten (bzw. Tag - Nacht) - Grenze auf der Erdkugel bzw. der sie repräsentierenden Orange fehlte. Ohne ein solches Hilfsmittel war es für die Schülerinnen offensichtlich schwer nachzuvollziehen, welcher Teil der Erde/Orange gerade im von der Sonne kommenden Licht und welcher im Schatten war. Als solches Hilfsmittel wurde deswegen eine Kartonschablone übernommen, mit der die Tag-Nacht-Grenze auf der Erde im Plenum dargestellt werden konnte (siehe **Abb. 4.6**). Außerdem wurde beschlossen, die Erde im Plenum nicht mit einer

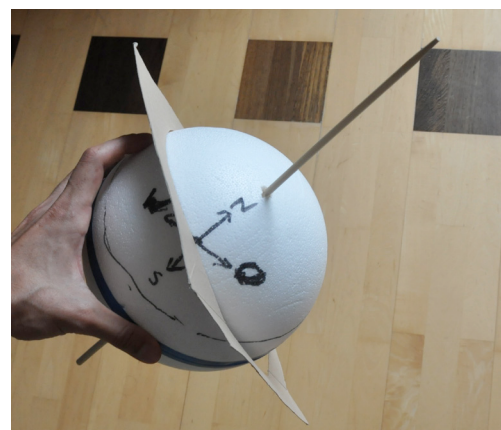


Abb. 4.6: Kartonschablone zur Darstellung der Tag-Nacht-Grenze. Quelle: Eigenes Bild

²⁴⁰ Akzeptanzbefragung, Datei 1, 16:59 – 17:05

Orange, sondern mit einer größeren Styroporkugel darzustellen, da sich die Orange zwar für Experimente in 3er – Gruppen von ihrer Größe her eignete, aus ein paar Meter Entfernung ließ sich aber nicht mehr viel erkennen - gerade, was die dritte Aufgabe des Arbeitsblattes betraf, bei der ja direkt an der Oberfläche gearbeitet werden musste. Trotz ihrer offensichtlichen Schwierigkeit sollte diese dritte Aufgabe nicht völlig gestrichen werden, da dabei ein wichtiger Transfer stattfindet – sie verlangt nämlich gewissermaßen einen Wechsel aus der Außensicht eines im Weltall schwebenden Beobachters zur Sicht der Dinge, wie sie von der Erde aus wahrgenommen werden. Da dies zugleich die uns vertraute Sichtweise für astronomische Beobachtungen darstellt, ist dieser Perspektivwechsel nötig, um zu einem tieferen Verständnis von Alltagserscheinungen wie dem Sonnenuntergang zu gelangen. Dass die Gruppe bei der Akzeptanzbefragung die Aufgabe nicht ohne substanzielle Hilfestellung durch den Interviewer lösen konnte, dient als Anlass dazu, den Gruppen im Unterricht bei dieser Aufgabe ebenfalls besonders aktiv behilflich zu sein – allerdings soll ihnen trotzdem nicht die Möglichkeit genommen werden, zuvor einen eigenen Lösungsversuch auszuprobieren. Die Aufgabe kann somit gewissermaßen die Funktion einer Expertenaufgabe übernehmen, durch die darauffolgende Besprechung im Plenum wird außerdem sichergestellt, dass alle Gruppen schlussendlich die Lösung der Aufgabe erfahren. Zudem wurde der weiteren Aufarbeitung der Aufgabe in der Nachbesprechung besondere Aufmerksamkeit für die finale Stundenplanung zu Teil – besonders die interaktiven Grafiken der Website www.sonnenverlauf.de machen eine anschauliche Analyse der Situation aus der Perspektive von der Erdoberfläche aus möglich und werden deshalb in der Nachbesprechung eingesetzt.

Insgesamt gab es gerade zu Beginn der darstellerischen Aufgaben einige Schwierigkeiten und auch die Schülerinnen sprachen sich dafür aus, vor Beginn des Darstellens etwas mehr allgemeine Informationen zum Umlauf der Erde um die Sonne sowie zum Tag-Nacht-Wechsel zu geben, wenn dabei auch nicht die ganze erste Aufgabe vorweggenommen werden sollte, um noch genug Raum für die eigene Arbeit zu lassen:

I: Würdet ihr sagen ich sollte am Anfang das Ganze einmal vorzeigen, bevor ich das Arbeitsblatt stelle, wäre das gut?

SA2: Ja... weil... [unverständlich]

SA1: Also was jetzt nochmal vorzeigen? Also...

I: Zum Beispiel diesen ganzen Ablauf mit den Jahreszeiten, Tag und Nacht und...

SA1: Ja, das wär vielleicht gut!

SA3:... und das halt vielleicht so als Überprüfung... [unverständlich]

SA2: Halt nicht so lang, aber...

SA1: Nur ein bisschen!

SA2: Nur ein bisschen, weil das ist einfach ein bisschen... [unverständlich]

SA1: Nicht, dass du schon die ganze Arbeit machst, sondern dass du das einfach ein bisschen besser... also das...

SA2: ... erklärst, am Anfang erklärst, nicht erst hinterher.

I: Also zu jeder Aufgabe am Anfang ein bisschen was erklären, oder...?

SA1: Nein, ich würd's eher am Anfang so, wo... wo...

SA2: Allgemein!

SA1: ...die Jahreszeiten und wo...

SA2: Allgemein.

SA3: Ja!

I: Allgemein?

SA3: Mhm.²⁴¹

Die Verwendung von Smartphones bzw. deren Kameras zur Dokumentation wurde eher kritisch beurteilt:

AS2: Ob das nicht schief geht im Unterricht...

AS3: Ich glaub auch.

AS2: ...wenn man dann witzige Foto oder so macht...²⁴²

Daraufhin wurde beschlossen, auf den Einsatz von Smartphones in der Stundenplanung weitgehend zu verzichten, bzw. ihn nicht mehr explizit zu fordern, was sich auch mit den Gegebenheiten in manchen Klassen deckte (so war etwa in der Klasse WPF die Handymitnahme in den Physiksaal verboten).

Die Beispielberechnung des Einfallswinkels wurde aus der finalen Stundenplanung nach didaktischen Überlegungen zugunsten zweier Demonstrationsexperimenten gestrichen, die den selben Inhalt in einer dem hier untersuchten darstellenden orientierten Unterricht angemesseneren Form transportieren sollten (vgl. Abschnitt 4.7.6 auf Seite 126 f.).

²⁴¹ Akzeptanzbefragung, Datei 1, 26:53 – 27:05

²⁴² Akzeptanzbefragung, Datei 1, 30:36 – 30:41

In der Aufgabe 5 des Arbeitsblattes soll in der finalen Version auf die Verbindung zum Monat verzichtet werden, in dem die Jahreszeiten stattfinden. Das wäre zwar eine sehr anschauliche Auswirkung (Sommer auf der Nordhalbkugel in 13 000 Jahren im Dezember, Winter im Juni), die Präzession wird aber vom gregorianischen Kalender berücksichtigt und insofern ist dieser Schluss falsch – die Jahreszeiten werden auch in 13 000 Jahren noch in den uns vertrauten Monaten stattfinden, auch wenn sich ihre Positionen auf der Erdumlaufbahn und die umgebenden Sternbilder ändern.²⁴³

Das Eingehen auf die Milanković-Zyklen und damit der Modellwechsel wurde von den Schülerinnen nicht als verwirrend betrachtet (wie vielleicht befürchtet werden könnte, da ja innerhalb einer Stunde zwei verschiedene Modelle desselben Vorganges besprochen werden), sondern im Gegenteil als „spannend“ eingestuft:

I: Und würdet ihr sagen, das ist gescheit, das [die Milanković – Zyklen, Anm.] direkt nach dem zu machen, wie das heute aussieht? Oder ist das eher verwirrend, dass man sagt, ok, heutzutage ist es so, aber über lange Zeiträume ist das so...?

AS1: Nein, das ist nicht verwirrend, weil dann kann man sich's besser vorstellen.

AS3: Ja, klar.

AS1: Ja, dann kommt einem auch das Extremere irgendwie raus.

[...]

*AS2: Das ist spannend!*²⁴⁴

Bei der Wiederholung der Milanković-Zyklen in eigenen Worten zeigten sich einige Schwierigkeiten mit der Verbalisierung, besonders beim Phänomen der Präzession, wobei dieses nach einigen fehlgeschlagenen Versuchen dann doch noch einigermaßen in Worte gefasst werden konnte:

[Nach einigen abgebrochenen Anläufen, Anm.]

AS2: Das kann ich nicht beschreiben. Wie soll man Präzession beschreiben? Das Stäbchen bewegt sich...?

I: Das ist auch relativ schwierig zum Beschreiben. Also es...

AS2: Ah, die Erdachse bewegt sich aufgrund der...

²⁴³ Vgl.: ANONYMUS; UNIVERSITY OF MICHIGAN [Ed.]: *Precession*. Online:

<https://dept.astro.lsa.umich.edu/ugactivities/Labs/precession/index.html> [Stand: 15.06.2014]

²⁴⁴ Akzeptanzbefragung, Datei 2, 27:16 – 27:49

AS1: ...Präzession?

[...]

AS2: Eigentlich ist Präzession doch das... dass die Erdaachse Kreise in die Luft zeichnet...

I: Mhm...

AS2: ...aufgrund einem physikalischen Gesetz.²⁴⁵

Auch bei anderen Fragestellungen gab es ähnliche Formulierungsprobleme, die ihren Ursprung in der zum Teil fehlenden Verbalisierung haben dürften. Dazu sei noch folgende Stelle wiedergegeben, in der die Schülerinnen diesen Eindruck auf eine Nachfrage hin auch bestätigen:

I: Ist das einfacher, das darzustellen, als in Worte zu fassen?

AS1: Ja!

AS3: Ja.

AS2: Ja! [Lachen]²⁴⁶

Es ist also im Sinne von WINKEL et al. (vgl. Abschnitt 2.6.2, S. 78) davon auszugehen, dass Wissen hier hauptsächlich ikonisch (also bildhaft) enkodiert wurde, weshalb es für die Schülerinnen auch schwierig sein dürfte, dieses Wissen in verbaler Form wiederzugeben. Dabei ist aber auch anzumerken, dass in der Akzeptanzbefragung aufgrund des Fehlens eines Plenums die Reflexionsphasen bzw. die Nachbesprechung im Plenum kaum bzw. nicht im selben Umfang umgesetzt wurden, wie es in der Stundenplanung vorgesehen ist – es ist also durchaus damit zu rechnen, dass es im eigentlichen Unterricht zu mehr Verbalisierung kommt.

Die Fragestellungen der übersetzten AAAS-Items wurden von den Schülerinnen durchwegs als verständlich beurteilt und in den meisten Fällen auch richtig beantwortet. Bei den Fragen zum Thema Modelle (vgl. Item 7 und 8 des Vorwissenstests, Anhang, Seite 271 f.) herrschte allerdings zunächst Unklarheit darüber, inwiefern diese Fragen zu den anderen passten:

AS2: Was hat denn das überhaupt mit dem Thema zu tun?²⁴⁷

²⁴⁵ Akzeptanzbefragung, Datei 2, 29:28 – 30:11

²⁴⁶ Akzeptanzbefragung, Datei 2, 29:20 – 29:23

²⁴⁷ Akzeptanzbefragung, Datei 2, 55:19 – 55:21

Darauf wurde in der Nachbesprechung im Anschluss nochmals genauer eingegangen:

I: Das mit den Modellen ist nicht ganz klar, warum das da vorkommt, wahrscheinlich?

AS2: Mhm, nein. Genau!

AS1: Was denn mit den Modellen?

AS2: Also das so mit dem Schiff verbinden...

AS1: Also ich find das viel cooler...

I: Da geht's eben um das Konzept von Modellen. Wofür brauch' ich Modelle, wofür verwend' ich Modelle...

AS1: Hier haben wir auch ein Modell angewendet!

I: Genau, im Prinzip haben wir hier auch ein Modell verwendet.

AS2: Ach so!

*AS3: Ah so!*²⁴⁸

Die Parallele zwischen den Fragen zu Modellen und der Anwendung eines (anderen) Modells im Unterricht war für die Schülerinnen also nicht gleich offensichtlich, nach einem Hinweis auf die Funktion von Modellen kamen sie jedoch selbstständig auf diese Verbindung. Dies wurde als Anlass genommen, im Unterricht stärker auf die Funktion von Modellen einzugehen, eine gute Gelegenheit dazu bietet sich beim Übergang von der Arbeit im „aktuellen“ Erdbahnmodell (mit fix ausgerichteter Achse) zum Milanković-Modell, das langfristige Änderungen mit einbezieht und von einer beweglichen Erdachse ausgeht.

Abschließend kann noch festgestellt werden, dass ein Stück der der Beschäftigung mit Astronomie potenziell innewohnenden Faszination wohl auf die Schülerinnen übergesprungen ist – zumindest diese Aussage von AS2 lässt darauf schließen:

*AS2: Stell dir das Mal vor, wir sind grad auf dieser Erde... wir drehen uns gerade im Kreis!*²⁴⁹

²⁴⁸ Akzeptanzbefragung, Datei 2, 1:04:57 – 01:05:18

²⁴⁹ Akzeptanzbefragung, Datei 2, 42:30 – 42:35

4.7. Adaptiertes Interventionsdesign

Stellen, die gegenüber dem Erstdesign signifikant verändert wurden, sind durch Unterstreichung hervorgehoben.

4.7.1. Übersicht über den geplanten Stundenablauf (insg. 100 min)

- **Vorstellung und Einführung** zur Erdbahn und den darstellenden Experimenten (10 min)
- **Darstellende Experimente** in Gruppenarbeit zu Jahreszeiten und Sonneneinstrahlung (15 min)
- **Nachbesprechung der Aufgaben im Plenum**, Einführung des Begriffs der Intensität und darstellende **Demonstrationsexperimente zum Einfallswinkel** für verschiedene Orte auf der Erde (15 min)
- **Einführung zu den Milanković – Zyklen**: Eingehen auf Modellkonzept als Überleitung, Demonstration der Präzession mit dem Kreisel und Bilder/Video zur Präzession, Kurzvortrag mit Informationen/Grafiken zu Exzentrizität und Ekliptikschiefe (10 min)
- **Darstellende Experimente** in Gruppenarbeit zu Milanković - Zyklen (10 min)
- **Diskussion der Schlussfolgerungen** im Plenum und ev. (zeitabhängig) Vertiefung der Auswirkungen der Milanković – Zyklen als Schrittmacher Eiszeiten (15 min)
- **Erhebung der Motivation & Evaluation des Unterrichtsertrages** mittels Fragebogen (25 min)

4.7.2. Material und Vorbereitung

Material für Demonstrationsexperimente und Präsentation im Plenum:

- 1 Computer mit Beamer
- 1 Riesenballon (Sonne im Plenum)
- 1 Styroporkugel (mit Stativstange als Achse)
- 1 Kartonschablone um die Tag-Nacht-Grenze hervorzuheben
- 1 Kinderkreisel
- 4 gleiche Münzen (20 Cent)
- Doppelseitiges Klebeband
- 2 Infrarotlampen gleicher Leistung

- Stativmaterial
- 2 gleiche, flache Behälter mit Sand
- 1 (oder wenn vorhanden 2) Thermometer mit möglichst großer Digitalskala
- 1 Solarzelle, die einen Rotor mit Strom speist

Material für Gruppenarbeit (Stückzahl pro 3-er Gruppe):

- 1 Straßenmalkreide
- 1 Marker (Edding o. ä.)
- 1 Luftballon (Sonne in den Gruppen)
- 1 Orange (Erde in den Gruppen)
- 1 hölzernes Esstübchen

Vorbereitung (ca. 20 Minuten): Mit einer Straßenmalkreide wird vor der Einheit eine Ellipse (Erdumlaufbahn) auf den Boden des Physiksaals gezeichnet und ein Brennpunkt (Sonne) sowie die Äquinoktial- und Sonnenwendpunkte markiert. Die Luftballons werden aufgeblasen und verschlossen und die Materialien für die Gruppenarbeiten bereitgelegt.

Weiters wird das Demonstrationsexperiment 1 (2 gleiche Wärmelampen bestrahlen zwei Flächen in gleichem Abstand & unterschiedlichem Winkel, wobei an beiden Flächen die Temperatur gemessen wird – siehe **Abb. 4.8**) fertig aufgebaut und in Gang gesetzt (die Lampen werden gleichzeitig eingeschaltet), da die Erwärmung des Sandes einige Zeit benötigt. Die Materialien für die anderen Demonstrationsexperimente werden bereitgelegt, der PC hochgefahren und die korrekte Darstellung der Power Point - Präsentation am Beamer überprüft.

4.7.3. Einführungsphase zu den darstellenden Experimenten (ca. 10 min)

Zu Beginn der Stunde erfolgt die Vorstellung und ein kurzer Überblick über die Themen der kommenden Stunde (Jahreszeiten, Sonneneinstrahlung, langfristige Änderungen der Erdbahnparameter und Auswirkungen auf das Klima).

Die Lehrkraft bittet die Schülerinnen dann zunächst darum, näher zu kommen, dabei aber den Bereich, in dem sich die Ellipse am Boden befindet, freizuhalten. Anschließend werden zwei Freiwillige darum gebeten, sich in einigem Abstand auf die auf dem Boden mit Straßenmalkreiden bereits vorgezeichneten Positionen (für Sonne und Erde) hinzustellen,

wobei die Person mit der Erde an den Punkt der Sommersonnenwende dirigiert wird. Die Person, die am Punkt der Sonne steht, wird nun gebeten, den Wasserball zu halten, während die Person, die auf der Position der Erde steht, die Styroporkugel bekommt, die zuvor bereits mit einer Achse (Stativstange o. ä.) versehen wurde. Die Schülerinnen werden nun darauf hingewiesen, dass die Styroporkugel die Erde symbolisiert und der große Ballon die Sonne darstellen soll – dann wird daran erinnert, dass hier die Maßstäbe nicht stimmen und es werden die vergleichbaren Maßstäbe genannt, wenn die Erde tatsächlich so groß wie die Styroporkugel ($d=20\text{cm}$) wäre. Die Sonne müsste dann einen Durchmesser von 22 m haben und 2,3 km entfernt sein – was natürlich nicht mehr sinnvoll darstellbar ist.

Nun wird die Person, die Styroporkugel hält, darum gebeten, das obere Ende der Achse in Richtung der Sonne (des Ballons) zu neigen. Nun kann gefragt werden, um welche Jahreszeit es sich in dieser konkreten astronomischen Situation auf der Nordhalbkugel handelt (Lösung: Nordsommer).

Anschließend soll demonstriert werden, in welche Richtung sich die Erde um die Sonne und um ihre eigene Achse dreht (beides gegen den Uhrzeigersinn: Rotation kurz nachstellen und Verbindung mit Sonnenaufgang und -untergang herstellen) und in welcher Position sich die Jahreszeiten auf der Umlaufbahn befinden. Außerdem ist zu betonen, dass die Exzentrizität der Ellipse stark übertrieben gezeichnet ist und dass sich diese Darstellungsart auch durch viele Bücher und Grafiken im Internet zieht, weil die tatsächliche Form der Erdbahn so schwach elliptisch ist, dass man sie mit freiem Auge kaum von einem Kreis unterscheiden könnte. An dieser Stelle wird dazu eine Grafik mit der tatsächlichen Form der Erdumlaufbahn am Beamer gezeigt (siehe **Abb. 4.7** oben²⁵⁰).

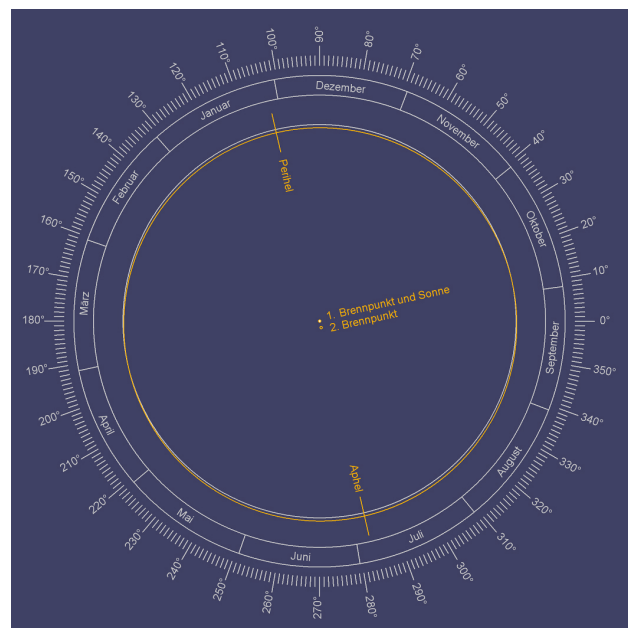


Abb. 4.7: Form der Erdumlaufbahn (orange) im Vergleich mit einem Kreis (weiß).

²⁵⁰ Quelle: Wikimedia, User Sch: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:EarthsOrbit_de.png

4.7.4. Gruppenarbeitsphase mit darstellerischen Aufgaben (ca. 15 min)

Nun wird die folgende Gruppenarbeit angekündigt und es werden 3er-Gruppen gebildet, jede Gruppe sollte dabei eine Orange, ein Esstäbchen, eine Straßenmalkreide und einen Luftballon haben. Falls sich die Zahl der Anwesenden Schülerinnen nicht durch 3 teilen lässt, werden je nach Gesamtschülerzahl und Materialverfügbarkeit alternativ entweder 2er-Gruppen (zu bevorzugen) oder 4er-Gruppen gebildet. Den ersten Teil der am Arbeitsblatt auf der folgenden Seite gestellten Aufgaben (*Darstellende Experimente Teil I*) sollen die Gruppen innerhalb von 15 Minuten lösen.

Vorangehender Kommentar: Es ist wichtig, dass hier so exakt wie möglich dargestellt wird – einige Aufgaben lassen sich bei einer ungenauen Darstellung kaum lösen. Wenn eine Darstellungsaufgabe gelöst wurde (hier ist wichtig, dass alle mit der Lösung einverstanden sind), dann soll die Gruppe den Betreuer (gemeint ist hier der Autor) bzw. die Lehrkraft rufen und die Darstellung überprüfen lassen. Wenn alles korrekt ist, dann soll sich die ganze Gruppe die dargestellte Situation ganz genau einprägen (versuchen, das Gesehene Bild im Kopf wie ein Foto zu speichern) – wenn jemand ein Handy mit Kamerafunktion hat, dann kann danach auch ein Foto gemacht werden, was aber die Phase des Einprägens nur unterstützen und nicht ersetzen soll. **Erst nach diesem Kommentar wird das Arbeitsblatt an die Gruppen verteilt.**

4.7.5. Arbeitsblatt

Darstellende Experimente Teil I:

Vorbereitung: Steckt zunächst das Essstäbchen, dass die Erdachse symbolisiert, in die Orange (=Erde) und markiert mit einem gut sichtbaren Stift (Marker) den Äquator. Zeichnet mit der Straßenmalkreide eine elliptische Umlaufbahn auf den Boden und markiert einen Brennpunkt (ungefähr).

1. Stellt nun die folgenden **astronomischen Konstellationen zwischen Sonne und Erde** im Verlauf eines Jahres mit Orange (=Erde) und Luftballon (=Sonne) dar:
 - a. Sommersonnenwende
 - b. Herbstbeginn
 - c. Wintersonnenwende
 - d. Frühlingsbeginn(Alle Jahreszeitenangaben sind auf die Nordhalbkugel bezogen)
 - e. Überlegt auch, welche Rolle die Entfernung zwischen Erde und Sonne für die Jahreszeiten auf Nord- und Südhalbkugel spielen könnte.
2. Nochmal **Sommersonnenwende**: Wo auf der Erde fallen die Sonnenstrahlen zur Sommersonnenwende auf der Nordhalbkugel (darstellen!) während eines Tages (Rotation der Erde simulieren!) genau **in einem Winkel von 90 Grad** ein? Markiert diese Linie so genau wie möglich auf der Orange.
3. „In der Früh geht die Sonne im Osten auf (1), zu Mittag steht sie im Süden (2) und am Abend geht sie im Westen unter (3)“. Von Österreich aus gesehen stimmt nur eine einzige dieser drei Aussagen das ganze Jahr über wirklich genau – versucht, mit Hilfe der Gegenstände herauszufinden, welche. Markiert dazu die geografische Position Wiens (48° nördlicher Breite) und die Himmelsrichtungen (von Wien ausgehend!) so gut wie möglich auf der Orange.

Darstellende Experimente Teil II:

4. Experimentiert nun mit der **Neigung der Erdachse**: Stellt einmal eine etwas größere und einmal eine etwas geringere Neigung der Erdachse in derselben Jahreszeit dar. Überlegt dabei: Welchen Effekt hat die Größe der Neigung der Erdachse auf die Jahreszeiten?
5. Berücksichtigt nun für die folgende Aufgabe die **Präzession der Erdachse**:
Wie sieht die astronomische Konstellation zwischen Erde und Sonne zur Sommersonnenwende (auf der Nordhalbkugel) in ca. 13 000 Jahren aus? Stellt sie dar und überlegt, welchen Einfluss diese Konstellation auf die Jahreszeiten haben könnte.
(Anmerkung: Ein voller Präzessionsumlauf der Erdachse dauert ca. 26 000 Jahre).

4.7.6. Nachbesprechung der Aufgaben im Plenum und Anschluss mit Demonstrationsexperimenten (ca. 15 min)

Die Lösungen der Aufgaben werden im Plenum nochmals kurz nachgestellt, wobei alle Gruppen der Reihe nach drankommen (eine Gruppe pro Aufgabe) und offene Fragen und Schwierigkeiten besprochen werden. Einige Punkte können dabei aufgegriffen und noch etwas genauer besprochen werden, z. B. die Perspektive von der Erde aus und wie wir die Bahn der Sonne von der Erde aus sehen (in Bezug auf die letzte Aufgabe), dazu werden am Beamer einige Sonnenstände für den jeweiligen Unterrichtsort anhand der Website www.sonnenverlauf.de demonstriert.

Anschließend folgt eine kurze Einführung über die Sonneneinstrahlung bzw. den Intensitätsbegriff und dessen Winkelabhängigkeit. Dazu werden zwei Demonstrationsexperimente durchgeführt: Das vor der Stunde bereits vorbereitete **Demonstrationsexperiment 1** (siehe Skizze in **Abb. 4.8** unten) mit zwei baugleichen Infrarotlampen gleicher Leistung (gleiche Energiemenge wird pro Sekunde emittiert), die in gleicher Distanz d , aber unterschiedlichem Winkel α eine Sandoberfläche bestrahlen, wird besprochen. Dabei wird eine Messung der Temperatur an den beiden unterschiedlich bestrahlten Oberflächen durchgeführt.

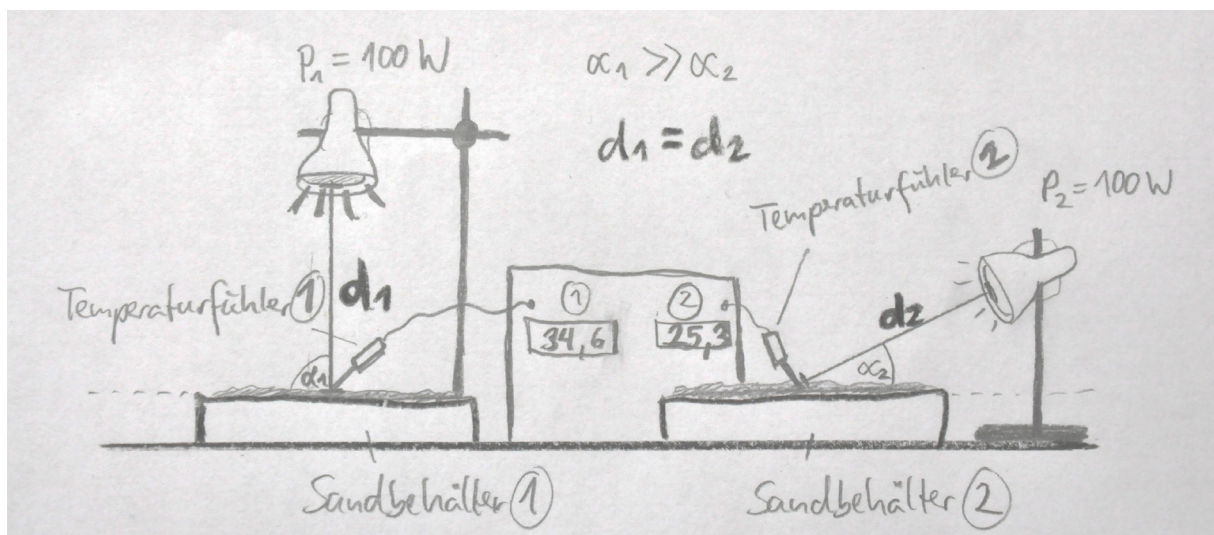


Abb. 4.8: Skizze zum Aufbau von Demonstrationsexperiment 1. Quelle: Eigenes Bild

An dieser Stelle kann man auch gut auf die Perspektive von der Erde aus eingehen – die Sonne wird von der Erdoberfläche aus ja immer unter einem bestimmten Winkel am Himmel gesehen – und genau das ist der Einfallswinkel.

Danach wird das **Demonstrationsexperiment 2** durchgeführt, bei dem eine der zwei Infrarotlampen nun als Sonne verwendet wird, die eine Solarzelle bestrahlt, die an unterschiedliche Stellen der sphärischen Oberfläche der Styroporkugel (=Erde) platziert werden kann (siehe **Abb. 4.9** rechts), wodurch sich unterschiedliche Einfallswinkel der Strahlung ergeben. Die Solarzelle ist wiederum an einen Rotor angeschlossen und setzt so die aufgenommene Strahlungsenergie in mechanische Bewegung um. An der Drehzahl des Rotors lässt sich gut



Abb. 4.9: Demonstrationsexperiment 2: Bei konstanter Bestrahlung ist die Drehzahl des mit der Solarzelle verbundenen Rotors auf der gekrümmten Oberfläche abhängig vom Einfallswinkel. Quelle: Eigenes Bild

ersehen, dass bei einem flachen Einfallswinkel auf der gleichen Fläche (= Solarzelle) weniger Energie ankommt, als bei einem steilen Einfallswinkel, was im Grunde natürlich auch schon mit dem ersten Experiment gezeigt wurde.

4.7.7. Einführungsphase zu den Milanković – Zyklen (ca. 10 min)

Als Überleitung zum Phänomen der Milanković-Zyklen dient ein Verweis auf den **Modellcharakter** des bisher Erarbeiteten. Es wird darauf hingewiesen, dass nun ein anderes Modell für die Konstellationen zwischen Erde und Sonnen behandelt wird, das langfristige Änderungen einiger der zuvor als fix angenommenen Größen mit einbezieht. Anhand dessen wird erläutert, dass die Qualität eines Modells daran gemessen werden kann, was es darstellen soll – für den Aspekt des **heutigen** Umlaufs der Erde um die Sonne (plus/minus ein paar Jahrzehnte), der bisher verdeutlicht werden sollte, war das bisherige Modell sehr gut geeignet. Wenn man allerdings die Konstellationen über sehr lange Zeiträume (etwa eine Million Jahre) ansehen will, dann reicht es nicht mehr aus und man muss ein anderes Modell verwenden – nämlich das von Milanković.

Anhand eines Kreisels, der mit Münzen, die mit doppelseitigem Klebeband symmetrisch daran befestigt wurden, aus dem Gleichgewicht gebracht wurde (siehe. **Abb. 4.10**), wird dann zunächst das Rotationsphänomen der Präzession der Drehachse demonstriert, dabei dienen Grafiken (siehe **Abb. 4.5** auf Seite 108) zur Veranschaulichung der Achsenbewegung. Sehr schön ist



Abb. 4.10: Mit Münzen präparierter Kreisel. Quelle: Eigenes Bild

die Präzessionsbewegung auch in einem Demonstrationsvideo der Uni Wien zu sehen, das ebenfalls im Unterricht gezeigt wird: <https://www.univie.ac.at/physikwiki/index.php/LV001:LV-Uebersicht/Videos/Kreisel> ab 00:27 bis 01:00. Weiters wird noch eingeführt, dass die Neigung der Erdachse über sehr lange Zeiten ebenfalls nicht stabil ist und dass sich auch die Form der Erdbahn (die Exzentrizität der Ellipse) ändert. Wenn die Grafiken zur Illustration der Milanković-Zyklen am Beamer gezeigt werden, soll nochmals erwähnt werden, dass die Exzentrizität der Ellipse extrem stark überzeichnet ist. Außerdem soll ein Eindruck von der Langfristigkeit der zyklischen Änderungen (ein Zyklus dauert jeweils mehrere 10 000 Jahre) gegeben werden, wodurch erklärt werden kann, dass wir deren Auswirkungen kurzfristig nicht wahrnehmen können.

4.7.8. Gruppenarbeitsphase zu Milanković-Zyklen (ca. 10 min)

Die Aufgaben des zweiten Teils des Arbeitsblattes (Darstellende Experimente Teil II) sind innerhalb von 10 Minuten zu lösen. Es gelten die gleichen Bedingungen bzw. wird an den Kommentar vor der ersten Gruppenarbeit erinnert.

4.7.9. Vergleichs- und Elaborationsphase (ca. 15 min)

Anschließend sollen die astronomischen Konstellationen aus der Gruppenarbeit von freiwilligen Gruppen nochmals im Plenum nachgestellt werden – sie werden daraufhin unter physikalischen Gesichtspunkten (besonders im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Jahreszeiten bzw. das Weltklima) besprochen. Weiters kann je nach noch zu Verfügung stehender Zeit auf die Theorie der Milanković-Zyklen eingegangen werden (auch auf die bisher noch nicht behandelten astronomischen Parameter, die auf das Klima Einfluss nehmen). Exemplarisch soll dabei erklärt werden, wie eine Eiszeit ausgelöst werden kann. In

einer Anschlussstunde können diese Parameter und ihre Auswirkungen ev. noch ausführlicher behandelt werden.

4.7.10. Evaluation mit Fragebogen (ca. 25 Minuten)

Der erste Teil des Fragebogens bezieht sich auf die Motivation der Schülerinnen bei den darstellenden Experimenten (von KORNER entwickelte Items zur Erhebung der Motivation), der zweite Teil ist inhaltlich orientiert und soll den Unterrichtsertrag bzw. den Konzeptwechsel der Schülerinnen erfassen (Items entwickelt von der American Association for the Advancement of Science).

4.8. Diskussion des finalen Interventionsdesigns

4.8.1. Allgemeine Diskussion

Die darstellenden Gruppenarbeiten des Moduls sind im Rahmen der in Abschnitt 2.2.1 (vgl. S. 28 ff.) dargestellten Terminologie am ehesten als „kinästhetisch“ (im Gegensatz zu theatralisch) zu bezeichnen. Allerdings muss auch angemerkt werden, dass der eigene Körpereinsatz, der ja für ein kinästhetisches Modul charakteristisch ist, bei der hier präsentierten Form des darstellerischen Arbeitens zugunsten des Einsatzes von Gegenständen etwas weniger im Mittelpunkt steht. Das Modell ist also kein wirkliches Körpermodell im Sinne KRAMERS (vgl. Abschnitt 1.1, S. 16 f.), es kann aber wohl trotzdem davon ausgegangen werden, dass es nicht mit den tatsächlichen Dingen, die es repräsentieren soll, verwechselt wird, denn es dürfte wohl jeder Schülerin klar sein, dass die Erde in Wahrheit keine große Orange ist.

Die Verwendung von Objekten anstatt des rein kinästhetischen Darstellens erschien aufgrund des Transfers von MORROWS und ZAWASKIS Konzept auf den Rahmen der Oberstufe nötig, da bei den meisten im Rahmen der Einheit behandelten Fragestellungen die kugelförmige Oberfläche der Erde eine große Rolle spielt, was bei einem Beibehalten des Konzeptes von MORROW & ZAWASKI ohne einen aufwändigen, dauernden Modellwechsel nicht wirklich gut darstellbar wäre.

Weiters wurde statt der freien, schülerorientierten Modellbildung hier ein stark angeleitetes Verfahren gewählt, da davon auszugehen ist, dass die Klassen noch keine besondere Erfahrung mit dem Darstellen bzw. Modellieren haben (vgl. Abschnitt 2.5.3.3 auf S. 73)

Es wurde außerdem mit der Einführung der Nachbesprechungsphasen im Plenum und den zwischen den Darstellungsphasen stattfindenden Vortagssequenzen versucht, nach AUFSHNAITER & SCHWEDES dem Prinzip Rechnung zu tragen, spielorientierte Phasen mit nicht spielorientierten Phasen abzuwechseln (vgl. Abschnitt 2.5.3.1, S. 66 f.) – wobei natürlich mit HELANKO argumentiert werden kann, dass hier eigentlich kein Spiel im eigentlichen Sinn stattfindet, weil die Objekte vorgegeben werden (vgl. Abschnitt 2.5.3.3 auf Seite 73). Andererseits liegt das eigentliche Ziel der Intervention ja auch nicht darin, spielorientierten Unterricht zu untersuchen – der darstellerische Aspekt der Methode steht in dieser Arbeit klar im Mittelpunkt.

Die Nachbesprechungs- bzw. Reflexionsphase im Plenum dient außerdem dazu, auf Missverständnisse und Fragen eingehen zu können und trägt darüber hinaus zur Verbalisierung der nach WINKEL et al. ikonisch repräsentierten Inhalte bei (vgl. Abschnitt 2.6.2 und 2.6.3 auf Seite 78 ff.), die bei den Gruppenarbeiten ev. zu kurz kommt.

4.8.2. Lehrplanbezug

Folgenden Teilen des allgemeinen Lehrplans für Physik in der AHS Oberstufe werden in dieser Stundenplanung besonders Rechnung getragen:

Die Schülerinnen und Schüler sollen...

1. [...] die Bedeutung physikalischer Phänomene im Alltag und für die Umwelt und für die Welterkenntnis erfassen und für ihre Lebensgestaltung nutzen können. [...]
2. [...] Problemlösungsstrategien einzeln und im Team entwickeln können. [...]
3. [...] physikalische Zusammenhänge darstellen können. [...]
4. [...] konzeptuales Wissen anwenden können. [...]
5. [...] Hypothesen entwickeln, einschätzen und diskutieren können.[...]
6. [...] Hypothesenbildung und Problemlösen als kreative Prozesse verstehen.²⁵¹

²⁵¹ BMUKK [Hrsg.]: *AHS Lehrplan Oberstufe - Physik*. Wien 2004, S. 1 f. (Nummerierung von AT). Online: http://www.bmukk.gv.at/medienpool/11862/lp_neu_ahs_10.pdf [Stand: 20.06.2014]

Bezug zu Punkt 1: Der Rhythmus der Jahreszeiten bestimmt an unserer geografischen Position auf der Erde (in Österreich bzw. Europa) unser aller Leben maßgeblich – eine fundierte konzeptuelle Kenntnis über die Verteilung der Sonneneinstrahlung auf der Erde und die daraus resultierenden Jahreszeiten ist also Kenntnis eines der wichtigsten und grundlegendsten physikalischen Alltagsphänomene überhaupt, das die Naturwissenschaftler schon vor tausenden Jahren beschäftigte. In Bezug auf die Lebensgestaltung bzw. den praktischen Nutzen kann zur Aufgabe 2 des Arbeitsblatts erwähnt werden, dass die von der Erde aus wahrgenommene Sonnenbahn etwa bei der Konstruktion von Häusern berücksichtigt wird und deswegen z.B. bei Passivhäusern normalerweise mehr und größere Fensterflächen nach Süden als nach Norden eingebaut werden, da das energetisch günstiger ist.

Bezug zu Punkt 2: Dies wird z. B. in der Aufgabe 3 in Teil I am Arbeitsblatt berücksichtigt: Diese ist (bis auf einige Hinweise) sehr offen gestellt und ihre Bearbeitung kann als Problemlösen mit darstellenden Methoden bezeichnet werden.

Bezug zu Punkt 3: Das Herstellen von Zusammenhängen wird vor allem in den theoretischen Reflexionsaufgaben in Aufgabe 1 und in den Aufgaben 4 und 5 gefordert.

Bezug zu Punkt 4: Eigentlich geht es in allen darstellenden Experimenten darum, konzeptuelles Wissen praktisch anzuwenden.

Bezug zu Punkt 5: Die theoretischen Reflexionsaufgaben sollen dazu anregen, Hypothesen zu bilden und in der Gruppe zu diskutieren – spätestens beim Vergleich im Plenum erhalten die Gruppen Aufschluss über die Qualität der jeweiligen Hypothesen.

Bezug zu Punkt 6: Diese Erkenntnis wird zwar nicht direkt thematisiert, wird aber implizit gefördert. Die Darstellung (als eigener kreativer Prozess) unterstützt hier die Prozesse des Problemlösens und der Hypothesenbildung und rundet somit das Bild eines kreativen Gesamtprozesses ab.

Zusätzlich werden folgende Themen des schulstufenspezifischen Lehrstoffs abgedeckt:

5. und 6. Klasse:

7. *mittels einfacher Schülerexperimente insbesondere die Fähigkeit zum Beobachten, Beschreiben und Berichten sowie Planen, Durchführen und Auswerten entwickeln [...]*
8. *mit Hilfe der Bewegungslehre (Relativität von Ruhe und Bewegung, Bewegungsänderung: Energieumsatz und Kräfte, geradlinige und kreisförmige Bewegung, Impuls und Drehimpuls, Modell der eindimensionalen harmonischen Schwingung) Verständnis für Vorgänge, beispielsweise im Verkehrsgeschehen oder bei den Planetenbewegungen, entwickeln.*²⁵²

Bezug zu Punkt 7: Die darstellerischen Aufgaben können insofern als Experimente betrachtet werden, dass dabei physikalische Variablen (z.B. die Neigung der Erdachse gegenüber der Ekliptikebene) variiert werden und (qualitative) Rückschlüsse auf die Folgen bzw. die physikalischen Zusammenhänge gezogen werden. Besonders das genaue Beobachten wird (neben dem Darstellen) gefordert - und so auch gefördert.

Bezug zu Punkt 8: Das am Kreisel auftretende Phänomen der Präzession (entnommen der Bewegungslehre) wird direkt auf die Bewegung der Erdachse (Planetenbewegungen) übertragen, was auch das Verständnis für die Universalität der physikalischen Phänomene fördern soll: Die riesige Erde verhält sich wie ein kleines Kinderspielzeug – denn die Physik macht keine Unterschiede.²⁵³

²⁵² BMUKK [Hrsg.]: *AHS Lehrplan Oberstufe - Physik*, S. 3

²⁵³ Natürlich gibt es im Detail Unterschiede zwischen der Präzession des Kreisels und der der Erdachse – aber hier sollte doch die wichtige Botschaft von der Universalität der physikalischen Prinzipien didaktischen Vorrang vor übertriebener Detailverliebtheit haben.

7. und 8. Klasse:

9. [...] Einblicke in den Strahlungshaushalt der Erde gewinnen[...] ²⁵⁴

Bezug zu Punkt 9: Das große Thema der Stunde ist die Verteilung der Sonnenstrahlung auf der Erde, was selbstverständlich Einblicke in den Strahlungshaushalt ermöglicht.

Fazit zum Lehrplanbezug: Besonders gut passt die Stundenplanung wohl gegen Ende der 6. Klasse, da es sich teilweise doch um komplexere physikalische Phänomene handelt (besonders, wenn man später an andere Bereiche des Klimawandels anknüpfen will, was sich hier anbieten würde) und sich außerdem in der 7. Klasse (Thema Strahlungshaushalt) gut daran anknüpfen lässt – wobei man das Thema Strahlungshaushalt wohl auch in die 6. Klasse vorziehen könnte. Die Stundenplanung eignet sich (wie bereits erwähnt) außerdem als Einstieg in das weite Themenfeld „Klimawandel“, so kann man etwa von den hier behandelten astronomischen Parametern ausgehen und über den Strahlungshaushalt der Erde (Sonne als schwarzer Körper, Solarkonstante, Einfluss des natürlichen Treibhauseffekts, etc.) schließlich zum menschlichen Einfluss auf das Klima kommen.

²⁵⁴ BMUKK [Hrsg.]: *AHS Lehrplan Oberstufe Physik*, S. 4

5. Datenerhebung und Auswertung

5.1. Praktische Umsetzung der Intervention

Im folgenden Abschnitt wird die konkrete Umsetzung der Unterrichtsintervention beschrieben. Dabei wird zunächst ein Überblick über die Stichprobe bzw. über die einzelnen Klassen gegeben, wonach im Anschluss auf den jeweiligen Ablauf und die Besonderheiten des Vorwissenstests und der einzelnen Unterrichtseinheiten in den jeweiligen Klassen eingegangen wird.

5.1.1. *Stichprobe*

Die Intervention wurde Ende Mai bzw. Anfang Juni 2014 in drei verschiedenen Klassen in drei verschiedenen Schulen in Wien und Niederösterreich durchgeführt. Es wurde dabei darauf geachtet, trotz relativ kleiner Stichprobe ein möglichst breites Spektrum an Schülergruppen im Hinblick auf die fachliche Motivation abzudecken – so erstreckt sich die Stichprobe von einer Wahlpflichtfachklasse, die sich davor bereits sehr eingehend mit Physik beschäftigt hatte und naturgemäß ein recht hohes Physikinteresse aufweist (schließlich können sich die Schülerinnen für das Wahlpflichtfach ja frei entscheiden) über eine „normale“ Physikklasse in einem Gymnasium bis hin zu einer BAKIP, in der Physik in der Stundentafel (und im Schulprofil) nicht unbedingt zu den Kernfächern (und in der Praxis auch nicht zum zentralen Interessensgebiet der Schülerinnen) gehört. Zur Unterscheidung der Klassen bei gleichzeitiger Wahrung der Anonymität von Klasse und Schule werden diese stellvertretend mit den Kürzeln **WPF** (**W**ahlpflicht**F**ach), **GYM** (**GYM**nasium) und **BAKIP** (**B**undes**A**nstalt für **K**indergarten**P**ädagogik) bezeichnet, da diese zur einer einfachen und klaren Unterscheidung der Versuchsklassen geeignet erscheinen.

5.1.1.1. Klasse “GYM”

Bei der Klasse “GYM” handelt es sich um eine sechste Klasse (10. Schulstufe) eines Gymnasiums in Niederösterreich, das sich in einen Realzweig (Realgymnasium) und einen Gymnasialzweig teilt, wobei die Klasse “GYM” Teil des Realzweiges ist. Die 22 Schülerinnen der Klasse GYM hatten in der 5. Klasse (9. Schulstufe) bereits eine Wochenstunde und in der 6. Klasse (an deren Ende die Intervention stattfand) 2 Wochenstunden Physikunterricht – zu diesen insgesamt drei Wochenstunden regulärem Physikunterricht kamen noch 2 Wochenstunden Physik/Chemie-Labor in der 5. und 6. Klasse. Laut Physiklehrer wurden die Keplerschen Gesetze und das Thema Gravitation bereits in der 5. Klasse behandelt. Außerdem stellte er fest, dass es sich bei GYM um eine “disziplinierte” Klasse handle.

Eine organisatorische Besonderheit bei GYM bestand darin, dass der Vorwissenstest aus organisatorischen Gründen hier nur 5 Tage vor der Intervention stattfinden konnte und vom Klassenlehrer durchgeführt wurde – und nicht wie bei den beiden anderen Klassen zwei Wochen davor vom Autor. Von einem etwas größeren Erinnerungseffekt in Bezug auf die AAAS-Items ist also auszugehen, der vorangehende Kommentar zum Vorwissenstest war aber identisch (er wurde in diesem Fall vom Lehrer und nicht vom Autor vorgelesen) und die Beispiele des Vorwissenstests wurden auch nicht im Anschluss im Unterricht besprochen (gleich wie in den anderen Klassen).

Weiters ist anzumerken, dass in der Klasse GYM die erste der drei Interventionen (am 28.05.2014) stattfand, wobei aus organisatorischen Gründen sehr wenig Vorbereitungszeit zur Verfügung stand. Außerdem war die Klasse die einzige, bei der am Vormittag (in den ersten beiden Stunden) unterrichtet wurde, die anderen beiden Interventionen fanden im Nachmittagsunterricht statt. In der Klasse GYM wurden auch keine Schülerinterviews durchgeführt, weil das aus Zeitmangel zwischen zweiter und dritter Unterrichtsstunde eher schwierig gewesen wäre (der Physiksaal musste ebenfalls rasch aufgeräumt werden, da er für die nächste Stunde wieder gebraucht wurde) – zudem erklärten sich in dieser Klasse einige Eltern im Vorfeld mit Interviews ihrer Kinder bzw. der Aufzeichnung derselben für Forschungszwecke nicht einverstanden.

5.1.1.2. Klasse “WPF”

Die Klasse “WPF” ist eine Wahlpflichtfachklasse einer Wiener Privatschule (Gymnasium mit Öffentlichkeitsrecht), in der 16 Schülerinnen der 6. und 7. Klasse (10. und 11. Schulstufe) gemeinsam das Wahlpflichtfach Physik besuchen. In der 5. Klasse (9. Schulstufe) findet an dieser Schule laut Stundentafel im Internet kein Physikunterricht statt, dafür sind es in der 6. Klasse regulär 3 Wochenstunden plus 2 Wochenstunden im Wahlpflichtfach Physik, im Rahmen dessen die Intervention stattfand. Für die Wahlpflichtfachteilnehmer aus der 7. Klasse gilt, dass sie in der Oberstufe zum Erhebungszeitpunkt (am 02. 06. 2014) bereits 5 Wochenstunden regulären Physikunterricht, sowie 4 Stunden Physik im Wahlpflichtfach hinter sich hatten. Unterricht zu den Kepler’schen Gesetzen bzw. zur Erdumlaufbahn hatte in der gemischten Klasse WPF nach Informationen des Lehrers bei allen Schülerinnen bereits in der einen oder anderen Form bereits zuvor stattgefunden. Organisatorische Besonderheiten gab es bei dieser Klasse keine – aufgrund der hohen Anzahl an bereits absolvierten Physikstunden, den Ergebnissen des Vorwissenstests und dem bereits angesprochenen zusätzlichen Interessensfaktor (bzw. der relativen Freiwilligkeit) eines Wahlpflichtfachs war aber bereits vor der Intervention zu erwarten, dass WPF wohl die stärkste Klasse sein würde. Entsprechend wurden im Unterricht besonders in der letzten Unterrichtsphase zu den Milanković - Zyklen auch einige weiterführende Fragen gestellt, in Folge derer auf Details eingegangen wurde, die in den anderen Klassen kaum berücksichtigt wurden. Auch in anderen Klassen wurde natürlich auf Fragen der Schülerinnen Bezug genommen – dort handelte es sich aber meist um Fragen, die sich auf den unmittelbaren Unterrichtsinhalt bezogen, weniger um weiterführende Fragestellungen wie in der Klasse WPF.

5.1.1.3. Klasse “BAKIP”

Die Klasse “BAKIP” ist eine 2. Klasse (10. Schulstufe) einer Bildungsanstalt für Kindergartenpädagogik (BAKIP), die in eine Privatschule mit Öffentlichkeitsrecht in Niederösterreich integriert ist. Es ist dies die Klasse mit den wenigsten bisher absolvierten Physikstunden, nämlich nur zwei Wochenstunden in der 2. Klasse, in der auch die Intervention durchgeführt wurde. Diese werden jeweils als Doppelstunde am Dienstagnachmittag in der 9. und 10. Stunde abgehalten, nachdem die 24 Schülerinnen der Klasse BAKIP davor bereits 8 andere Schulstunden hatte – und nach der Doppelstunde Physik

haben die Schülerinnen am selben Tag (man möchte es wirklich kaum glauben) noch eine weitere Doppelstunde eines anderen Fachs. Dass das nicht die besten Unterrichtsbedingungen sind und dass sich das Interesse für Physik in einer BAKIP, welche die Schülerinnen ja für den Sozialberuf Kindergärtnerin ausbildet, grundsätzlich eher in Grenzen hält, liegt auf der Hand. Der Physiklehrer bezeichnete die Klasse BAKIP außerdem als „schwache Klasse“, wobei da die oben genannten Umstände sicherlich auch eine Rolle spielen. Vor der Intervention hatte in der Klasse auch noch kein Unterricht zu den Keplerschen Gesetzen stattgefunden – im Gegensatz zu den beiden anderen Klassen.

Was die Klasse BAKIP von den anderen Versuchsklassen darüber hinaus unterscheidet, ist, dass sie eine reine Mädchenklasse ist – und das nicht, weil die Schule etwa geschlechtergetrennt wäre, sondern weil es wohl einfach recht wenige Burschen gibt, die sich relativ früh (nach der 8. Schulstufe) für die Ausbildung zum Kindergärtner entscheiden.

5.1.2. Ablauf der Intervention

Wie bereits erwähnt fand in allen Klassen vor der eigentlichen Unterrichtsintervention ein Vorwissenstest mittels Fragebogen statt, bei dem die gleichen AAAS-Items wie beim Abschlusstest verwendet wurden (allerdings wurde beim Abschlusstest sowohl die Reihenfolge der Items als auch die der Antwortmöglichkeiten verändert). Dazu wurde (jeweils für Vorwissenstest und Abschlusstest) ein standardisierter Vorkommentar verfasst, in dem die Testbedingungen erklärt wurden – dieser Kommentar wurde vor dem Vorwissenstest in der Klasse vorgelesen. Im Anschluss wird nun zunächst der Ablauf und die besonderen Bedingungen bei diesem Vorwissenstest beschrieben, danach folgt eine eingehende und insbesondere was Auslassungen und Abweichungen vom Konzept bzw. der Stundenplanung betrifft (selbst)kritische Darstellung des Ablaufs der Einheiten. Es werden darin also besonders die kritischen Punkte bei der Durchführung der Einheiten hervorgehoben und festgehalten, da diese für die Interpretation der Daten wichtig erscheinen und später gegebenenfalls zur Erklärung der Ergebnisse herangezogen werden können. Abgesehen davon kann aber festgestellt werden, dass in allen drei Klassen das Grundkonzept der Stundenplanung mehr oder weniger gut umgesetzt werden konnte.

5.1.3. Ablauf der Vorwissenstests

In den Klassen WPF und BAKIP wurde der Vorwissenstest zwei Wochen vor der Unterrichtsintervention vom Autor persönlich durchgeführt – es gab in diesem Rahmen also bereits eine Gelegenheit zur Vorstellung in der Klasse und zu einer kurzen Erläuterung des Hintergrundes der Tests und der kommenden Unterrichtseinheit. Es wurde dabei erwähnt, dass es sich um eine Forschungsarbeit im Rahmen der Diplomarbeit handelte, für die die Fragebogentests und die Interviews durchgeführt würden, auf das genaue Thema bzw. die Forschungsfrage der Diplomarbeit wurde jedoch absichtlich nicht eingegangen (auch in der Kommunikation mit den Lehrkräften wurde dies nie thematisiert), da die Gefahr einer Verfälschung der Ausgangssituation im Sinne einer höheren Kooperation bzw. (theoretisch auch möglich) einer Sabotage der darstellenden Gruppenarbeit im Sinne einer (falsch verstandenen) „Unterstützung“ oder „Torpedierung“ der Forschungsarbeit durch die Klasse bestanden hätte.

In beiden Klassen konnte festgestellt werden, dass während des Tests im Fragebogen häufig vor- und zurückgeblättert wurde. Eine mögliche Interpretation dieses Vorgangs wäre, dass Fragestellungen und die dazu abgebildeten Grafiken direkt untereinander verglichen wurden.

Während es in der Klasse WPF keine besonderen Vorkommnisse während des Vorwissenstests gab (die Schülerinnen wollten dort lediglich wissen, ob sie die richtigen Antworten auf die gestellten MC-Fragen bekommen würden, woraufhin auf die kommende Unterrichtseinheit verwiesen wurde), so wurden in der BAKIP während des Tests etliche Kommentare laut geäußert. Einige davon lauteten sinngemäß wie folgt:

- *So viel Text zu lesen – ich hab gedacht, wir haben Physik und nicht Deutsch?*
- *Was hat denn das mit Physik zu tun? (Anmerkung: vermutlich wie in in der Akzeptanzbefragung auf die Fragestellung eines Items zum Thema „Modelle“ bezogen)*
- *Was heißt „elliptisch“? Wie soll ich das beantworten, wenn ich nicht weiß, was „elliptisch“ heißt? (Anmerkung: vermutlich auf das Item 3 des Vorwissenstests zur Form der Erdumlaufbahn bezogen)*
- *Bei der letzten Frage sind zwei Fehler bei den Antworten! Da kommt zwei Mal „kann“ vor.*

Als Reaktion auf den letzten Kommentar wurde tatsächlich ein Tippfehler bei den Antworten A und B zu Item 9 im Vorwissenstest festgestellt – das Wort „kann“ kam bei den zwei Antwortmöglichkeiten am Satzende tatsächlich jeweils einmal zu oft vor. Der Schülerin wurde für die Information gedankt und es wurde darauf hingewiesen, das zweite „kann“ am Satzende zu ignorieren. In den bereits gedruckten Vorwissenstests für die Klasse GYM wurde das überzählige Wort daraufhin geschwärzt – in der Klasse WPF hatte am Tag davor offenbar fast niemand den Fehler bemerkt oder für relevant befunden, zumindest war das Wort „kann“ nur auf einem Testbogen durchgestrichen – diese Person machte allerdings nicht laut darauf aufmerksam. Es kann jedenfalls davon ausgegangen werden, dass die Verständlichkeit des Items von dem Tippfehler nicht beeinträchtigt war – die Antworten der Klasse WPF lassen zumindest darauf schließen. Für den Abschlusstest wurde der Fehler natürlich korrigiert.

Im Hinblick auf den Kommentar zur Unkenntnis des Wortes „elliptisch“ wurde wie bereits im Vorkommentar noch einmal darauf hingewiesen, dass leider keine Erklärungen zu den Fragestellungen gegeben werden könnten, da dies die Testbedingungen gegenüber den anderen Klassen verändere. Es fand sich folglich auf einem Bogen der Vorwissenstests der BAKIP auch in einer der im Fragebogen erbetenen Begründungen zur Entscheidung bei Item 3 der Satz: „weiß [SIC!] leider nicht was elliptisch heißt!“²⁵⁵. Auch zwei weitere Bögen enthielten ähnliche Bemerkungen. Generell konnte festgestellt werden, dass es in der Klasse BAKIP während des Tests um einiges unruhiger war, als etwa in der Klasse WPF – es wurde immer wieder gesprochen und einige Ermahnungen zur Stille durch die Lehrkraft der Klasse BAKIP waren die Folge.

Zum Ablauf des Vorwissenstest in der Klasse GYM liegen keine Beobachtungsdaten vor, da dieser vom Klassenlehrer und nicht vom Autor durchgeführt wurde. Wie bereits erwähnt wurde der Vorwissenstest hier aber nur 5 Tage (statt 2 Wochen) vor der eigentlichen Intervention durchgeführt, was im Hinblick auf Erinnerungseffekte bei der Interpretation der Daten berücksichtigt werden muss – die (wie sich noch zeigen wird) relative Stärke des Effektes in dieser Klasse muss unter diesem Gesichtspunkt vielleicht etwas relativiert werden – allerdings wäre es wohl auch übertrieben, die Daten deswegen gleich zu verwerfen.

²⁵⁵ Fragebogen zum Vorwissenstest, Klasse BAKIP, Fragebogen Nr. 27

5.1.4. Ablauf der Intervention in der Klasse GYM am 28.05.2014

Da die Unterrichtseinheit in der Klasse GYM in den ersten beiden Schulstunden stattfand, war die Vorbereitungszeit (also das Zeitfenster unmittelbar vor der Stunde, in dem der Physiksaal zugänglich war und die Experimente vorbereitet werden konnten) entsprechend kurz – der erste Physiker mit einem Schlüssel zum Physiksaal traf etwa 15 Minuten vor Unterrichtsbeginn in der Schule ein. Statt den in der Stundenplanung ursprünglich veranschlagten 20 Minuten betrug die Vorbereitungszeit in diesem Fall also nur etwas weniger als 15 Minuten. Dankenswerterweise halfen dann aber gleich zwei Kollegen beim Aufbau des Demonstrationsexperiments 1, wodurch der Unterricht mit etwas weniger als 5 Minuten Verspätung begonnen werden konnte. Allerdings blieb keine Zeit mehr, die bereitgestellten Experimentiermaterialien zu überprüfen, was sich später bemerkbar machen sollte, da sich ein Kabel der Verbindung zwischen Solarzelle und Rotor (für Demonstrationsexperiment 2, siehe Stundenplanung auf S. 127) beim Transport aus der Verankerung gelöst hatte und somit der Kontakt händisch hergestellt werden musste, was zwar einigermaßen funktionierte, das Experiment aber verzögerte und ihm auch einiges von seiner Anschaulichkeit nahm.

Weiters kam es vor allem in der ersten Hälfte der Stunde zu einigen Abweichungen von der Stundenplanung, etwa was die an sich intendierten Vorinformationen bei der Einführung vor der Gruppenarbeit betraf: So wurde beispielsweise darauf vergessen, auf die Drehrichtung der Erde um die eigene Achse bzw. auf ihrer Umlaufbahn um die Sonne einzugehen. Zweiteres wurde zwar andeutungsweise korrekt nachgestellt, aber nicht erwähnt, dass es sich hierbei um die tatsächlich richtige Darstellung einer Drehung gegen den Uhrzeigersinn (bei Aufsicht auf den Nordpol) handelte. Insofern gab es manche Gruppen, bei denen sich die Erde bei der Gruppenarbeit in die falsche Richtung um die Sonne drehte. Auf die Erddrehung um ihre eigene Achse und den so verursachten Tag/Nacht-Wechsel wurde in der Einführung ebenfalls nicht eingegangen – allerdings wurden im Unterrichtsverlauf keine diesbezüglichen Fehlinterpretationen (z.B. Verwechslung von Tag/Nacht-Ablauf durch die Eigenrotation der Erde und Jahreszeitenwechsel durch die Drehung um die Sonne) beobachtet, allerdings machte diese Auslassung die ohnehin schwer zu lösende Aufgabe 3 des Arbeitsblattes (ungefähre Bestimmung der Himmelsrichtung des Sonnenaufgangs, Mittags und Sonnenuntergangs in Wien zu verschiedenen Jahreszeiten) wohl noch

schwieriger, als wenn der Tag/Nacht- Rhythmus vorher im Plenum explizit behandelt worden wäre.

Zu den Gruppenarbeiten ist festzustellen, dass Arbeitsblatt und Material ausgeteilt wurden, bevor der in der Stundenplanung intendierte Vorkommentar zu den Gruppenarbeiten (möglichst genaues Arbeiten, Rufen des Betreuers bei Abschluss einer Aufgabe, genaues Einprägen) abgegeben wurde. Die bereits begonnene Gruppenarbeit wurde deshalb kurz unterbrochen, um diesen Kommentar noch nachzureichen - allerdings wurde dabei der letzten Teil des Kommentars (genaues Einprägen) dabei vergessen – und auch auf die Möglichkeit, die Konstellationen mit dem Handy zu fotografieren wurde nicht hingewiesen. Dieser Hinweis wurde folglich auch in den anderen Klassen unterlassen (in der Klasse WPF herrschte ohnehin Handyverbot im Physiksaal).

Es stellte sich heraus, dass besonders die oben bereits erwähnte Aufgabe 3 viele Gruppen vor Probleme stellte und dass deshalb insgesamt mehr Zeit als veranschlagt für die erste Gruppenarbeit benötigt wurde – nach ca. 18 Minuten wurde diese abgebrochen.

Bei der Nachbesprechung der Aufgaben im Plenum fand sich zu jeder Aufgabe eine freiwillige Gruppe, die diese in den ersten beiden Fällen auch korrekt nachstellten. Bei der Nachbesprechung von Aufgabe 1 wurde allerdings vergessen, darauf hinzuweisen, dass zu Herbst- bzw. Frühlingsbeginn die gleiche Strahlungsmenge auf Nord und Südhalbkugel eintrifft – es wurde nur erwähnt, dass die Erdachse an diesen beiden Tagen weder zur Sonne hin-, noch weggeneigt sei. Dass dieser Hinweis vergessen wurde muss also bei der Interpretation der Ergebnisse des Nachtests bei dem diesbezüglichen Item (Item 5 des Vorwissenstests) berücksichtigt werden.

Bei der Aufgabe 2 wurde die Markierung des Wendekreises im Plenum nur für Nordhalbkugel nachgestellt, auf die Analogie zur Südhalbkugel wurde dabei nur verwiesen. In den anderen beiden Klassen wurde diese Aufgabe sowohl für die Nordhalbkugel als auch für die Südhalbkugel nachgestellt, da es im Nachhinein betrachtet einleuchtender erschien, zumindest im Plenum beide Wendekreise zu markieren und nicht nur einen. Dies ist vor allem bei der Interpretation der Ergebnisse von Item 2 des Abschlusstests (entspricht Item 6 des Vorwissenstests) zu berücksichtigen.

Die Gruppe, die Aufgabe 3 darstellen wollte, hatte diese leider nicht richtig gelöst (aufgrund des Abbruchs der Gruppenarbeit und des Zeitmangels konnten nicht alle Lösungen der Gruppen vor der Darstellung im Plenum überprüft werden) – sie wollte zeigen, dass die

Sonne in unseren Breiten tatsächlich immer im Osten aufgeht, was so allerdings nicht stimmt. Der Fehler lag zum einen darin, dass die Himmelsrichtung „Osten“ auf der Kugeloberfläche nicht normal zum nach „Norden“ weisenden Pfeil eingezeichnet wurde, sondern in Richtung des Äquators verdreht wurde (also nach Südostenweisend).

Das scheint auf einer möglichen Schülervorstellung zu beruhen, dass „Osten“ bzw. „Westen“ immer entlang des Äquators (anstatt entlang des jeweiligen Breitenkreises, auf dem man sich gerade befindet) zu suchen sind, wie das wohl durch manche Weltkarten suggeriert werden kann – allerdings wurde nicht explizit auf diese mögliche Schülervorstellung eingegangen, es wurde nur darauf hingewiesen, dass die Himmelsrichtungen an jedem Punkt der Erdoberfläche immer normal zueinander stehen. Der zweite Fehler bestand darin, dass die als „Osten“ eingezeichnete Himmelsrichtung „Südosten“ auch nicht die wahre Richtung des Sonnenaufgangs zur Sommersonnenwende darstellt – diese liegt nämlich im Nordosten. Das kann ev. dadurch erklärt werden, dass die Sonne nicht genau genug angepeilt wurde, denn an der Orange ist der Effekt tatsächlich einigermaßen schwierig zu demonstrieren, besonders wenn man nicht wirklich genau arbeitet. Eine zweite Möglichkeit wäre, dass in der Gruppe statt der Sommersonnenwende versehentlich die Konstellation zur Wintersonnenwende zur Darstellung verwendet wurde – da geht die Sonne ja tatsächlich im Südosten auf.

Die Aufgabe 3 wurde daher nochmals vom Autor unter Mithilfe der Gruppe nachgestellt – wegen eines räumlichen Problems (der Sonnenaufgang zur Sommersonnenwende hätte an der von der Klasse abgewandten Seite stattgefunden und niemand hätte den Effekt gesehen) wurde allerdings dann doch der Sonnenaufgang zur Wintersonnenwende dargestellt und darauf hingewiesen, dass die Gruppe für die Wintersonnenwende (statt wie in der Aufgabenstellung eigentlich verlangt bei der Sommersonnenwende) die richtige Richtung eingezeichnet hatte, dass diese aber tatsächlich nicht der Osten, sondern der Südosten sei. Im Anschluss wurde im Rahmen des Vortrags bzw. der Power – Point Präsentation noch einmal auf die Frage der Himmelsrichtung eingegangen und anhand der grafischen Darstellung der Website www.sonnenverlauf.de ließ sich dann doch gut zeigen, dass der Sonnenaufgang in unseren Breiten im Winter im Südosten und im Sommer im Nordosten stattfindet und nur zu Herbst- und Frühlingsbeginn tatsächlich genau im Osten liegt.

Danach fand jedoch gleich der Übergang zum Milanković-Modell, zum Demonstrationsexperiment 3 (Kinderkreisel) und zur Präzession statt – auf das in der

Physiksammlung vorbereitete Demonstrationsexperiment 1 (und auf das wie bereits erwähnt eher schlecht funktionierende Demonstrationsexperiment 2) zum Einfallswinkel hatte der Autor für einen Moment vergessen. Nachdem die Präzession anhand von Kreisel und Video eingeführt war, wurden die beiden Experimente allerdings als eine Art „Rückblende“ nachgeholt, was jedoch aus didaktischer Hinsicht durchaus zu kritisieren ist, da sich (nicht nur) dadurch der sprichwörtliche „rote Faden“ der Stunde den Schülerinnen wohl einigermaßen verworren darstellte. Als weiteres Defizit ist zu nennen, dass der Begriff „Intensität“ zwar an der einen oder anderen Stelle fiel bzw. im Kontext (richtig) verwendet wurde – es wurde aber verabsäumt, den Begriff mit physikalischen Größen fundiert zu erklären bzw. einzuführen, er wurde vielmehr nur an den Demonstrationsexperimenten 1 und 2 veranschaulicht. Dies gilt allerdings auch für die anderen beiden Klassen, denn auch in den anderen beiden Einheiten wurde die Intensität im Sinne der darstellenden Methode nur anhand der Demonstrationsexperimente anschaulich gemacht bzw. inhaltlich gestreift, aber nicht im Sinn einer Formel eingeführt bzw. mit den zugehörigen physikalischen Größen in Verbindung gebracht und ausführlich besprochen. Stattdessen wurde die Rolle des Einfallswinkels dominant hervorgehoben und erklärt, dass sich die gleiche eintreffende Energie je nach Einfallswinkel unterschiedlich auf verschiedene Flächen verteilt und das Licht deshalb bei senkrechtem Einfall intensiver ist, als wenn es in flachem Winkel einfällt. Das sollte jedenfalls bei der Interpretation der auf den Begriff „Intensität“ bezogenen Items (Nr. 2, Nr. 5 und Nr. 6 im Vorwissenstest) berücksichtigt werden.

Bei der zweiten Gruppenarbeit wurde wesentlich weniger Zeit als die veranschlagten 10 Minuten benötigt – nach 5 Minuten waren bereits alle Gruppen damit fertig. Auch mit dem Abschlusstest waren die Schülerinnen schneller fertig als gedacht. Nach ca. 15 Minuten (statt wie veranschlagt 25) hatten alle den Test abgegeben und wurden nach einem letzten Dank für die Teilnahme entsprechend früher in die Pause entlassen. Dabei spielte wohl auch der Erinnerungseffekt (wegen des kurz zuvor in dieser Klasse stattgefundenen Vorwissenstests in diesem Fall wohl besonders stark) eine Rolle. Beim Aufräumen wurde abschließend festgestellt, dass einige Luftballons mit Gesichtern und Mustern bemalt worden waren. Eventuell kann damit ein gewisses spielerisches Element der Planung (bzw. ein spielerischer Aufforderungscharakter der Gegenstände Luftballon und Filzmarker) festgestellt werden.

5.1.5. Ablauf der Intervention in der Klasse WPF am 02.06.2014

Gleich vorweg: die Unterrichtseinheit lief in der Klasse WPF wesentlich reibungsloser ab, als in den beiden anderen Klassen. Zum einen lag das wohl an der weit längeren Vorbereitungszeit (gut 40 Minuten), vor Stundenbeginn, wegen der mit wesentlich weniger Hektik aufgebaut und vorbereitet werden konnte als etwa in der Klasse GYM. Zum anderen lag es sicher auch an den Erfahrungen aus der ersten Durchführung der Intervention, aber auch an der Diszipliniiertheit und relativ kleinen Schülerzahl der Klasse. Es kam kaum zu relevanten Abweichungen von der Stundenplanung, in manchen Bereichen konnten sogar zusätzliche Themen wie der Polarkreis (als Linie, die die geografische Grenze auf der Erde markiert, südlich bzw. nördlich derer es an allen Tagen im Jahr zumindest für sehr kurze Zeit zu einem Sonnenuntergang bzw. einem Sonnenaufgang kommt) angesprochen werden. Zu einer kurzfristigen Abschweifung kam es, als kurz diskutiert wurde, ob die wegen der aufgrund der Perihelposition der Erde im Südsommer und der Aphelposition der Erde im Südwinter theoretisch prognostizierbaren etwas extremeren Jahreszeiten auf der Südhalbkugel (siehe Aufgabe 1e am Arbeitsblatt) tatsächlich praktisch feststellbar seien. Eine Frage dazu lautete sinngemäß, ob auf dem (entgegengesetzt) gleichen Breitengrad auf der Nordhalbkugel und der Südhalbkugel deswegen zur jeweiligen Winter- oder Sommersonnenwende unterschiedliche Temperaturen gemessen werden könnten.

Die Antwort, dass dies eher ein langfristiges Klimaphänomen als ein kurzfristiges Wetterphänomen sei und dass man wegen der relativ kleinen Größe des Effekts sogar beim Vergleich von langfristigen Temperaturmittelwerten zweier vergleichbarer Orte der selben Seehöhe mit ähnlichem Makro- und Mikroklima etliche weitere Effekte wie Meeres- und Luftströmungen herausrechnen müsste, war offensichtlich nicht besonders befriedigend.

Ansonsten gab es in der Einheit keine besonderen Vorkommnisse mehr, die Interviews konnten wie geplant nach dem Ende der Einheit (ohne Anwesenheit des Klassenlehrers oder anderer Schülerinnen) durchgeführt werden.

5.1.6. Ablauf der Intervention in der Klasse BAKIP am 03.06.2014

In dieser Einheit sind die gravierendsten Abweichungen von der Planung zu verzeichnen, was einerseits auf disziplinäre und andererseits auf technische Gründe (Stromausfall im Physiksaal, nachdem eine Schülerin versehentlich den Notschalter betätigt hatte) zurückgeführt werden kann.

Die Vorbereitungszeit war hier noch länger als in den beiden anderen Klassen (fast zwei Stunden) was aber hauptsächlich an dem organisatorischen Grund lag, dass der Physiksaal sowie der Klassenlehrer in den beiden der Einheit vorangehenden Unterrichtsstunden durch den Physikunterricht in der Parallelklasse (im gleichen Physiksaal) in Anspruch genommen war und deswegen bereits vor Beginn dieser vorangehenden Doppelstunde mit der Vorbereitung begonnen musste. Da nach einem Vorbereitungsgespräch mit dem Lehrer bereits vor der Einheit klar war, dass die Klasse so gut wie kein Vorwissen zum Thema Keplersche Gesetze bzw. Erdumlaufbahn hatte, wurde dem Einstieg entsprechend viel mehr Zeit gewidmet und auch die Eigenschaften einer Ellipse (Brennpunkte, Form) kurz angesprochen, die in den anderen beiden Klassen vorausgesetzt wurden. Es wurde hier insgesamt kleinschrittiger vorgegangen, zunächst wurde ausführlich der Tag/Nacht-Wechsel und die Beleuchtung einer Halbkugel der Erde besprochen, dann wurde erst die Rotation um die Sonne und der Wechsel der Jahreszeiten in Angriff genommen. Im Gegensatz zu den anderen Klassen wurde hier auch die volle Rotation um die Sonne im Plenum zweimal durchgespielt und auf die jeweiligen Jahreszeiten hingewiesen.

Am Beginn der Gruppenarbeit herrschte relativ viel Unruhe in der Klasse und es dauerte auch einige Zeit, bis sich überhaupt Gruppen zusammengefunden hatten. Eine Schülerin fragte nach der Materialausgabe, ob die Orangen nach der Arbeit gegessen werden dürften, was bejaht wurde (dies wurde in allen Klassen nach Abschluss der zweiten Gruppenarbeit erlaubt) – es wurde auch noch einmal deutlich darauf hingewiesen, dass „nach der Arbeit“ hier *„ganz am Ende der Doppelstunde“* bedeute – allerdings war dieser Hinweis wohl immer noch nicht deutlich genug, wie sich bald zeigen sollte.

Bald war klar, dass die Begriffe „(Sommer)sonnenwende“ oder „Herbstbeginn“ am Arbeitsblatt vielen Schülerinnen „nichts sagten“, d. h. sie waren nicht im Stande, den Begriffen die Information zu entnehmen, die zur Darstellung der entsprechenden Konstellationen nötig gewesen wäre. Deswegen wurden die Begriffe noch einmal im Plenum erklärt. Weiters zeigte sich, dass die Gegenstände zur Darstellung der Jahreszeiten zu Beginn teilweise gar nicht herangezogen wurden – die Positionen der Jahreszeiten auf der Umlaufbahn wurden in mehreren Gruppen einfach mit Kreide an etwa den selben Stellen der Ellipse wie im Plenum markiert und die erste Aufgabe damit als „gelöst“ betrachtet – die Orange und der Luftballon blieben dabei in vielen Gruppen zunächst auf der Seite liegen.

Nach diesen Anfangsschwierigkeiten kam die selbstständige Gruppenarbeit nach einigen Minuten intensiver Betreuungsarbeit langsam in Gang und einige Gruppen konnten zumindest die zweite Aufgabe selbst lösen – an der Aufgabe 3 scheiterten jedoch alle, wie bei der Klasse GYM musste die Gruppenarbeit nach einiger Zeit (hier wegen der vielen Unterbrechungen und der Verständnisprobleme wohl an die 20 Minuten) abgebrochen werden.

Die Nachbesprechung im Plenum und die Demonstrationsexperimente funktionierten relativ gut und der hohe Lärmpegel der Gruppenarbeit ebte etwas ab. Als jedoch zu den Milanković-Zyklen übergegangen werden sollte, zeigte sich, dass eine Schülerin wohl versehentlich den Notschalter betätigt haben musste – es war jedenfalls kein Bild des Beamers mehr zu sehen, da sich der PC abgeschaltet hatte. Da die Stimmung daraufhin sofort wieder in Unruhe umschlug und das Problem behoben werden sollte, wurde in dieser Klasse (als einziger) eine Pause von etwa 5 Minuten eingelegt. In dieser Zeit konnte zwar das technische Problem gelöst werden, es zeigte sich aber schnell, dass mehr als die Hälfte der Gruppen in der Pause ihre Orangen verspeist hatte – sie sahen offenbar aufgrund der kurzfristig veranschlagten Pause das „Ende“ der aktuellen Stunde gekommen (wobei natürlich das Ende der Einheit gemeint gewesen war) und verspeisten somit ihre Orangen. Da kein Ersatz da war, musste der zweite Teil der Gruppenarbeit daher entfallen bzw. ausschließlich im Plenum dargestellt werden, was allerdings aufgrund der bereits stark fortgeschrittenen Zeit und der offensichtlichen Disziplinprobleme bei der Gruppenarbeit in der gegebenen Situation gar nicht unbedingt als die didaktisch schlechteste Lösung erschien. Der zweite Teil der Stunde fand also im Frontalunterricht (mit darstellenden Demonstrationsexperimenten) statt und die zwischenzeitlich sehr laute Klasse beruhigte sich wieder. Stellenweise wurden auch Fragen gestellt, die durchaus von Interesse am Stoff zeugten (wie man etwa die Präzession der Erdachse erkennen bzw. messen könne). Am Ende blieben noch etwa 18 Minuten für den Abschlusstest übrig, was allerdings offensichtlich ausreichend war, da auch hier der Erinnerungseffekt zum Tragen kam und die dafür veranschlagten 25 Minuten wohl wirklich stark überschätzt waren. Der Kommentar vor dem Abschlusstest wurde aber wegen des Zeitmangels nicht komplett vorgelesen sondern nur in einer Zusammenfassung wiedergegeben, wobei allerdings der erste Teil vergessen wurde, in dem darauf hingewiesen werden sollte, dass die erneute Erfassung der statistischen Daten notwendig sei. Mit dem Fehlen dieser Information lässt es sich auch erklären, warum

einzelne Schülerinnen der Klasse BAKIP die PISA-Skalen beim Abschlusstest nicht ausfüllten. Die Interviews konnten im Allgemeinen ohne Probleme durchgeführt werden, einmal kam allerdings der Lehrer kurz in die Klasse um etwas zu holen, was allerdings während des zweiten Teils des ersten Interviews geschah, in dem bereits nicht mehr über die Einstellungen zu seinem Physikunterricht gesprochen wurde (was wohl kritisch gewesen wäre). Er verließ die Klasse aber bald darauf wieder und das zweite Interview konnte ungestört stattfinden.

5.2. Auswertung der Fragebögen und Interviews

Im folgenden Abschnitt wird die Auswertung und Analyse der mittels Fragebögen und Interviews erhobenen empirischen Daten präsentiert. Zunächst werden dabei die Fragebögen ausgewertet, wobei der Hauptteil hier in einer quantitative Datenanalyse mit statistischen Methoden besteht, zu der bei den inhaltlichen AAAS - Items Nr. 3 und Nr. 4 (vgl. Abdruck des Vorwissenstests im Anhang, S. 264 ff.) außerdem noch eine qualitative Inhaltsanalyse der von den Schülerinnen formulierten Begründungen durchgeführt wird. Daran anschließend folgt die qualitative Inhaltsanalyse der Leitfadeninterviews.

5.2.1. Auswertung der Fragebögen

Die Fragebögen wurden in den Klassen als einfacher *Paper-Pencil-Test* durchgeführt, die Daten wurden anschließend digitalisiert und mit Hilfe der Statistik-Software *Excel* der Firma Microsoft ausgewertet. Auf einen Komplettabdruck der erhobenen Rohdaten wird aus Platzgründen verzichtet (bei Interesse wird um eine Kontaktaufnahme per e-mail unter arnetraun[at]hotmail.com gebeten).

5.2.1.1. Statistische Analyse der Voraussetzungen in den einzelnen Klassen

Zunächst folgt eine Übersicht über die Rahmenbedingungen in den einzelnen Klassen, die anhand einer statistischen Auswertung allgemeiner Daten (Geschlecht, Alter, Semesternote, in d. Familie gesprochene Fremdsprachen) sowie der PISA-Items zum Selbstkonzept der Leistung und Begabung einerseits und zum Interesse und der Freude an Physik(unterricht) andererseits erstellt wird. Dazu werden die Daten des Vorwissenstests herangezogen, bei dem das Gesamtsample etwas größer war als beim Abschlusstest (Vorwissenstest: N=55, Abschlusstest: N=51), da vor allem in der Klasse WPF bei der Durchführung der Unterrichtseinheit und daher auch beim Abschlusstest einige Schülerinnen fehlten. Bezüglich der Daten des Abschlusstests ergaben sich allerdings keine relevanten statistischen Unterschiede zwischen den jeweiligen Mittelwerten für Vorwissenstest und Abschlusstest, weswegen hier die Präsentation der Daten des Vorwissenstest als ausreichend betrachtet werden kann.

Klasse WPF

N=15 (8w, 7m); Altersdurchschnitt: (16,2 ± 0,7) Jahre; Medianwert der letzten Semesternote in Physik: „Sehr Gut“; *Semesternotendurchschnitt: 1,4 (+0,6/-0,4).*²⁵⁶

6 Schülerinnen (=40%) sprechen in der Familie mind. eine Fremdsprache (Hinweis auf Migrationshintergrund).

<i>Klasse WPF - Selbstkonzept der Begabung und Leistung (PISA-Skalen)</i>			
Nr.	Item	Arithmet. Mittel*	Standardabweichung**
BL1:	„Mir fällt Physik leicht.“	3,27	±0,58
BL2:	„Ich bin für Physik begabt.“	2,93	±0,58
BL3:	„Ich bringe in Physik gute Leistungen.“	3,33	±0,48
Mittelwert der Daten aller 3 Items:		3,18	±0,58

Tabelle 5.1: Selbstkonzept der Begabung und Leistung in der Klasse WPF

* Mittelwert aus einer Likertskala von 4 = „trifft völlig zu“ bis 1 = „trifft gar nicht zu“

** Berechnung ohne Annahme eine zugrunde liegenden Grundgesamtheit (durch „n“ statt durch „n-1“)

Der Mittelwert der Daten aller 3 Items kann als Kenngröße für das Selbstkonzept von Leistung und Begabung im Physikunterricht in dieser Klasse verwendet werden. Wenn man diesen Mittelwert mit den Mittelwerten der anderen Klassen vergleicht, dann kann man

²⁵⁶ An dieser Stelle soll kurz auf die Problematik hingewiesen werden, die sich daraus ergibt, einen Mittelwert aus einer Ordinalskala zu berechnen: Schulnoten stellen eigentlich eine qualitatives Merkmal (eine verbale Beschreibung) dar, die ordinal skaliert sind. Das heißt, Schulnoten können sinnvoll der Reihe nach geordnet werden (z.B. von „Nicht Genügend“ bis „Sehr Gut“). Allerdings ist das Intervall (also der Abstand) zwischen zwei ordinal skalierten Merkmalsausprägungen nicht notwendigerweise immer gleich groß – zwischen einem „Sehr Gut“ und einem „Gut“ kann z. B. ein sehr viel kleinerer Unterschied sein, als zwischen einem „Nicht Genügend“ und einem „Genügend“ (aber auch umgekehrt) – darüber sagt die Schulnote eben nichts aus. Eine Mittelwertberechnung ist aber eigentlich nur für quantitative Merkmale zulässig, bei denen der Abstand zweier Werte eindeutig durch einen Zahlenwert definiert ist. Wegen ihrer gewohnheitsmäßigen Transkription in Zahlenwerte (in Österreich von 1-5) werden Schulnoten aber häufig wie eine Intervallskala gehandhabt, die sie allerdings im Grunde nicht sind. Trotz der hier geschilderten Vorbehalte wird der Notendurchschnitt hier als arithmetisches Mittel mit Standardabweichung angegeben, da der Informationsgehalt über die Verteilung der Noten in der Klasse so doch deutlich höher ist, als das bei einer ausschließlichen Angabe des Medianwertes der Fall wäre. Das gleiche gilt für die Berechnung des arithmetischen Mittels bei den Likertskalen der PISA – Items (z. B. in Tabelle 5.1 oben) und der Motivationsitems nach KORNER – auch dort ist bei der Interpretation entsprechende Vorsicht geboten. Allerdings wurde auch bei den beiden letztgenannten Untersuchungen so verfahren – die Vorgehensweise kann also durchaus als „wissenschaftliche Praxis“ bezeichnet werden.

etwas darüber aussagen, welche Klasse sich durchschnittlich als „besser“ oder „schlechter“ in Physik einschätzt. Die Standardabweichung gibt darüber Auskunft, ob diese Einschätzung in der Klasse eher einheitlich ist, oder ob sich einige Schülerinnen als sehr viel besser oder schlechter als die andern einschätzen. Im Detail zeigt sich, dass die „Begabung“ (Item BL2) etwas geringer eingeschätzt wird, als die tatsächlich erbrachte Leistung (Item BL3), was dahingehend interpretiert werden kann, dass Leistungen im Physikunterricht eher als Frucht der eigenen Anstrengung bzw. Arbeit eingeschätzt werden, als als Ergebnis einer dauerhaften Disposition (bzw. Begabung). Das mögliche Gegenargument, dass dem die im Vergleich relativ positive Bewertung von Item BL1 („Mir fällt Physik leicht“) widerspreche, das vermutlich doch eher den Faktor Begabung abbilden dürfte als den Faktor Leistung,²⁵⁷ muss hier wohl aufgrund der PISA – Daten in Frage gestellt werden. Denn die niedrigere Bewertung von Item BL2 gegenüber den anderen beiden Items ist konsistent mit den Ergebnissen der PISA-Studie, auch wenn sie dort (wohl aufgrund des viel größeren Samples) nicht ganz so eindeutig ausfiel wie hier.²⁵⁸ Das könnte darauf hinweisen, dass Schülerinnen Item BL1 tendenziell weniger als auf die Begabung abzielend lesen, als Item BL2.

Die Klasse WPF liegt bei ihrem Selbstkonzept von Begabung und Leistung jedenfalls deutlich über dem Durchschnitt - sowohl was den internen Vergleich der hier erhobenen Daten mit anderen Klassen betrifft, als auch, wenn man die Daten mit denen der PISA-Erhebung vergleicht, die auf Seite 152 wiedergegeben sind.²⁵⁹

Auffällig ist in Klasse WPF auch der im Vergleich mit den beiden anderen Schulen recht hohe Anteil an Schülerinnen mit Migrationshintergrund, was einerseits wohl teilweise auf die städtische Lage zurückführbar ist, andererseits wohl aber auch damit zusammenhängt, dass die Schule Teil eines international agierenden Schulnetzwerkes ist.

²⁵⁷ Wenn einer Person etwas „leicht fällt“, so könnte man das eher als Synonym einer Begabung für den betreffenden Gegenstand verstehen, als als Synonym für gute Leistungen, die ja oft unter einigem Aufwand erarbeitet werden müssen, also insofern eben nicht „leicht fallen“. Die Korrelation zwischen den Werten für die beiden Items BL1 und BL2 beträgt $r = 0,80$, sie ist also auch sehr groß, wobei Item BL1 aber auch stark mit Item BL3 korreliert ($r = 0,73$). Das lässt darauf schließen, das „Mir fällt Physik leicht“ eher als Ergebnis einer Kombination der Faktoren Leistung und Begabung gelesen wird, als ausschließlich auf die Begabung bezogen.

²⁵⁸ Vgl.: OECD PISA [Hrsg.]; KUNTER, Mareike et al.: *PISA 2000: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Max Planck Institut für Bildungsforschung, Berlin 2002, S. 106 f.

²⁵⁹ Vgl.: Ebenda bzw. Abdruck auf Seite 152

Klasse WPF - Freude und Interesse an Physik(unterricht) – PISA Skalen			
Nr.	Item	Arithmet. Mittel	Standardabweichung*
IF1	„Ich mag Bücher über Physik.“	3,40	+0,60/-0,62
IF2	„Ich freue mich auf meine Physikstunden.“	3,73	+0,27/-0,45
IF3	„Ich mache Physik, weil es mir Spaß macht.“	3,73	+0,27/-0,45
IF4	„Mich interessiert das, was ich in Physik lerne.“	3,80	+0,20/-0,41
Mittelwert der Daten aller 4 Items:		3,67	+0,33/-0,52

Tabelle 5.2: Freude und Interesse an Physik(unterricht) in der Klasse WPF

*Mittelwert & Standardabweichung wurden gleich berechnet wie in Tabelle 5.1. Wo die obere Grenze der errechneten Standardabweichung über den Maximalwert von 4 hinausging, wurde sie an diesen angepasst. Die untere Grenze gibt also die Größe der jeweils errechneten Standardabweichung an.

Der Mittelwert der Daten aller 4 Items kann hier als Kenngröße für das Interesse und die Freude an Physik bzw. an Physikunterricht in dieser Klasse verwendet werden. Wenn man diesen Mittelwert mit den Mittelwerten der anderen Klassen vergleicht, dann kann man etwas darüber aussagen, welche Klasse sich durchschnittlich als „interessierter“ oder „weniger interessiert“ an Physik bzw. Physikunterricht einschätzt. Die Standardabweichung gibt darüber Auskunft, ob diese Einschätzung in der Klasse eher einheitlich ist, oder ob sich einige Schülerinnen als sehr viel interessierter oder weniger interessiert als die anderen einschätzen. Im Detail kann ansatzweise Sach- und Fachinteresse unterschieden werden. Während Item IF1 und IF3 eher das Sachinteresse (Interesse an Physik ohne den spezifischen Unterrichtskontext) betreffen, so erheben Item IF2 und IF4 eher das Fachinteresse (mit Unterrichtskontext). Bei Item IF1 und IF2 ist diese Unterscheidung am eindeutigsten, bei Item IF3 und IF4 weniger klar (man kann ja auch im Unterricht Physik machen, weil es einem Spaß macht bzw. kann einen das, was man sich an physikalischem Wissen aneignet, auch abseits des Unterrichts interessieren). Item IF1 und IF3 zielen außerdem besonders auf das individuelle Interesse ab, Item IF4 kann man auch als situatives Interesse auffassen (es interessiert die Schülerinnen zwar in der Unterrichtssituation, aber nicht unbedingt daheim in der Freizeit). Item IF2 kann man diesbezüglich wohl eher als neutral sehen.

Insgesamt sind die Werte der Klasse WPF beim Motivationsfaktor Freude und Interesse an Physik(unterricht) ausgesprochen hoch – so hoch, dass die oberen Grenzen ihrer Standardabweichungen an den Maximalwert „4“ („stimmt ganz genau“) angepasst werden mussten, da sie sonst über diesen hinausgegangen wären. Der interne Datenvergleich zwischen den Klassen zeigt, dass in der Klasse WPF deutlich höheres Interesse bzw. Freude an Physik(unterricht) besteht, als in allen anderen Klassen.

Klasse BAKIP

N=19 (alle weiblich); Altersdurchschnitt: (16,3 ± 0,7) Jahre; Medianwert der letzten Semesternote in Physik: „Gut“; *Semesternotendurchschnitt: 2,3 ± 1,0*.

3 Schülerinnen (=16%) sprechen in der Familie mind. eine Fremdsprache (Hinweis auf Migrationshintergrund).

Klasse BAKIP - Selbstkonzept der Begabung und Leistung (PISA-Skalen)			
Nr.	Item	Arithmet. Mittel*	Standardabweichung
BL1:	„Mir fällt Physik leicht.“	1,89	±0,65
BL2:	„Ich bin für Physik begabt.“	1,47	+0,68/-0,47
BL3:	„Ich bringe in Physik gute Leistungen.“	2,42	±0,82
Mittelwert der Daten aller 3 Items:		1,93	±0,82

Tabelle 5.3: Selbstkonzept der Begabung und Leistung in der Klasse BAKIP

*Mittelwert & Standardabweichung wurden gleich berechnet wie in Tabelle 5.1. Wo die untere Grenze der errechneten Standardabweichung unter den Minimalwert von 1 ging, wurde sie an diesen angepasst. Die obere Grenze gibt also bei Item BL2 die Größe der errechneten Standardabweichung an.

Es zeigt sich auf den ersten Blick, dass die Werte hier weitaus niedriger sind als bei der Klasse WPF – bei den ersten beiden Items überschneiden sich die Standardabweichungen zwischen den beiden Klassen nicht einmal, nur beim letzten Item BL3 ist dies der Fall, aber auch da ist der Mittelwert deutlich niedriger als in der Klasse WPF. Besonders niedrig wird auch hier die Begabung für den Physikunterricht eingeschätzt (der Mittelwert liegt hier zwischen „trifft gar nicht zu“ und „trifft eher nicht zu“), die erbrachten Leistungen werden dagegen deutlich positiver bewertet (wenn auch insgesamt nur mittelmäßig). Auch im Vergleich mit der PISA-Befragung liegen die Werte der ersten beiden Items hier deutlich unter dem Durchschnitt, nur bei Item BL3 ist der Unterschied der Mittelwerte vernachlässigbar:

PISA-Studie, Feldtest 2000 (N=1502); Selbstkonzept der Begabung und Leistung			
Nr.	Item	Arithmet. Mittel	Standardabweichung
BL1:	„Mir fällt Physik leicht.“	2,40	±0,92
BL2:	„Ich bin für Physik begabt.“	2,18	±0,90
BL3:	„Ich bringe in Physik gute Leistungen.“	2,53	±0,89
Mittelwert der Daten aller 3 Items:		2,37	(Keine Daten)

Tabelle 5.4: Selbstkonzept der Begabung und Leistung bei PISA 2000. Nach: OECD PISA (2002), S. 106 f.

Klasse BAKIP - Freude und Interesse an Physik(unterricht) – PISA Skalen			
Nr.	Item	Arithmet. Mittel	Standardabweichung*
IF1	„Ich mag Bücher über Physik.“	1,47	+0,60/-0,47
IF2	„Ich freue mich auf meine Physikstunden.“	2,05	+1,10/-1,05
IF3	„Ich mache Physik, weil es mir Spaß macht.“	1,47	+0,50/-0,47
IF4	„Mich interessiert das, was ich in Physik lerne.“	1,63	+0,67/-0,63
Mittelwert der Daten aller 4 Items:		1,66	+0,79/-0,66

Tabelle 5.5: Freude und Interesse an Physik(unterricht) in der Klasse BAKIP

*Mittelwert & Standardabweichung wurden gleich berechnet wie in Tabelle 5.1. Wo die untere Grenze der errechneten Standardabweichung unter den Minimalwert von 1 ging, wurde sie an diesen angepasst. Die obere Grenze gibt bei allen Items die Größe der errechneten Standardabweichung an.

Analog zum Selbstkonzept der Leistung und Begabung in Physik sind auch die Werte für Freude und Interesse in der Klasse BAKIP sehr gering. Die meiste Zustimmung erhielt noch das Item IF2 („Ich freue mich auf meine Physikstunden“), was ev. als Zugeständnis an die Bemühungen des Lehrers gesehen werden kann – aber auch hier liegt der Mittelwert beinahe genau bei der Aussage „stimmt eher nicht“. Das Sachinteresse an Physik (Items IF1 und IF3) ist jedenfalls außerordentlich gering, hier liegt der Mittelwert für die Aussagen „Ich mag Bücher über Physik“ und „Ich mache Physik, weil es mir Spaß macht“ sogar noch etwas näher bei „stimmt überhaupt nicht“ als bei „stimmt eher nicht“. Insgesamt lässt sich für die Klasse BAKIP ein außerordentlich geringes Sachinteresse und eine geringe Freude an Physik(unterricht) feststellen, die mit einem ebenfalls eher negativen Selbstkonzept von Leistung und Begabung in Physik einhergehen.

Im Unterschied zur Skala des Selbstkonzeptes von Begabung und Leistung gibt es hier leider keinen direkt vergleichbaren, explizit auf den Physikunterricht bezogenen PISA – Datensatz, da die oben abgebildete Skala auf Basis einer PISA-Skala entwickelt wurde, die sich ursprünglich auf den Mathematikunterricht bezog.²⁶⁰ Für den Physikunterricht gibt es zu diesen Items also leider keine wirklich vergleichbaren Daten – am ehesten erscheint noch eine grobe Gegenüberstellung mit dem Mittelwert dreier Items zum Thema intrinsische Motivation im Physikunterricht aus den Daten von PISA 2003 möglich, der Mittelwert für die drei Items „Im Unterricht in Physik finde ich die Inhalt richtig spannend“, „Im Unterricht in

²⁶⁰ PISA-Konsortium Deutschland [Hrsg.]: *PISA 2003. Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Waxmann, Münster 2006, S. 265

Physik bin ich mit Freude dabei“ und „Im Unterricht in Physik macht mir der Unterricht Spaß“ lag dort bei $2,70 \pm 0,84$ (bei der gleichen Skalierung, die oben auch verwendet wurde).²⁶¹

Allerdings muss bei der Gegenüberstellung mit diesem Referenzwert berücksichtigt werden, dass bei den dort verwendeten Fragestellungen nur die intrinsische Motivation im Rahmen des Unterrichts erhoben wurde - es wurde also nur das situative und nicht das individuelle Interesse erhoben (vgl. Abschnitt 4.1, S. 94). Bei Item IF 1 und (vielleicht etwas weniger eindeutig) bei Item IF 3 gibt es hier aber keinen expliziten Unterrichtsbezug – vor allem Item IF 1 kann hier also auch als Kennwert für das individuelle Interesse verstanden werden und die Werte für dieses Item sind in allen Klassen entweder geringer als die Werte für alle anderen Items (WPF und GYM) oder gleichauf mit Item IF 3 unter den geringsten beiden Werten (BAKIP). Daher kann erstens argumentiert werden, dass das individuelle Interesse an Physik in der hier untersuchten Gesamtstichprobe im Mittel deutlich geringer ist, als das situative Interesse – und dass andererseits der gesamte Mittelwert für die hier erhobene Skala „Interesse und Freude an Physik(unterricht)“ dadurch im Vergleich mit den oben zitierten PISA-Daten deutlich gesenkt wird, was bei einem Vergleich mit dem PISA – Wert für die (situative) intrinsische Motivation berücksichtigt werden muss. So läge etwa der Mittelwert in Klasse GYM für die Faktoren Interesse und Freude an Physikunterricht bei 2,69 (statt 2,38 - siehe übernächste Seite), wenn nur die Werte der am situativen Interesse orientierten Fragestellungen von Item IF 2 und IF 4 zu seiner Berechnung verwendet worden wären – er läge dann also beinahe exakt gleichauf mit dem PISA - Wert.

Das ist (gemeinsam mit den ebenfalls relativ durchschnittlichen Werten in Tabelle 5.6) ein Hinweis dafür, dass die Werte für die Klasse GYM in guter Näherung als vergleichbar groß mit den PISA – Mittelwerten angenommen werden können, während die Werte für BAKIP doch sehr deutlich darunter und für WPF sehr deutlich darüber liegen – die Klasse GYM kann also etwas vereinfacht als „Durchschnittsklasse“ bezeichnet werden, was sie für die weitere Untersuchung besonders interessant macht. Aber auch die anderen beiden Klassen sind in ihrer Funktion als im Mittel „überdurchschnittliche“ (Klasse WPF) und im Mittel „unterdurchschnittliche“ Klasse (BAKIP) von großem Interesse, was die Effekte der Methode betrifft.

²⁶¹ PISA-Konsortium Deutschland (2006), S. 335

Klasse GYM

N=21 (8m, 13w); Altersdurchschnitt: (16,1 $\pm$ 0,7) Jahre; Medianwert der letzten Semesternote in Physik: „Befriedigend“; *Semesternotendurchschnitt: 2,6 $\pm$ 1,0.*

3 Schülerinnen (=7%) sprechen in der Familie mind. eine Fremdsprache (Hinweis auf Migrationshintergrund).

Klasse GYM - Selbstkonzept der Begabung und Leistung (PISA-Skalen)			
Nr.	Item	Arithmet. Mittel*	Standardabweichung
BL1:	„Mir fällt Physik leicht.“	2,62	$\pm 0,66$
BL2:	„Ich bin für Physik begabt.“	2,33	$\pm 0,72$
BL3:	„Ich bringe in Physik gute Leistungen.“	2,76	$\pm 0,53$
Mittelwert der Daten aller 3 Items:		2,57	$\pm 0,66$

Tabelle 5.6: Selbstkonzept der Begabung und Leistung in der Klasse GYM

*Mittelwert & Standardabweichung wurden gleich berechnet wie in Tabelle 5.1.

Während die Klassen WPF und BAKIP deutlich über bzw. unter dem PISA-Durchschnitt lagen, liegt die Klasse GYM in ihrem Selbstkonzept von Begabung und Leistung wie bereits erwähnt ziemlich genau im Mittelfeld, wie in **Abb. 5.1** noch einmal deutlich zu sehen ist:

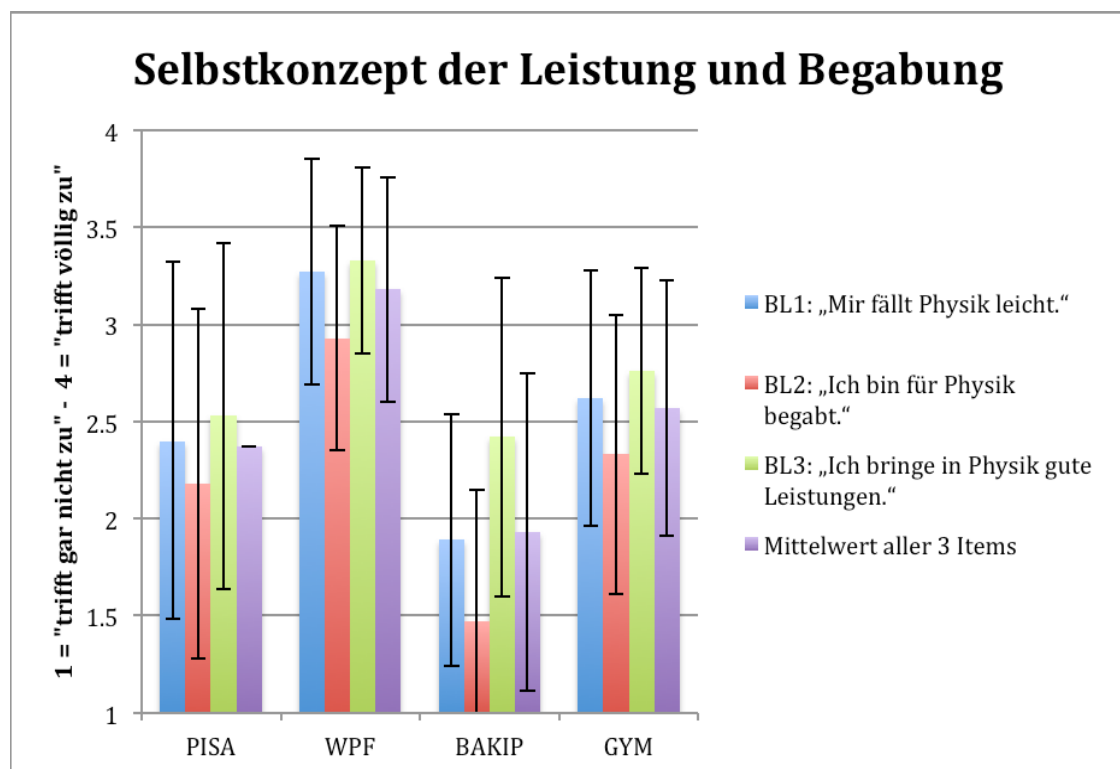


Abb. 5.1: Gegenüberstellung der Selbstkonzepte von Leistung und Begabung in den Versuchsklassen.

Klasse GYM - Freude und Interesse an Physik(unterricht) – PISA Skalen			
Nr.	Item	Arithmet. Mittel	Standardabweichung*
IF1	„Ich mag Bücher über Physik.“	1,90	±0,82
IF2	„Ich freue mich auf meine Physikstunden.“	2,43	±0,96
IF3	„Ich mache Physik, weil es mir Spaß macht.“	2,24	±0,98
IF4	„Mich interessiert das, was ich in Physik lerne.“	2,95	±0,90
Mittelwert der Daten aller 4 Items:		2,38	±0,99

Tabelle 5.7: Freude und Interesse an Physik(unterricht) in der Klasse GYM

*Mittelwert & Standardabweichung wurden gleich berechnet wie in Tabelle 5.1.

Auch bei Interesse und Freude an Physik(unterricht) lag die Klasse GYM im Mittelfeld, wie sich nicht nur in der obigen Tabelle 5.7 sondern auch in der folgenden Grafik (**Abb. 5.2**) zeigt:

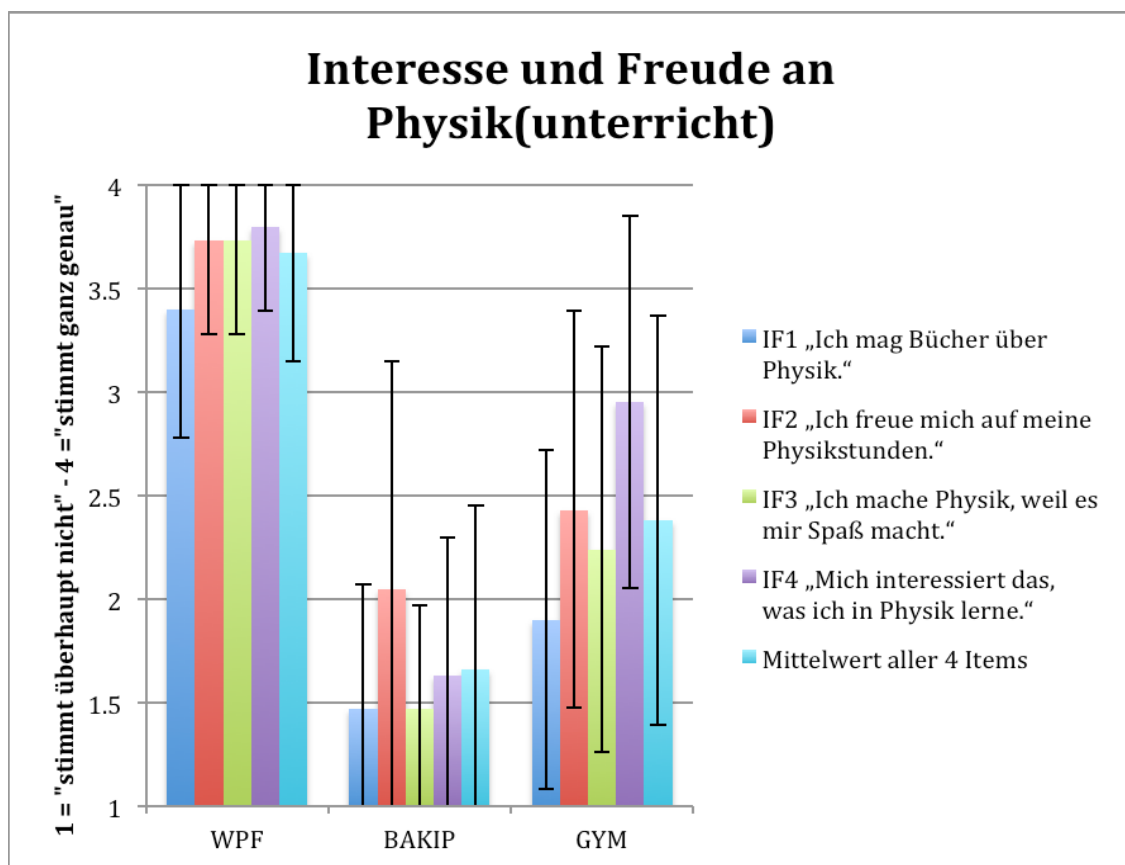


Abb. 5.2: Gegenüberstellung von Interesse und Freude an Physik(unterricht) in den Versuchsklassen.

5.2.1.2. Statistische Grobanalyse der Leistung bei den AAAS-Items

Zunächst erfolgt eine grobe Analyse der Leistungen der einzelnen Klassen sowie der Gesamtpopulation beim Vorwissenstest, womit gemeint ist, dass hier noch nicht nach einzelnen Items aufgeschlüsselt wird, sondern zunächst nur nach der Anzahl an richtigen und falschen Antworten beim gesamten AAAS-basierten Test analysiert wird. Anschließend werden die Ergebnisse des Vorwissenstests den Ergebnissen des Abschlusstests gegenübergestellt und daraus die Effektstärke der Unterrichtsintervention in den einzelnen Klassen sowie die prozentuelle Leistungssteigerung (denn die gab es in allen Klassen) gegenüber dem Vorwissenstest berechnet.

<i>Leistung beim Vorwissenstest</i>			
Klasse	Arithmet. Mittel*	Standardabweichung**	In % der Gesamtzahl an Items
WPF (N=15)	6,93	±1,12	(77,0 ± 12,5)%
BAKIP (N=19)	3,37	±1,43	(37,4 ± 15,9)%
GYM (N=21)	4,81	±1,68	(53,4 ± 18,7)%
GESAMTSTICHPROBE (N=55)	4,89	±2,04	(54,3 ± 22,7)%

Tabelle 5.8: Leistung beim Vorwissenstest in den einzelnen Klassen und insgesamt.

*Anzahl der im Vorwissenstest im Mittel richtig beantworteten Items (von insgesamt 9 Items)

** Für die Klassen wurde die Standardabweichung analog berechnet wie in Tabelle 5.1, da dort nicht von einer der Stichprobe zugrunde liegenden Grundgesamtheit ausgegangen werden kann, dafür sind die einzelnen Stichproben in den Klassen zu klein und zu spezifisch (Schultyp, Interesse, etc.). Für die Gesamtpopulation wurde allerdings sehr wohl mit einer zugrunde liegenden Grundgesamtheit gerechnet, da dort die größere und weniger schultyp- bzw. klassenspezifische Gesamtstichprobe analysiert wird. Daher wird dafür die entsprechende Formel (Division durch „n-1“ statt „n“) verwendet. Der Unterschied der beiden Werte ist allerdings ohnehin minimal und schlägt nur bei der letzten Nachkommastelle zu Buche.

Insgesamt wurde etwa die Hälfte aller Items beim Vorwissenstest richtig beantwortet, was ein Indikator dafür sein kann, dass die Schwierigkeit des Tests ausgewogen (also weder viel zu schwer noch viel zu leicht) war. Die Wahrscheinlichkeit, dass das Ergebnis nur aufgrund von Zufallsentscheiden zustande kam ist jedenfalls eher gering - der Erwartungswert für richtig beantwortete Items bei einer Ratewahrscheinlichkeit von $\frac{1}{4}$ pro Item (4 Antwortmöglichkeiten) liegt nur bei 2,25 richtigen Items - also nicht einmal bei der Hälfte der von der Gesamtstichprobe im Mittel richtig beantworteten 4,89 Items.

Auffallend ist die starke Leistung von Klasse WPF und die schwache Leistung von Klasse BAKIP im direkten Vergleich – in Klasse WPF wurden pro Schülerin mehr als doppelt so viele Fragen richtig beantwortet wie bei Klasse BAKIP. Man kann also bei Klasse WPF gut von einem hohen Vorwissen ausgehen, während bei Klasse BAKIP von einem geringen Vorwissen ausgegangen werden muss. Die Klasse GYM lag mit etwa 53% richtiger Antworten ziemlich genau in der Mitte. Die größte Standardabweichung und damit die größten Leistungsunterschiede gab es in Klasse GYM, gefolgt von Klasse BAKIP, während Klasse WPF nicht nur die im Mittel beste, sondern auch die einheitlichste Leistung zeigte (vgl. **Abb. 5.3**).

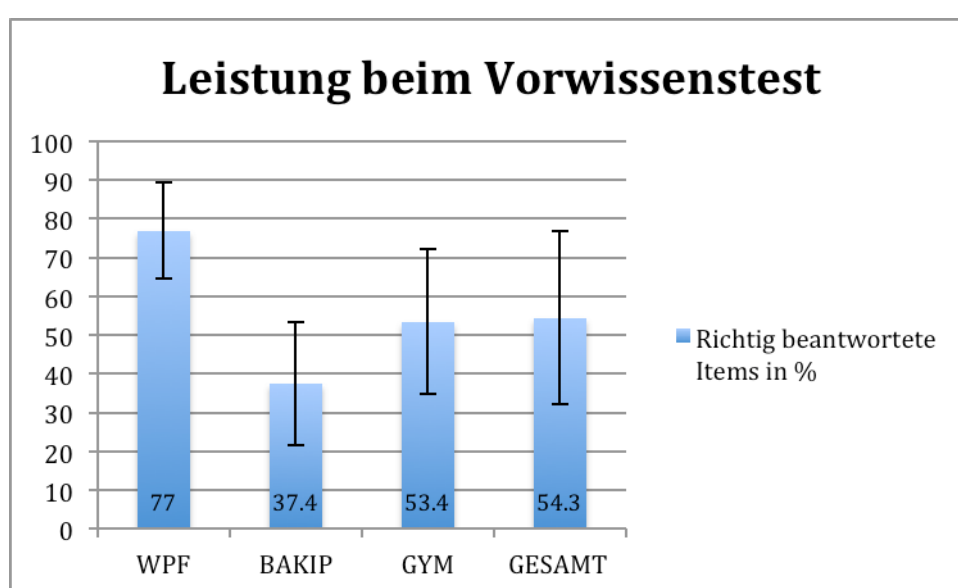


Abb. 5.3: Leistung beim Vorwissenstest nach Klassen und insgesamt.

Die Leistungen beim Abschlusstest sind in der folgenden Tabelle und in **Abb. 5.4** dargestellt:

<i>Leistung beim Abschlusstest</i>			
Klasse	Arithmet. Mittel*	Standardabweichung	In % der Gesamtzahl an Items
WPF (N=10)	8,40	±0,80	(93,3 ± 8,9)%
BAKIP (N=20)	5,10	±1,30	(56,7 ± 14,5)%
GYM (N=21)	7,48	±1,34	(83,1 ± 14,8)%
GESAMTSTICHPROBE (N=51)	6,73	±1,85	(74,7 ± 20,6)%

Tabelle 5.9: Leistung beim Abschlusstest nach Klassen und insgesamt

*Mittelwert und Standardabweichung wurden gleich berechnet wie in Tabelle 5.8.

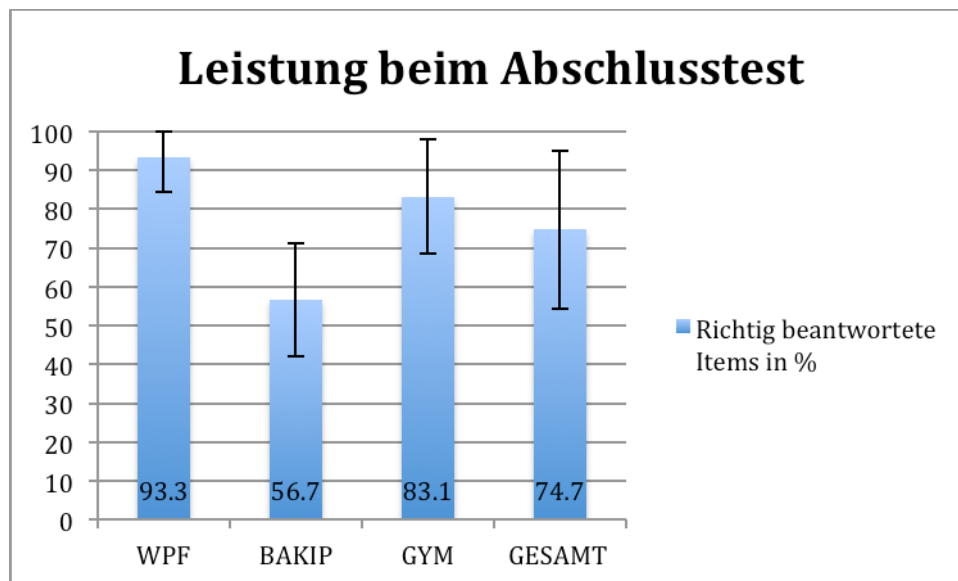


Abb. 5.4: Leistung beim Abschlusstest nach Klassen und insgesamt.

Die eigentliche Interpretation in Bezug auf die Effektivität soll hier erst nach der Gegenüberstellung der Daten aus Vorwissenstest und Abschlusstest erfolgen – es zeigt sich aber bereits hier der Trend, dass es vor allem bei Klasse GYM zu einem klar erkennbaren Leistungsschub gekommen ist, wiewohl bei allen Klassen ein Leistungszuwachs deutlich zu erkennen ist. Etwas bedenklich ist jedoch die Endperformanz von Klasse BAKIP, die mit 56,7% richtiger Antworten im Abschlusstest immer noch weit unter der Leistung lag, die Klasse WPF schon beim Vorwissenstest erbrachte. Statistisch gesehen kritisch ist wohl die geringe Teilnehmerzahl in der Klasse WPF – aus den Daten von nur 10 Personen Mittelwerte und Standardabweichungen zu berechnen ist wohl schon fast fragwürdig.

Abb. 5.5 zeigt auf der folgenden Seite einen direkten Vergleich der Daten von Vorwissenstest und Abschlusstest, während in **Abb. 5.6** die Berechnung der Effektstärke der Intervention in *Cohens d* dargestellt ist.

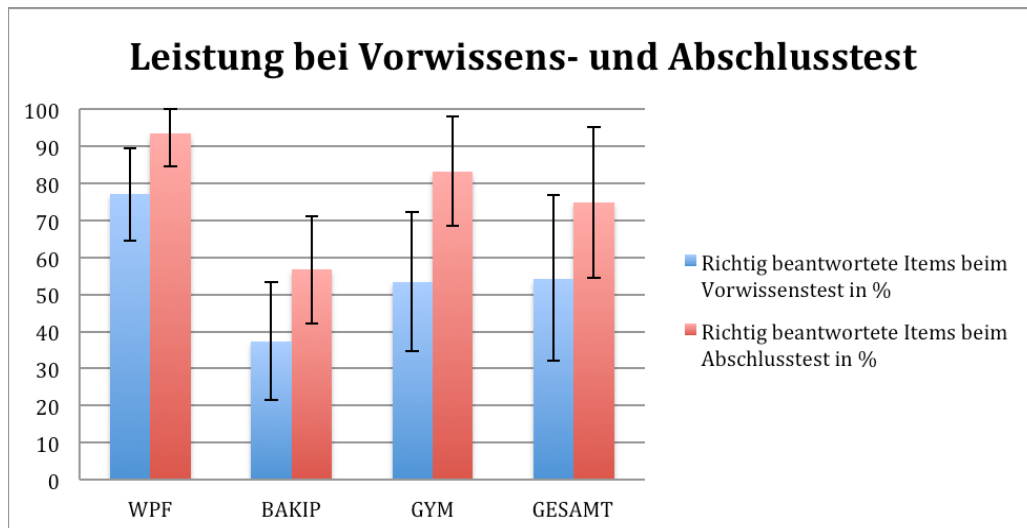


Abb. 5.5: Gegenüberstellung der Leistung in Vorwissens- und Abschlusstest für einzelne Klassen & insgesamt.

In **Abb. 5.5** erkennt man noch deutlicher, was sich oben schon abgezeichnet hatte: Der Leistungszuwachs im Abschlusstest gegenüber dem Vorwissenstest ist bei der Klasse GYM am klarsten festzustellen, in der Klasse WPF am wenigsten klar – was allerdings auch damit zusammenhängt, dass dort die Leistungen beim Vorwissenstest schon außergewöhnlich gut waren und so auch nicht mehr besonders viel Spielraum nach oben war.

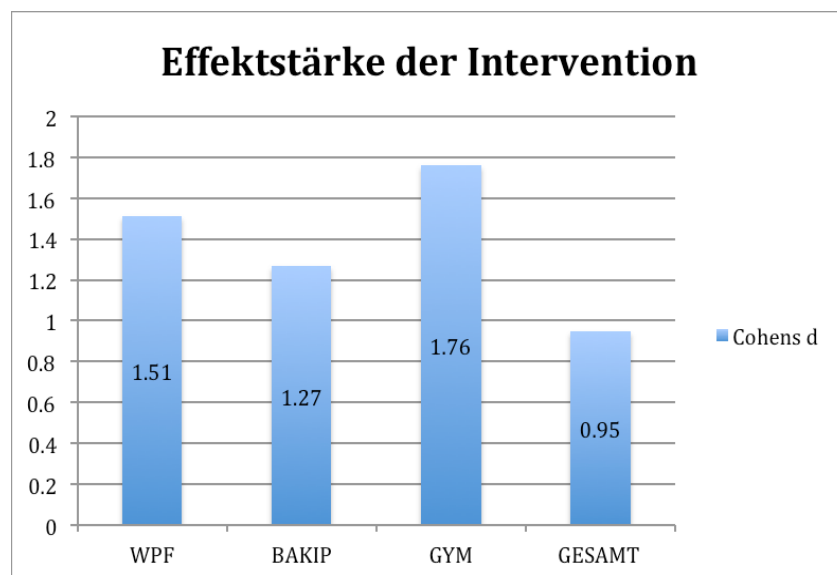


Abb. 5.6: Effektstärke der Intervention in *Cohens d* für alle Klassen und insgesamt.

Die Effektstärke der Intervention, in die auch die Standardabweichung einfließt, wird in *Cohens d* angegeben. Ab $d > 0,8$ spricht man nach COHEN von einem großen Effekt, der bei der hier Intervention in allen Klassen und auch insgesamt festgestellt werden kann.²⁶²

Die prozentuelle Steigerung des Mittelwerts an richtigen Antworten in den einzelnen Klassen, angegeben gegenüber dem Wert des Vorwissenstests als Ausgangswert, kann als Maß für die prozentuelle Leistungssteigerung angenommen werden. Sie ist in der nächsten Grafik (**Abb. 5.7**) dargestellt:

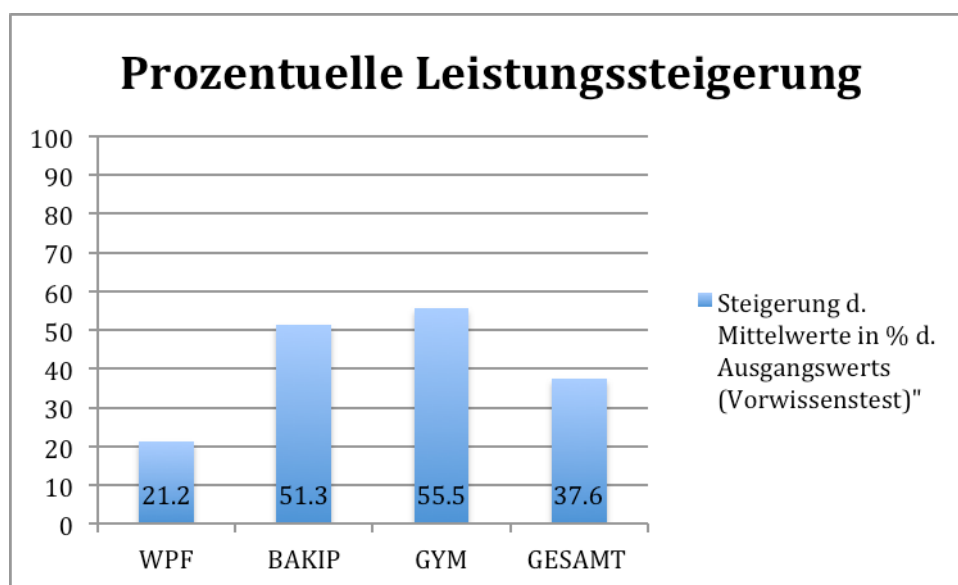


Abb. 5.7: Prozentuelle Leistungssteigerung beim Abschlusstest gegenüber dem Vorwissenstest.

In der Klasse GYM war sowohl Effektstärke als auch Leistungssteigerung am deutlichsten. Interessant ist die statistische Interpretation der Klasse WPF, da hier zwar die Effektstärke recht deutlich war, die prozentuelle Leistungssteigerung aber vergleichsweise schwach. Das hängt damit zusammen, dass hier bereits von einem relativ hohen Niveau beim Vorwissenstest ausgegangen wurde, was die prozentuelle Steigerung im Vergleich zu den anderen beiden Klassen weniger signifikant macht. Die Effektstärke ist aber trotzdem groß, da sie die Standardabweichung mit einbezieht – und die war bei beiden Messpunkten relativ gering. Man kann das so interpretieren, dass sich die Antworten der Klasse insgesamt

²⁶² Vgl.: TRAN, Ulrich: Folien zur Vorlesung *Ausgewählte Methoden*, Folie 10.

Online: <http://ppcms.univie.ac.at/uploads/media/Effektstaerken.pdf> [Stand: 21.06.2014]

ziemlich einheitlich gut waren und sich somit auch sehr einheitlich verbessert haben, wenn auch insgesamt nicht besonders stark, da bereits ein hohes Niveau an Vorwissen gegeben war. Aus dieser Einheitlichkeit der guten Antworten beim Abschlusstest (kaum bzw. keine „Ausreißer“ nach unten) resultiert hier wohl der Großteil der gemessenen Effektstärke. Das erklärt auch die höhere Effektstärke im Vergleich zur Klasse BAKIP, wo eigentlich eine höhere prozentuelle Leistungssteigerung festgestellt werden kann. Die Erklärung dafür ist also darin zu suchen, dass diese Steigerung in BAKIP nicht so eindeutig war, wie bei WPF – es gab auch beim Abschlusstest noch Ausreißer nach unten bzw. einige Schüler mit wenigen richtigen Antworten, wodurch die relativ hohe Standardabweichung erklärt wird, die hier die Effektstärke verringert. Insgesamt muss allerdings bei den Daten der Klasse WPF erneut auf die geringe Teilnehmerzahl beim Abschlusstest (N=10) hingewiesen werden, die einige Vorsicht bei der Interpretation dieser Daten nahelegt, da die Stichprobe sehr klein ist.

5.2.1.3. Statistische Feinanalyse der Leistung bei den einzelnen AAAS-Items

Zunächst wird die Antwortenverteilung zu den einzelnen Items beim Vorwissenstest und anschließend beim Abschlusstest analysiert. Danach wird auf die prozentuellen Anteile richtiger Antworten pro Item bei Vorwissenstest und Abschlusstest eingegangen, worauf eine Gegenüberstellung der Antwortenverteilungen bei den einzelnen Items in Vorwissenstest und Abschlusstest folgt. Die Werte werden dann noch den entsprechenden Vergleichswerten der AAAS gegenübergestellt, wobei betont werden muss, dass eine echte Vergleichbarkeit hier aufgrund der unterschiedlichen Voraussetzungen nicht gegeben ist – es geht also mehr um eine grobe Einordnung der Ergebnisse als um einen validen Vergleich.

<i>Antwortenverteilung pro Item beim Vorwissenstest* (N=55)</i>								
Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9
A: 2	A: 14	A: 25	A: 11	A: 8	A: 5	A: 32	A: 13	A: 47
B: 24	B: 28	<i>B: 26</i>	B: 5	B: 18	B: 9	B: 4	B: 2	B: 2
C: 20	C: 2	C: 2	C: 5	C: 8	C: 23	C: 1	C: 35	C: 5
D: 9	D: 11	D: 2	D: 34	<i>D: 21</i>	D: 18	D: 18	D: 5	D: 1

Tabelle 5.10: Antwortenverteilung bei den einzelnen Items des Vorwissenstests.

* Die jeweils richtige Antwort jedes Items ist fett hervorgehoben, bei Items, wo eine falsche Antwortmöglichkeit öfter gewählt wurde als die richtige, wurde dies kursiv hervorgehoben (Item 3 und Item 5). Diese Hervorhebungsart wurde auch in der Beschriftung des Diagramms beibehalten, das in der folgenden **Abb. 5.8 zu** sehen ist.

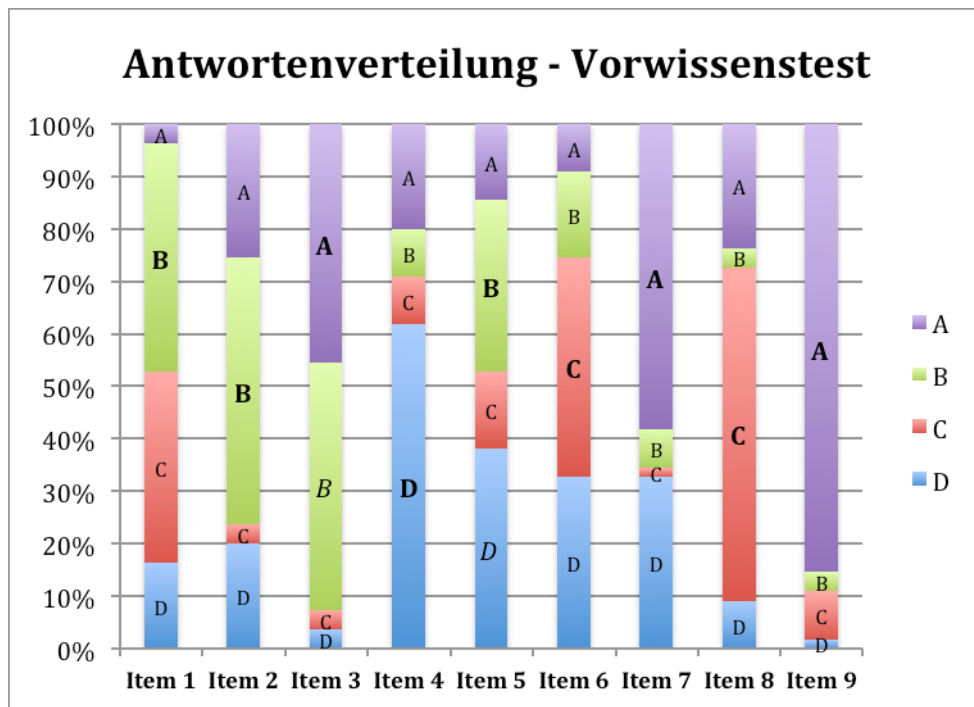


Abb. 5.8: Grafische Darstellung der Antwortenverteilung beim Vorwissenstest.

Am leichtesten fiel den Schülerinnen offensichtlich Item 9 (unterschiedliche Erwärmung eines Sees bei unterschiedlichen Positionen der Sonne am Himmel, vgl. Abdruck des Vorwissenstests im Anhang, Abschnitt 9.1.1.4, Seite 273), bei dem schon im Vorwissenstest über 80% die richtige Antwort wählten. Auch bei den Items 2, 4, 7 und 8 wurde noch relativ klar (mehr als die Hälfte der Schülerinnen) zu Gunsten der jeweils richtigen Antwort entschieden. Daraus kann abgeleitet werden, dass bei den Items 1, 3, 5 und 6 entweder die stärksten Fehlkonzepte (also falsche Schülervorstellungen) vorhanden waren, bzw. dass bei diesen Fragestellungen bei den Schülerinnen gar keine deutlichen Vorstellungen vorlagen und eher per Zufallsprinzip entschieden wurde. Am deutlichsten heben sich in dieser Gruppe Item 3 (Form der Erdbahn) und 5 (Strahlungsverteilung auf Nord- und Südhalbkugel) hervor, bei denen eine falsche Antwort jeweils häufiger gewählt wurde, als die richtige – was jedenfalls einen Schluss auf eine starke Schülervorstellung passend zu diesen falschen Antworten zulässt. Die betreffende falsche Antwort zur Frage nach der Form der Erdbahn war, dass diese „stark elliptisch“ sei (Item 3, Antwort B) und bei der Frage nach Strahlungsverteilung auf der Nord- und Südhalbkugel, dass die beiden Hemisphären nie die gleiche Intensität an Sonnenlicht erhielten (was zu Frühlings- und Herbstbeginn ja der Fall

ist). Die entsprechenden Schülervorstellungen CLM068 und CLM072 waren also in der Stichprobe besonders stark ausgeprägt (vgl. Abschnitt 4.2.1, S. 97).

Antwortenverteilung pro Item beim Abschlusstest* (N=51)

Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9
<u>A: 3</u>	A: 8	A: 48	A: 8	A: 0	A: 5	A: 43	<u>A: 14</u>	A: 47
B: 31	B: 40	B: 2	B: 0	B: 26	<u>B: 10</u>	B: 0	B: 0	<u>B: 3</u>
C: 16	C: 0	C: 1	C: 1	<u>C: 12</u>	C: 28	C: 1	C: 34	C: 1
D: 1	D: 3	D: 0	D: 42	D: 13	D: 8	D: 7	D: 3	D: 0

Tabelle 5.11: Antwortenverteilung bei den einzelnen Items des Abschlusstests.

* Die jeweils richtige Antwort jedes Items ist fett hervorgehoben. Zusätzlich wurden falsche Antworten unterstrichen hervorgehoben, die beim Abschlusstest häufiger gewählt wurden als beim Vorwissenstest. Die gleiche Hervorhebungsart wurde auch für das folgende Diagramm (**Abb. 5.9**) beibehalten.

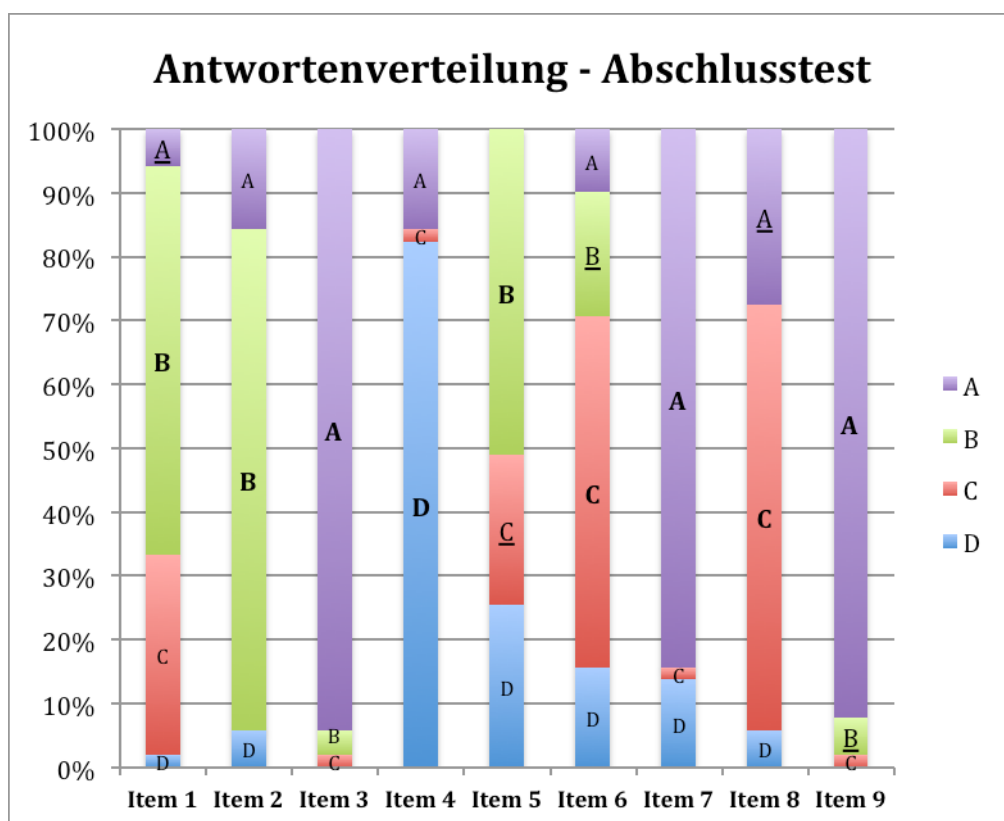


Abb. 5.9: Grafische Darstellung der Antwortenverteilung beim Abschlusstest.

Die folgende Grafik (**Abb. 5.10**) gibt außerdem einen Überblick über den prozentuellen Anteil richtiger Antworten pro Item bei den beiden Testdurchgängen:

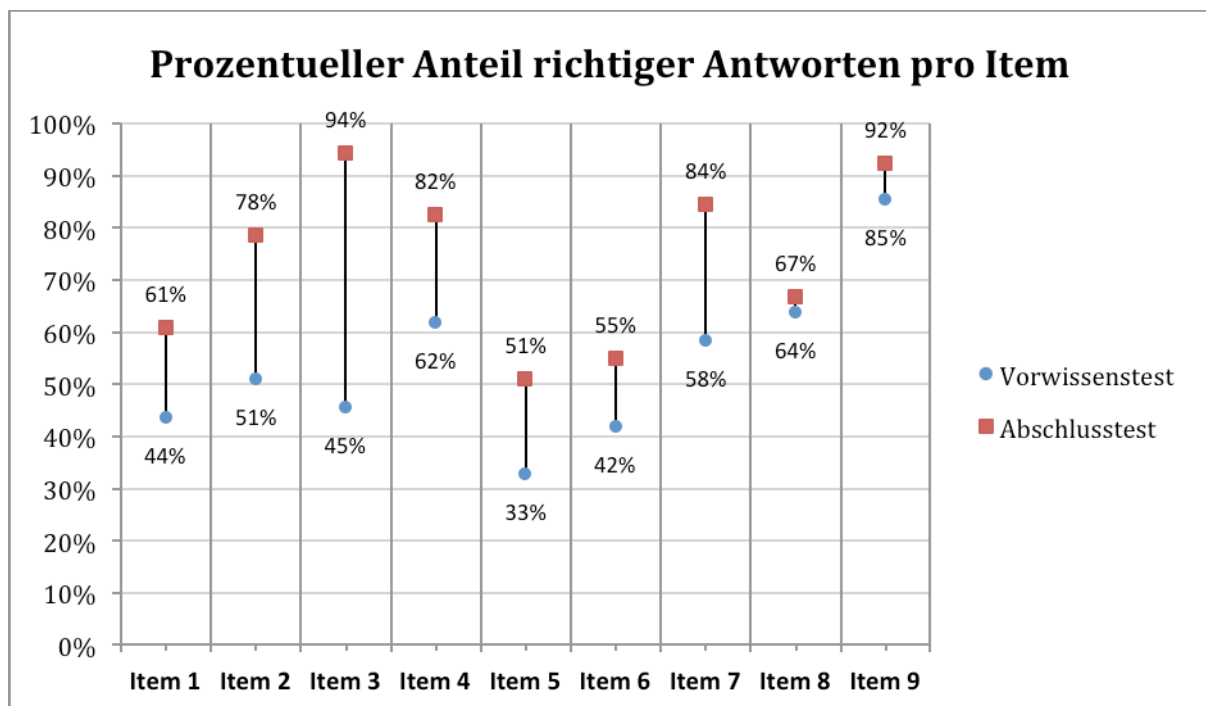


Abb. 5.10: Prozentueller Anteil richtiger Antworten pro Item im Vorwissenstest und Abschlusstest.

Es zeigt sich, dass bei allen Items der Anteil an richtigen Antworten im Abschlusstest gegenüber dem Vorwissenstest zunahm – allerdings je nach Item in sehr unterschiedlichem Ausmaß. Bereits auf den ersten Blick fällt hier auf, dass einige Items im Abschlusstest um einiges eindeutiger zu Gunsten der richtigen Antwort ausfielen, als im Vorwissenstest. So weisen neben Item 9, das auch im Vorwissenstest schon sehr eindeutig richtig beantwortet wurde, hier auch die Items 2, 3, 4 und 7 eine sehr hohe Rate an richtigen Antworten auf. Bei Item 2 entschieden sich etwa 78% der Schülerinnen für die richtige Antwort, bei Items 3 und 4 waren es jeweils über 80% und bei Item 3 und 9 sogar über 90%, wobei Item 3 mit etwa 94% richtiger Antworten sogar noch etwas deutlicher richtig beantwortet wurde als Item 9 (mit 92%), das ja beim Vorwissenstest bei der Anzahl an richtigen Antworten dominierte.

Bei den Items 2, 3, 4 und 7 ist außerdem die prozentuelle Zunahme an richtigen Antworten (in der Grafik oben repräsentiert durch die Länge der senkrechten Linien, die die zwei Datenpunkte eines Items miteinander verbinden) am größten, was darauf schließen lässt, dass bei diesen Items ein besonders effektiver Konzeptwechsel stattgefunden haben sollte, während das bei anderen Items nicht in diesem Ausmaß festgestellt werden kann (am ehesten noch bei den Items 5 und 1, wobei da jedoch der Gesamtanteil an richtigen Antworten im Abschlusstest nicht besonders hoch liegt). So zeigt sich, dass die Items 1, 5, 6

und 8 auch noch beim Abschlusstest für einige Schülerinnen problematisch waren, was auf besonders resistente Schülervorstellungen bzw. einen bezüglich dieser Vorstellungen wenig effektiven Unterricht hinweist. Eine besonders geringe Unterrichtseffektivität kann bei Item 8 vermutet werden, bei dem die Zunahme an richtigen Antworten im Abschlusstest gegenüber dem Vorwissenstest weniger als 5% beträgt. Die in **Abb. 5.11** folgende grafische Gegenüberstellung der im Vorwissenstest und Abschlusstest gewählten Antworten gibt noch detaillierter Aufschluss über die Veränderungen bei den problematischen Items:

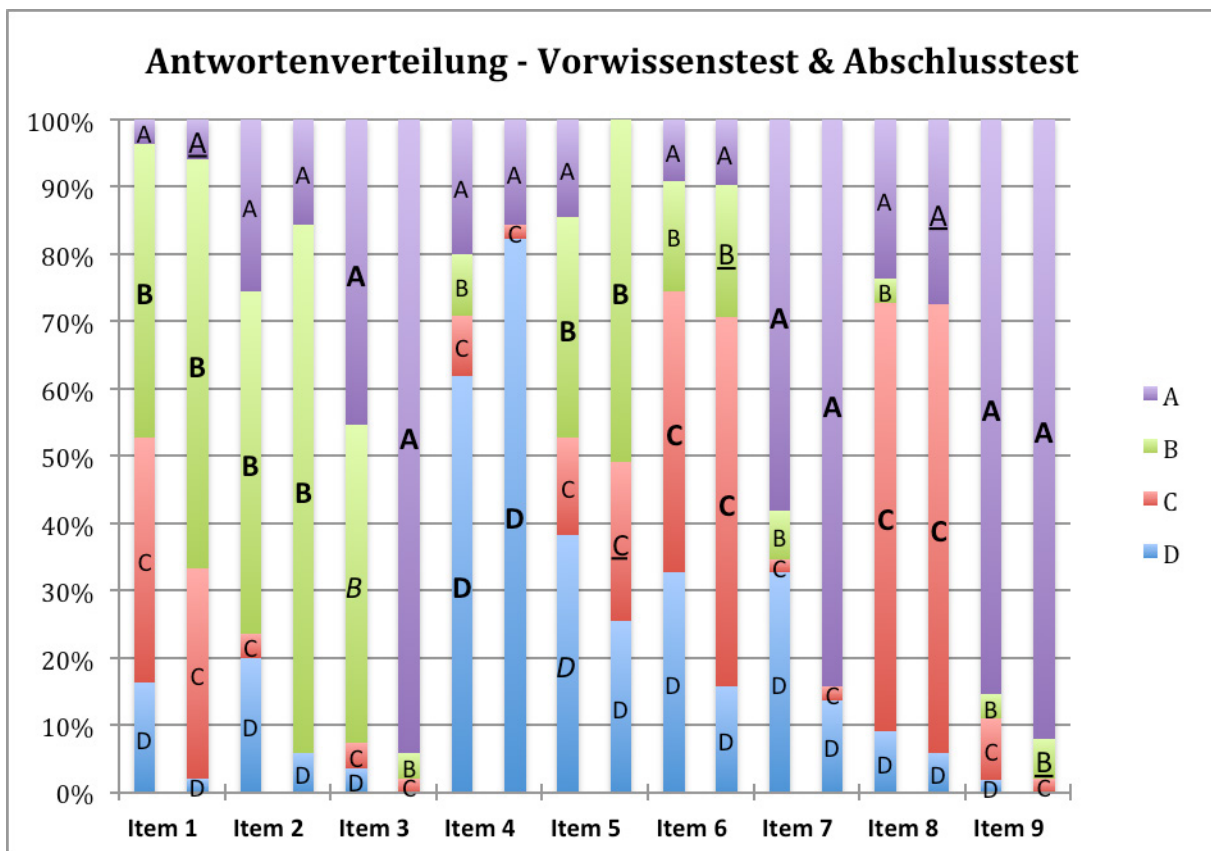


Abb. 5.11: Direkte Gegenüberstellung der Antwortenverteilung in Vorwissenstest (linke Säule bei jedem Item) und Abschlusstest (rechte Säule bei jedem Item).

Besonders interessant erscheinen hier die Items 5, 6 und 8, bei denen es im Abschlusstest bei einzelnen falschen Antworten (5C, 6B und 8A) zu einer Zunahme bei der Wahl der jeweiligen falschen Antworten gegenüber dem Vorwissenstest kam – es muss also wohl davon ausgegangen werden, dass die Intervention in diesen Teilbereichen bzw. bei den entsprechenden Schülervorstellungen nicht nur nicht effektiv, sondern sogar etwas kontraproduktiv war. Bei Item 5 handelte es sich um die falsche Aussage, dass die

Nordhalbkugel und die Südhalbkugel an einem Tag Ende Juni und an einem Tag Ende Dezember gleich viel Sonnenlicht erhielten (Antwort 5C), bei Item 6 um die ebenfalls falsche Feststellung, dass der Punkt, an dem das Sonnenlicht am intensivsten ist, im Verlauf eines Jahres zwischen dem nördlichen Wendekreis und dem Äquator hin- und herpendelt (Antwort 6B). In Item 8 ging es um die falsche Annahme, ein Schüler, der an der Reisezeit eines Raumschiffes zwischen zwei Planeten interessiert ist, müsse in einem Modell des Sonnensystems nicht nur die Abstände zwischen den Planeten genau abbilden (richtige Antwort 8C), sondern auch deren Aussehen (falsche Antwort 8A, wobei ein Schüler der Klasse WPF im Vorwissenstest so argumentierte, dass das „Aussehen“ ja eigentlich auch die relative Größe der Planeten zueinander meinen könne, die für die Reisezeit sehr wohl eine Rolle spiele – was hier ausnahmsweise als richtige Antwort gewertet wurde). Interessant ist bei dieser Entwicklung bei Item 8 besonders, dass es bei Item 7 (bei dem es ebenfalls um Modelle ging) keine vergleichbare Tendenz einer Zunahme einer falschen Antwort gab – im Gegenteil, dort nahm der Anteil der richtigen Antwort 7A beim Abschlusstest sehr deutlich zu, während sich bei Item 8 kaum eine nennenswerte Zunahme des prozentuellen Anteils der richtigen Antwort 8C zeigte. Eventuell könnte das mit der Formulierung der Items zusammenhängen – während Item 7 in den Antworten nämlich explizite Aussagen über den Umgang mit Modellen beinhaltet (z.B. „ein Modell muss ... aufweisen“, „Modelle werden zu ... verwendet“) auf die in ähnlicher Form im Unterricht eingegangen wurde, so bezieht sich Item 8 nicht explizit auf solche Aussagen, sondern ist eher an der konkreten Aufgabenstellung des Nachbaus des Sonnensystems durch den Schüler orientiert, wobei man wohl von einer Transferleistung sprechen kann, die ev. auch nach der Intervention bei einigen Schülern nicht eingesetzt hat. Ein anderer möglicher Interpretationsansatz wäre, dass die Freiheit der Vernachlässigung bestimmter Aspekte eines Modells zwar dem „Ingenieur“, von dem in Item 7 die Rede ist, zugestanden wird, dem „Schüler“ in Item 8 jedoch nicht (es wäre immerhin möglich, dass hier von einer fehlenden Kompetenz des Schülers, zu entscheiden, welche Merkmale genau vernachlässigt werden könnten, ausgegangen wird, die der Autoritätsperson „Ingenieur“ jedoch implizit zugeschrieben wird). Eine Gegenüberstellung der in dieser Arbeit gewonnen Erhebungsdaten mit den AAAS-Daten zu den Items (vgl. Abb. 5.12 [Items 1-6] und 5.13 [Items 7-9]) bringt noch weitere Einblicke:

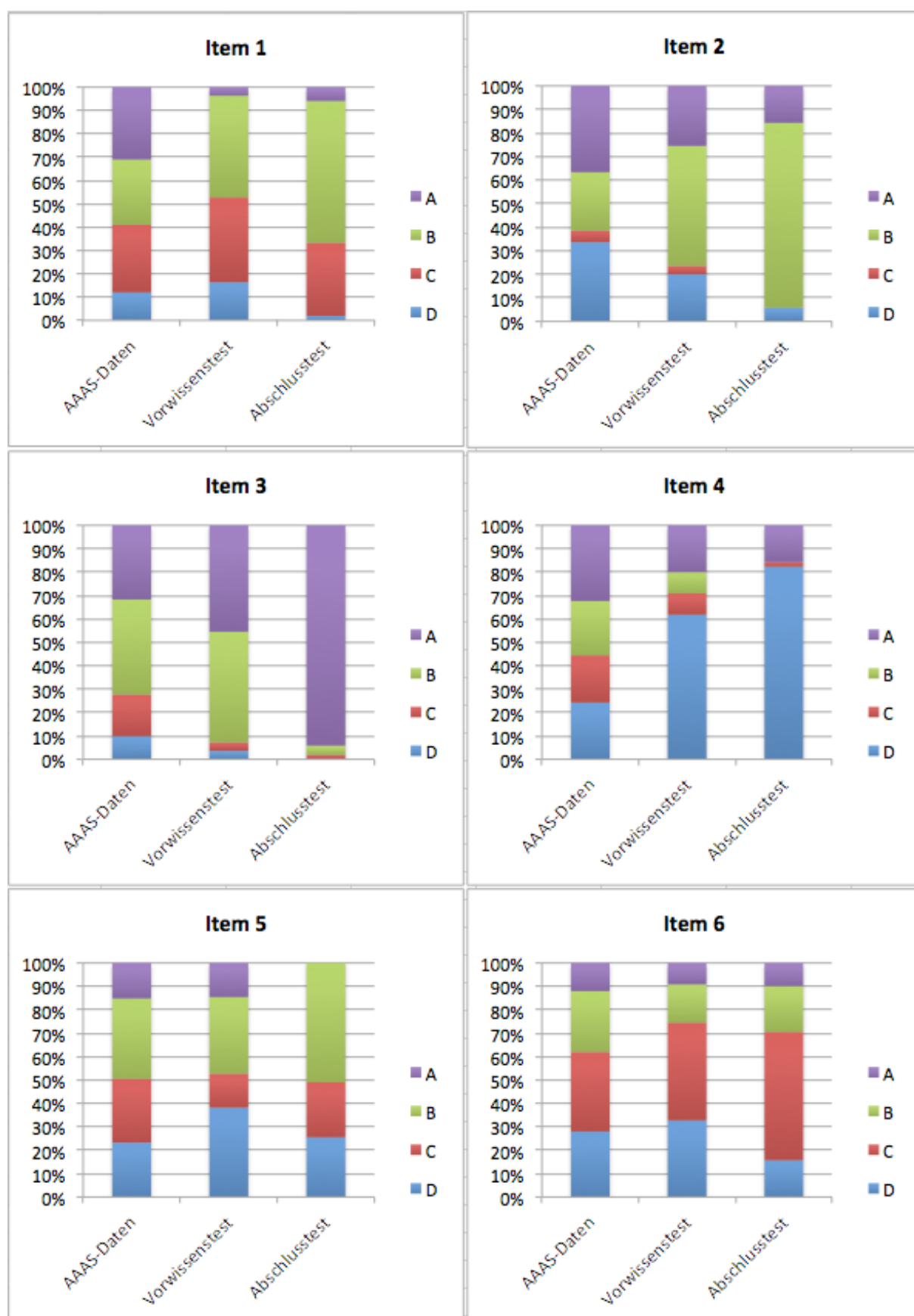


Abb. 5.12: Gegenüberstellung der AAAS-Erhebungsdaten für *Grade 9-12* mit den hier erhobenen Daten für Items 1-6. Datenquelle für die AAAS-Items: <http://assessment.aaas.org>

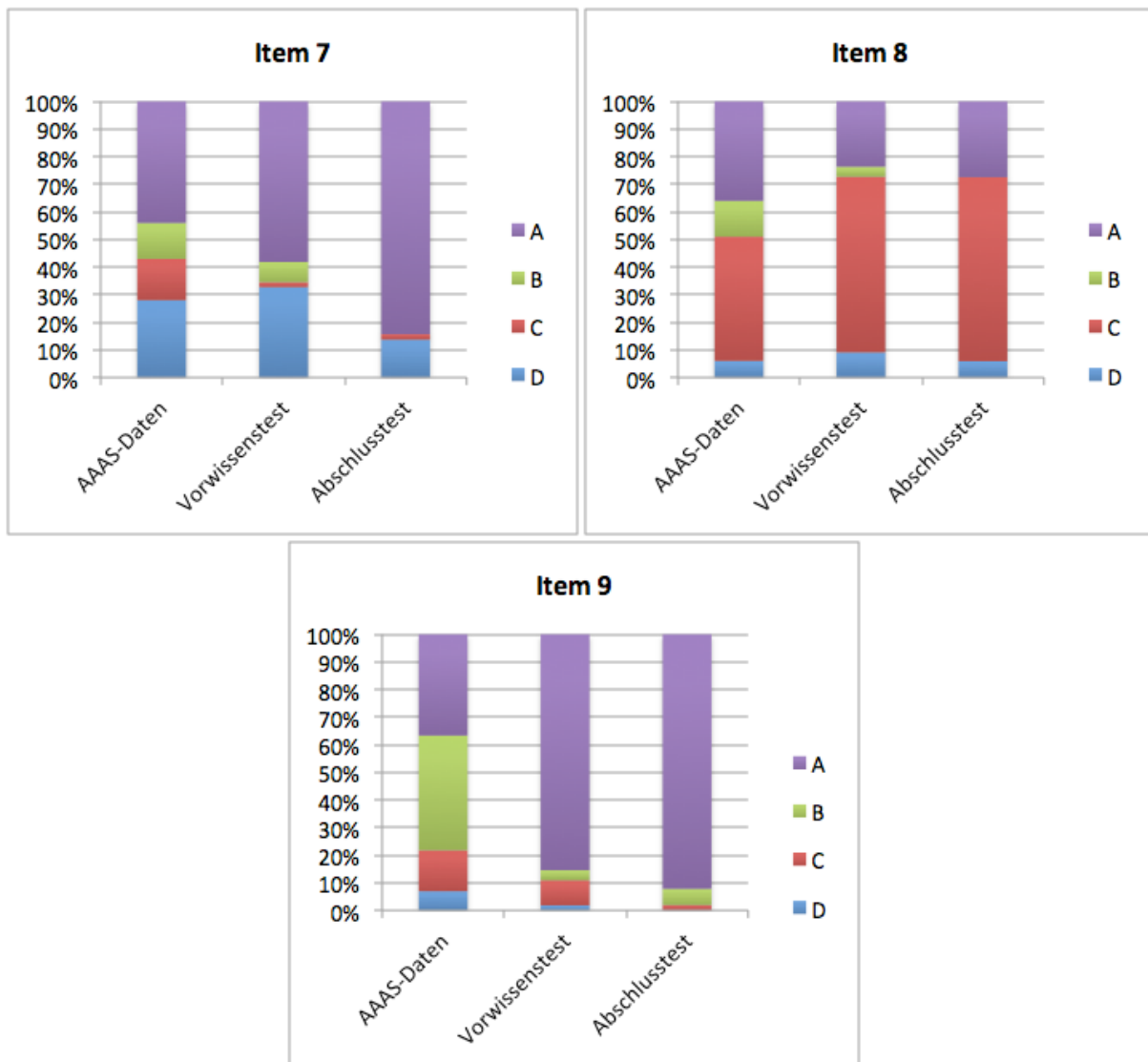


Abb. 5.13: Gegenüberstellung der AAAS-Erhebungsdaten für *Grade 9-12* mit den hier erhobenen Daten für Items 7-9. Datenquelle für die AAAS-Items: <http://assessment.aaas.org>

Bei fast allen Items (nur Item 5 fiel hier aus der Reihe) zeigte sich ein besseres Abschneiden der Stichprobe im Vergleich zu der AAAS-Stichprobe bereits beim Vorwissenstest bei manchen Items gab es sogar sehr deutliche Unterschiede. So konnte etwa die bei den AAAS-Daten in Item 9 dominante Schülervorstellung, dass die Sonne einen See mehr erwärme, wenn sie niedriger (anstatt höher) am Himmel stehe (Antwort 9B) im Vorwissenstest kaum nachgewiesen werden, sogar die ebenfalls falsche Antwort C (gleiche Erwärmung unabhängig von der Position am Himmel) wurde öfters gewählt als diese in den AAAS-Daten so klare Fehlvorstellung. Für die Schülervorstellung zu Antwort 1A (Änderung der Sonnentemperatur als Ursache für Jahreszeiten) gilt das gleiche – auch sie war in den AAAS-Daten relativ klar zu sehen, jedoch in den erhobenen Daten kaum, dort ist dafür die

Vorstellung, dass die Jahreszeiten mit dem Abstand zur Sonne zusammenhängen noch deutlicher ausgeprägt als in den AAAS-Daten. Nun könnte man annehmen, dass in einer Klasse wie BAKIP, die nach Informationen des Klassenlehrers noch keinen expliziten Unterricht zu den hier behandelten Themen hatte, die Schülervorstellungen ev. eher den von der AAAS erhobenen Daten korrespondieren könnten (wobei dort ja auch nicht gesagt ist, dass die Schülerinnen noch keinen Unterricht zu den Themen hatten), als in anderen Klassen. Das ist aber nicht unbedingt der Fall, wie **Abb. 5.14** zeigt:

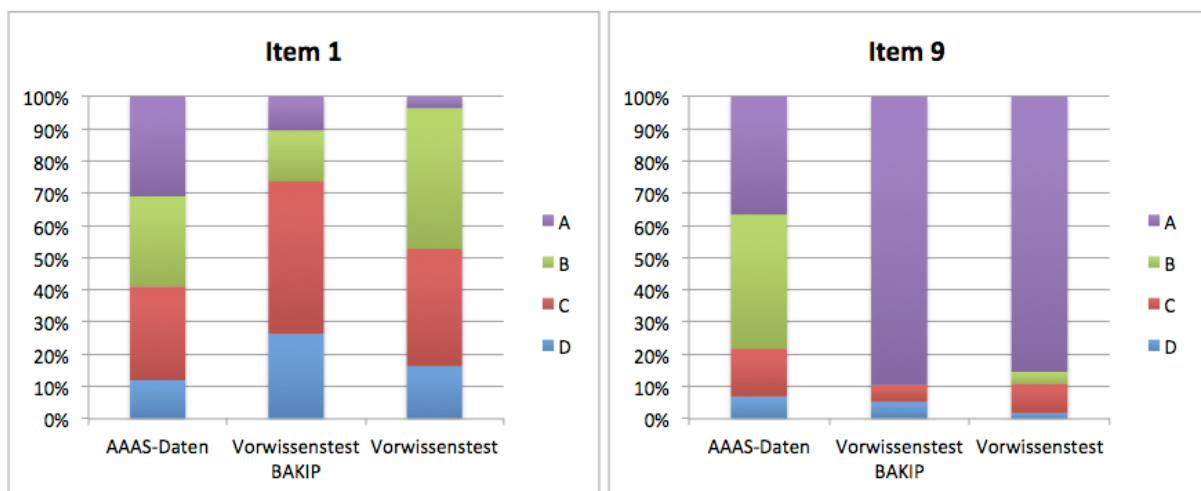


Abb. 5.14: Gegenüberstellung der Daten des Vorwissenstests in der Klasse BAKIP und allgemein (Daten des Vorwissenstests von allen Klassen einbezogen) mit den AAAS-Erhebungsdaten für Item 1 und Item 9. Datenquelle für die AAAS-Items: <http://assessment.aaas.org>

Bei Item 1 geht der Trend in der Klasse BAKIP zwar eher in diese Richtung, wobei da allerdings nicht die Vorstellung von der Änderung der Sonnentemperatur (wie in den AAAS-Daten) sondern die bereits erwähnte Schülervorstellung von der veränderlichen Entfernung zwischen Erde und Sonne als Ursache der Jahreszeiten mit 47% der Antworten stark dominiert. Bei Item 9 sieht die Sache ganz anders aus – da war die Leistung der Klasse BAKIP im Vorwissenstest sogar besser als im Durchschnitt aller drei Klassen und die bei den AAAS-Daten dominante Vorstellung, dass die niedriger stehende Sonne einen See stärker erwärme könne, als die höher stehende, wurde nicht ein einziges Mal gewählt. Dies lässt sich als Hinweis darauf interpretieren, dass Schülervorstellungen zu physikalischen Themen kulturspezifisch sein könnten. Ein anders Beispiel dafür ist bei Item 5 zu finden, wo die in den AAAS-Daten nur relativ wenig ausgeprägte Vorstellung, dass die Nord- und die Südhalbkugel

nie die gleiche Intensität an Sonnenlicht erhielten, in der österreichischen Stichprobe im Vorwissenstest mit 38% (in der BAKIP: 47%) die meistgenannte war.

5.2.1.4. Korrelationsanalyse zwischen verschiedenen Faktoren

Mittels einer Korrelationsanalyse wurden die Daten in *Excel* auf mittlere und starke Korrelationen zwischen der Leistung (ausgedrückt in den Anzahl richtiger Antworten) und anderen Faktoren untersucht. Auch die Korrelation der Werte einzelner Items untereinander (z. B. Korrelation des Mittelwerts der Items zu Leistung/Begabung und des Mittelwerts der Items zu Interesse/Freude) wurden analysiert. Bei der Interpretation der Korrelationsstärke orientiere ich mich an den folgenden Interpretationsrichtlinien von PETER:

- bis 0,2 => sehr geringe Korrelation
- bis 0,5 => geringe Korrelation
- bis 0,7 => mittlere Korrelation
- bis 0,9 => hohe Korrelation
- über 0,9 => sehr hohe Korrelation²⁶³

Korrelationen beim Vorwissenstest		
Variable 1	Variable 2	Korrelationskoeffizient
Alter	Leistung (Anzahl richtig beantworteter Items)	0,07
Anzahl der in der Familie gesprochenen Fremdsprachen	Leistung	0,06
Semesternote	Leistung	-0.25
Geschlecht	Leistung	0,34
Selbstkonzept v. Leistung & Begabung (Mittelwert der 3 Items)	Leistung	0,56
Interesse & Freude (Mittelwert der 4 Items)	Leistung	0,63
Klassenzugehörigkeit	Leistung	0,69

Tabelle 5.12: Korrelationen zwischen Leistung beim Vorwissenstest und anderen Faktoren

Zwischen den Faktoren Alter und der Anzahl der in der Familie gesprochenen Fremdsprachen (bzw. Migrationshintergrund) ergab sich beim Vorwissenstest keine nennenswerte Korrelation mit der Leistung (Korrelationskoeffizient $r < 0,1$),

²⁶³ PETER, Wolfgang: *Korrelationskoeffizient*. In: *Arbeitszimmer. Statistik-Weblog von Wolfgang Peter*.

Online: <http://arbeitszimmer.statistik-peter.at/2006/08/24/korrelationskoeffizient/comment-page-1/> [Stand: 25.06.2014]

interessanterweise ergab sich auch nur eine schwache Korrelation ($r = -0,25$) zwischen Semesternote und der Leistung beim Vorwissenstest.²⁶⁴

Schwach korrelierte auch das Geschlecht mit der Leistung ($r = 0,34$), wobei Burschen tendenziell besser antworteten als Mädchen, was aber wohl damit zusammenhängt, dass die schwächste Klasse BAKIP ausschließlich aus Mädchen bestand – so war diese Korrelation zwischen Geschlecht und Leistung innerhalb der Klassen GYM ($r = 0,09$) und WPF ($r = 0,17$) nicht in der Form gegeben wie insgesamt.

Eine mittlere Korrelation ($r = 0,56$) ergab sich allerdings zwischen dem Mittelwert der 3 Items zum Selbstkonzept von Leistung und Begabung und der Anzahl richtiger Antworten beim Vorwissenstest. Hier war allerdings wiederum auffällig, dass die Korrelation der Leistung mit dem Item BL3 „Ich bringe in Physik gute Leistungen“ mit $r = 0,35$ nur gering war, während sie für die anderen beiden, eher auf den Faktor Begabung abzielenden Items BL1 und BL2 jeweils relativ hoch lag (jeweils: $r = 0,56$). Es korrelierte also eher die Selbsteinschätzung der Begabung für Physik mit der tatsächlichen Leistung beim Vorwissenstest, als die Selbsteinschätzung der eigenen Leistungen in Physik. Auch die Selbsteinschätzungen von Leistung und Begabung (die Werte der Items BL2 und BL3 korrelieren nur mittelmäßig miteinander ($r = 0,58$), was dafür spricht, dass von Seiten der Schülerinnen sehr wohl deutlich zwischen Leistung und Begabung unterschieden wurde.

Mittelgroß war auch die Korrelation zwischen der Leistung und dem Mittelwert von Interesse und Freude an Physik(unterricht) ($r = 0,63$), wobei hier die Detailanalyse eine etwas höhere Korrelation zwischen der beim Vorwissenstest erbrachten Leistung und den Antworten bei den Items IF1 („Ich mag Bücher über Physik“, $r = 0,63$) und IF4 („Mich interessiert das, was ich in Physik lerne“, $r = 0,61$) zeigte, als bei den Items IF2 („Ich freue mich auf meine Physikstunden“, $r = 0,44$) und IF3 („Ich mache Physik, weil es mir Spaß macht“, $r = 0,56$). Wenn man sich die Formulierungen der Items ansieht, so könnte das als Hinweis darauf gelesen werden, dass der Faktor „Interesse“ etwas stärker mit der Leistung korreliert als der Faktor „Freude“ – besonders die Vorfreude auf die Physikstunden korreliert nach PETER nur schwach mit der Leistung des Vorwissenstests.

²⁶⁴ Der Korrelationskoeffizient ist hier deshalb negativ angegeben, weil höhere Werte bei der Schulnote in Österreich schlechtere Leistungsbeurteilungen bedeuten (1 = „Sehr Gut“, 5 = „Nicht Genügend“), höhere Werte bei der Zahl der richtigen Antworten aber eine größere Leistung beim Vorwissenstest bedeuten. Gute Semesternoten in Physik korrelieren hier also schwach mit guten Leistungen beim Vorwissenstest.

Erwartungsgemäß (der Leistungsanalyse nach Klassen beim Vorwissenstest entsprechend) korrelierte auch die Klassenzugehörigkeit relativ stark mit der Leistung beim Vorwissenstest ($r = 0,69$).²⁶⁵

Starke Korrelationen zeigten sich erwartungsgemäß auch zwischen den Mittelwerten der Items zur Selbsteinschätzung von Leistung und Begabung und den Mittelwerten der Items zu Interesse und Freude ($r = 0,75$), was mit der Selbstbestimmungstheorie der Motivation nach DECI & RYAN erklärt werden kann, nach der die wahrgenommene Kompetenz ein wichtiger Motivationsfaktor ist²⁶⁶ – etwas grob und allgemein formuliert könnte man sagen, dass jemand, der glaubt, in einem bestimmten Gebiet gut zu sein, in diesem Gebiet auch motivierter ist (vgl. Abschnitt 9.1.2.1 im Anhang auf S. 275).

Korrelationen beim Abschlusstest		
Variable 1	Variable 2	Korrelationskoeffizient
Alter	Leistung (Anzahl richtig beantworteter Items)	0,03
Anzahl der in der Familie gesprochenen Fremdsprachen	Leistung	-0,01
Semesternote	Leistung	-0,34
Geschlecht	Leistung	0,34
Selbstkonzept v. Leistung & Begabung (Mittelwert der 3 Items)	Leistung	0,44
Interesse & Freude (Mittelwert der 4 Items)	Leistung	0,48
Klassenzugehörigkeit	Leistung	0,71

Tabelle 5.13: Korrelationen zwischen Leistung beim Abschlusstest und anderen Faktoren

Wie schon beim Vorwissenstest, so zeigten sich auch beim Abschlusstest keine nennenswerten Korrelationen zwischen der Leistung und den Faktoren Alter bzw. Migrationshintergrund. Es kann daher festgestellt werden, dass innerhalb der Stichprobe

²⁶⁵ Entsprechend ihrer Gesamtleistungen beim Vorwissenstest wurden die Klassenzugehörigkeiten zur Berechnung der Korrelation hier gereiht, d. h. die Klassenzugehörigkeit „BAKIP“ wurde durch den Wert „1“ ausgedrückt, da dort die geringste Gesamtleistung im Vorwissenstest bestand, „GYM“ wurde durch den Wert „2“ ausgedrückt (wegen der mittleren Gesamtleistung) und „WPF“ wegen der hohen Gesamtleistung durch den Wert „3“.

²⁶⁶ Vgl.: NIEMIEC, C.; RYAN, R.: Autonomy, competence, and relatedness in the classroom: Applying self-determination theory to educational practice. In: *Theory and Research in Education*, Vol. 7/2009, S. 133-144, zitiert nach: KORNER, Marianne; URBAN-WOLDRON, Hildegard; HOPF, Martin: *Entwicklung eines Messinstrumentes zur Motivation*. In: BERNHOLT, Sascha [Hrsg.]: *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. LIT Verlag, Berlin 2012, S. 98

zwischen diesen beiden Faktoren und der Leistung zu keinem Zeitpunkt ein statistisch erfassbarer Zusammenhang bestand. Die Korrelation zwischen den Faktoren Geschlecht und Leistung war gleich schwach wie beim Vorwissenstest ($r = 0,34$), die zwischen Semesternote und Leistung mit $r = 0,34$ zwar immer noch gering, jedoch schon deutlich stärker als beim Vorwissenstest, was ein (schwacher) Hinweis darauf sein kann, dass der Unterricht bei Schülerinnen mit guten Semesternoten tendenziell vielleicht etwas effektiver war als bei Schülerinnen mit schlechteren Semesternoten.

Nicht so deutlich wie beim Vorwissenstest war dagegen die Korrelation zwischen der Leistung beim Abschlusstest und den Mittelwerten der Items zur Selbsteinschätzung von Leistung und Begabung ($r = 0,44$) bzw. den Mittelwerten der Items zu Interesse und Freude an Physik(unterricht) ($r = 0,48$). Nach der oben beschriebenen Kategorisierung von PETER sind diese Korrelationen beide nur als gering zu interpretieren, wobei die letztere allerdings beinahe in die Gruppe der mittleren Korrelationen fällt. Jedenfalls sind beide Werte deutlich geringer als beim Vorwissenstest, was darauf hindeuten kann, dass die Intervention auch für Schülerinnen effektiv war, die ihre Leistung & Begabung bzw. ihr Interesse nicht besonders positiv einschätzten.

5.2.1.5. Analyse der Motivation bei den darstellenden Gruppenarbeiten

Motivation bei der Gruppenarbeit in den einzelnen Klassen nach Items und Faktoren								
	Klasse WPF		Klasse BAKIP		Klasse GYM		Gesamtstichprobe	
Item***	Mittelw.*	Stabw.**	Mittelw.	Stabw.	Mittelw.	Stabw.	Mittelw.	Stabw.
Int 1	3,7	±1,1	3,9	±1,0	3,9	±0,8	3,8	±0,9
Int 2	3,8	±1,0	4,2	±0,8	4,3	±0,6	4,2	±0,8
Int 5	3,5	±1,3	4,3	±0,7	4,0	±1,1	4,0	±1,1
MW Int	3,7	±0,9	4,1	±0,7	4,0	±0,7	4,0	±0,8
Pco 2	3,5	±0,7	3,6	±1,0	3,5	±0,9	3,5	±0,9
Pco 4	3,9	±0,6	3,7	±0,9	4,2	±0,5	3,9	±0,8
Pco 5	3,3	±0,5	3,3	±1,0	3,7	±0,9	3,5	±0,9
MW Pco	3,6	±0,5	3,5	±0,8	3,8	±0,6	3,6	±0,7
Eff 1	3,9	±0,7	3,9	±1,2	4,2	±0,8	4,0	±1,0
Eff 3	2,8	±1,1	3,2	±1,4	3,5	±1,1	3,2	±1,3
Eff 10	4,1	±0,7	3,5	±0,9	3,8	±0,7	3,7	±0,9
Eff 11	3,4	±1,0	3,1	±1,2	3,6	±1,1	3,3	±1,2
MW Eff	3,6	±0,7	3,4	±0,9	3,8	±0,7	3,6	±0,8
MW GES	3,6	±0,6	3,6	±0,7	3,9	±0,6	3,7	±0,7

Tabelle 5.14: Motivation (Itemmittelwerte, Faktorenmittelwerte und Gesamtmittelwert) bei der Gruppenarbeit nach Klassen und in der Gesamtstichprobe. Itemformulierung und Faktoren nach KORNER²⁶⁷

* Mittelwert aus einer Likertskala von 5 = "stimmt völlig" bis 1 = "stimmt gar nicht", Skalierung nach KORNER

** Standardabweichung berechnet wie in Tabelle 5.8

*** Abkürzungen: **Int** = Interest/Enjoyment; **Pco** = Perceived Competence; **Eff** = Effort/Importance

Item	Itemformulierung bzw. (statistische) Bedeutung
Int 1	Ich habe diese Tätigkeit sehr gerne gemacht.
Int 2	Diese Tätigkeit hat Spaß gemacht.
Int 5	Ich fand diese Tätigkeit sehr interessant.
MW Int	Faktor <i>Interest/Enjoyment</i> : Mittelwert von Item Int1, Int2 und Int5
Pco 2	Ich war bei dieser Tätigkeit recht gut, wenn ich mich mit meinen Mitschülern vergleiche.
Pco 4	Ich bin mit meiner Leistung bei dieser Tätigkeit zufrieden.
Pco 5	Ich war recht geschickt bei dieser Tätigkeit.
MW Pco	Faktor <i>Perceived Competence</i> : Mittelwert von Item Pco2, Pco4 und Pco5
Eff 1	Ich habe mich bei dieser Tätigkeit bemüht.
Eff 3	Ich habe mich hier sehr angestrengt um gut zu sein.
Eff 10	Ich habe bei dieser Aufgabe viel gearbeitet und bin nicht nur herumgesessen.
Eff 11	Ich habe weiter gearbeitet, bis ich mit dem Ergebnis zufrieden war.
MW Eff	Faktor <i>Effort/Importance</i> : Mittelwert von Item Eff1, Eff3, Eff 10 und Eff 11
MW GES	Faktor Gesamtmotivation: Mittelwert über alle Items

Tabelle 5.15: Itemformulierungen und Motivationsfaktoren zu Tabelle 5.14 nach KORNER (unveröffentlicht)

²⁶⁷ Vgl.: KORNER et al. (2012), S. 98-100. Itemformulierungen bisher nicht veröffentlicht, wurden von Marianne KORNER freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Vgl. dazu auch Abschnitt 9.1.2.1 im Anhang auf S. 276

Der Motivationskoeffizient für die Gesamtstichprobe liegt bei $3,7 \pm 0,7$ (wobei „1“ den Minimalwert, „5“ den Maximalwert und „3“ den Erwartungswert für eine Normalverteilung darstellt). Mit einem Wert von $4,0 \pm 0,8$ trug der Faktor *Interest/Enjoyment* hier am meisten zur gesamten bei der Aufgabe empfundenen Motivation bei, die Faktoren *Perceived Competence* und *Effort/Importance* waren etwas weniger stark ausgeprägt. In Abb. 5.15 sind die Ergebnisse der Motivationsfaktoren für die darstellenden Gruppenarbeiten in den einzelnen Klassen einander noch einmal anschaulich gegenübergestellt:

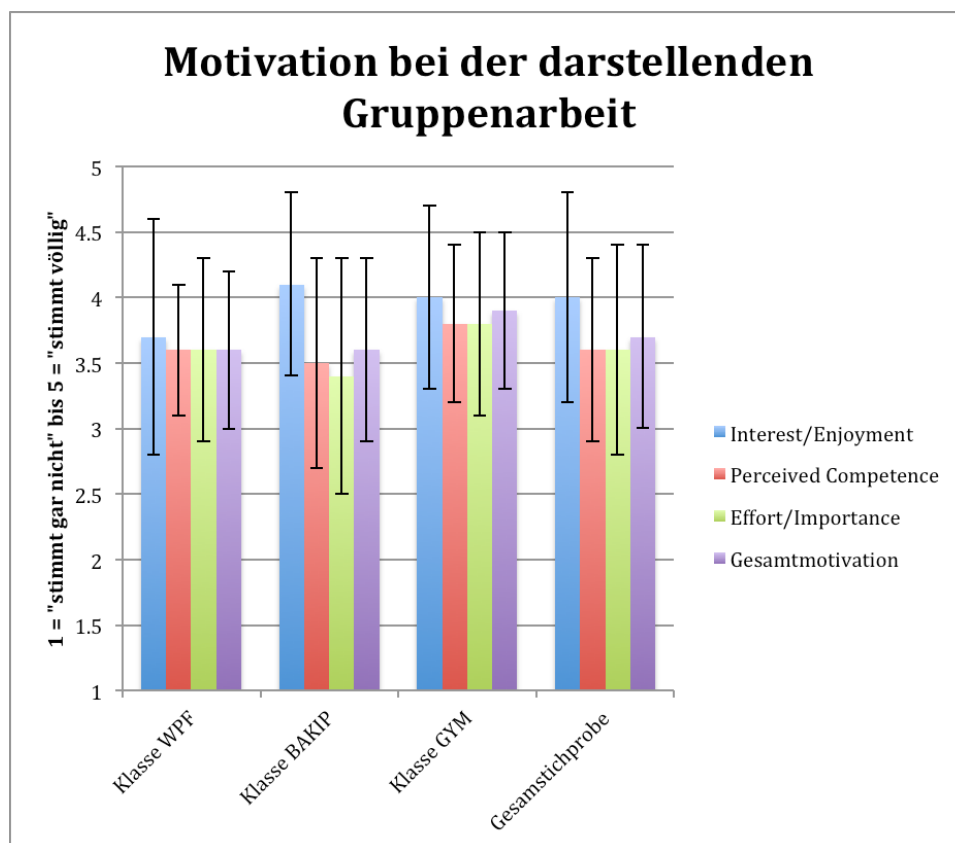


Abb. 5.15: Motivation bei den darstellenden Gruppenarbeiten nach Versuchsklassen und Faktoren

Auffällig ist dabei der im Vergleich mit den anderen Klassen eher geringe Wert des Faktors *Interest/Enjoyment* in der Klasse WPF und seine hohe Streuung. Das spricht dafür, dass in dieser Klasse die darstellende Gruppenarbeit eher auf gemischtes (wenn auch nicht unbedingt geringes) Interesse traf – was damit zusammenhängen könnte, dass vieles schon bekannt war (so merkte etwa eine Schülerin der Klasse WPF neben dem von ihr vergebenen Minimalwert „0“ zu Interessensitem Int 5 am Fragebogen schriftlich an: „War eine WH“²⁶⁸).

²⁶⁸ Handschriftliche Anmerkung am Abschlussfragebogen Nr. 58, Klasse WPF

Weiters fällt auf, dass die Faktoren *Perceived Competence* und *Effort/Importance* in der Klasse GYM etwas höher bewertet wurden als in den anderen beiden Klassen, was auch die höhere Gesamtmotivation in der Klasse GYM erklärt. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch, dass in Klasse WPF, die ja die deutlich besten Leistungen erbrachte, das Kompetenzzempfinden bei der darstellenden Gruppenarbeit wesentlich geringer war, als in der Klasse GYM. Es ging bei der Gruppenarbeit aber auch nicht nur um die physikalische, sondern auch um die darstellerische Kompetenz – und die mangelnde darstellerische Kompetenz könnte hier für das vergleichsweise niedrigere Kompetenzzempfinden in Klasse WPF verantwortlich sein, denn die beiden Kompetenzen (darstellerische Kompetenz und physikalische Kompetenz) hängen wohl nicht miteinander zusammen. Es kann aber doch angenommen werden, dass die Schülerinnen in der Selbstbeurteilung auch ihre darstellerische Kompetenz mitbeurteilt haben – besonders die Formulierung des Items Pco 5 „Ich war recht geschickt bei dieser Tätigkeit“ kann hier als Aussage in Bezug auf die Geschicklichkeit beim Darstellen aufgefasst werden. **Abb. 5.16** gewährt detailliertere Einblicke in die Ergebnisse der einzelnen Items:

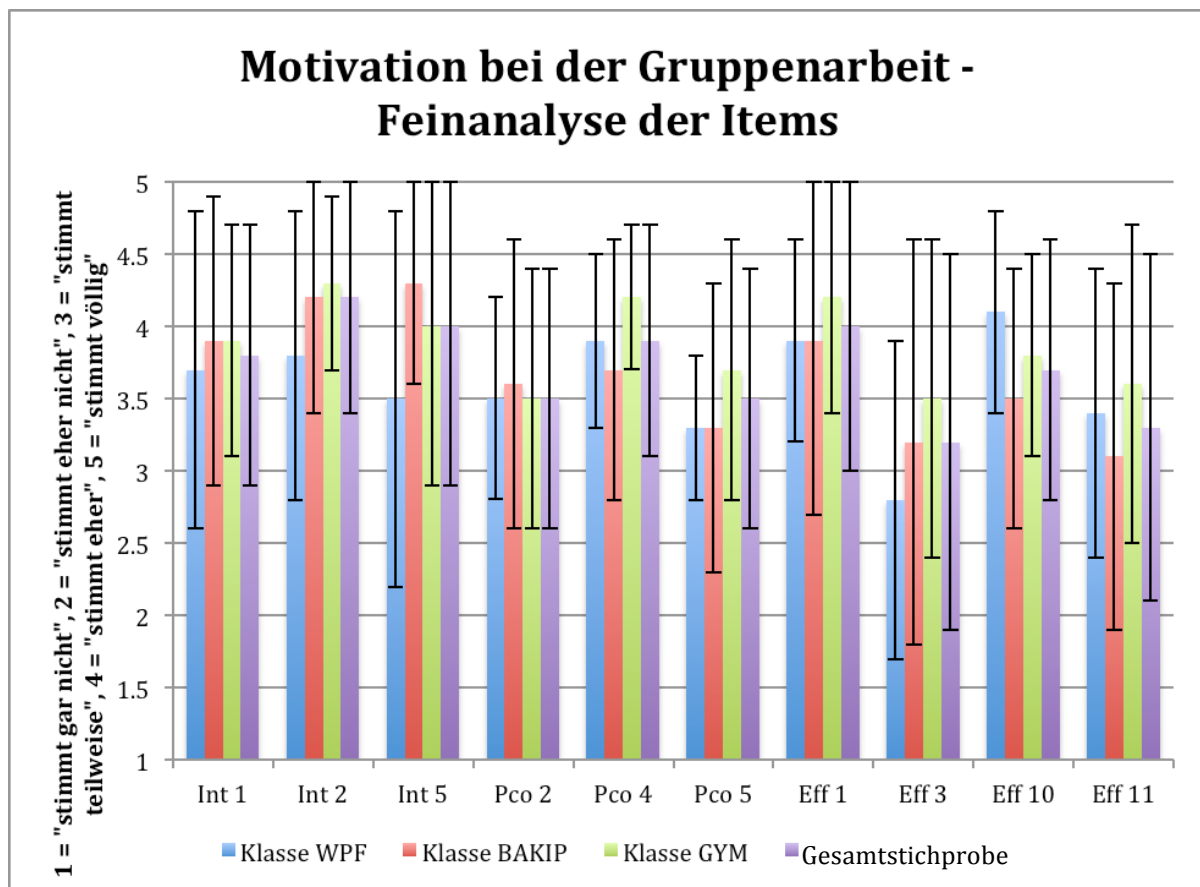


Abb. 5.16: Feinanalyse der einzelnen Items des Motivationsfragebogens zur darstellenden Gruppenarbeit

In **Abb. 5.16** lässt sich erkennen, dass das Item Int 5 („Ich fand diese Tätigkeit interessant“) in der Klasse WPF tatsächlich deutlich niedriger bewertet wurde als in den anderen beiden Klassen und die Daten außerdem besonders stark streuten. Bei Item Pco 5 zeigt sich außerdem in Klasse WPF ein im Vergleich zu den anderen beiden Kompetenzitems relativ niedriger Wert, was die oben geführte Argumentation stützt, dass der Begriff „Geschicklichkeit“ hier auf das Darstellungsgeschick bezogen worden sein könnte.

Andererseits ist der große Unterschied zwischen den Werten von Item Eff 3 und Eff 10 in Klasse WPF augenfällig – die Aufgabe wurde dort also offenbar nicht als Anlass für eine besondere Anstrengung empfunden, um dabei gut zu sein (Eff 3), obwohl der subjektiven Empfindung nach „viel gearbeitet und nicht nur herumgesessen“ wurde (Eff 10). Das deutet wiederum darauf hin, dass die Aufgaben in Klasse WPF vielleicht als inhaltlich eher etwas zu leicht empfunden wurden, um ein wirklich starkes Kompetenzerleben zu gewährleisten – dies wäre eine andere Erklärung für das geringe Kompetenzerleben in Klasse WPF. Wenn man andererseits wiederum annimmt, dass die Aufgaben für Klasse BAKIP inhaltlich eher schwierig waren (diese Annahme lässt sich durch die geringe Leistung beim Abschlusstest und das ebenfalls relativ geringe Kompetenzerleben begründen - vgl. **Abb. 5.5** auf S. 160 und **Abb. 5.15** auf S. 176), dann liegt hier der Schluss nahe, dass sie für die Klasse GYM von der Schwierigkeit her am besten geeignet waren – was ein vergleichsweise hohes Kompetenzerleben (vgl. **Abb. 5.15**) ermöglichte.

Für die Gesamtmotivation bei den darstellenden Gruppenarbeiten und ihre Einzelfaktoren wurde außerdem eine umfassende Korrelationsanalyse mit anderen beim Abschlusstest erfassten Variablen durchgeführt, deren Ergebnisse auf der nächsten Seite in Tabelle 5.16 dargestellt sind. Die auffälligsten Ergebnisse dieser Korrelationsanalyse, bei der insgesamt kaum bedeutende Korrelationen festgestellt werden konnten, sind folgende:

- Die Gesamtmotivation bei den darstellenden Gruppenarbeiten korrelierte in geringem Ausmaß mit dem Selbstkonzept von Interesse und Freude an Physik(unterricht)
- Der Faktor *Interest/Enjoyment* korrelierte leicht (negativ) mit der Klassenzugehörigkeit (die Codierung der Klassen erfolgte nach deren mittlerer Leistung beim Abschlusstest, wie in Fußnote 265 auf S. 173 angegeben: WPF=1,

GYM=2, BAKIP=3) und war demnach bei der Klasse BAKIP tendenziell größer als in der Klasse WPF (siehe dazu auch **Abb. 5.15**).

- Das Selbstkonzept von Leistung und Begabung in Physik(unterricht) korrelierte insgesamt **nicht** mit dem Faktor *Perceived Competence* bei der Gruppenarbeit.
- Jedoch korrelierte bei den Einzelitems des Selbstkonzepts von Leistung und Begabung das Item BL3 „Ich bringe in Physik gute Leistungen“ gemäß PETERS Kategorisierung in geringem Ausmaß ($r = 0,46$) mit dem Faktor *Perceived Competence*. Der Wert des Korrelationskoeffizienten liegt dabei allerdings recht nahe an der etwas willkürlich gezogenen Grenze zu einer mittelstarken Korrelation (nach PETER ab $r > 0,5$ – vgl. dazu Abschnitt 5.2.1.4 auf S. 171)
- Das Alter der Schülerinnen korrelierte leicht positiv mit dem in Bezug auf die Gruppenarbeit erfassten Faktor *Effort/Importance*
- Das Selbstkonzept von Leistung und Begabung sowie Interesse und Freude an Physikunterricht korrelierten ebenfalls leicht positiv mit dem Faktor *Effort/Importance* bei der Gruppenarbeit.

In Tabelle 5.16 auf der folgenden Seite sind alle für die Gesamtmotivation bei der Gruppenarbeit bzw. deren Einzelfaktoren berechneten Korrelationen dargestellt. Die gerade erwähnten Auffälligkeiten sind dabei fett gedruckt hervorgehoben.

Korrelationen zur Motivation und ihren Faktoren bei der darstellenden Gruppenarbeit		
Variable 1	Variable 2	Korrelationskoeffizient
Alter	Motivation (MW GES: Gesamtmittelwert d. Motivation)	-0,17
Anzahl der in der Familie gesprochenen Fremdsprachen	Motivation	-0,07
Semesternote	Motivation	-0,05
Geschlecht	Motivation	0,02
Selbstkonzept v. Leistung & Begabung (Mittelwert der 3 Items)	Motivation	0,16
Interesse & Freude (Mittelwert der 4 Items)	Motivation	0,26
Klassenzugehörigkeit	Motivation	-0,03
Leistung beim Abschlusstest	Motivation	-0,02
Alter	Interest/Enjoyment (MW Int)	-0,07
Anzahl der in der Familie gesprochenen Fremdsprachen	Interest/Enjoyment	-0,15
Semesternote	Interest/Enjoyment	0,01
Geschlecht	Interest/Enjoyment	0,04
Selbstkonzept v. Leistung & Begabung (Mittelwert der 3 Items)	Interest/Enjoyment	0,05
Interesse & Freude (Mittelwert der 4 Items)	Interest/Enjoyment	0,15
Klassenzugehörigkeit	Interest/Enjoyment	-0,22
Leistung beim Abschlusstest	Interest/Enjoyment	-0,11
Alter	Perceived Competence (MW Pco)	-0,03
Anzahl der in der Familie gesprochenen Fremdsprachen	Perceived Competence	0,16
Semesternote	Perceived Competence	-0,11
Geschlecht	Perceived Competence	0,07
Selbstkonzept v. Leistung & Begabung (Mittelwert der 3 Items)	Perceived Competence	0,05
Interesse & Freude (Mittelwert der 4 Items)	Perceived Competence	0,19
Klassenzugehörigkeit	Perceived Competence	0,01
Leistung beim Abschlusstest	Perceived Competence	-0,01
Alter	Effort/Importance (MW Eff)	0,26
Anzahl der in der Familie gesprochenen Fremdsprachen	Effort/Importance	-0,14
Semesternote	Effort/Importance	-0,04
Geschlecht	Effort/Importance	-0,04
Selbstkonzept v. Leistung & Begabung (Mittelwert der 3 Items)	Effort/Importance	0,26
Interesse & Freude (Mittelwert der 4 Items)	Effort/Importance	0,27
Klassenzugehörigkeit	Effort/Importance	0,07
Leistung beim Abschlusstest	Effort/Importance	0,05

Tabelle 5.16: Detailanalyse der Korrelation zwischen der Motivation (sowie ihren einzelnen Faktoren) bei der darstellenden Gruppenarbeit und anderen Variablen.

Vergleich der Motivationsdaten mit anderen Untersuchungen

Abschließend sollen die hier gesammelten Daten zur Motivation bei der darstellenden Gruppenarbeit noch einmal mit den von KORNER katalogisierten Daten anderer Untersuchungen (andere Methoden & Themen aber gleiche Items, Daten bisher unveröffentlicht) verglichen werden, was es ermöglichen sollte, das Motivationspotenzial der hier verwendeten Methode der darstellenden Gruppenarbeit (unter Berücksichtigung der spezifischen Voraussetzungen der Vergleichsdaten – also der darin eingeflossenen Methoden und Themen) einigermaßen gut einzuordnen.

<i>Motivationsdaten verschiedener anderer Untersuchungen nach Items und Faktoren</i>			
Item	Stichprobengröße (N)	Mittelwert*	Standardabweichung**
Int 1	266	3,76	1,20
Int 2	267	3,98	1,10
Int 5	267	3,87	1,15
MW Int		3,87	1,15
Pco 2	259	3,50	1,13
Pco 4	262	4,04	0,99
Pco 5	264	3,79	1,03
MW Pco		3,78	1,05
Eff 1	265	3,95	1,08
Eff 3	266	3,79	1,21
Eff 10	265	3,91	1,09
Eff 11	265	3,68	1,15
MW Eff		3,83	1,13
MW GES		3,83	1,11

Tabelle 5.17: Mittelwerte der verwendeten Motivationsitems aus verschiedenen anderen Untersuchungen.

* Die Mittelwerte, Stichprobengrößen und Standardabweichungen der einzelnen Items wurden von KORNER zur Verfügung gestellt. Der Gesamtmittelwert und die Mittelwerte der Faktoren wurden aus den Mittelwerten der einzelnen Items berechnet. Die Schwankung der Stichprobengrößen (die Standardabweichung für N beträgt nur 0,9% des Mittelwerts von N) ist so gering, dass diese Mittelwerte dadurch nur unwesentlich verzerrt werden.

** Die Standardabweichungen der Faktoren und des Gesamtmittelwerts wurden als Mittelwerte der Standardabweichungen der einzelnen Items berechnet, was eine Behelfslösung war, da die Rohdaten nicht vorlagen. Aufgrund der bereits thematisierten geringen Schwankung der Stichprobengrößen sollten aber auch diese Werte recht verlässlich sein.

Die in Tabelle 5.17 dargestellten Daten zu den einzelnen Motivationsitems stellen wie bereits erwähnt die Mittelwerte von in verschiedenen Untersuchungen erhobenen Daten dar. Die inhaltlichen Themen dieser Untersuchungen waren hauptsächlich aus dem Physikcurriculum der Unterstufe gewählt, es wurden aber auch Erhebungsdaten aus anderen naturwissenschaftlichen Fächern einbezogen. Die Erhebungen fanden im Schuljahr 2012/13

in insgesamt 15 verschiedenen österreichischen Klassen der 6. bis 8. Schulstufe statt, worunter einige AHS – Klassen, allerdings hauptsächlich Hauptschulklassen waren. Was die Methoden betrifft, so wurden dabei ausschließlich kooperative Lernformen untersucht – zum Beispiel im Rahmen des *Cross-Age Peer Tutoring*.

Eine grafische Gegenüberstellung der von KORNER gesammelten Metadaten mit den Daten der hier durchgeführten Untersuchung zur Methode der darstellenden Gruppenarbeit gibt weitere Aufschlüsse darüber, wie deren Motivationspotenzial gegenüber anderen Methoden (und Themen) einzuordnen ist:

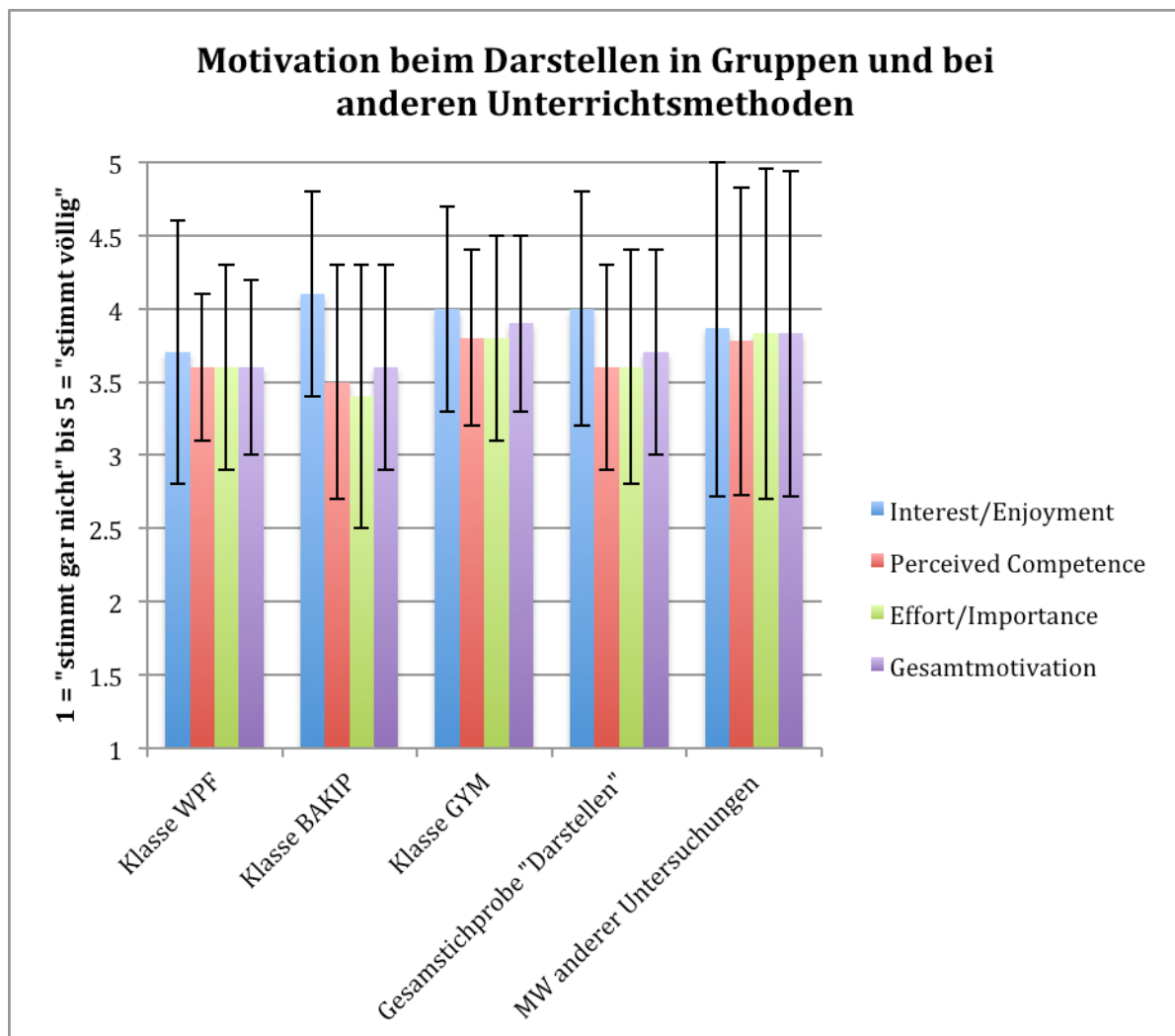


Abb. 5.17: Gesamtmotivation und Motivationsfaktoren für die darstellende Gruppenarbeit (in den einzelnen Klassen und in der Gesamtstichprobe) und für den globalen Mittelwert aus verschiedenen anderen Untersuchungen zur Motivation im Unterricht (Datenquelle: Eigene Daten sowie KORNER, bisher unveröffentlichte Daten).

Abb. 5.17 zeigt, dass die Gesamtmotivation bei den darstellenden Gruppenarbeiten (etwas) geringer war, als im Vergleich mit den Metadaten verschiedener anderer Untersuchungen zu Unterrichtsmethoden. Dies liegt hauptsächlich an den beiden Faktoren *Perceived Competence* und *Effort/Importance*, deren Werte deutlich geringer ausfielen als bei den Metadaten. Der Mittelwert des Faktors *Interest/Enjoyment* war hingegen bei den hier behandelten darstellenden Gruppenarbeiten zum Thema der Jahreszeiten und der Sonneneinstrahlung auf der Erde deutlich höher als in den Metadaten. Das deutet darauf hin, dass die Schülerinnen bei dieser Form der darstellenden Gruppenarbeit insgesamt etwas mehr Spaß haben, bzw. sie interessanter finden, als andere Methoden – jedoch zeigt sich gleichzeitig ein geringeres Kompetenzerleben und eine geringere (persönliche) Wichtigkeit bzw. eine geringere persönliche Leistungsanstrengung bei der Methode.

Eine Feinanalyse der einzelnen Items für die hier untersuchte Gesamtstichprobe und die Metadaten der anderen Untersuchungen in **Abb. 5.18** gibt weitere Aufschlüsse:

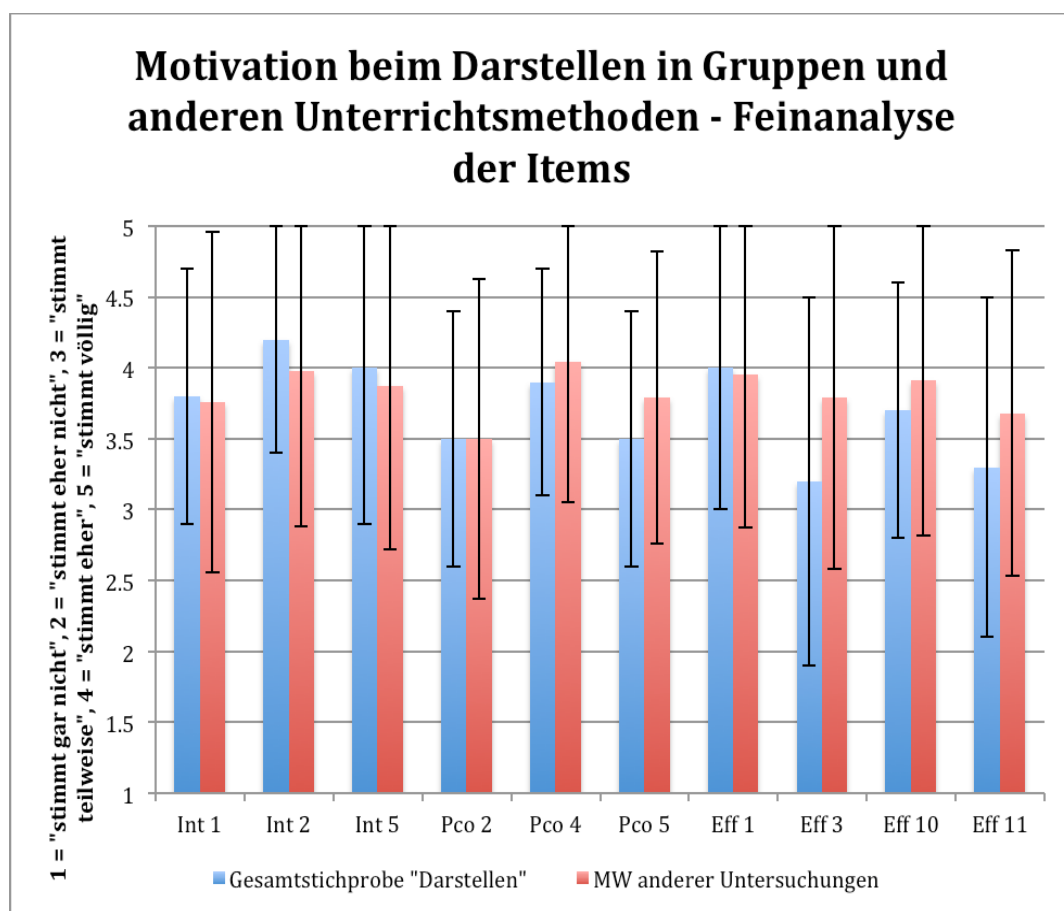


Abb. 5.18: Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Items zur Motivation für die hier untersuchte Gesamtstichprobe (darstellende Gruppenarbeiten) und für die Metadaten aus verschiedenen anderen Untersuchungen. Datenquelle: Eigene Daten sowie KORNER, bisher unveröffentlichte Daten.

In **Abb. 5.18** lässt sich erkennen, dass Item Int 2 („Diese Tätigkeit hat Spaß gemacht“) eigentlich das einzige Item ist, bei dem sich ein deutlicher Vorteil der darstellenden Methode gegenüber dem Mittelwert der anderen Unterrichtsmethoden bzw. Interventionen feststellen lässt. Bei Int 5 („Ich fand diese Tätigkeit interessant“) kann außerdem ebenfalls ein leicht erhöhter Wert festgestellt werden – die Fragestellung ist hier aber wohl auch stark abhängig vom Interventionsthema (und Astronomie ist ja eines der für die Schülerinnen interessantesten physikalischen Themen, wie in der Interessensanalyse bereits festgestellt wurde) und kann somit nicht besonders gut in Bezug auf die Methode interpretiert werden. Weiters ist der deutliche Rückstand der darstellenden Methode bei Item Eff 3 („Ich habe mich hier sehr angestrengt, um gut zu sein“) auffällig – es wurde also offensichtlich eher nicht als nötig empfunden, sich beim Darstellen sehr anzustrengen. Das kann nun zweierlei heißen – entweder wurde die Methode (vergleichsweise) nicht wirklich ernst genommen, was erklären würde, warum die Schülerinnen eine besondere Anstrengung nicht für nötig hielten, oder die Tätigkeit des Darstellens wurde im Vergleich zu anderen Methoden eben einfach nicht als besonders anstrengend empfunden, was ein anderes Erklärungsmodell sein könnte. Für die zweite Erklärung würde hier das positive Ergebnis des Items Eff 1 („Ich habe mich bei dieser Tätigkeit bemüht“) sprechen, denn eine „Bemühung“ spricht wohl dafür, dass die Aufgabe grundsätzlich einigermaßen ernst genommen wurde. Dagegen sprechen allerdings die eher negativen Werte der Items Eff 10 („Ich habe bei dieser Aufgabe viel gearbeitet und bin nicht nur herumgesessen“) und Eff 11 („Ich habe weiter gearbeitet, bis ich mit dem Ergebnis zufrieden war“) – eine eindeutige Entscheidung zugunsten einer Interpretationsmöglichkeit ist anhand der erfassten Daten hier also nicht möglich.

Schlussendlich ist noch der vergleichsweise niedrige Wert der Methode bei Item Pco 5 („Ich war recht geschickt bei dieser Tätigkeit“) auffällig, wobei dabei aber natürlich auch, wie bereits weiter oben argumentiert wurde, der Faktor „Darstellungsgeschicklichkeit“ bei der Interpretation dieses Items zu berücksichtigen ist, der bei anderen Methoden wegfällt. Die mangelnde Darstellungspraxis der Klassen, die es allesamt nicht gewohnt waren, mit darstellenden Methoden unterrichtet zu werden, spielte dabei also vermutlich auch eine Rolle.

5.2.1.6. Qualitative Auswertung der Fragebögen

Bei der qualitativen Auswertung der von den Schülerinnen schriftlich verfassten Begründungen zu den AAAS-Items Nr. 3 (Form der Erdumlaufbahn) und Nr. 4 (Ausrichtung der Erdachse im Jahresverlauf) möchte ich mich grob an der von GROPENGEIER beschriebenen Vorgehensweise bei der qualitativen Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung orientieren.²⁶⁹ Als „grob“ ist die Orientierung daran deswegen zu bezeichnen, weil es in diesem Abschnitt nicht um komplette Interviews sondern nur um kurze, schriftliche Begründungen geht (der gesamte Transkriptions – bzw. Aufbereitungsaspekt der Interviews fällt somit hier weg). Es bleibt die Auswertung (hier insbesondere die sprachliche Auslegung, das Bündeln bedeutungsgleicher Aussagen und die Unterscheidung verschiedener Konzepte bzw. Begründungsmuster) sowie die Strukturierung der Daten durch Kategorienbildung.²⁷⁰

Wegen der relativ großen Zahl der erfassten Äußerungen scheint es außerdem angebracht, bei mehrfach vorkommenden, untereinander ähnlichen Begründungsstrukturen die (relative) Häufigkeit anzugeben, mit der die jeweilige Begründung geäußert wurde. Aus Gründen der Redundanzvermeidung werden für solche häufiger auftretende Begründungsmuster und Vorstellungen jeweils nur ein oder zwei Beispiele aus den Fragebögen repräsentativ für die jeweilige Kategorie zitiert. Aus Platzgründen werden auch nur gekürzte Versionen der Begründungen als Beispiele zitiert.

Einige Einzelbegründungen stellten außerdem Kombinationen mehrerer unterschiedlicher Begründungsschemata dar – so wurde etwa bei der Begründung zu Item 3 teilweise auf die relative Konstanz der Jahreszeiten (bzw. die relativ geringen Temperaturschwankungen) *und* auf externe Quellen (z. B. Erinnerung an eine Abbildung) hingewiesen. In solchen Fällen wurden die Begründung beider der Gesamtbegründung entsprechenden Begründungsschemata (hier: *Schema 2) - Berufung auf externe Quellen und Autoritäten* und *Schema 4) - Auswirkungen auf das Erdklima/Jahreszeiten*) zugerechnet – eine Unterscheidung der jeweiligen einzelnen Kombinationen erscheint aufgrund der so entstehenden Fülle an Kombinationen, die sich aber an sich aus relativ wenigen

²⁶⁹ Vgl.: GROPENGEIER (2005), S. 176 ff.

²⁷⁰ Vgl.: GROPENGEIER (2005), S. 176, Tabelle 1

Grundschemata zusammensetzen, als nicht besonders sinnvoll. Darüber hinaus werden die Begründungsschemata beim ersten behandelten Item auch nach der gewählten Antwort unterschieden.

Auswertung der Vorwissenstests

Zu Item Nr. 3 lassen sich insgesamt 7 verschiedene dominante Begründungsmuster feststellen, die in den Tabellen 5.18 bis 5.21 für die jeweilige Antwort dargestellt sind:

Begründungsmuster zu Antwort A bei AAAS - Item Nr. 3 (Form der Erdbahn)			
Antwort	Begründungsschema*	Beispiel	Häufigkeit
A – Beinahe kreisförmig, leicht elliptisch (Richtig)	1) Gar keine Begründung	• (Keine Begründung verfasst) • „Ich habe keine Ahnung“ (FB Nr. 29, BAKIP)	4
	2) Berufung auf externe Quellen bzw. Autoritäten	• „Im Unterricht gelernt“ (FB Nr. 1, WPF) • „Auf Astronomieplakaten so dargestellt“ (FB Nr. 43, GYM)	3
	3) Redundante Begründungen, bzw. (essentielle) Wiederholung der jeweiligen Antwort/Beschreibung der Abbildung unter Berufung darauf, dass es „so ist“	• „Weil es so ist“ (FB Nr. 16, BAKIP) • „Die Erdumlaufbahn ist nicht kreisförmig sondern ein wenig elliptisch und sie ändert sich nicht.“ (FB Nr. 37, GYM)	5
	4) Begründung aufgrund direkt beobachtbarer Auswirkungen (hier: auf das Erdklima/Jahreszeiten)	• „Wäre die Bahn stark elliptisch würde es zu starken Klimaschwankungen kommen“ (FB Nr. 9, WPF) • „Sonst hätten wir 2 Sommer und 2 Winter“ (FB Nr. 2, WPF)	6
	5) Berufung auf (vermeintlich) allgemeine (physikalische) Gesetze und Prinzipien	• „Bei stark elliptischer Bahn wäre die Gefahr zu groß, dass die Erde die Bahn verlässt“ (FB Nr. 50, GYM) • „Je näher die Planeten bei der Sonne sind, desto weiter werden ihre Umlaufbahnen – deswegen Umlaufbahn nur leicht elliptisch.“	8
	6) Begründung aufgrund von äußerlichen Ähnlichkeiten	• „Weil A die gleiche Form hat, wie die Sonne“ (FB Nr. 28, BAKIP)	2
* Bei anderen Antworten trat noch ein weiteres Begründungsschema auf – vergleiche Tabelle 5.19			

Tabelle 5.18: Begründungsschemata zu Item Nr. 3, Antwort A (beim Vorwissenstest)

Begründungsmuster zu Antwort B bei AAAS - Item Nr. 3 (Form der Erdbahn)			
Antwort	Begründungsschema	Beispiel	Häufigkeit
B – Stark elliptisch (Falsch)	1) Gar keine Begründung	• (Keine Begründung verfasst) • „Ich habe keinen Plan“ (FB Nr. 22, BAKIP)	3
	2) Berufung auf externe Quellen bzw. Autoritäten	• „Das haben wir so gelernt“ (FB Nr. 1, WPF) • „Ich versuche mich an ein Bild zu erinnern, dort war es so.“ (FB Nr. 34, BAKIP)	6
	3) Redundante Begründungen, bzw. (essentielle) Wiederholung der jeweiligen Antwort/Beschreibung der Abbildung unter Berufung darauf, dass es „so ist“	• „Weil das Sonnensystem so gebaut ist“ (FB Nr. 26, BAKIP) • „Die Erde bewegt sich um die Sonne in Ellipsen.“ (FB Nr. 46, GYM)	5
	4) Begründung aufgrund direkt beobachtbarer Auswirkungen (auf das Erdklima/Jahreszeiten)	• „In manchen Gebieten ist es zu jeder Zeit viel heißer als in anderen“ (FB Nr. 38, GYM) • „Beispiel 2 zeigt, dass die Erde im Winter weiter weg ist, als im Sommer“ (FB Nr. 40, GYM)	3
	5) Berufung auf (vermeintlich) allgemeine (physikalische) Gesetze und Prinzipien	• „Kepler.“ (FB Nr. 4, WPF)	8
	6) Begründung aufgrund von äußerlichen Ähnlichkeiten	• „Die Erde ist eher ovalförmig als kreisförmig“ (FB Nr. 20, BAKIP) • „Da das Erdmagnetfeld elliptisch ist“ (FB Nr. 42, GYM)	2
	7) Berufung auf Ausschlussverfahren bzw. Gefühl	• „Ausschlussverfahren.“ (FB Nr. 54, GYM) • „Klingt am wahrscheinlichsten“ (FB Nr. 52, GYM)	3

Tabelle 5.19: Begründungsschemata zu Item Nr. 3, Antwort B (beim Vorwissenstest)

Begründungsmuster zu Antwort C bei AAAS - Item Nr. 3 (Form der Erdbahn)			
Antwort	Begründungsschema	Beispiel	Häufigkeit
C – Form schwankt alle paar Jahre zwischen stark elliptisch und leicht elliptisch (Falsch)	5) Berufung auf (vermeintliche) allgemeine (physikalische) Gesetze und Prinzipien	• „Weil die Erde sich dreht und die Erdumlaufbahn beeinflusst die Erde“ (FB Nr. 32, BAKIP) • „Da (meist) nichts gleich bleibt was die Erde betrifft (Meere usw.) bleibt auch nicht die Erdumlaufbahn gleich“ (FB Nr. 33, BAKIP)	2

Tabelle 5.20: Begründungsschema zu Item Nr. 3, Antwort C (beim Vorwissenstest)

Begründungsmuster zu Antwort D bei AAAS - Item Nr. 3 (Form der Erdbahn)			
Antwort	Begründungsschema	Beispiel	Häufigkeit
D – Die Erde dreht sich nicht um die Sonne, die Sonne dreht sich um die Erde (Falsch)	1) Gar keine Begründung	• „Sorry KA“ (FB Nr. 21, BAKIP) • „Weiß leider nicht, was ‚elliptisch‘ heißt.“ (FB Nr. 27, BAKIP)	2

Tabelle 5.21: Begründungsschema zu Item Nr. 3, Antwort D (beim Vorwissenstest)

Nachdem die Kategorienbildung und die Zuordnung einzelner Begründungen zu den Kategorien oben anhand des Items 3 des Vorwissenstests dokumentiert wurde, wird in weiterer Folge aus Platzgründen darauf verzichtet, weitere (redundante) Beispiele zu nennen bzw. jede Antwortmöglichkeit einzeln zu analysieren. Stattdessen werden nur mehr die Häufigkeiten innerhalb der einzelnen Begründungskategorien genannt und einzelne, besonders interessant erscheinende Beispiele herangezogen.

Es soll an dieser Stelle außerdem darauf hingewiesen werden, dass die Zuordnung zu den einzelnen Kategorien (wie bei den meisten Kategorisierungen) nicht immer mit 100%iger Eindeutigkeit erfolgen kann und immer auch die Folge einer Interpretation ist - das ergibt sich wohl auch schon aus den obigen Beispielen.

Auch die Kategorienbildung selbst erfolgte anhand der Interpretation der empirischen Daten und kann deshalb keineswegs als absolut angesehen werden. Weder die Festlegung noch die Anzahl der Kategorien ist notwendigerweise genauso zu treffen wie hier – auch wenn die Kategorisierung für die hier erhobenen Daten wohl durchaus eine brauchbare ist. Auch die Kategoriengrenzen sind in einigen Fällen fließend, wie auf der folgenden Seite noch erläutert wird.

In Tabelle 5.22 sind die Begründungsmuster zu Item 4 (Ausrichtung bzw. Ausrichtungsänderung der Erdachse im Jahresverlauf) beim Vorwissenstest dokumentiert.

Begründungsmuster bei AAAS - Item Nr. 4 (Ausrichtung der Erdachse)	
Begründungsschema	Häufigkeit
1) Gar keine Begründung	14
2) Berufung auf externe Quellen bzw. Autoritäten	2
3) Redundante Begründungen , bzw. (essentielle) Wiederholung der jeweiligen Antwort unter Berufung darauf, dass es „so ist“	10
4) Begründung aufgrund direkt beobachtbarer Auswirkungen (Hier vor allem: Konstanz der Position von Nord- und Südpol im Weltraum und Bezug auf die Jahreszeiten)	13
5) Berufung auf (vermeintlich) allgemeine (physikalische) Gesetze und Prinzipien	16
6) Begründung aufgrund von äußerlichen Ähnlichkeiten	0
7) Berufung auf Ausschlussverfahren bzw. Gefühl	7

Tabelle 5.22: Begründungsschemata zu Item Nr. 4 beim Vorwissenstest

Bei diesem Item war es sehr schwer, zwischen redundanten Begründungen (also solchen, die eigentlich nur die [in diesem Fall meist richtige] Antwort wiederholten) und Begründungen, die sich auf ein allgemeines Prinzip stützten, zu unterscheiden. Neben wenigen eindeutigen Fällen, in denen allgemeine Prinzipien thematisiert wurden (etwa die Antwort „Ohne Zufuhr an kinetischer Energie kann sich die Achse eines Planeten nicht ändern“ aus Fragebogen Nr. 15, Klasse WPF) gaben viele Schülerinnen an, dass sich die Erde zwar um die Sonne und um sich selbst drehe, wobei sich die Achse selbst aber nicht bewege.

Ob das aber nun als Wiederholung der richtigen Antwortmöglichkeit D („Die Ausrichtung der Erdachse ändert sich so gut wie gar nicht, deswegen zeigt sie immer an den gleichen Ort im Weltall“) oder aber als Berufung auf ein fiktives, allgemeines Prinzip (welches besagen würde, dass die Erdachse immer konstant bleibt) interpretiert werden soll, ist fraglich. Viele Schülerinnen scheinen hinter der Konstanz der Erdachse durchaus als allgemeines Prinzip bzw. Naturgesetz zu sehen, das aber nicht näher benannt wird. Ein Beispiel dafür wäre etwa die Begründung „Neigung der Erdachse immer 23°“ aus Fragebogen Nr. 44, Klasse GYM. Insofern sind die Häufigkeitsangaben zu den Begründungsschemata 3 und 5 hier nur als ungefähre, stark interpretationsabhängige Richtwerte aufzufassen.

Bei den Schülerinnen, die Antwort A wählten („Die Ausrichtung der Erdachse ändert sich während des Verlaufs eines Jahres kontinuierlich, so dass sie jeden Tag an einen anderen Ort im Weltall zeigt“) zeigen insgesamt vier Begründungen außerdem Belege dafür, dass nicht zwischen der Ausrichtung der Erde und der Ausrichtung der *Erdachse* unterschieden wurde.

Eine davon lautet etwa so: „Die Erde dreht sich dauerhaft um ihre eigene Achse - deshalb denke ich, dass man immer verschiedenen ‚Orte‘ sieht“.²⁷¹

Allgemein ist es im Hinblick auf Schülervorstellungen besonders interessant, welche teils kreativen Begründungen für falsche Antworten gefunden werden. Eine Schülerin brachte das zweimalige Kippen der Erdachse pro Jahr, das von Antwort B suggeriert wurde, mit der Zeitumstellung in Verbindung: „Wegen Sommer und Winter bzw. Zeitumstellung.“²⁷²

Andererseits wurde die „falsche“ Antwort A (die ganz genau genommen eigentlich richtig ist, vgl. die Ausführungen zur Konstruktion des Items 4 im Anhang auf Seite 246 ff.) einmal so gut begründet, dass die Antwort hier ausnahmsweise als richtig gewertet wurde:

„Die Erde dreht sich um die Sonne, deshalb kann es nicht D sein, weil die Achse nicht immer an den selben Ort im Weltall zeigt. Ihre Ausrichtung bleibt aber gleich (immer schräg), deshalb nicht A und sie kippt nicht, deshalb nicht B & C.“²⁷³

Interessanterweise hatte sich die Schülerin offensichtlich trotz ihrer Argumentation gegen alle 4 Antwortmöglichkeiten für Antwort A entschieden – zumindest war diese (kommentarlos und ohne Verbesserungsspuren) angekreuzt – diese dürfte ihr also wahrscheinlich noch am „richtigsten“ vorgekommen sein.

Auffällig waren auch die Ähnlichkeitsbegründungen bei Item 3 (also etwa die Begründung, die Bahn der Erde um die Sonne müsse kreisförmig sein, weil sie dann die gleiche Form habe wie die Sonne selbst), die bei Item 4 nicht vorkamen. Wenn man diese Schülervorstellung konsequent weiterdenkt, dann könnte das heißen, dass die Gravitation dabei als eine Kraft vorgestellt wird, deren Wirkung von der Oberflächenform eines Körpers beeinflusst wird – die Umlaufbahn um einen fiktiven, kubischen Himmelskörper wäre nach diesem Denkmuster also quadratisch.

Allgemein lässt sich feststellen, dass die Vielfalt von (von mehreren Schülerinnen) gewählten Antwortmöglichkeiten beim Vorwissenstest mit einer Vielfalt an Begründungen bzw. Begründungsschemata einherging.

²⁷¹ Fragebogen Nr. 35, GYM

²⁷² Fragebogen Nr. 16, GYM

²⁷³ Fragebogen Nr. 51, GYM

Auswertung der Abschlusstests

Begründungsmuster bei AAAS - Item Nr. 3 (Form der Erdumlaufbahn)	
Begründungsschema	Häufigkeit
1) Gar keine Begründung	9
2) Berufung auf externe Quellen bzw. Autoritäten	27
3) Redundante Begründungen , bzw. (essentielle) Wiederholung der jeweiligen Antwort unter Berufung darauf, dass es „so ist“	4
4) Begründung aufgrund direkt beobachtbarer Auswirkungen (Hier vor allem: Bezug auf die über das Jahr relativ konstante Durchschnittstemperaturen der Erde)	4
5) Berufung auf (vermeintlich) allgemeine (physikalische) Gesetze und Prinzipien	6
6) Begründung aufgrund von äußerlichen Ähnlichkeiten	0
7) Berufung auf Ausschlussverfahren bzw. Gefühl	1

Tabelle 5.23: Begründungsschemata zu Item Nr. 3 beim Abschlusstest

Bei den Abschlusstests zeigte sich bei Item 3, dass bei den wenigen Ausnahmefällen, in denen dort nicht die richtige Antwortmöglichkeit A gewählt wurde (zweimal Antwort B und einmal Antwort C), jeweils keine Begründung dazu verfasst wurde. Zu Antwort A, die hier von etwa 94% der Schülerinnen gewählt wurde, wurde mit Abstand am häufigsten eine Abwandlung der Begründung „weil wir es so gelernt haben“ (z. B. so in Fragebogen Nr. 79, BAKIP) verwendet. Dass das im Grunde nichts andere als eine Berufung auf eine externe Autorität darstellt (deswegen wurde auch die entsprechende Kategorie so benannt), macht diese etwas ausführlicher formulierte Variante vielleicht noch deutlicher: „Herr Traun meinte das im Unterricht, und da er Student der Physik ist, vertraue ich darauf, dass er das weiß.“²⁷⁴

Während beim Vorwissenstest noch die Berufung auf physikalische Gesetze bzw. allgemeine Prinzipien die häufigste war (ganz abgesehen davon, ob diese Begründungen nun richtig waren oder nicht) zeichnet sich hier also eine deutlich Tendenz zu direkt autoritätsbezogenen (und nicht sachbezogenen) Begründungen ab. Natürlich kann dabei argumentiert werden, dass auch eine Begründung der Form „Keplersche Gesetze“ in Wahrheit autoritätsbezogen ist.

²⁷⁴ Fragebogen Nr. 103, GYM

Der Unterschied ist wohl, dass im einen Fall auf eine externe, wissenschaftlich anerkannte Autorität Bezug genommen wird, deren Theorie bzw. Ansicht zu einem Thema eine große internationale Gemeinschaft an Fachleuten stützt und wiederholt empirisch getestet und bisher nie falsifiziert hat. Im anderen Fall wird Bezug auf eine Aussage einer direkt verfügbaren Autoritätsperson genommen, die zwar als einigermaßen kompetent gelten kann, deren eigene Aussagen im Unterricht (sofern sie sich nicht wiederum direkt auf die externer Autoritäten beziehen, was hier natürlich der Fall ist) aber klarerweise niemals durch einen Jahre-, Jahrzehnte- oder gar Jahrhundertelangen Peer – Review – Prozess gestützt werden. Insofern ist die Begründung „Weil der Lehrer das so gesagt hat“ strukturell durchaus etwas problematischer als die Begründung „Wegen der Keplerschen Gesetze“.

Begründungsmuster bei AAAS - Item Nr. 4 (Ausrichtung der Erdachse)	
Begründungsschema	Häufigkeit
1) Gar keine Begründung	10
2) Berufung auf externe Quellen bzw. Autoritäten	9
3) Redundante Begründungen , bzw. (essentielle) Wiederholung der jeweiligen Antwort unter Berufung darauf, dass es „so ist“	6
4) Begründung aufgrund direkt beobachtbarer Auswirkungen (Hier vor allem: Bezug auf die Ausrichtung zum Polarstern)	11
5) Berufung auf (vermeintlich) allgemeine (physikalische) Gesetze und Prinzipien (hier vor allem: Präzession)	15
6) Begründung aufgrund von äußerlichen Ähnlichkeiten	0
7) Berufung auf Ausschlussverfahren bzw. Gefühl	0

Tabelle 5.24: Begründungsschemata zu Item Nr. 4 beim Abschlusstest

Es zeigt sich, dass hier der Anteil der Schülerinnen, der sich bei der Begründung darauf berief, das „gerade gelernt“ zu haben, wesentlich geringer war, als bei Item 3. Das hängt wohl vor allem an zwei Faktoren: mit der Aussage „Sie [die Erdachse, Anm.] zeigt immer auf den Polarstern“²⁷⁵ wurde bei diesem Item tendenziell eher eine Begründung gewählt, deren Auswirkungen (zumindest theoretisch) direkt beobachtbar bzw. überprüfbar sind, wobei natürlich festzustellen ist, dass auch diese Begründung das direkte Resultat der Instruktion darstellt. Die hohe Anzahl der Berufungen auf ein physikalisches Gesetz bzw. allgemeines

²⁷⁵ Fragebogen Nr. 69, BAKIP

Prinzip lässt sich hier mit der Bezugnahme zum Phänomen der Präzession erklären, die ebenfalls in viele Begründungen einfluss.

Allgemein ist festzustellen, dass im Vorwissenstest ein beträchtlicher Teil der angeführten „Begründungen“ die gewählte Antwortmöglichkeit kaum logisch nachvollziehbar werden ließ – so etwa die Berufung auf persönliche Einschätzungen der Wahrscheinlichkeit einer Antwort bzw. auf „Bauchgefühle“, die Begründung nach rein äußerlichen Ähnlichkeiten oder die relativ stark präsenten redundanten Scheinbegründungen. Interessant ist dabei auch, dass kaum explizit das eigene, persönliche Wissen thematisiert wurde – die vielleicht vermeintlich naheliegende Begründung „weil ich das weiß“ kam überhaupt nicht vor und nur zwei Schülerinnen formulierten nach dem Abschlusstest eine Begründung in der Form „das habe *ich* gelernt“²⁷⁶. Die meisten bezogen sich entweder auf die Pluralform („haben *wir* gelernt“) oder direkt auf den Instruktionsaspekt in der Form „Weil Sie das gesagt haben.“²⁷⁷ Weil insofern der Instruktionsaspekt (meist) im Vordergrund zu stehen schien, wurden solche Aussagen auch in die Kategorie der Berufung auf externe Quellen bzw. Autoritäten eingeordnet und nicht in eine eigene Kategorie der Berufung auf eigenes Wissen.

Nach der Unterrichtsintervention stiegen die Häufigkeitswerte in dieser Kategorie jedenfalls relativ stark an, während gleichzeitig die Häufigkeit anderer Begründungsformen stark zurück ging – so kam etwa die Berufung auf äußere Ähnlichkeit im Abschlusstest überhaupt nicht mehr vor, und die auf Ausschlussverfahren nur mehr einmal. Andererseits stieg aber auch der Anteil an Schülerinnen, die entweder keinen Bedarf mehr für eine Begründung sahen, oder denen keine einfiel, bzw. die keine verfassen wollten – jedenfalls stieg der Anteil an komplett fehlenden Begründungen. Ein Faktor, der vielleicht zum überproportionalen Fehlen von Begründungen und den vielen kurzen Statements (wie: „haben wir heute gelernt“) im Abschlusstest beitrug, ist wohl auch der, dass der Test einerseits schon zum zweiten Mal durchgeführt wurde (die Begründung zu den selben Items wurde also bereits zum zweiten Mal innerhalb weniger Wochen verlangt) und außerdem am Ende einer intensiven Unterrichtseinheit stattfand. Einigen Schülerinnen fehlte beim Abschlusstest also vielleicht auch nur die Motivation dazu, eine ausführliche Begründung zu ihrer Entscheidung zu verfassen, auch wenn sie eigentlich dazu in der Lage gewesen wären.

²⁷⁶ Fragebogen Nr. 92 und Nr. 98, beide GYM

²⁷⁷ Fragebogen Nr. 83, BAKIP

5.2.2. Qualitative Inhaltsanalyse der Leitfadeninterviews

Auch bei der Analyse der Leitfadeninterviews werde ich mich an der von GROPENGEIßER beschriebenen Vorgangsweise orientieren²⁷⁸ – inhaltlich relevante Äußerungen werden hier selektiert, transkribiert, kommentiert und kategorisiert. Die Transkription erfolgt dabei nach den gleichen Regeln wie schon bei der Akzeptanzbefragung (vgl. Abschnitt 4.6.4, S. 113), auch hier möchte ich aus Gründen der Beibehaltung der Unmittelbarkeit und Lebendigkeit der Argumentation keine Redaktion der Aussagen vornehmen – diese werden hier aber sehr wohl kategorisiert, da mehrere Interviews stattfanden, deren Ergebnisse auf qualitativer Basis verglichen werden können.

Insgesamt wurden 4 Leitfadeninterviews durchgeführt, zwei davon in der Klasse WPF mit Schüler 1 (**S1**) und Schülerin 2 (**S2**) und zwei in der Klasse BAKIP mit den Schülerinnen 3 und 4 (**S3** und **S4**). Die Interviews werden mit „Interview 1“ für das Interview mit Schüler 1, „Interview 2“ für das Interview mit Schülerin 2, etc. bezeichnet. Die Testbögen der Interviewpartnerinnen wurden beim Abschlusstest gesondert eingesammelt und den Interviews zugeordnet, weshalb es hier möglich ist, die Daten des Abschlusstests der jeweiligen Interviewpartner mit ihren in den Interviews getroffenen Aussagen zu vergleichen.

Die Auswertung folgt in ihrem Aufbau dem Design des Interviewleitfadens (vgl. Anhang, Abschnitt 9.1.4.2, S. 283 f.), die Fragestellungen durch den Interviewer werden dabei nur dort extra transkribiert, wo sie sich deutlich von den im Leitfaden beschriebenen Fragestellungen unterscheiden bzw. wenn Zwischenfragen gestellt wurden – ansonsten dienen die Fragestellungen des Leitfadens als thematische Gliederung, anhand derer auf die jeweiligen Antworten der Schülerinnen eingegangen wird. Tabelle 5.25 gibt zunächst Auskunft über die anhand der den Interviews zugeordneten Fragebögen erhobenen Daten der Interviewpartnerinnen, die hier als Vorinformation über die einzelnen Schülerinnen dienen.

²⁷⁸ Vgl.: GROPENGEIßER (2005) S. 176 ff. sowie die Seiten 113 und 185 dieser Arbeit.

Auswertung der Daten der den Interviewpartnerinnen zugeordneten Abschlussfragebögen

Relevante Daten der Interviewpartnerinnen (Motivation, Interesse, Leistung)				
Wert	S1	S2	S3	S4
Klasse	WPF	WPF	BAKIP	BAKIP
Geschlecht	m	w	w	w
Alter	17	16	17	16
Letzte Semesternote (PH)	Gut	Sehr Gut	Gut	Gut
In d. Familie gesprochene Fremdsprachen	1	1	0	0
MW Selbstkonzept v. Begabung und Leistung*	4	3,7	k. A. **	2,3
MW Interesse und Freude an Physik(unterricht)	3,8	4	k. A.	2,3
Anzahl richtig beantworteter Items beim Abschlusstest	8	7	5	8
Item 7 richtig (Eigenschaften von Modellen, explizit):	Nein	Nein	Ja	Ja
Item 8 richtig (Eigenschaften von Modellen, implizit):	Ja	Ja	Nein	Ja
MW <i>Interest /Enjoyment</i> bei der darst. Gruppenarbeit	3,7	4	5	4
MW <i>Perceived Competence</i> bei d. GA	3,3	4,3	5	2,7
MW <i>Effort/Importance</i> bei d. GA	3,5	4	5	2,3
MW Motivation Gesamt (GA)	3,5	4,1	5	2,9

Tabelle 5.25: Relevante Daten der Interviewpartnerinnen beim Abschlusstest

* Hier gilt es zu beachten, dass die Mittelwerte zu Selbstkonzept von Begabung und Leistung bzw. Interesse und Freude am Physik(unterricht) gleich wie bei den PISA-Items auf eine 4-stufige Likert-Skala (Werte von Min=1 bis Max=4) bezogen sind, während sich die Werte für die Motivation(sfaktoren) bei der darstellenden Gruppenarbeit auf die von KORNER verwendete 5-stufigen Likert-Skala (Werte von Min=1 bis Max=5) beziehen – daher können diese Werte nicht direkt untereinander verglichen werden, die jeweiligen Korrelationen zwischen diesen Werten sind aber in Tabelle 5.16 auf Seite 180 dargestellt.

** Die Schülerin hatte die entsprechenden Items nicht angekreuzt, was allerdings erst später bemerkt wurde.

Schüler 1 und Schülerin 2 haben beide relativ hohe Mittelwerte bei ihrem Selbstkonzept von Begabung und Leistung bzw. Interesse und Freude an Physik(unterricht), was grob ihrem Klassendurchschnitt entspricht (leicht erhöht). Schülerin 4 liegt im Vergleich dazu mit ihren Mittelwerten etwas unterhalb des Gesamtdurchschnitts, wohingegen sie wiederum leicht über ihrem Klassendurchschnitt liegt. Für Schülerin 3 gibt es zu den entsprechenden Items leider keine Werte, da diese von ihr im Abschlusstest nicht angekreuzt wurden.

Was die Leistung beim Abschlusstest betrifft, so liegen Schüler 1 und Schülerin 4 mit jeweils 8 richtigen AAAS-Items knapp vor Schülerin 2, die beim Abschlusstest bei 7 Items die richtige Antwort gewählt hatte. Etwas abgeschlagen ist Schülerin 3 mit insgesamt 5 richtigen Antworten.

Interessant ist in Bezug auf die Fragestellung zu Modellen bei den Interviews auch die Frage, wie die Schülerinnen auf die Items 7 und 8 antworteten, die sich jeweils explizit (Item 7) bzw. implizit (Item 8) mit der Verwendung von Modellen beschäftigten. Hier beantwortete nur Schülerin 4 alle beiden Items richtig, Schüler 1 und Schülerin 2 antworteten bei der explizit formulierten Fragestellung falsch, bei der implizit formulierten jedoch richtig – und bei Schülerin 3 war es genau umgekehrt (explizite Fragestellung richtig beantwortet, implizite jedoch falsch).

Was die Motivation bei der Gruppenarbeit betrifft, so entsprechen die Werte bei Schülerin 3 dem theoretisch möglichen Maximum. Inwiefern das eine realistische Selbsteinschätzung darstellen kann, wird noch anhand des Interviews diskutiert – kann aber natürlich nicht mit letzter Sicherheit beantwortet werden. Darauf folgen in absteigender Reihenfolge Schülerin 2, Schüler 1 und Schülerin 4, wobei sich bei dieser ein deutlich höherer Wert für den Faktor *Interest/Enjoyment* als für die anderen beiden Motivationsfaktoren zeigt.

Auswertung der Interviews

Frage 1: Wenn du kurz über den Physikunterricht nachdenkst – gibt es da etwas, was dir besonderen Spaß macht oder etwas, was du besonders langweilig findest? (Bei Nachfrage Beispiele nennen: Experimente anschauen bzw. selber machen, Rechenbeispiele ausrechnen, im Unterricht über physikalische Fragen sprechen – aber auch inhaltliche Themen)

Schüler 1 bezog sich nach dieser Fragestellung direkt auf physikalische Inhalte bzw. Themen:

S1: Also besonders interessant find' ich Licht...

I: Mhm.

S1: ... und allgemeine Lichtphänomene und auch Rotverschiebung, das Ganze ist auch mein VWA – Thema [Anmerkung: VWA = Vorwissenschaftliche Arbeit].

[...]

S1: Was ich besonders langweilig finde... also nicht langweilig, ich mag Physik generell, alles find' ich interessant... aber was mir nicht so liegt, ist Elektrizität.

I: Okay.

S1: Nicht weil ich es nicht versteh', einfach weil es nicht so... nicht so... es ist ein bisschen fad – einstecken, ja... schauen wir einmal... Volt, cool... Ampere, cool... Vergleich, fertig. Das ist jetzt halt nicht so mein Lieblingsgebiet, aber auch interessant.²⁷⁹

Schülerinnen 3 und 4 bezogen die Frage intuitiv eher auf Methoden, wobei ihre Meinungen bezüglich Experimenten bzw. dem Rechnen im Physikunterricht sehr unterschiedlich waren:

S3: Also was ich langweilig find', das ist dieses Rechnen.

I: Rechnen? Okay, ja.

S3: Rechnen. Wir rechnen nur.

I: Ihr rechnet nur, okay.

S3: Wir machen nichts Anderes als rechnen. Und was mir Spaß macht sind Experimente.²⁸⁰

S4: Besonders Spaß macht... wenn ich... zum Beispiel letztens haben wir was gerechnet und da bin ich selber draufgekommen, wie das geht. Ja.

I: Okay.

S4: Also wenn ich das selber dann kann, was wir rechnen. Wenn ich es versteh', dann macht mir das Spaß.

[...]

I: Okay, das war jetzt beim Rechnen. Andere Dinge, andere Aspekte vielleicht... Experimente, oder über so physikalische Fragen sprechen im Unterricht – wie schaut es da aus?

S4: Ja... Experimente sind nicht so... aufregend [lacht].²⁸¹

Nur Schülerin 2 war sich nach der Frage offensichtlich nicht sicher, ob hier Methoden oder Themen des Physikunterrichts gemeint sein könnten und fragte daher noch einmal nach:

S2: Von den Themen her, oder von der... Arbeitsmethode?

I: Zum Beispiel auch von den Themen her, aber kann auch sein... so von der Methode her. Also zum Beispiel: Experimente machen, Experimente anschauen... oder über physikalische Fragen reden, Rechenbeispiele, was auch immer... aber durchaus auch von den Themen.

S2: Also von den Themen am meisten wahrscheinlich das, was wir jetzt gemacht haben, in diesen zwei Wochen... also Erde, Universum, Kosmos... so was. Aber auch Teilchenphysik und so was.

I: Okay.

²⁷⁹ Interview 1, 00:35 – 01:29

²⁸⁰ Interview 3, 00:48 – 00:59

²⁸¹ Interview 4, 00:42– 01:24

S2: Und Experimente mach ich schon gern, aber ich rede lieber drüber, also philosophiere „was wäre wenn...“.

*I: Aha, okay.*²⁸²

Ob die Schülerinnen sich bei der Frage intuitiv auf Themen oder Methoden bezogen, kann hier vielleicht etwas darüber aussagen, wie ihr Physikunterricht von ihnen tendenziell wahrgenommen wird. Für Schüler 1, der sich gleich direkt auf Inhalte bezieht, stehen möglicherweise im Unterrichtskontext ebenfalls die Inhalte im Vordergrund. Für Schülerinnen 3 und 4 stehen vielleicht eher die Methoden im Vordergrund, wobei Schülerin 4 offensichtlich persönliche Erfolgserlebnisse wichtig sind – was sich mit dem wichtigen Motivationsfaktor *Perceived Competence* der Selbstbestimmungstheorie der Motivation nach DECI und RYAN erklären lässt (vgl. Abschnitt 9.1.2.1 im Anhang, Seite 275). Dass ihr Wert für den Faktor *Perceived Competence* bei der Gruppenarbeit relativ niedrig war, kann vielleicht (zumindest teilweise) auch ihren niedrigen Wert bei *Effort/Importance* erklären – denn die Annahme, dass die einzelnen Motivationsfaktoren für eine Aufgabe *völlig* unabhängig voneinander gesehen bzw. erhoben werden könnten, wäre wohl übertrieben, auch wenn deren Unterscheidung im Prinzip durchaus gut begründet und sinnvoll ist.

Die selbe Schülerin gab außerdem im Interview an, Experimente (allgemein) „nicht so aufregend“ zu finden, was sich ebenfalls gut mit ihrer insgesamt eher geringen Motivation bei der darstellenden Gruppenarbeit deckt, die durchaus experimentellen Charakter hatte. Der vergleichsweise hohe Wert beim Faktor *Interest/Enjoyment* könnte aber ein Indiz dafür sein, dass sie der darstellenden Gruppenarbeit trotz einer generellen Skepsis gegenüber Experimenten etwas abgewinnen konnte. Das zeigt sich auch bei einer Feinanalyse ihrer Antworten, bei der das Item „Diese Tätigkeit hat Spaß gemacht“ mit dem Höchstwert 5 (bzw. der Aussage „stimmt völlig“) bewertet wurde.

Auch die Antworten von Schülerin 3, die laut Interview im Regelunterricht der Klasse gerne mehr Experimente sehen bzw. machen würde, sind insofern einigermaßen konsistent mit ihren Werten bei den Motivationsitems zur darstellenden Gruppenarbeit. Sie hatte dort die jeweils höchstmöglichen Werte angegeben, ihre Abneigung gegenüber den im normalen Unterricht angeblich sehr häufig vorkommenden Rechenaufgaben und ihre Freude an Experimenten könnten also eine Erklärung für die auf den ersten Blick vielleicht etwas

²⁸² Interview 2, 00:42 – 01:18

übertrieben enthusiastisch wirkende Bewertung der eigenen Motivation bei der darstellenden Gruppenarbeit sein.

Tabelle 5.26 bietet eine nach verschiedenen Kategorien (Interpretation, Themenbewertung, Methodenbewertung) geordnete Übersicht der Antworten der Interviewpartnerinnen auf Frage 1:

Antworten zu Frage 1 des Leitfadeninterviews				
Kategorie	S1	S2	S3	S4
Intuitive Interpretation der Frage	Inhalte bzw. Themen	Inhalte <i>und</i> Methoden	Methoden	Methoden bzw. spezifische Situation
Als interessant bewertete Themen	Licht, Radioaktivität*	Astrophysik, Teilchenphysik	-	-
Als uninteressant bewertete Themen	Elektrizität	-	-	-
Als interessant bewertete Methoden bzw. Aktivitäten	-	(Gedanken-) Experimente bzw. philosophische Aspekte v. Physik	Experimente	-
Als uninteressant bewertete Methoden bzw. Aktivitäten	-	-	Rechnen	Experimente

Tabelle 5.26: Antworten zu Frage 1 des Leitfadeninterviews nach Kategorien und Interviewpartnerinnen.

* Die diesbezügliche Stelle in Interview 1 wurde mangels anderweitiger Relevanz nicht extra transkribiert, die Methode der stichwortartigen Wiedergabe von Informationen aus den Interviewsequenzen im Analyseraster ohne komplette Transkription der betreffenden Stelle kann hier jedoch dazu beitragen, einen hohen Informationsgehalt ohne allzu ausufernde Transkriptionen zu erreichen und wird deshalb auch in weiterer Folge verwendet werden.

Frage 2: Gibt es etwas im Physikunterricht (bei Nachfrage: Experimente machen, Rechenbeispiele ausrechnen, im Unterricht über physikalische Fragen sprechen, etc.), was dir besonders leicht fällt oder besonders schwer fällt?

Auch bei dieser Frage sollte den Schülerinnen zunächst (sofern sie nicht selbstständig nachfragten) keine Vorgabe dazu gemacht werden, ob sie sich hier auf inhaltliche Themen oder auf Methoden beziehen sollten. Schüler 1 schwenkte hier bei seiner Reflexion über ihm besonders leicht fallende Aspekte des Physikunterrichts kurz auf eine eher methodische

Tätigkeit bzw. Aktivität²⁸³, wonach er sich bei den schwierigeren Aspekten wieder eher inhaltlich orientierte:

S1: Also so wie ich jetzt den Physikunterricht die letzten Jahre mitbekommen hab'... das Kombinieren fällt mir sehr einfach, zum Beispiel bei Licht zwischen Teilchen und Welle.

[...]

S1: Also so richtig schwer fällt mir nichts, weil ich bin überhaupt von Physik total begeistert.

I: Okay.

*S1: Was würd' mir Probleme machen... [Pause]. Ja, wie gesagt, Elektrizität, Schaltskizzen...*²⁸⁴

Hier stellt sich nun heraus, dass Schülerin 2 die Abneigung von Schüler 1 gegenüber dem Themenkomplex Elektrizität durchaus teilt:

S2: Ich glaub am schwierigsten ist so diese technischen... mit Elektrizität, das glaub' ich fällt mir am schwersten. Besonders leicht... also ich tu' mir bei der Physik allgemein recht leicht...

I: Okay.

S2: ...deshalb kann ich nur sagen, was mir wirklich schwer fällt.

*I: Okay, ja... gut.*²⁸⁵

Auch Schülerin 3 scheint allgemein keine größeren Schwierigkeiten im Physikunterricht zu haben – auch nicht mit dem von ihr ungeliebten Rechnen:

S3: Nein, mir fällt alles nicht so wirklich schwer, wenn ich's mir ein bisschen anschau'.

I: Okay.

S3: Aber sonst is' alles eigentlich... wenn man die Formel dann kann, dann geht das schon.

I: Wenn man die Formeln kann, dann geht's schon... dann geht auch das Rechnen?

*S3: Ja! [Lacht]*²⁸⁶

Schülerin 4 geht bei dieser Frage ebenfalls auf die Aktivität des Rechnens im Unterricht ein, wobei sie trotz gleicher Note wie Schülerin 3 und deutlich besserer Leistung im Abschlusstest

²⁸³ „Kombinieren“ kann vielleicht nicht wirklich als klassische Methode im Sinn einer Unterrichtsmethode wie „Darstellende Gruppenarbeit“ oder „Experimentieren“ bezeichnet werden, ist aber im Unterricht ohne Zweifel eine unerlässliche kognitive Schlüsselaktivität.

²⁸⁴ Interview 1, 01:52 – 02:35

²⁸⁵ Interview 2, 01:36 – 01:53

²⁸⁶ Interview 3, 01:10 – 01:23

insgesamt ein etwas negativeres Selbstbild in Bezug auf Physikunterricht zu haben scheint - insbesondere Rechenaufgaben mit vielen Variablen fallen ihr laut eigener Aussage schwer:

S4: Naja schwer... wenn der Herr Professor was erklärt, dann... also ich versteh wenig.

I: Okay.

S4: Also so mit... ich weiß jetzt nicht genau, weil... ich komm in Physik nicht so gut mit... aber eigentlich fällt mir vieles schwer.

I: Vieles, okay.

S4: Ja, das meiste.

I: Also du kannst nicht genau sagen: „Das fällt mir schwer und das fällt mir leichter?

S4: Nein, nicht wirklich, weil bei den Rechnungen kommt's drauf an... wenn ich's versteh', also wenn's leichter ist, dann kann ich's... und wenn's so kompliziert ist, wenn man so viele Zeiten einsetzen muss und das und das und das und das und so zusammenrechnen...

I: Also wenn sehr viele Elemente auftauchen, in der Rechnung...?

S4: Ja, dann vertu' ich mich... dann komm' ich nicht wirklich zurecht.²⁸⁷

Insgesamt zeigt sich, dass die Schülerinnen der Klasse WPF diese Frage eher hinsichtlich der Themen interpretierten, während die Schülerinnen der Klasse BAKIP hier intuitiv eher die Aktivitäten – und dabei insbesondere das Rechnen - im Vordergrund sahen. Rechenaufgaben wurden dabei einerseits als schwierig eingestuft, wenn sie viele Variablen aufwiesen und andererseits als leichter, wenn die entsprechenden Formeln zuvor wiederholt bzw. eingeprägt worden waren.

Tabelle 5.27 auf der nächsten Seite bietet eine kompakte Übersicht über die Antworten der Schülerinnen zu Frage 2.

²⁸⁷ Interview 4, 01:48 – 02:30

Antworten zu Frage 2 des Leitfadeninterviews				
Kategorie	S1	S2	S3	S4
Intuitive Interpretation der Frage	Inhalte <i>und</i> Aktivitäten	Inhalte	Methoden bzw. Aktivitäten	Methoden bzw. Aktivitäten
Als „einfach(er)“ bewertete Themen	(Alles andere)	(Alles andere)	-	-
Als „schwierig(er)“ bewertete Themen	Elektrizität	Elektrizität	-	(Das Meiste)
Als „einfach(er)“ bewertete Methoden bzw. Aktivitäten	Kombinieren	-	Rechnen, wenn Formeln gelernt wurden	-
Als „schwierig(er)“ bewertete Methoden bzw. Aktivitäten	Schaltskizzen zeichnen und interpretieren	-	-	Rechenaufgaben mit vielen Variablen

Tabelle 5.27: Antworten zu Frage 2 des Leitfadeninterviews nach Kategorien und Interviewpartnerinnen.

Frage 3: In der Gruppenarbeit in dieser Stunde ging es darum, physikalische Inhalte mit Gegenständen bzw. Körpereinsatz darzustellen. Habt ihr etwas Ähnliches im Physikunterricht schon einmal gemacht bzw. macht ihr das öfter?

- a) **Falls ja:** Welche Aufgaben? Kannst du dich an eine Aufgabe erinnern?
- b) Haben diese Aufgaben den Physikunterricht für dich interessanter gemacht?
- c) **Falls nein:** Glaubst du, solche bzw. ähnliche Aufgaben könnten den Physikunterricht für dich interessanter machen?

Schüler 1 konnte sich bei Frage 3 an zwei darstellende Experimente erinnern, meint aber trotzdem, dass normalerweise in seinem Physikunterricht eher kein Körpereinsatz vorkommt. Er findet außerdem, dass selbst durchgeführte, darstellende Experimente einen hohes Erklärungs- bzw. Überzeugungspotenzial (was hier durchaus im Sinne von Konzeptwechsel verstanden werden kann) besitzen:

S1: Also etwas dargestellt haben wir. Zum Beispiel... [Pause] ... wir haben mit einem Seil... wir haben geschaut, ob die selbe Energie von beiden Seiten...also, zum Beispiel: Kennst du das Levis - Logo? Da ist ja die Hose...

I: Ja, da wo sie das so auseinanderziehen... [Anmerkung: Logo einer Jeansmarke, auf dem zu sehen ist, wie ein Paar Jeans von zwei daran mit dem Zaumzeug angebundenen Pferden in entgegengesetzte Richtungen auseinandergezogen wird, ohne dabei zu zerreißen]²⁸⁸

²⁸⁸ Vgl.: ANONYMUS: Famous Logos: Levi's Logo. Online: <http://www.famouslogos.us/levis-logo/> [Stand: 01.07.2014]

S1: Ja genau, das haben wir versucht nachzustellen. Oder ja, auch manchmal... zum Beispiel beim Generator, da hat einer gekurbelt und der andere hat geschaut. Aber auch natürlich Versuche machen wir immer, zu jedem Thema. Oder ja... das war's eigentlich so mit Darstellen. So richtig Körpereinsatz [unverständlich] das gibt's jetzt nicht, bei uns.

I: Okay gut, aber wenn du jetzt an diese Aufgaben denkst, vielleicht das mit dieser Hose und so weiter... so in die Richtung... hat das den Physikunterricht interessanter für dich interessanter gemacht, solche Aufgaben, würdest du sagen, oder... so wie alles andere auch, oder...?

S1: Also da bezieh' ich mich auf Wahlpflichtfach Physik und Physik: Es erklärt einem viel mehr, wenn man's selbst versucht und selbst erkennt: „Aha, das ist jetzt nicht so, wie ich dachte“.

I: Okay.

S1: Und ich finde: Ja, Versuche gehören dazu und der Einsatz muss sein, weil dann merkt man sich das und man hat auch Spaß an der Sache.²⁸⁹

Schülerin 2 konnte sich daran erinnern, ein ähnliches darstellendes Experiment wie in der Intervention beim Thema Erdumlaufbahn schon einmal gesehen, allerdings nicht selbst durchgeführt zu haben. Sie ist außerdem der Meinung, dass darstellende Experimente zwar nicht zu jedem Thema passen, den Stoff allerdings besser verständlich und greifbarer machen:

S2: Es kommt auf das Thema an, weil oft kann man das bei einem Thema einfach nicht machen.

I: Ja.

S2: Aber als wir dieses Thema jetzt, mit der Erde und Sonne und wie sich das miteinander bewegt...

I: Mhm.

S2: ... da haben wir das schon gemacht, nicht jeder einzeln vielleicht... in der Unterstufe. Aber in der Oberstufe hat das der Herr Professor mit einem Freiwilligen oder einer Freiwilligen vorgezeigt, wie das funktioniert. Aber das hat mir jetzt, wie wir das jetzt gemacht haben, sehr geholfen eigentlich... also nochmal sich das vorzustellen.

I: Okay. Also ihr habt schon öfter auch solche Aufgaben gemacht, ab und zu einmal?

S2: Ab und zu.

I: Aha, okay... und würdest du sagen, dass diese Aufgaben den Unterricht für dich interessanter gemacht haben, oder wie andere Sachen auch... oder?

S2: Ja, ich finde es hat ihn interessanter gemacht, weil man gleich besser versteht, was wir durchführen... den Stoff und so. Wenn man nur Theorie... „es sollte so passieren“... und wenn du einen Text liest oder abschreibst, oder so was, oder ins Heft schreibst, dann is' es nicht so... greifbar.²⁹⁰

²⁸⁹ Interview 1, 03:09 – 04:25

²⁹⁰ Interview 2, 02:16 – 03:20

Die Antwort von Schülerin 3 auf die Frage, ob sie sich an darstellende Experimente im Unterricht erinnern könne:

S3: Nein. Das fand ich voll gut, dass wir das so gemacht haben.

I: Okay. Also ihr habt noch nie so etwas gemacht... [unverständlich]?

S3: Er steht vorne und wir rechnen! Mehr machen wir nicht.

I: Okay, gut.

S3: Aber... das fand ich wirklich gut!

I: Wenn du dir jetzt vorstellst ihr würdet öfter so etwas machen, glaubst du, das würd's interessanter für dich machen, Physik?

S3: Ja, voll.²⁹¹

Interessanterweise kann sich ihre Klassenkollegin, Schülerin 4, nach kurzem Nachdenken sehr wohl an ein darstellendes bzw. kinästhetisches Experiment erinnern, das aber schon etwas länger zurück liegt:

S4: Nein. Also eigentlich... wir haben einmal was gemacht mit der Zeit, da sind wir die Stiegen rauf und runter gerannt und haben das gemessen, aber sonst eigentlich nicht.

I: Und kannst du dich noch erinnern, was ihr da genau gemacht habt?

S4: Wir haben Zeit gestoppt, das war irgendwas mit Beschleunigung oder so... ich weiß nicht, das war einmal, dass man glaub ich... [Pause].

I: Du musst jetzt nicht erklären, was der physikalische Sinn dahinter war, aber kannst du dich noch erinnern, was ihr dabei gemacht habt?

S4: Ja, wir haben die Zeit gestoppt und sind gegangen und gerannt.

I: Gegangen und gerannt...

S4: Ja, unterschiedlich...

I: Okay. Und wie lang ist das her, ungefähr?

S4: Puh, das war ganz am Anfang vom ersten Semester.

I: Ganz am Anfang? Okay, also das ist schon länger her.

S4: Ja.

I: Und würdest du sagen, dass dir das jetzt besser im Gedächtnis geblieben ist als zum Beispiel andere Stunden vom ersten Semester?

S4: Ja. [Lacht]. Ja!

I: Schon? Also da kannst du dich noch erinnern und andere Stunden sind irgendwie...?

S4: ... sind weg, ja. [Lacht]

[...]

²⁹¹ Interview 3, 01:41 – 01:55

I: Würdest du sagen, dass diese Aufgaben... also zum Beispiel auch das mit dem Zeit messen oder das jetzt mit diesem Darstellen, macht das den Physikunterricht für dich interessanter?

S4: Ja. Es ist nicht so langweilig und man sieht etwas [lacht].

I: Man sieht etwas... gut.

*S4: Man muss es sich nicht nur vorstellen, man sieht's auch.*²⁹²

Es ist natürlich möglich, dass Schülerin 3 bei dem von Schülerin 4 beschriebenen Experiment krank oder aus einem anderen Grund nicht anwesend war. Eine andere Erklärung wäre, dass sie sich im Gegensatz zu Schülerin 3 eben nicht an das besagte Experiment erinnern konnte – es könnte aber ebenso gut sein, dass sie dieses nicht als „darstellendes Experiment“ erinnert bzw. dass die gegebenen Stichworte „Darstellen“ bzw. „Körpereinsatz“ in diesem Fall nicht ausreichten, um die Assoziation zu dem durchgeführten Experiment zu wecken.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass bis auf Schülerin 3, die offensichtlich wirklich sehr positiv von der Methode beeindruckt war (was ev. auch auf den Neuheitseffekt zurückgeführt werden könnte), alle Schülerinnen sich zumindest an ein darstellendes Experiment erinnern konnten. Schüler 1, Schülerin 2 und Schülerin 4 beurteilten die Methode positiv im Hinblick auf die Förderung des theoretischen Verständnisses durch praktische Veranschaulichung und Schülerin 4 gab darüber hinaus an, sich besser an eine Unterrichtseinheit mit einem darstellenden Experiment zu Beginn des ersten Semesters des Erhebungsjahres (**Anmerkung:** Die Erhebung fand gegen Ende des zweiten Semesters des Schuljahres 2013/14 statt) erinnern zu können, als an die anderen Physikstunden des ersten Semesters, das zum Zeitpunkt der Erhebung etwa 4 – 8 Monate zurück lag.

Schülerin 2 merkte außerdem an, dass darstellende Experimente nicht zu allen Themen passen würden, was wohl nicht ganz von der Hand zu weisen ist. Allerdings zeigt KRAMER in den beiden Bänden seines Werkes *Physik als Abenteuer*, dass sich mit etwas Kreativität zu beinahe jedem großen Teilgebiet der Physik (wenn vielleicht auch nicht zu jedem spezifischen Thema eines solchen Gebietes) angemessene Darstellungsarten bzw. Aufgaben finden lassen.²⁹³

²⁹² Interview 4, 02:52 – 04:18

²⁹³ Vgl. KRAMER (2011), Band 1 und Band 2 bzw. Abschnitt 3.2 auf S. 87

Die Antworten der Schülerinnen sind noch einmal in Tabelle 5.28 zusammengefasst:

Antworten zu Frage 3 des Leitfadeninterviews				
Kategorie	S1	S2	S3	S4
Erinnerte(s) darstellende(s) Experiment(e)	„Levis-Logo“ und Generator mit Handbetrieb	Darstellendes Experiment zur Erdumlaufbahn	-	Darstellendes Experiment zur Beschleunigung
Als „den Unterricht interessant(er) machend“ bewertet	Ja	Ja	(Ja)	Ja
Begründung	Hohes Erklärungs-potenzial, Spaß	Anschaulichkeit	-	Anschaulichkeit
Weitere erwähnte Aspekte	Besser zu merken	Nicht bei allen Themen möglich	-	Besser zu merken

Tabelle 5.28: Antworten zu Frage 3 des Leitfadeninterviews nach Kategorien und Interviewpartnerinnen.

Frage 4: Kannst du mir sagen, was dir an der Gruppenarbeit gefallen hat und was nicht? (Bei Nachfrage Beispiele nennen: spielerische Herangehensweise, darstellerisches Arbeiten im 3-dimensionalen Raum, Aufgabe „zu kindisch“, Aufgabenstellung zu unklar, zu wenig Zeit, zu viel Zeit....)

Die Antwort von Schüler 1 zu dieser Fragestellung war:

S1: Also mir hat gefallen... das gemeinsame Nachdenken und schauen, wie das funktionieren könnte und auch das Aufzeichnen, das hat mir alles ziemlich gut gefallen, ja.²⁹⁴

Mit dem Stichwort „Aufzeichnen“ dürfte sich Schüler 1 hier wohl auf das konkrete Aufzeichnen der Wendekreise, der ungefähren Position Österreichs sowie der Himmelsrichtungen auf den Orangen bzw. der Styroporkugel beziehen (eine andere Form der Aufzeichnung fand in der Intervention eigentlich nicht statt – außer die Aufzeichnung des Interviews, aber das ist als Referenz hier wohl eher unwahrscheinlich). Schülerin 2 äußerte sich zur selben Frage mit einer Kritik an Gruppenarbeiten im Allgemeinen, wobei die konkrete Gruppenarbeit jedoch relativ positiv beurteilt wurde:

S2: Also an Gruppenarbeiten generell gefällt mir nicht, dass immer eine Person arbeitet und sonst irgendwie alle... [Pause].

²⁹⁴ Interview 1, 04:32 – 04:47

I: Okay, an Gruppenarbeiten generell... aber ich mein' jetzt schon diese spezielle Gruppenarbeit.

S2: Also diese Gruppenarbeit fand ich gut, weil man musste nachdenken, wie das jetzt funktioniert. Man hat jetzt nicht gleich die Lösung bekommen – also man wusste nicht: „Stellt das nach, es soll so aussehen“, sondern man musste nachdenken: „Wie würde es aussehen, wenn jetzt Wintersonnenwende ist“...

I: Okay, also diese „Was wäre wenn...“ – Geschichte, die du vorher erwähnt hast, vielleicht?

S2: Ja, genau.

I: Und gab's irgendwas, was dir nicht gefallen hat, oder wo du sagst... zum Beispiel: War das irgendwie kindisch oder zu unklar oder zu wenig Zeit oder wie auch immer?

S2: Also Zeit.. wär' immer schön, wenn wir mehr Zeit hätten aber das geht sich nicht immer aus – sonst fand ich's gut.²⁹⁵

Schülerin 3 formulierte eine ähnliche Kritik an Gruppenarbeiten wie Schülerin 2, bezog sie jedoch auf die konkrete Gruppenarbeit bzw. direkt auf ihre Arbeitspartnerinnen in der Gruppe. Außerdem empfand sie den hohen Lärmpegel in der Kasse während der Gruppenarbeit als störend – andererseits hielt sie aber fest, dass ihr die Aufgabe in Einzelarbeit wohl schwerer gefallen wäre:

S3: Also es ist so, ich find' unsere Klasse ist ein bisschen sehr undiszipliniert, also das liegt jetzt nicht an Ihnen, sonst das ist halt wirklich bei jedem Lehrer bei uns so. Ja, ich hab' das gemacht, ich hab' sogar alles richtig gehabt, nur die anderen haben halt nichts gemacht.

I: Aber das ist was, das du sagen würdest: Wenn's so laut ist in der Klasse...

S3: Ja, voll störend...

I: ...das ist dann bei einer Gruppenarbeit noch stärker, oder...?

S3: Ja, aber ich find... also mir fällt's leichter in Gruppenarbeit als in Einzelarbeit.

I: Okay.²⁹⁶

Auch Schülerin 4 kritisierte ihre Partnerinnen, gestand allerdings auch eigene Probleme mit der Umsetzung der Aufgabenstellung ein:

S4: Also es war klar, wir hatten genug Zeit, nur es haben meine Partnerinnen nicht wirklich mitgearbeitet, die haben sich eher damit beschäftigt, dass sie den Luftballon anmalen...

I: Mhm.

S4: Und ich hab's eigentlich... [Pause].

²⁹⁵ Interview 2, 03:27 - 04:21

²⁹⁶ Interview 3, 02:05 - 02:38

I: Aber dir war die Aufgabenstellung klar?

S4: Ja, eigentlich schon – ich hab’ nur manchmal etwas nicht verstanden, da hab ich dann nachgefragt... aber sonst war sie klar... ich hab’s nur nicht ganz... verstanden – also ich konnte es nicht ganz nachstellen, aber ich hab verstanden, was ich machen soll.

I: Okay, also du hast verstanden, was die Aufgabenstellung ist...

S4: Ja.

I: ... und es war nur nicht ganz klar: „Wie mach ich das jetzt genau?“

S4: Ja genau – also die Umsetzung.

I: Und nachher, nachdem wir das noch einmal im Plenum, also mit allen da besprochen haben – war’s dann klar?

S4: Ja, schon. Ja!²⁹⁷

Insgesamt zeichnet sich hier die Tendenz ab, dass die Gruppenarbeit am ehesten aufgrund des sogenannten *social loafing* - Effektes kritisiert wird, den WILLIAMS & KARAU so beschreiben: „[...] people expend less effort collectively than coactively (working individually but in the presence of other co-workers) [...].“²⁹⁸

Dieses soziale Faulenzen tritt dabei Nach WILLIAMS & KARAU besonders bei solchen Gruppenmitgliedern auf, die stark darauf vertrauen, dass andere Gruppenmitglieder die Aufgabe gut erledigen werden (sogenannte *high trusters*). Bei Personen, die ein sehr geringes Vertrauen in die Leistung ihrer Arbeitspartnerinnen haben, kommt es dagegen zum gegenteiligen Effekt (nämlich einer erhöhten Anstrengung in der Gruppe), den WILLIAMS & KARAU postulierten und als *social compensation* bezeichneten - und für den sie starke Belege fanden.²⁹⁹

Es könnte also durchaus sein, dass die Schülerinnen 3 und 4 in ihrer Klasse zu den sozialen Kompensiererinnen zu zählen sind und sich deswegen über die ihnen entstandene Mehrbelastung beschwerten. Andererseits gibt es noch eine andere Erklärung dafür, die WILLIAMS & KARAU so formulieren:

[...] students remember how awful those assignments were, because the 'others in their groups always loafed.' Ironically, and almost without exception, the students claimed that they were the ones left to

²⁹⁷ Interview 4, 04:37 - 05:25

²⁹⁸ WILLIAMS, Kipling D.; KARAU, Steven J.: *Social Loafing and Social Compensation: The Effects of Expectations of Co-Worker Performance*. In: Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 61, Nr. 4/1991, S. 570

²⁹⁹ Vgl.: A. a. O., S. 578

*'carry the load' for the others in the group. Of course, it is easy to view this response as an example of students desiring to present themselves in a favorable light. It is also likely, however, that certain people do exert more effort on collective tasks or that, under certain circumstances, most people will feel it necessary to shoulder the burden of others.*³⁰⁰

Der Effekt des sozialen Faulenzens ist natürlich ein Grundproblem jeglicher Gruppenarbeit, weswegen diese im Unterricht klarerweise kein Allheilmittel darstellen und maßvoll im Rahmen eines Methodenmix' eingesetzt werden sollten – besonders Gruppenarbeiten mit kollektiver Leistungsbeurteilung sind unter diesem Aspekt eher bedenklich.

Schülerin 3 merkte andererseits wiederum an, dass ihr die Gruppenarbeiten trotz (angeblichem) *social loafing* ihrer Partnerinnen generell leichter fielen, als Einzelarbeiten.

Die hier durchgeführte Gruppenarbeit bzw. deren Aufgabenstellungen wurden auch insgesamt eher positiv beurteilt, wobei die Umsetzung natürlich manchmal Probleme bereitete (was hier z. B. von Schülerin 4 erwähnt wurde).

Auch hier sind die Antworten zur Frage zur besseren Übersicht in einem Raster (Tabelle 5.29) nach Kategorien und Schülerinnen zusammengefasst:

Antworten zu Frage 4 des Leitfadeninterviews				
Kategorie	S1	S2	S3	S4
Positive Aspekte der Gruppenarbeit	Gemeinsames Nachdenken	Offene Aufgabenstellungen	Leichter als Einzelarbeit	Rekapitulation im Plenum, klare Aufgabenstellungen
Negative Aspekte der Gruppenarbeit	-	<i>Social loafing</i> , etwas wenig Zeit	<i>Social loafing</i> , Lärmpegel	<i>Social loafing</i> , Umsetzung problematisch

Tabelle 5.29: Antworten zu Frage 4 des Leitfadeninterviews nach Kategorien und Interviewpartnerinnen.

³⁰⁰ WILLIAMS & KARAU (1991), S. 570

Frage 5: Würdest du sagen, dass du jetzt ein klares Bild im Kopf hast, wie der Umlauf der Erde um die Sonne aussieht?

a) Wenn ja: War das vorher auch schon so?

b) Wenn ja: Glaubst du, dass es ohne das Darstellen auch so klar wäre? Wenn ich etwa nur Grafiken und Animationen gezeigt und Skizzen an die Tafel gezeichnet hätte?

Schüler 1 antwortete auf diese Frage mit der Feststellung, grundsätzlich vorher schon Bescheid gewusst, in einigen Bereichen aber trotzdem sein Wissen erweitert zu haben:

S1: Also ich hab mich schon davor damit auseinandergesetzt...

I: Das wäre jetzt die nächste Frage gewesen: War das vielleicht vorher eh auch schon klar?

S1: Nicht so genau... mit Jahreszeiten und so, aber der Verlauf der Erde um die Sonne, das war mir schon grundsätzlich klar, aber das mit den Sonnenstrahlen und den Jahreszeiten ist mir jetzt ein bisschen klarer geworden, ja.

I: Okay... und glaubst du, dass es ohne das Darstellen auch so klar gewesen wäre? Also wenn ich jetzt zum Beispiel nur Grafiken gezeigt hätte oder Animationen oder Skizzen gemacht, an der Tafel?

S1: Also für mich wär's sicher kein Problem, aber ich kann mir vorstellen, dass viele damit jetzt nicht sehr zufrieden wären, weil viele brauchen einfach dieses 3-dimensionale Erklären.³⁰¹

Während Schüler 1 also nicht unbedingt an einen zusätzlichen „Anschaulichkeitsbonus“ aufgrund der dreidimensionalen Darstellung bei der Methode für sich selbst glaubte, so ging er doch davon aus, dass manche Mitschülerinnen mit weniger ausgeprägter Vorstellungskraft potenziell davon profitieren könnten. Schülerin 2 denkt zwar ebenfalls, dass andere Methoden ebenfalls eine Vorstellung des Umlaufs der Erde um die Sonne ermöglicht hätten, glaubt aber trotzdem an einen zusätzlichen „3D – Bonus“:

S2: Also vieles war klar, aber einiges... hatte ich noch ein paar Probleme, wie ich mir das vorstellen soll und jetzt mit den Gruppenarbeiten und wie wir's dann vor der Klasse nochmal vorgestellt haben, dann wurde es klarer, ja.

I: Okay. Glaubst du, dass das ohne das Darstellen auch so klar gewesen wäre? Also wenn ich jetzt zum Beispiel nur Grafiken und Animationen zum Beispiel gezeigt hätte, oder Skizzen gemacht hätte, auf der Tafel?

S2: Ich glaube, man hätt' es sich auch vorstellen können, aber es wär trotzdem besser gewesen, mit dem... nochmal 3D-vorzeigen.³⁰²

³⁰¹ Interview 1, 04:58 - 05:37

Schülerin 3 gibt an, relativ große Fortschritte gemacht zu haben. Auch sie glaubt an einen gewissen Anschaulichkeitsbonus des Darstellens gegenüber anderen visuellen Methoden bzw. Medien:

S3: Ja, voll! Ich hab zum Beispiel nicht gewusst, dass das fast kreisförmig ist. Nein, ich hab wirklich schon einiges nicht gewusst.

[Kurze Unterbrechung durch den Klassenlehrer]

I: Okay, also das mit dem kreisförmigen, das war dir vorher nicht so bewusst?

S3: Nein, gar nicht.

I: Und glaubst du, dass das ohne das Darstellen... dieses Bild quasi, vom Umlauf von der Erde um die Sonne... dass das ohne das Darstellen auch so klar gewesen wäre...

S3: Nein, ich glaub nicht.

I: ... oder wenn man zum Beispiel nur Grafiken oder Animationen gezeigt hätt', wo man das sieht, oder Skizzen an die Tafel gezeichnet hätt', glaubst du, das wär dann auch klar gewesen?

S3: Nein... es wär schon auch klar gewesen, aber jetzt nicht so klar, wie beim Herzeigen.³⁰³

Ähnlich stellt sich die Situation für Schülerin 4 dar:

S4: Ja. Schon.

I: Und war das vorher auch schon so? Hast du dir vorher auch schon vorstellen können, wie das aussieht?

S4: Nicht ganz, nur dass es rundherum geht [lacht].

I: Also dass es rundherum geht war klar, aber wie das genau aussieht, war nicht klar?

S4: Nein, nicht wirklich.

I: Okay. Und glaubst du, dass das jetzt auch klar geworden wär', wenn ich das zum Beispiel nur mit einer Animation gezeigt hätt', oder Skizzen an die Tafel gemacht hätt', oder Grafiken gezeigt hätt'... oder war das Darstellen da schon nochmal was anderes, was das nochmal klarer gemacht hat?

S4: Also mit Skizzen oder so, oder auf die Tafel malen hätt ich's glaub ich nicht so verstanden... wenn's eine Animation wär', also wenn sich das so richtig bewegt hätte, dann vielleicht. Aber es ist so... „lebend“ besser [lacht].³⁰⁴

Alle befragten Schülerinnen glaubten also an einen Anschaulichkeitsbonus der Methode gegenüber anderen visuellen Methoden, der vor allem mit dem Vorteil des Agierens im

³⁰² Interview 2, 04:38 - 05:11

³⁰³ Interview 3, 02:44 - 03:30

³⁰⁴ Interview 4, 05:38 - 06:30

dreidimensionalen Raum (gegenüber der zweidimensionalen Begrenztheit von Abbildungen und Animationen) begründet wurde. Drei von vier Schülerinnen glauben außerdem daran, persönlich von diesem Bonus der Methode profitiert zu haben und jetzt „klarer zu sehen“.

Antworten zu Frage 5 des Leitfadeninterviews				
Kategorie	S1	S2	S3	S4
Klares Bild des Umlaufs der Erde um die Sonne vorhanden	Ja	Ja	Ja	Ja
War das Bild bereits zuvor vorhanden	Ja, aber weniger genau	Ja, aber noch mit einigen Problemen	Eher nicht	Teilweise, aber nur ungenau
Einschätzung, ob Darstellen im Methodenvergleich einen Anschaulichkeitsvorteil bietet	Vorhanden, aber eher für Mitschülerinnen relevant	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden
Begründung	3 Dimensionen	3 Dimensionen	-	Lebendigkeit

Tabelle 5.30: Antworten zu Frage 5 des Leitfadeninterviews nach Kategorien und Interviewpartnerinnen.

Frage 6: Denkst du, dass dir die Einheit dabei geholfen hat, die Testbeispiele am Fragebogen richtig zu lösen? (Im Vergleich mit dem Vorwissenstest)

Schüler 1 ist zwar kein großer Anhänger von „Interpretationsaufgaben“ (wie er es formuliert – und womit er ja nicht unrecht hat), hatte aber trotzdem das Gefühl, von der Einheit im Hinblick auf die Testbeispiele profitiert zu haben:

S1: Also ja – Interpretationsaufgaben sind jetzt nicht so meins...

I: Okay.

S1: ...aber ich glaub ja, das hat schon geholfen.

I: Vielleicht im Vergleich zu vorletzter Woche...

S1: Ja, im Vergleich zu letztem Mal war's deutlich klarer.³⁰⁵

Schülerin 2 kann sich erinnern, beim Vorwissenstest ein paar Items anders angekreuzt zu haben:

S2: Das werden wir sehen... [lacht].

I: Vielleicht im Vergleich zu vor zwei Wochen, da war ja ein sehr ähnlicher Test. Hast du zum Beispiel das Gefühl, dass du dir jetzt da leichter getan hast oder dass es irgendwie klarer war?

³⁰⁵ Interview 1, 05:45 - 05:59

S2: Ja, also bei diesem Test hab ich mir gedacht, jetzt müsst ich's eigentlich wissen. Aber ja... bei ein paar Sachen hab ich's mir gemerkt, dass ich sie jetzt anders angekreuzt hab, als ich sie beim letzten Mal angekreuzt hab.³⁰⁶

Schülerin 3 hatte doch ein deutlich besseres Gefühl als beim Vorwissenstest, wohingegen Schülerin 4 eher vorsichtig ist und meint, dass sie die Fragestellungen öfters lesen müsste, um ganz sicher zu sein:

S3: Ja. Mir is' es schon leichter gefallen als beim ersten Mal, muss ich schon sagen, ja.³⁰⁷

S4: Ein paar vielleicht. Nicht alle, aber ein paar. Weil ich muss mir das manchmal öfter durchlesen, die Fragestellungen bei den Texten.³⁰⁸

Interessanterweise hat Schülerin 4 jedoch wesentlich besser abgeschnitten als Schülerin 3 – eine positive Selbsteinschätzung sagt aber natürlich nicht immer etwas über die tatsächliche Leistung aus.

Antworten zu Frage 6 des Leitfadeninterviews				
Kategorie	S1	S2	S3	S4
Einschätzung, ob der Unterricht dazu beitrug, dass die Items im Vergleich zum Vorwissenstest besser beantwortet werden konnten	Ja, deutlich klarer	Eher schon – zumindest teilweise andere Antworten angekreuzt	Ja	Teilweise

Tabelle 5.31: Antworten zu Frage 6 des Leitfadeninterviews nach Kategorien und Interviewpartnerinnen.

³⁰⁶ Interview 2, 05:20 - 05:48

³⁰⁷ Interview 3, 03:40 – 03:45

³⁰⁸ Interview 4, 06:40 – 06:51

Frage 7: Hast du das Gefühl, dass du in der Stunde etwas Neues darüber gelernt hast, wie Modelle in der Physik verwendet werden?

a) Wenn ja: Kannst du kurz zusammenfassen, was du darüber gelernt hast?

Schüler 1 stellte bei der Antwort auf diese Frage die Wichtigkeit der Modelle in der Physik generell fest und ging auf Vorteile für die Veranschaulichung der eigenen Arbeit bzw. auf die Rolle der Genauigkeit von Modellen ein:

S1: Also ich hab definitiv gelernt, wie wichtig Modelle sind und dass die Genauigkeit eine wichtige Rolle spielt. Das heißt, man kann jetzt nicht sagen... dass zum Beispiel die Umlaufbahn wie eine extrem gequetschte Ellipse oder wie ein Rechteck wär', das würde nicht funktionieren. Also Modelle sind sehr wichtig, das ist mir klar geworden und sie helfen auch, zu veranschaulichen, was man jetzt gemacht hat.³⁰⁹

Schülerin 2 lernte (nach ihrer Antwort zu schließen) vor allem etwas über den Transfer von der realen Welt auf Modelle:

S2: Doch, auch... dass man eigentlich sehr... man muss schon irgendwie anders denken, man kann nicht eine Erde und eine Sonne wirklich darstellen, weil... naja. [...]
Zum Beispiel das mit dem Sand erwärmen – das hätt' ich mir nie gedacht, das so zu machen – aber man muss halt umdenken. Man kann keine Sonne... und die Erde aufwärmen und schauen, wie warm es wird.³¹⁰

Schülerin 3 konnte mit dem Modellkonzept auch nach der Intervention nichts anfangen – die Einheit half ihr nach ihrer Ansicht auch nicht dabei, die Fragen am Testbogen zu den Modellen richtig zu beantworten:

S3: Ja... naja... ja. Kann ich nicht so sagen. [Pause]
I: Kannst du nicht so sagen... also wenn ich dich jetzt fragen würd, zum Beispiel, was jetzt das Neue war, über Modelle... wie Modelle funktionieren... kannst du jetzt nicht wirklich sagen: Okay, ich hab jetzt zum Beispiel verstanden, wie ein Modell in der Physik funktioniert, oder so...
S3: Mhm... mhm. Nein, also es war schon besser... also, ich weiß nicht. [Pause]
I: Okay, aber du kannst nicht zusammenfassen, was jetzt da Neues über Modelle dabei war?
S3: [lacht].

³⁰⁹ Interview 1, 06:06 - 06:35

³¹⁰ Interview 2, 05:58 - 06:28

I: Wenn du dich an die beiden Fragen erinnerst, zum Beispiel von dem Testbogen, da gab's ja zwei Fragen, da ging's um Modelle.

S3: Mhm... keine Ahnung. Ich weiß nicht mehr, welche Fragen das waren.

I: Das war die eine Frage mit dem Planetenmodell – der eine Schüler, glaub ich, der will ein Planetenmodell basteln für ein Raumschiff...

S3: Ach so!

I: Und das andere war das mit dem Ingenieur, der ein Boot... sich anschauen will und dazu ein Modell baut.

S3: Ach so. Ja, ich weiß schon.

I: Hast du jetzt zum Beispiel das Gefühl gehabt, dass es dir leichter gefallen ist nach der Stunde die zwei Fragen zu beantworten?

S3: Die zwei gar nicht, nein.³¹¹

Schülerin 3 hatte allerdings die explizit auf den Gebrauch von Modellen abzielende Frage dennoch richtig beantwortet, Schülerin 4 hatte als einzige Interviewpartnerin alle beiden Fragen zu Modellen richtig angekreuzt. Sie gab auch an, etwas über Modelle gelernt zu haben und konnte ihre Erkenntnisse über die Wichtigkeit des Anwendungskontexts von Modellen auch zusammenfassen:

S4: Ja.

I: Ja... kannst du auch kurz zusammenfassen, was war jetzt das Neue?

S4: Wie, das Ganze jetzt? Oder nur die Modelle?

I: Nein, nur die Modelle.

S4: Ja, dass man unterschiedliche Modelle braucht für unterschiedliche Abschnitte... oder... je nachdem. Also man muss ein richtiges Modell nehmen, für das, was man wissen will.³¹²

Antworten zu Frage 7 des Leitfadeninterviews				
Kategorie	S1	S2	S3	S4
Einschätzung, etwas über Modelle gelernt zu haben	Ja	Ja	Nein	Ja
Gegebene Beispiele der gelernten Inhalte	Wichtigkeit v. Modellen, Rolle der Genauigkeit, Veranschaulichungsaspekt	Problematik der Übertragung von der Realität ins Modell und vice versa	-	Abhängigkeit des „richtigen Modells“ von der untersuchten Fragestellung

Tabelle 5.32: Antworten zu Frage 7 des Leitfadeninterviews nach Kategorien und Interviewpartnerinnen.

³¹¹ Interview 3, 03:54 - 05:05

³¹² Interview 4, 06:59 - 07:21

Insgesamt ist interessanterweise festzustellen, dass Schüler 1 und Schülerin 2 zwar jeweils die implizite Frage zu Modellen richtig beantworteten (Item 8, Planetenmodell) - und dennoch die explizite Fragestellung zur Funktion von Modellen (Item 7, ein Ingenieur baut ein Schiffsmodell) in gleicher Weise falsch beantworteten. Das heißt, sie entschieden sich zwar in einer in einen Kontext eingebetteten Fragestellung für die Vernachlässigung eines (irrelevanten) Merkmals des Modells durch den Schüler, antworteten aber bei der expliziten Formulierung trotzdem, dass ein Modell so gut wie nur irgendwie möglich unter allen Gesichtspunkten dem realen „Original“ entsprechen müsse. Der Widerspruch zwischen diesen beiden Antworten fiel ihnen offensichtlich genau so wenig auf, wie Schülerin 3 nicht auffiel, dass sie das bei Item 7 richtig angekreuzte Prinzip der Modellverwendung (also die Aussage, dass es darauf ankommt, dass bei einem Modell genau die Merkmale des realen Objekts möglichst genau abgebildet sind, die man untersuchen will) nicht auf die Aufgabenstellung in Item 8 übertragen hatte. Dieses Problem hatten aber wohl die meisten Schülerinnen – zumindest lässt sich das aus den Werten für Item 7 und 8 beim Abschlusstest herauslesen. Im entsprechenden Abschnitt 5.2.1.3 auf Seite XXX wurde auch bereits die Vermutung geäußert, dass die relative „Autorität“ des Protagonisten von Item 7 (Ingenieur) gegenüber dem des Items 8 (Schüler) möglicherweise dazu beitrug, dass diesem Charakter ev. die nötige Kompetenz zur Vernachlässigung irrelevanter Merkmale (bzw. zur Entscheidung, welche Merkmale irrelevant sind und welche nicht) eher zugestanden wurde. Ein anderer Faktor, der hier noch eine Rolle spielen könnte ist jener, dass die implizite Fragestellung (Item 8) beim Abschlusstest vor der expliziten (Item 7) stand – und somit kann es leicht sein, dass viele Schülerinnen, die vielleicht die allgemeine Regel in Item 7 aus dem Unterricht (wieder)erkannten, diese im Nachhinein nicht mehr auf Item 8 anwendeten, weil dieses im Abschlusstest an erster Stelle stand – und somit schon (in einer nicht unbeträchtlichen Anzahl an Fällen falsch) beantwortet worden war, wenn die Schülerinnen die Fragestellung von Item 7 (im Abschlusstest an vierter Stelle) erreichten.

Die deduktive Anwendung allgemeiner Regeln auf konkrete Fragestellungen und das induktive Schließen von konkreten Beispielen auf allgemeine Regeln ist aber natürlich in so einem abstrakten Gebiet der Physik wie dem der Modelle als für die Schülerinnen grundsätzlich besonders schwierig einzustufen.

6. Interpretation und Schlussfolgerungen

Zunächst sollen die Einschränkungen thematisiert werden, die für den folgenden Abschnitt gelten. Dabei ist es wichtig hervorzuheben, dass sich die hier in weiterer Folge angestellten Interpretationen und Schlussfolgerungen *nur auf die hier untersuchte Stichprobe beziehen*. Eine Generalisierung der Schlussfolgerungen auf die Gesamtpopulation (bzw. auf die gesamte AHS/BHS – Oberstufe) scheint hier aus mehreren Gründen unangebracht:

1. Die Stichprobe war mit N=51 (beim Abschlusstest) zu klein, um statistisch verlässliche Aussagen über die Gesamtpopulation zu treffen. So heißt es etwa bei EBERMANN diesbezüglich: „Quantitativ sinnvolle Stichprobengrößen beginnen bei einer Befragtenanzahl von 100 und sind auch dann noch von großen Fehlermöglichkeiten gekennzeichnet.“³¹³

Darüber hinaus müssen folgende Verzerrungsfaktoren in Betracht gezogen werden:

2. Die Interventionsdauer war mit einer Doppelstunde zu kurz, um insbesondere die langfristigen Auswirkungen darstellender Methoden erheben zu können
3. Es handelte es sich um eine für die Schülerinnen wohl eher außergewöhnliche Methode bzw. Situation (wozu auch die Tatsache beitrug, dass die Intervention nicht vom jeweiligen Klassenlehrer, sondern vom den Schülerinnen zuvor unbekannten Autor durchgeführt wurde) – und wenn es vielleicht auch nicht für alle der Erstkontakt mit der Methode war, so war es wohl doch eine Ausnahmeerscheinung, weswegen von einem gewissen Neuheitseffekt ausgegangen werden muss.³¹⁴
4. Es gab keine Kontrollgruppen, die mit einer anderen Methode zum selben Thema unterrichtet wurden. Daher sind hier nur stichprobeninterne Vergleiche einigermaßen valide, extern sind nur grobe Gegenüberstellungen der hier erhobenen

³¹³ EBERMANN, Erwin: *Grundlagen statistischer Auswertungsverfahren. Kapitel 2.1.2.* Online: <http://www.univie.ac.at/ksa/elearning/cp/quantitative/quantitative-full.html> [Stand: 02.07.2014]

³¹⁴ Ein solcher Verzerrungseffekt aufgrund der positiven Motivationseffekte neuer Methoden wurde u. a. auch für computerbasierte Instruktion postuliert, vgl. dazu: SCHAUMBURG, Heike; ISSING, Ludwig J.: *Interaktives Lernen mit Multimedia*. In: MANGOLD, Roland; VORDERER, Peter; BENTE, Gary [Hrsg.]: *Lehrbuch der Medienpsychologie*. Hogrefe, Göttingen u. a., 2004, S. 735

Daten mit anderen Untersuchungen (z. B. PISA-Daten, AAAS-Daten, von KORNER katalogisierte Metadaten zur Motivation bei kooperativen Lernformen) möglich.

5. Auch innerhalb der Gesamtstichprobe gab es gewisse situationsbedingte Unterschiede im Ablauf der Einheit, die in Abschnitt 5.1 dokumentiert sind. Daher sind auch stichprobeninterne Vergleiche nur als „einigermaßen“ valide zu bezeichnen. Es kann aber dennoch davon ausgegangen werden, dass in allen Klassen die grundlegenden Elemente der Stundenplanung in die Praxis umgesetzt wurden, wobei sich dies in der Klasse BAKIP aufgrund des unterschiedlichen Vorwissens und disziplinärer Probleme am schwierigsten gestaltete.³¹⁵

Während die Interpretationen und Schlussfolgerungen also nur für die untersuchte Stichprobe Gültigkeit besitzen, so können sie in Bezug auf die Gesamtpopulation lediglich die Rolle von Hinweisen einnehmen, die erst durch weitere empirische Erhebungen überprüft werden müssen. Gegen Ende des nächsten Abschnitts (Fazit) wird auch noch ein Ausblick auf offene Forschungsdesiderate zum Thema gegeben, in dem die möglichen Forschungsfragen solcher zukünftigen Untersuchungen skizziert werden.

³¹⁵ So war etwa der Einstieg war in der Klasse BAKIP aufgrund des mangelnden Vorwissens etwas anders, als in den anderen Klassen, wo die Kenntnis der Kepler'schen Gesetze vorausgesetzt werden konnte. Es wäre allerdings rein praktisch sinnlos gewesen, in BAKIP ansatzlos mit der elliptischen Form der Erdbahn zu beginnen, da sich in den Vorwissenstests zeigte, dass vielen Schülerinnen dort vor der Intervention gar nicht klar war, was eine Ellipse eigentlich ist, bzw. was das Wort „elliptisch“ in Bezug auf eine Form bedeutet. Das kostete natürlich etwas Zeit, im Grunde bekamen die Schülerinnen der Klasse BAKIP aber m. E. in Summe doch die selben, grundlegenden Informationen, die für die Testitems relevant waren, wie die anderen Klassen auch. Auch der Klassenlehrer meinte nach der Stunde, als er einen Blick auf den Test warf, dass die Schülerinnen das jetzt eigentlich wissen müssten, wenn sie aufgepasst hätten. Das Problem mit BAKIP ist im Gegenteil vielleicht eher, dass für die Schülerinnen im Vergleich zu den anderen Klassen die grundlegenden Informationen öfter wiederholt wurden, was die Vergleichbarkeit wohl etwas beeinträchtigt. Der Grund dafür lag vor allem in den vielen Fragen zum Stoff, bzw. in den offensichtlichen Verständnisschwierigkeiten in der Klasse. Da auf Fragen stets eingegangen wurde, wurden etwa in der Klasse WPF aufgrund vieler weiterführender Fragen etwas spezifischere Aspekte des Stoffes thematisiert als in Klasse BAKIP, wo sich Fragen hauptsächlich auf den unmittelbaren Unterrichtsinhalt bezogen und so eher zu Wiederholungen der Inhalte führten.

An dieser Stelle erscheint es sinnvoll, die Gliederung der Interpretation und Schlussfolgerungen am zu Beginn formulierten Forschungsvorhaben (Abschnitt 1.1, S. 16 f.) zu orientieren – es sollten demnach insbesondere drei Aspekte darstellender Methoden im Physikunterricht untersucht werden:

1. Die Effektivität für den Konzeptwechsel
2. Die Effekte auf die Motivation
3. Die Auswirkungen auf das Konzept von Modellen

Es ist allerdings aufgrund der Ergebnisse der Datenauswertung sinnvoll, an dieser Stelle noch einen vierten, allgemeineren Punkt hinzuzufügen:

4. Weitere Erkenntnisse und Hinweise zu Effekten der Methode

Anhand dieser Gliederung erfolgt nun die Darstellung der über die Effekte der Methode im Rahmen der Stichprobe gewonnenen Erkenntnisse.

Die Effektivität der darstellenden Methode für den Konzeptwechsel

Die Leistungsanalyse bei Vorwissenstest und Abschlusstest (vgl. Abschnitt 5.2.1.2, Seite 157 ff.) legt insgesamt eine gute Effektivität der Methode für die Stichprobe im Kontext der Gesamtintervention nahe. Es war in allen Klassen ein deutlicher Leistungszuwachs zu erkennen und insofern kam es auch in der Gesamtstichprobe zu einer deutlichen Leistungssteigerung (+37.6% richtige Antworten beim Abschlusstest gegenüber dem Vergleichswert des Vorwissenstests). Die Effektstärke der Intervention für die Gesamtstichprobe lag bei *Cohens d* = 0,95, was nach COHEN als starker Effekt bezeichnet werden kann.³¹⁶

Auch die Antworten der interviewten Schülerinnen auf Fragen 5 und 6 legen nahe, dass ein Konzeptwechsel bzw. eine Konzeptverfeinerung stattgefunden hatte – so gaben etwa alle vier befragten Schülerinnen an, nach der Intervention ein klareres Bild des Umlaufes der

³¹⁶ Vgl.: TRAN, Ulrich: Folien zur Vorlesung *Ausgewählte Methoden*, Folie 10.

Online: <http://ppcms.univie.ac.at/uploads/media/Effektstaerken.pdf> [Stand: 21.06.2014]

Erde um die Sonne im Kopf zu haben (vgl. Tabelle 5.30 auf S. 212). Auf die Frage nach der Einschätzung der Schülerinnen, ob der Unterricht dazu beitrug, dass sie die Testbeispiele nach der Intervention besser beantworten konnten als davor, wurde ebenfalls tendenziell positiv geantwortet, wobei die Einschätzung hier nicht ganz so klar war, wie bei Frage 5.

Das könnte eventuell damit zu tun haben, dass sich die inhaltlichen Fragen des Abschlusstests nicht nur mit dem Umlauf der Erde um die Sonne befassten, sondern auch einige Transfers dieses ikonisch repräsentierten Wissens auf konkrete, teilweise nicht mit ikonischem Wissen verknüpften Fragestellungen erforderlich machten. Möglicherweise war also durchaus in vielen Fällen eine korrekte mentale Repräsentation der Konstellationen zwischen Erde und Sonne vorhanden, diese konnte aber ev. in manchen Fällen nicht effektiv auf die konkreten, in manchen Fällen einiges an Abstraktion bzw. Vorstellungsvermögen erfordernden Einzelbeispiele angewandt werden.³¹⁷

Die AAAS - Items 2, 3, 5 und 6 des Tests enthielten Abbildungen, die ev. den Zugriff auf ikonisch repräsentiertes Wissen erleichtern könnten – insbesondere die relativ guten Ergebnisse bei Item 2 und 3 beim Abschlusstest im Vergleich zum Vorwissenstest (vgl. **Abb. 5.10** auf Seite 165) legen auch nahe, dass dort der Konzeptwechsel besonders effektiv funktionierte. Allerdings sind die Ergebnisse für Item 5 und 6, die ja ebenfalls Abbildungen enthielten, im Vergleich dazu eher schwach. Ein Grund dafür könnte sein, dass in den Abbildungen dieser AAAS-Items (vgl. dazu den Abdruck des Vorwissenstests in Abschnitt 9.1.1.4 auf Seite 264 ff.) die Neigung der Erdachse (die dort jeweils relevant für die richtige Beantwortung der Frage ist) nicht zu erkennen ist, was ev. den ikonischen Wissenstransfer erschweren könnte, da die zwei Bilder (das in der darstellenden Unterrichtseinheit eingetragte Bild mit geneigter Achse und das am Testbogen dargestellte Bild ohne erkennbar geneigter Achse) nicht zusammenpassen.

Insgesamt kann zusammenfassend festgestellt werden, dass die Methode innerhalb der Stichprobe für den Konzeptwechsel generell effektiv war, dass sich dies allerdings nicht bei allen Items bzw. allen Aspekten des Unterrichts gleich stark äußerte. Dabei waren tendenziell besonders solche Items für die Schülerinnen schwierig, die hohe Transferleistungen von explizit im Unterricht behandelten Inhalten auf konkrete

³¹⁷ Dabei handelt es sich aber natürlich nur um eine Vermutung, die sich anhand der empirischen Daten hier nicht überprüfen lässt.

Fragestellungen erforderten, bzw. bei denen sehr starke Schülervorstellungen vorhanden waren (wie etwa bei Item 1), oder bei denen von einem Konflikt zwischen der ikonischen Enkodierung beim Darstellen und der ikonischen Repräsentation bei der Fragestellung ausgegangen werden kann.

Die Effektstärke war auch nicht in allen Klassen gleich groß, in der „Durchschnittsklasse“ GYM zeigte sich mit *Cohens d* = 1,76 die deutlichste Interventionseffektivität, während die überdurchschnittliche Klasse WPF mit *Cohens d* = 1,51 auf dem zweiten Platz folgte und die Interventionseffektivität in der unterdurchschnittlichen Klasse BAKIP mit *Cohens d* = 1,27 am schwächsten war – was aber nach COHEN immer noch auf einen starken Effekt hinweist.

Hier stimmt es besonders erfreulich, dass der Effekt in der „Durchschnittsklasse“ GYM besonders groß war, was nahe legt, dass die Methode nicht etwa nur für speziell begabte oder speziell leistungsschwache Klassen geeignet ist, sondern gerade auch für den alltäglichen Unterricht in durchschnittlich interessierten bzw. begabten Physikklassen eine für den Konzeptwechsel effektive Abwechslung im Methodenmix darstellen kann. Allerdings soll an dieser Stelle noch einmal auf die Möglichkeit eines etwas höheren Erinnerungseffektes bei GYM aufgrund des geringeren zeitlichen Abstands zwischen Vorwissenstest und Abschlusstest als in den anderen Klassen hingewiesen werden, die auf S. 135 und S. 139 beschrieben wurde.

Nach einer ev. höheren Interessantheit darstellender Aufgaben im Physikunterricht gefragt, beschrieb Schüler 1 im Interview sogar implizit einen Konzeptwechsel:

*Es erklärt einem viel mehr, wenn man's selbst versucht und selbst erkennt: „Aha, das ist jetzt nicht so, wie ich dachte“.*³¹⁸

Die Effekte der darstellenden Methode auf die Motivation

Insgesamt kann im Rahmen dieser Untersuchung im Vergleich mit den von KORNER gesammelten Metadaten anderer Untersuchungen kein Motivationsbonus der Methode der darstellenden Gruppenarbeit gegenüber anderen kooperativen Methoden festgestellt werden – eher im Gegenteil, die Motivation ist dabei sogar etwas geringer, wobei der

³¹⁸ Interview 1, 04:12 – 04:19

relative Unterschied der beiden Mittelwerte für die Gesamtmotivation mit nur 3,5% allerdings vernachlässigbar klein ist (vgl. dazu S. 181 ff.).

Für das mittelmäßige bzw. etwas schwächere Abschneiden der Methode im Vergleich zu den in anderen Untersuchungen analysierten kooperativen Methoden sind dabei vor allem die im Vergleich deutlich geringer bewerteten Motivationsfaktoren der wahrgenommenen Kompetenz und der Anstrengung bei der Erfüllung der Aufgaben (bzw. die persönlich wahrgenommene Wichtigkeit der Aufgaben) verantwortlich.

In Bezug auf die relativ geringe wahrgenommene Kompetenz wurde weiter oben bereits argumentiert, dass dies mit der relativen Schwierigkeit des Darstellens im manuellen Bereich (Objekte ruhig halten, nicht wackeln, astronomische Konstellationen möglichst exakt abbilden) erklärt werden kann, die aufgrund der generellen Unerfahrenheit der hier untersuchten Klassen im Darstellen betont werden muss. Um manche Effekte der Sonnenbestrahlung der Erde (zum Beispiel den, dass die Sonne nur am Frühlings- und Herbstäquinoktium wirklich im Osten aufgeht) sichtbar zu machen ist eine sehr genaue Darstellung der astronomischen Konstellationen erforderlich – und das ist natürlich relativ schwierig, wenn man noch kaum Erfahrung im Darstellen hat. Ein häufigerer Einsatz der Methode könnte hier durch Übung Abhilfe schaffen und dazu beitragen, dass die Schülerinnen ein höheres Kompetenzerleben beim Darstellen erreichen.

Was den Motivationsfaktor *Effort/Importance* betrifft, so empfiehlt KRAMER, den Schülerinnen die Vorteile darstellender Methoden vor deren Einsatz auf einer Metaebene zu erläutern, damit sie zu einem Einsehen in die Vorzüge der Methode gelangen können, wodurch diese oft eine bessere Akzeptanz durch die Schülerinnen erfährt. Oder um es direkt mit KRAMER zu sagen: „Kein Schüler wird mit Ernsthaftigkeit auf den Tisch steigen, wenn er nicht weiß, wozu das gut ist.“³¹⁹

Eine solche Erläuterung fand im Rahmen der Intervention jedoch nicht statt, da erstens die Zeit sowieso schon knapp bemessen war und zweitens eine Beeinflussung der Schülerinnen im Hinblick auf die Erhebung der Motivation und auf die Interviews vermieden werden sollte. Bei einem Einsatz der Methode im normalen Unterricht abseits empirischer Erhebungen soll aber im Sinne KRAMERS durchaus zu einer solchen Einführung geraten werden – gerade wenn die Methode häufiger eingesetzt werden soll, sollen die Schülerinnen wissen, worum es dabei geht, bzw. worauf es ankommt (man kann dann zum Beispiel auch

³¹⁹ KRAMER (2011), Band 1, S. 42

erklären, warum die Exaktheit beim Darstellen so wichtig ist). Mit Einsicht der Schülerinnen in die Sinnhaftigkeit der Methode wäre demnach auch ein Anstieg der persönlichen Wichtigkeit der Aufgaben bzw. der Anstrengung dabei zu erwarten.

In den Interviews wurde zudem häufig *social loafing* als motivationssenkender Nebeneffekt der Methode beklagt – dieser Effekt ist aber an sich bei allen Gruppenarbeiten zu erwarten und dürfte kein Spezifikum der *darstellenden* Gruppenarbeit (im Sinne einer besonders starken Ausprägung) sein – was aber mit den hier erhobenen Daten nicht überprüft werden kann, es handelt sich hierbei also nur um eine Vermutung.

Abschließend ist positiv festzustellen, dass trotz der im Methodenvergleich geringeren wahrgenommenen Kompetenz und geringeren Wichtigkeit bzw. Anstrengung, der Faktor *Interest/Enjoyment* (und hier vor allem der empfundene Spaß) beim Darstellen etwas höher bewertet wurde, als bei anderen kooperativen Methoden. Das weist darauf hin, dass die Methode den Schülerinnen tendenziell etwas mehr Spaß macht, als andere Unterrichtsmethoden – und dadurch zu einer positiven Auflockerung des Unterrichts beitragen kann.

Die Auswirkungen der darstellenden Methode auf das Modellkonzept

Hier kann auf Basis der hier erhobenen Daten wohl keine seriöse Schlussfolgerung zur im Forschungsvorhaben (Abschnitt 1.1) zitierten Annahme von KRAMER gezogen werden, dass Modellierung anhand des menschlichen Körpers Verwechslungen von Modellen mit der Realität verhindern könne. Denn erstens geht es dabei wohl eher um eine langfristige Auswirkung, als um eine, die mit einer (nicht einmal ganz) zweistündigen Unterrichtsintervention erreicht werden könnte – insbesondere da sich KRAMER dabei auch stark auf den großen Effekt des ersten Eindrucks bezieht, den das erste beigebrachte Modell bei den Schülerinnen hinterlässt:

*Ich weiß heute um alle möglichen Modelle [für ein Atom, Anm. von AT] – von der guten alten Billardkugel bis zu quantenmechanischen Beschreibungen mit Geisterelektronen. Aber in meinem Kopf taucht zuerst das Bohr'sche Atommodell mit seinen Elektronenbahnen auf. Der Grund: Es ist das, was mir als Erstes **beigebracht** wurde. Aus einem theatralen Blickwinkel lässt sich das leicht verstehen: Der erste Eindruck, das erste Bild sitzt am tiefsten.*³²⁰

³²⁰ KRAMER (2011), Band 1, S. 28. Hervorhebung kursiv von KRAMER, fett von AT

Nun kann aber (außer vielleicht bei der Klasse BAKIP) nicht davon ausgegangen werden, dass die hier vorgestellte Intervention die erste Konfrontation der Klassen mit dem Umlauf der Erde um die Sonne war – es handelt sich hier also gar nicht wirklich um das *erste* beigebrachte Modell.

Zweitens wurde in der hier behandelten Intervention aus praktischen Gründen auch gar nicht anhand des menschlichen Körpers, sondern anhand von Gegenständen modelliert – andererseits kann dabei wiederum doch davon ausgegangen werden, dass eine Orange und ein Luftballon nicht ernsthaft mit Erde und Sonne verwechselt wird, dass also hier keine Verwechslung von Modell und Realität im Sinne KRAMERS zu befürchten ist.

Es ist aber wegen der oben genannten Gründe im Rahmen diese Untersuchung trotzdem nicht möglich, die von KRAMER aufgeworfene Frage zufriedenstellend zu beantworten. Das heißt aber nicht, dass nicht andere Fragen zur Auswirkung der Intervention auf das Modellkonzept beantwortet werden könnten. Es scheint daher angebracht, die ursprüngliche Forschungsfrage etwas umzuformulieren:

Hatte die hier vorgestellte Intervention mit darstellenden Methoden positive Auswirkungen auf das Modellkonzept der Schülerinnen?

Oder etwas allgemeiner formuliert:

Ist es mit Hilfe darstellender Methoden im Physikunterricht möglich, positive Auswirkungen auf das Modellkonzept der Schülerinnen zu erzielen?

Diese Fragestellungen lassen sich nun für die Stichprobe bzw. das hier behandelte Interventionskonzept seriös beantworten. Anhand der Feinanalyse der Leistung bei den einzelnen AAAS Items (vgl. Abschnitt 5.2.1.3 auf S. 162 ff.) kann festgestellt werden, dass die Intervention, in der die Thematik der Modelle auch explizit angesprochen wurde³²¹, sich sehr

³²¹ Es wurde anhand der verschiedenen im Unterricht behandelten Modelle darauf eingegangen, dass es bei der „richtigen“ Verwendung von Modellen in der Physik vor allem auch auf die Fragestellung ankommt, die mit dem jeweiligen Modell geklärt werden soll.

positiv auf die Beantwortung jenes AAAS – Items auswirkte, bei dem die Antwortmöglichkeiten ebenfalls explizit auf Modellverwendung bezogen formuliert waren (Item 7, vgl. dazu den Abdruck des Vorwissenstests in Abschnitt 9.1.1.4 auf Seite 271). Bei Item 8 allerdings, bei dem die Antwortmöglichkeiten nicht explizit sondern nur implizit über die Fragestellung auf die Verwendung von Modellen Bezug nahmen, kam es zur geringsten Leistungssteigerung von allen Items (unter 5%), die durchaus als vernachlässigbar bezeichnet werden kann. Das kann als Hinweis darauf aufgefasst werden, dass die Schülerinnen zwar explizites Wissen über die Verwendung von Modellen im Unterricht erlangten, aber nicht in der Lage waren, es auf eine implizit formulierte Aufgabenstellung zur Modellverwendung anzuwenden. Transferleistungen sind also für Schülerinnen im Physikunterricht nicht nur dann schwierig, wenn es darum geht, in Formeln gefasste physikalische Gesetze auf konkrete Beispiele bzw. Rechenaufgaben anzuwenden, sondern auch (und vielleicht sogar besonders) dann, wenn es um so abstrakte Dinge wie das Modellkonzept geht.

In den Interviews zeigte sich (mit Ausnahme von Schülerin 3) ebenfalls, dass die Intervention in Bezug auf explizites Modellwissen durchaus effektiv war. Schülerin 4 aus der Klasse BAKIP brachte die korrekte Verwendung von Modellen zum Beispiel ohne vorangegangene Unterstützung bei der Formulierung durch den Autor erstaunlich treffend auf den Punkt:

S4: Also man muss ein richtiges Modell nehmen, für das, was man wissen will.³²²

Weitere Erkenntnisse über die darstellenden Methode

Interessant sind an dieser Stelle auch noch einige weitere Erkenntnisse, die über die Eigenschaften der Methode im Rahmen der Intervention gewonnen werden konnten, die sich im Rahmen der Datenauswertung herausstellten: Es zeigte sich zum Beispiel keine Geschlechtsabhängigkeit der Methode – weder bei der Motivation, noch bei der Leistung nach der Intervention mit der darstellenden Methode.³²³

³²² Interview 4, 07:17 - 07:21

³²³ Es zeigte sich insgesamt zwar eine schwache Korrelation zwischen Geschlecht und Leistung beim Abschlusstest zu Ungunsten der Mädchen – diese kann allerdings wie auf S. 172 beschrieben darauf zurückgeführt werden, dass das Sample der schwächsten Klasse BAKIP, die auch am wenigsten vorangegangenen Physikunterricht gehabt hatten und das geringste Interesse aufwiesen, ausschließlich aus

Auch bei dem Faktor Migrationshintergrund (anhand der in der Familie gesprochenen Fremdsprachen erhoben) konnte kein Zusammenhang bei Motivation und Leistung festgestellt werden. Diese beiden Erkenntnisse sprechen jedenfalls dafür, dass die Methode keine hemmende (allerdings auch keine speziell förderliche) Wirkung bezüglich Geschlecht oder Migrationshintergrund aufweist.

Darüber hinaus erwähnten zwei Schülerinnen in den Interviews, dass man sich mit darstellenden Methoden vermittelte Inhalte besser merken könne (vgl. dazu Tabelle 5.28 auf S. 206) und es zeigte sich auch, dass sie sich drei der vier befragten Schülerinnen tatsächlich auch noch an länger zurückliegende Unterrichtseinheiten erinnerten, die mit darstellenden Methoden unterrichtet worden waren. Das wäre grundsätzlich mit den Erkenntnissen zum handlungsbezogenen Lernen auch theoretisch begründbar (vgl. Abschnitt 2.6.2 auf S. 78), allerdings kann der positive Effekt auf die Erinnerung im Rahmen dieser Untersuchung nicht mit statistischen Daten belegt werden, da erstens im zeitlichen Rahmen der Arbeit keine Zeit mehr für eine abschließende Erhebung des Langzeitwissens einige Wochen nach der Untersuchung blieb (unter anderem deswegen, weil die Untersuchung gegen Ende des Semesters durchgeführt wurde und eine solche Nacherhebung somit nach den Sommerferien der Schülerinnen hätte erfolgen müssen – was aber den zeitlichen Rahmen der Arbeit gesprengt hätte) und zweitens wegen des limitierten organisatorischen Rahmens kein Kontrollgruppe untersucht wurde, mit der man den zu erwarteten Wissensabfall bei der Nacherhebung hätte vergleichen können.

Weiters ist hier auch im Sinne LOOß³²⁴ der Einwand angebracht, dass ein besseres Erinnern der mit darstellenden Methoden unterrichteten Einheiten nicht unbedingt ein besseres Erinnern der damit unterrichteten *Inhalte* nach sich ziehen muss. So konnte sich Schülerin 4 im Interview etwa noch erinnern, dass in einer Physikeinheit des ersten Semesters zur Beschleunigung gelaufen, gegangen und die Zeit gestoppt wurde – was aber nicht heißt, dass

Mädchen bestand. In den gemischten Klassen WPF und GYM konnte keine Korrelation zwischen Geschlecht und Leistung beim Abschlusstest festgestellt werden.

³²⁴ Vgl. dazu ihre Kritik, die in Abschnitt 2.6.3 auf S. 79 ff. erläutert wird.

sie sich ebenfalls an die physikalischen Zusammenhänge erinnern konnte, dazu bemerkte sie nur: „irgendwas mit Beschleunigung oder so“.³²⁵

An die anderen Einheiten des ersten Semesters konnte sich Schülerin 4 allerdings gar nicht mehr erinnern – was wohl auch nicht gerade für ein besseres Erinnern der Inhalte spricht, auch wenn es natürlich hier auch nicht ausgeschlossen werden kann.

Um eine Klärung dieses Sachverhalts zu erzielen sind also in jedem Fall noch weitere Untersuchungen der darstellenden Methode bzw. des handlungsbezogenen Lernens generell notwendig.

³²⁵ Vgl. die Transkription des entsprechenden Ausschnitts aus Interview 4 auf S. 204 f.

7. Fazit und Ausblick

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zeigte sich recht deutlich das Potenzial der darstellenden Methode als Bereicherung für den Physikunterricht, allerdings kamen auch einige Einschränkungen zum Vorschein.

Auf der Seite der Vorteile ist vor allem ihre im Rahmen der Untersuchung festgestellte Effektivität für den physikalischen Konzeptwechsel zu nennen, außerdem der im Vergleich zu anderen Methoden höhere Spaßfaktor und die mit einer entsprechenden Thematisierung gut erzielbaren positiven Auswirkungen auf das explizite Modellkonzept der Schülerinnen.

Auf Seite der Einschränkungen ist vor allem das beim Ersteinsatz der Methode festgestellte Motivationsdefizit im Bereich des Kompetenzerlebens und der persönlichen Wichtigkeit bzw. Anstrengung bei den Aufgaben zu nennen. Aber auch die Tatsache, dass die Methode im Rahmen der Intervention keinen signifikanten positiven Effekt auf das Modellkonzept bei Aufgabenstellungen brachte, bei denen die Verwendung von Modellen nicht explizit sondern nur implizit thematisiert wurde. Nicht ausgeschlossen werden kann darüber hinaus, dass der hier festgestellte Spaßfaktor der Methode ev. auf einen Neuheitseffekt zurückgeführt werden kann – darüber könnte aber nur eine größer angelegte empirische Langzeitstudie belastbare Erkenntnisse bringen.

Im Rahmen einer solchen Langzeitstudie wäre außerdem die Untersuchung des Effektes der darstellenden Methode auf die Erinnerung (sowohl von Kontexten als auch Inhalten) zu untersuchen, wobei die Ergebnisse mit einer bzw. mehreren mit anderen Methoden zum gleichen Thema unterrichteten Kontrollgruppen verglichen werden sollten, wie das etwa in der Arbeit von BERGER & HÄNZE zur Methode des Gruppenpuzzles der Fall ist.³²⁶

Was die Integration der Methode in den Unterrichtskontext betrifft, so zeigte es sich insbesondere als unerlässlich, die Methode der darstellenden Gruppenarbeit mit

³²⁶ BERGER, Roland; HÄNZE, Martin: *Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II – Einfluss auf Motivation, Lernen und Leistung*. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. Vol. 10, 2004, S. 205 - 219

Reflexionsphasen im Plenum zu kombinieren. Diesen kann gleich eine vierfache Funktion zugeschrieben werden:

1. Die Reflexionsphasen dienen einerseits dazu, in den darstellenden Phasen gewonnene inhaltliche Erkenntnisse zu verbalisieren.
2. Darüber hinaus ermöglichen sie es, Missverständnisse, die sich beim Darstellen in den Gruppen ergeben können, zu klären.
3. Weiters kann man dadurch sicher stellen, dass alle Schülerinnen am Ende die gleichen Informationen zugänglich gemacht werden.
4. Die Reflexionsphase gibt den Schülerinnen im Fall von darstellenden Rollenspielen auch Gelegenheit dazu, aus der von ihnen dargestellten Rolle auszusteigen bzw. darüber zu reflektieren.

Über die Frage, zu welchen Themen des Physikunterrichts sich die Methode besonders eignet, sollen der Kreativität der Leserin beim Ersinnen und Umsetzen darstellender Module hier keine Vorgaben gemacht werden – als allgemeine Empfehlung ist aber zu nennen, dass Schülervorstellungen bei der Unterrichtsplanung unbedingt berücksichtigt werden sollten, um mögliche Missverständnisse (wie in Abschnitt 3.3 beschrieben) von vornherein zu vermeiden und einen effektiven Konzeptwechsel zu ermöglichen.

Bei einem Ersteinsatz ist außerdem die von KRAMER empfohlene Vorerläuterung zur Methode auf einer Metaebene anzuraten (siehe Abschnitt 6, S. 222), es empfiehlt sich außerdem, mit stärker angeleiteten Darstellungsaufgaben zu beginnen und erst im Verlauf des wiederholten Einsatzes der Methode zu offeneren Aufgabenstellungen überzugehen.

Bei einer Berücksichtigung der oben genannten Ratschläge sollte einem fruchtbaren Einsatz der Methode der darstellenden Gruppenarbeit im Physikunterricht und einem freudvollen und „greifbaren“ (wie es Schülerin 2 im Interview ausdrückte) Lernen nichts im Wege stehen. Jedenfalls kann man so wohl sicherstellen, dass die Schülerinnen später einmal mehr über den Physikunterricht zu berichten wissen, als es bei Schülerin 4 der Fall ist:

S4: Er steht vorne und wir rechnen! Mehr machen wir nicht.

8. Bibliographie

8.1. Bücher, Monographien und Sammelbände

- BARZ, André: *Vom Umgang mit darstellendem Spiel*. Reihe: *Vom Umgang mit...* Hrsg.: PROSCHE, Hannelore. Volk und Wissen Verlag, Berlin 1998
- ELSÄSSER, Traugott: *Choreografien unterrichtlichen Lernens als Konzeptionsansatz für eine Berufsfelddidaktik*. Schweizerisches Institut für Berufspädagogik, Zollikofen 2000
- HELANKO, Rafael: *Theoretical aspects of play and socialization*. Annalis Universitatis Turkuensis, Ser.B. Vol. 70, Turku 1958
- HOPF, Martin; SCHECKER, Horst; WIESNER, Hartmut: *Physikdidaktik kompakt*. Aulis Verlag, Hallbergmoos 2011
- KIRCHER, Ernst; GIRWIDZ, Raimund; HÄUßLER, Peter: *Physikdidaktik. Theorie und Praxis*. Springer Verlag, Heidelberg 2009
- KRAMER, Martin: *Naturphänomene. Im Spiel die Physik erforschen*. Aulis Verlag Deubner, Köln 2007
- KRAMER, Martin: *Schule ist Theater. Theatrale Methoden als Grundlagen des Unterrichts*. Reihe: *Grundlagen der Schulpädagogik*. Hrsg.: WINKEL, Rainer et al., Band 60. Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler 2008
- KRAMER, Martin: *Physik als Abenteuer. Band I: Didaktik, Akustik, Optik, E-Lehre und Kernphysik*. Aulis Verlag, Hallbergmoos 2011
- KRAMER, Martin: *Physik als Abenteuer. Band II: Wärmelehre, Mechanik, Großprojekte*. Aulis Verlag, Hallbergmoos 2011
- LOUGHRAN, John; BERRY, Amanda; MULHALL, Pamela: *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. 2nd Edition, Sense Publishers, Rotterdam 2012
- MAYER, Horst O.: *Interview und schriftliche Befragung. Entwicklung, Durchführung und Auswertung*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München 2006
- McILVEEN, Robin: *Fundamentals of Weather and Climate*. Stanley Thornes, Cheltenham 1998

- MIKELSKIS, Helmut F. [Hrsg.]: *Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*. Cornelsen Verlag, Berlin 2006
- OECD PISA [Hrsg.]; KUNTER, Mareike et al.: *PISA 2000: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Max Planck Institut für Bildungsforschung, Berlin 2002
- OTTO, Enrico: *Methodische Theaterpädagogik: Aufgezeigt anhand eines Arbeitsmodells*. Lit Verlag, Hamburg und Münster 1993
- PISA-Konsortium Deutschland [Hrsg.]: *PISA 2003. Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Waxmann, Münster 2006
- RELLSTAB, Felix: *Handbuch Theaterspielen*. Band 4: *Theaterpädagogik*. Reihe Schauspiel, Band 10. Stutz Verlag, Wädenswil 2000
- WINKEL, Sandra; PETERMANN, Franz; PETERMANN, Ulrike: *Lernpsychologie*. Schöningh Verlag, Paderborn 2006
- WOLFERSDORF, Peter: *Darstellendes Spiel und Theaterpädagogik. Theorie und Praxis von der Primarstufe bis zur gymnasialen Oberstufe*. Pädagogischer Verlag Burgbücherei Schneider, Baltmannsweiler 1984
- ZIMBARDO, Philip G.; GERRIG, Richard J.; GRAF, Ralf [Bearb.]: *Psychologie*. Pearson Studium Verlag, München (u. a.) 2004
- ZINN, Bernd: *Physik lernen um Physik zu lehren*. Dissertation an der Universität Kassel, erschienen im Logos Verlag, Berlin 2008

8.2. Fachartikel aus Fachzeitschriften und Sammelbänden

- AUFSHNAITER, Stefan von; SCHWEDES, Hannelore: *Play orientation in Physics education*. In: *Science Education*. Vol. 73, Nr. 4, July 1989, p. 467-479
- DECI, Edward; RYAN, Richard: *Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik*. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, Vol. 39/1993, S. 223-238
- DUIT, Reinders; TREAGUST, David F.: *Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education*. In: *Cultural Studies of Science Education*. Vol. 3, Nr. 2, July 2008, p. 297-328
- GROPENIEßER, Harald: *Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung*. In: MAYRING, Philipp; GLÄSER-ZIKUDA, Michaela [Hrsg.]: *Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse*. Beltz Verlag, Weinheim und Basel 2005, S. 172-189

- GYGAX, Pascal; GABRIEL, Ute; SARRASIN, Oriane; OAKHILL, Jane & GARNHAM, Allen: *Generically intended, but specifically interpreted. When beauticians, musicians and mechanics are all men.* In: *Language and cognitive processes*. Vol. 23, Nr. 3, 2008, p. 464-485
- KORNER, Marianne; URBAN-WOLDRON, Hildegard; HOPF, Martin: *Entwicklung eines Messinstrumentes zur Motivation.* In: BERNHOLT, Sascha [Hrsg.]: *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. LIT Verlag, Berlin 2012, S. 98-100
- NICKEL, Hans – Wolfgang: *Überlegungen zur Struktur von Spiel und Theater.* In: *Theaterpädagogik*. Nr. 6: *Handeln und Betrachten*. Pressestelle der Hochschule der Künste, Berlin 1987, S. 14-19
- NICKEL, Hans – Wolfgang; RÜSTER, Barbara: *Spielen im Klassenzimmer.* In: *Theaterpädagogik*. Nr. 6: *Handeln und Betrachten*. Pressestelle der Hochschule der Künste, Berlin 1987, S. 20-23
- WIESNER, Hartmut; WODZINSKI, Rita: *Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen.* In: DUIT, Reinders; VON RHÖNECK, Christoph: *Lernen in den Naturwissenschaften*. IPN, Kiel 1996, S. 250-274
- WILLIAMS, Kipling D.; KARAU, Steven J.: *Social Loafing and Social Compensation: The Effects of Expectations of Co-Worker Performance.* In: *Journal of Personality and Social Psychology*. Vol. 61, Nr. 4/1991, S. 570-581

8.3. Online frei zugängliche Fachartikel und Monographien

- BERGER, Roland; HÄNZE, Martin: *Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II – Einfluss auf Motivation, Lernen und Leistung.* In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. Vol. 10, 2004, S. 205 – 219. Online: ftp://ftp.rz.uni-kiel.de/pub/ipn/zfdn/2004/10.Berger_Haenze_205-220.pdf [Stand: 02.07. 2014]
- BOHANNON, John: *Can Scientists Dance?* In: *Science*. Vol. 319, Nr. 5865, 15. February 2008, p. 905. Online: <http://www.sciencemag.org/content/319/5865/905.2.full> [Stand: 07.05.2013]
- DUIT, Reinders: *PIKO-Brief Nr. 1, Mai 2004. Schülervorstellungen und Lernen von Physik.* Online: http://www.idn.uni-bremen.de/schuelervorstellungen/material/Piko-Brief_Schuelervor.pdf [Stand: 17.05.2014]

- EBERMANN, Erwin: *Grundlagen statistischer Auswertungsverfahren*. Online: <http://www.univie.ac.at/ksa/elearning/cp/quantitative/quantitative-full.html> [Stand: 02.07.2014]
- ELSTER, Doris: *In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? Ergebnisse der ROSE Erhebung in Österreich und Deutschland*. In: *Plus Lucis*. Nr. 3, 2007. Online: http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/073/s2_8.pdf [Stand: 17.05.2014]
- JEANJACQUOT, Philippe; LILENSTEN, Jean: *Casting light on solar wind: simulating aurorae at school*. In: *Science in school*. Nr. 26, spring 2013, p. 32 – 37. Online: http://www.scienceinschool.org/repository/docs/issue26_aurorae.pdf [Stand: 25.05.2013]
- LOOß, Maïke: *Lerntypen? Ein pädagogisches Konstrukt auf dem Prüfstand*. In: *Die Deutsche Schule*. Vol. 93. Nr. 2, 2001, S. 186-198. Online: http://www.ifdn.tu-bs.de/didaktikbio/mitarbeiter/looss/looss_Lerntypen.pdf [Stand: 13. 06. 2014]
- MIERICKE, Jürgen: *Physik auf der Bühne*. In: *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG Frühjahrstagung*, Nr. 3/2012. Online: <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/332/511> [Stand: 13.06.2013]
- PROSKE, Uwe; GANDEVIA, Simon C.: *The kinaesthetic senses*. In: *The Journal of Physiology*. Vol. 587, Pt. 17, September 2009, p. 4139 – 4146. Online: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2754351/> [Stand: 30.05.2013]
- SCHATZ, Tanja R.: *Wiederholtes Lernen und Erinnern von verbal enkodierten und ausgeführten Handlungen*. Dissertation, Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt am Main 2011. Online: <http://d-nb.info/1044772689/34> [Stand: 13.06.2013]
- WALTER, Catherine; PFIFFNER, Manfred: *Erläuterungen zu Fritz Osners Basismodellen des Lernens*. Ergänzung zur 6. Lektion, Abschnitt 1.3, S.134 von: MEYER, Hilbert: *Leitfaden zur Unterrichtsvorbereitung*. Cornelsen Scriptor, Berlin 2007. Online: <http://www.staff.uni-oldenburg.de/hilbert.meyer/41005.html> [Stand: 28.06.2014]

8.4. Weitere Internetquellen und Links

- American Association for the Advancement of Science: *AAAS Science Assessment. Project 2061*. Online: <http://assessment.aaas.org/pages/home> [Stand: 17.05.2014]

- ANGER, Christina; DEMARY, Vera; KOPPEL, Oliver; PLÜNECKE, Axel: *MINT-Frühjahrsreport 2013*. Institut der Deutschen Wirtschaft, Köln 2013, Online: [http://www.bda-online.de/www/arbeitgeber.nsf/res/MINT-Fruehjahrensbericht%202013.pdf/\\$file/MINT-Fruehjahrensbericht%202013.pdf](http://www.bda-online.de/www/arbeitgeber.nsf/res/MINT-Fruehjahrensbericht%202013.pdf/$file/MINT-Fruehjahrensbericht%202013.pdf) [Stand: 13.06.2013]
- BECKER, Gary A.: *Popular Misconceptions in Astronomy. The Earth*. Online: <http://www.astronomy.org/astronomy-survival/miscon4.html> [Stand: 10.05.2014]
- BMUKK [Hrsg.]: *Lehrplan AHS Oberstufe – Physik*. Wien 2004, Online: http://www.bmukk.gv.at/medienpool/11862/lp_neu_ahs_10.pdf [Stand: 13. 06. 2014]
- BMUKK [Hrsg.]; HOPF, Martin [Koordination]: *Die kompetenzorientierte Reifeprüfung aus Physik. Richtlinien und Beispiele für Themenpool und Prüfungsaufgaben*. BMUKK, Wien 2012. Online: http://www.bmukk.gv.at/medienpool/22244/reifepruefung_ahs_lfph.pdf [Stand: 13. 06. 2014]
- BOHANNON, John: *The “Dance your Ph.D.” Contest*. Online: <http://gonzolabs.org/dance/> [Stand: 07.05.2013]
- HIRLING, Hans [Hrsg.]: *Vertrauensspiele – Spiele zum Thema Vertrauen*. Online: <http://www.praxis-jugendarbeit.de/spielesammlung/spiele-vertrauen.html> [Stand: 07.05.2013]
- HOFFMANN, Torsten: *Sonnenverlauf für alle geografischen Positionen auf der Erde*. Online: <http://www.sonnenverlauf.de/> [Stand: 13. 06. 2014]
- MORROW, Cherilynn; ZAWASKI, Michael: *Kinesthetic Astronomy. Lesson One: Sky time. On the Astronomical Meaning of the Day, Year and Seasons*. Space Science Institute, Boulder Colorado, 2004. Online: http://www.spacescience.org/education/extra/kinesthetic_astronomy/KASkTimeAug04_lr.pdf [Stand: 02.05.2013]
- PHYSIKANTEN: *Wissenschaftsshow in Deutschland*. Online: <http://www.physikanten.de/physik-show-wissenschaftsshow-und-fernsehen> [Stand: 13.06.2014]
- SCIENCEBUSTERS: *Wissenschaftsshow in Österreich*. Online: <http://sciencebusters.agentur-o.de/> [Stand: 13.06.2014]

9. Anhang

9.1. Evaluationsinstrumente

Zur Evaluation wurde einerseits zwei leicht unterschiedliche Fragebögen (Vorwissenstest und Abschlusstest, vgl. Abschnitt 1.2 auf S. 17 ff.) verwendet, zusätzlich wurden noch vier kurze Leitfadeninterviews durchgeführt. Im Folgenden werden die verwendeten Evaluationsinstrumente sowie ihr Entstehungsprozess beschrieben.

9.1.1. Fragebogen zum Vorwissenstest

Der Fragebogen zum Vorwissenstest bestand (neben allgemeinen statistischen Angaben wie Geschlecht, Alter, etc.) einerseits aus 7 PISA - Items zur Selbsteinschätzung von Leistung, Begabung, Sach- und Fachinteresse und andererseits aus 9 inhaltlichen Multiple-Choice-Items zur Erhebung des Vorwissens der Schülerinnen zu den zentralen Themen Jahreszeiten, Sonneneinstrahlung, Erdumlaufbahn und Modelle. Diese inhaltlichen Items wurden aus dem online (nach Anlegen eines Accounts) frei zugänglichen Itempool des *Science Assessment – Project 2061*³²⁷ der AAAS (American Association for the Advancement of Science) entnommen, übersetzt, zur Validierung rückübersetzt und in manchen Fällen leicht an die Gegebenheiten der Stundenplanung adaptiert, wo dies unerlässlich erschien.

9.1.1.1. Konstruktion der deutschen Testitems auf Basis der AAAS Originalitems

Im Folgenden werden die Originalitems des Fragebogens (*Original*, Englisch) den vom Autor ins Deutsche übersetzten Items (*Übersetzung*, Deutsch) sowie den von Joachim TRAUN³²⁸ ins Englische zurückübersetzten Items (*Rückübersetzung*, Englisch) gegenübergestellt. Aufgrund dieser Gegenüberstellung (und bei manchen Items auch aufgrund weiterführender

³²⁷ AAAS Science Assessment: *Project 2061*. Online: <http://assessment.aaas.org/pages/home> [Stand: 19.06.2014]

³²⁸ Die vom Autor ins Deutsche übersetzten Items wurden von Mag. Joachim TRAUN (Magister der Anglistik und Kommunikationswissenschaft) ohne Kenntnis der englischen Originalitems aus dem Deutschen ins Englische rückübersetzt.

inhaltlicher Überlegungen) wurden schließlich die finalen Items für den deutschen Fragebogen erstellt (*Final*, Deutsch). Die Änderungen der deutschen Endversion gegenüber der jeweiligen ersten Übersetzung sind kursiv hervorgehoben, die jeweils richtige Antwort (laut AAAS – bei einzelnen Items ließen sich auch andere Antworten als richtig argumentieren) ist fett gedruckt.

Item Nr. 1

Original: A girl who often plays with her friends in front of her house notices that the concrete sidewalk tends to be much warmer in the middle of day in the summer than it is in the middle of the day in the winter. Other than the ground and air being colder in the winter, what else explains why the sidewalk is colder in the winter than in the summer?

- A. The sun is cooler in the winter, so sunlight transfers less energy to the concrete in the middle of the day in the winter and does not warm the concrete as much as it does in the summer.
- B. **The angle at which sunlight reaches the concrete in the middle of the day is smaller in the winter, so sunlight transfers less energy to the concrete during the winter and does not warm the concrete as much as it does in the summer.**
- C. The sun is farther from the earth in the winter, so less energy from sunlight reaches the concrete in the middle of the day in the winter and does not warm the concrete as much as it does in the summer.
- D. The amount of energy that sunlight transfers to the concrete does not change throughout the year. The only way the concrete could be colder in the winter than in the summer is if more clouds blocked the sunlight so the sunlight could not warm the concrete as much as it does in the summer.

Übersetzung: Ein Mädchen, das oft mit ihren Freundinnen vor ihrem Haus spielt, bemerkt, dass der Beton des Gehsteigs zu Mittag im Sommer deutlich wärmer ist als zu Mittag im Winter. Abgesehen davon, dass Boden und Luft im Winter kälter sind – wie lässt es sich noch erklären, dass der Gehsteig im Winter kälter ist als im Sommer?

- A. Die Sonne ist im Winter kälter als im Sommer, deshalb transportiert das Sonnenlicht zu Mittag im Winter weniger Energie zum Beton als zu Mittag im Sommer und erwärmt ihn deswegen weniger stark.
- B. **Der Winkel, in dem das Sonnenlicht den Gehsteig zu Mittag erreicht, ist im Winter kleiner, deswegen transportiert das Sonnenlicht im Winter weniger Energie zum Beton und erwärmt ihn deswegen weniger stark, als es das im Sommer tut.**
- C. Die Sonne ist im Winter weiter von der Erde entfernt als im Sommer, sodass im Winter zu Mittag weniger Energie aus dem Sonnenlicht den Beton erreicht und ihn nicht so stark erwärmt, wie im Sommer.
- D. Die Energiemenge, die das Sonnenlicht zum Gehsteig transportiert, ändert sich über das Jahr hinweg nicht. Der einzige Grund, warum der Gehsteig im Winter kälter sein könnte als im Sommer, ist, dass mehr Wolken die Sonne verdecken, so dass das Sonnenlicht den Gehsteig nicht so stark erwärmen kann, wie im Sommer.

Rückübersetzung:

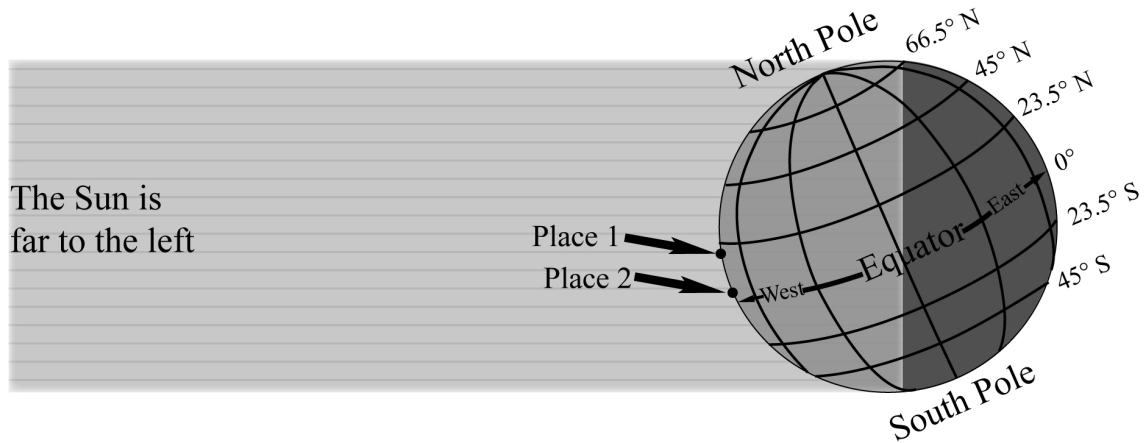
A girl often plays with her friends in front of her house. She realizes that in summer at noon the concrete of the pavement feels considerably warmer than in winter. Apart from the fact that ground and air are colder during winter - is there any other explanation that the pavement is warmer in summer than in winter?

- A. In winter the sun is colder than in summer. Therefore at noon in winter the sunlight carries less energy to the concrete than in summer which makes it less warm.
- B. The angle by which the sunlight reaches the pavement at noon is smaller in winter. This is the reason why the sunlight carries less energy to the concrete and warms it less than in summer.**
- C. In winter the sun is further away from earth than in summer. Because of this the amount of energy from the sunlight which reaches the concrete is diminished, heating it less than in summer.
- D. The amount of energy carried to the pavement by the sunlight does not change throughout the year. The only reason why the pavement may be colder in winter than in summer could be that more clouds cover the sun so that the sunlight cannot heat the pavement as much as in summer.

Kommentar von AT: Im Grunde blieb bei diesem Item der inhaltlich Sinn von Fragestellung sowie Antwortmöglichkeiten erhalten und verständlich – obwohl teilweise etwas andere Formulierungen gewählt wurden, wobei es sich aber durchwegs um akzeptable Synonyme handelt, die keine relevante inhaltliche Verzerrung verursachen sollten. Die ursprüngliche Übersetzung ins Deutsche (siehe oben) wird deswegen als finale Version beibehalten.

Item Nr. 2

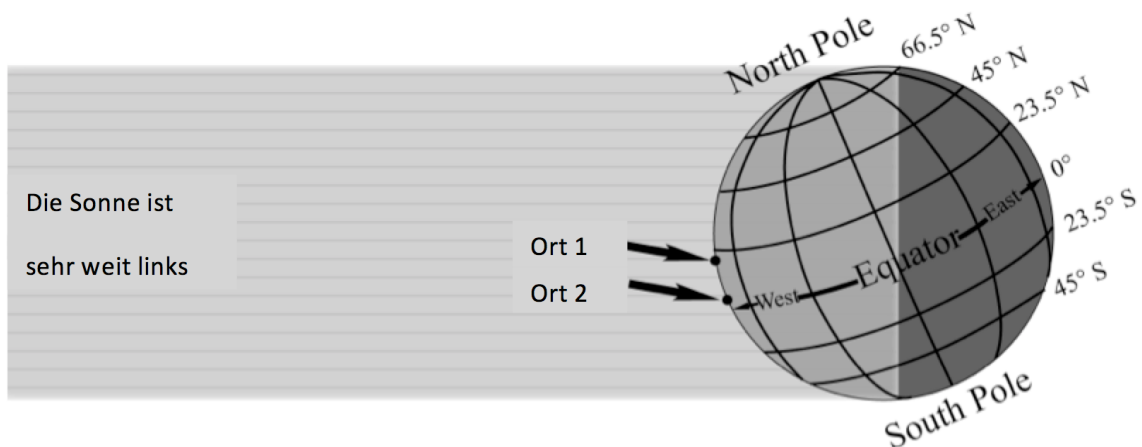
Original: Two students who live in different places are outside in the sunlight at the same elevation at the same instant on a clear day.



Would the sunlight be more intense at Place 1 or at Place 2?

- A. At Place 1, because the sunlight travels a shorter distance to get there
- B. **At Place 1, because it is closer to being directly beneath the sun**
- C. At Place 2, because it is later in the day there
- D. At Place 2, because it is closer to the equator

Übersetzung: Zwei Schüler, die an verschiedenen Orten leben, sind an einem sonnigen Tag zum gleichen Zeitpunkt und auf der gleichen Höhe über dem Meeresspiegel im Freien.



Ist das Sonnenlicht Am Ort 1 oder am Ort 2 intensiver?

- A. Am Ort 1, weil die Sonnenstrahlen eine kürzere Distanz zurücklegen, um dort hinzukommen.
- B. Am Ort 1, weil er näher an dem Ort ist, an dem die Sonnenstrahlen senkrecht einfallen.**
- C. Am Ort 2, weil es dort später ist.
- D. Am Ort 2, weil er näher am Äquator ist.

Rückübersetzung: **Two pupils who live in different places are outside at a sunny day at the same time and at the same level of height.** (Anmerkung: Abbildung identisch wie im Original)

Which position gets more intense rays of sunlight?

- A. Position 1, because the sunrays need to travel a shorter distance to get there.
- B. Position 1, because it is closer to the place where the sunrays hit at right angle.**
- C. Position 2, because it is later there.
- D. Position 2, because it is closer to the equator.

Kommentar von AT: Auch bei diesem Item ist der Kern der Fragestellung und der Antwortmöglichkeiten unverändert geblieben. Allerdings ist diskutabel, ob die Begriffe „sunrays“/Sonnenstrahlen und „sunlight“/Sonnenlicht hier tatsächlich so synonym verwendet werden sollten, wie es in Übersetzung und Rückübersetzung der Fall ist. Das Strahlkonzept könnte hier bereits als Hilfestellung aufgefasst werden, da für Schülerinnen der Begriff „Strahl“ ev. als Schlüsselwort für die Assoziation „Winkel“ geläufig sein könnte, da etwa Berechnungen von Einfallswinkel und Ausfallswinkel von Lichtstrahlen an Linsen, Spiegeln etc. häufig zum physikalischen Standardrepertoire im Schulunterricht gehören. Im Original wird konsequent nur der Begriff „sunlight“ verwendet, weshalb das Synonym „Sonnenlicht“ auch für die finale deutsche Version verwendet wird, um keine ungeplante Erleichterung dieses Items zu schaffen, die den Vergleich mit den US-Ergebnissen noch weiter verzerren würde, als dies ohnehin der Fall ist. Ein weiterer Kritikpunkt könnte hier außerdem sein, dass „being directly beneath the sun“ nicht wirklich synonym mit „sich befinden, wo das Sonnenlicht senkrecht einfällt“ ist. Allerdings ist hier Vorsicht bei einer allzu direkten Übersetzung ins Deutsche geboten, denn ein Ort, der „direkt unter der Sonne ist“ könnte (auch im Kontext der Zeichnung) im Deutschen theoretisch auch so verstanden werden, dass dieser Ort bezüglich der Ekliptikebene „unterhalb“ der Sonne sei – also sich

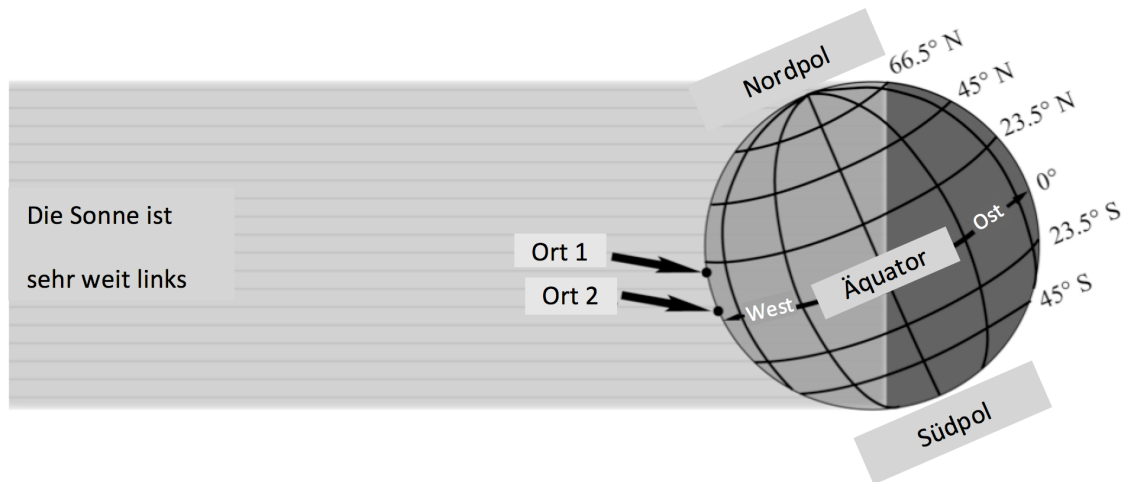
überhaupt nicht auf der Erde befinde, sondern irgendwo im Weltall „unterhalb“ der Sonnenkugel – was die richtige Antwort B natürlich völlig absurd machen würde. Die Frage ist nun, ob dieser Irrtum bei Schülerinnen tatsächlich auftritt, bzw. ob er das im Original nicht auch könnte – was wiederum gleiche Bedingungen schaffen würde. Allerdings heißt es auf der Website des AAAS, dass problematische Items nach dem Pilottest entfernt wurden:

*Students who took part in pilot testing received eight items and were asked to provide written explanations for why each answer choice for each item was correct or incorrect. Students were also asked whether they had guessed or not, whether anything about the item was confusing or unfamiliar, and where they had learned about the idea that was being tested. [...] Any problematic items were discarded from the item bank.*³²⁹

Daraus lässt sich schließen, dass in der englischen Version bei den Schülerinnen im Pilottest kein im obigen Sinne falsches Konzept in die richtige Antwort interpretiert wurde, sondern dass dort falsche Antworten tatsächlich aufgrund vorhandener falscher Alternativkonzepte gegeben wurden – und nicht nach Ausschluss der richtigen Antwort aufgrund des oben beschriebenen potenziellen Missverständnisses. Deshalb liegt die Annahme nahe, dass das oben beschriebene potenzielle Missverständnis sowieso nicht auftreten würde – was dann aber auch die sinngemäße Übersetzung des „senkrechten Einfallens“ rechtfertigt (wenn das Missverständnis sowieso nicht auftritt, dann kann man auch sinngemäß anstatt wörtlich übersetzen, denn der intendierte Sinn ändert sich ja dann nicht). Falls das Missverständnis aber nur im Deutschen auftreten sollte (und schon die Tatsache, dass der Autor hier trotz gefestigter physikalischer Konzepte auf die Idee kommt, dass ein solches Missverständnis auftreten könnte, spricht dafür, dass das zumindest prinzipiell möglich ist), dann ist es jedenfalls besser, mit „senkrechtem Einfallen“ zu übersetzen, denn so lässt sich dieses potenzielle Missverständnis von vornherein vermeiden. Daher wird hier die Formulierung aus der ursprünglichen Übersetzung beibehalten. Außerdem wird zur Vereinheitlichung die komplette Skizze (und auch alle weiteren Skizzen in anderen Items) auf Deutsch beschriftet.

³²⁹ AAAS Science Assessment: FAQ – Testing. Online: <http://assessment.aaas.org/pages/faq#testing> [Stand: 19.06.2014]

Final: Zwei Schüler, die an verschiedenen Orten leben, sind an einem sonnigen Tag zum gleichen Zeitpunkt und auf der gleichen Höhe über d. Meeresspiegel im Freien.

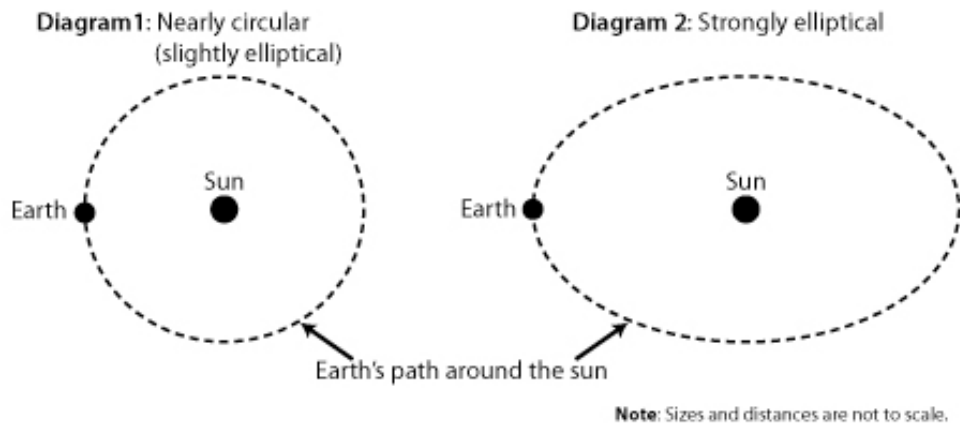


Ist das Sonnenlicht Am Ort 1 oder am Ort 2 intensiver?

- A. Am Ort 1, weil *das Sonnenlicht* eine kürzere Distanz zurücklegt, um dort hinzukommen.
- B. **Am Ort 1, weil er näher an dem Ort ist, an dem *das Sonnenlicht* senkrecht einfällt.**
- C. Am Ort 2, weil es dort später ist.
- D. Am Ort 2, weil er näher am Äquator ist.

Item Nr. 3

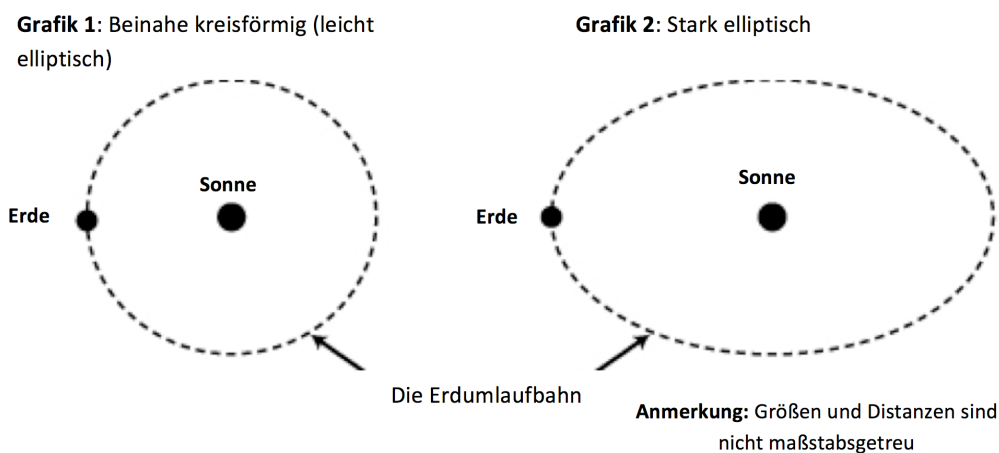
Original: Diagram 1 below shows that the earth's path around the sun as nearly circular and Diagram 2 shows that the path as strongly elliptical.



What is the actual shape of the earth's path around the sun?

- A. Nearly circular (slightly elliptical)
- B. Strongly elliptical
- C. The shape of the path changes so that some years it is nearly circular and other years it is strongly elliptical.
- D. Neither. The earth does not move around the sun; the sun moves around the earth.

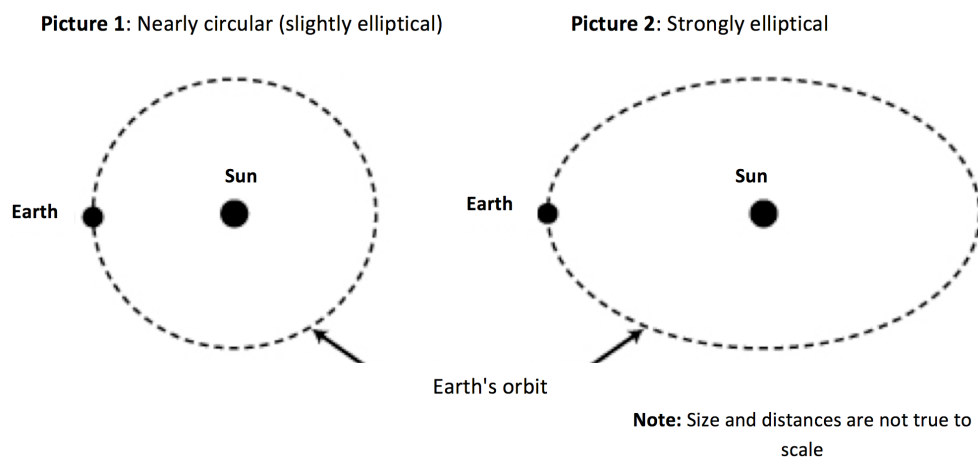
Übersetzung: Die Grafik 1 unten zeigt die Bahn der Erde um die Sonne als beinahe kreisförmig und Grafik 2 zeigt die Bahn als stark elliptisch.



Wie sieht die tatsächliche Form der Erdumlaufbahn aus?

- A. **Beinahe kreisförmig (leicht elliptisch) .**
- B. Stark elliptisch.
- C. Die Form der Erdbahn ändert sich, so dass sie manche Jahre beinahe kreisförmig und in anderen Jahren stark elliptisch ist.
- D. Weder noch. Die Erde dreht sich nicht um die Sonne, die Sonne dreht sich um die Erde.

Rückübersetzung: Picture 1 shows earth's orbit around the sun as nearly circular and picture 2 shows it as strongly elliptical.



How does the actual orbit of the earth look like??

- A. **Nearly circular (slightly elliptical)**
- B. Strongly elliptical
- C. The form of earth's orbit changes. Some years it is nearly circular and some years it is strongly elliptical.
- D. Neither. Earth does not revolve around the sun, the sun revolves around the earth.

Kommentar von AT: Die Übersetzung ist hier beinahe exakt gleich wie das Original – und trotzdem ist dieses Item in dieser Form problematisch. Und zwar aufgrund der dritten, angeblich falschen Antwortmöglichkeit C, die schon im Original recht unglücklich formuliert ist – da sie in dieser Form eigentlich beinahe richtig ist, da sich die Exzentrizität des Orbits tatsächlich zyklisch ändert (auch wenn er nie wirklich „stark elliptisch“ wird, was dann aber der einzige Widerspruch in dieser Antwortmöglichkeit wäre) – auch wenn dann zwischen

„some years“ und „other years“ jeweils ca. 100 000 Jahre vergehen müssten, was aber rein semantisch in dieser Formulierung nicht ausgeschlossen werden kann.

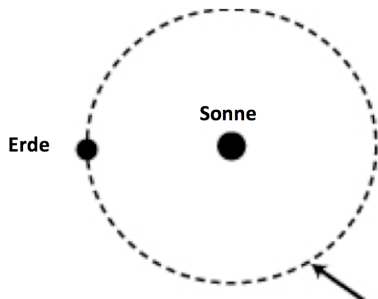
Es ist anzunehmen, dass Kenntnisse über die langfristigen Änderungen der Erdbahnparameter (und damit der Exzentrizität) nicht Teil des vom AAAS in Betracht gezogenen US - Kernstoffes in Physik sind (was sie ja auch in Österreich nicht sind) und daher die Antwortmöglichkeit C nicht auf die Konsistenz mit diesem Stoff geprüft wurde. Da aber eben jener Stoff Teil der im Rahmen der Arbeit konzipierten Stundenplanung ist, wird die obige Originalformulierung hochgradig problematisch, da die „falsche“ Antwort C (die so falsch ja gar nicht ist) dann überproportional oft gewählt werden würde. Deswegen soll in der endgültigen Übersetzung das Item dahingehend adaptiert werden, dass von sehr kurzfristigen Formänderungen der Erdbahn die Rede ist – was dann eindeutiger falsch ist. Zusätzlich sollen die Schülerinnen außerdem ihre Wahl begründen, damit noch klarer wird, aufgrund welches Konzeptes hier A, C oder andere Antwortmöglichkeiten gewählt werden.

Falls hier Antwort C in der Begründung schlüssig argumentiert wird (Hinweis auf die Milanković-Zyklen *und* darauf, dass die Erdbahn nie wirklich so stark elliptisch ist wie in der Grafik), dann wird bei diesem Item auch die Antwort C als richtige Antwort akzeptiert. Eine (fiktive) schlüssige Argumentation könnte etwa so lauten:

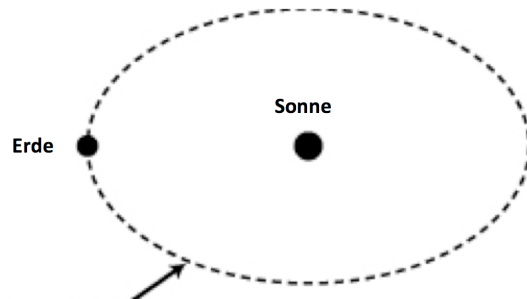
Ich habe mich für Antwort C entschieden, weil wir in der Stunde gelernt haben, dass sich die Form der Erdbahn in Wirklichkeit so ähnlich ändert, wie das in Antwort C beschrieben wird. Die Änderung ist zwar nicht stark, passiert viel langsamer (100 000 Jahre) und die Erdbahn wird nie so stark elliptisch wie in der Grafik dargestellt, aber eine Änderung ist doch vorhanden, deswegen passt Antwort C hier besser als Antwort A.

Final: Die Grafik 1 unten zeigt die Bahn der Erde um die Sonne als beinahe kreisförmig und Grafik 2 zeigt die Bahn als stark elliptisch.

Grafik 1: Beinahe kreisförmig (leicht elliptisch)



Grafik 2: Stark elliptisch



Die Erdumlaufbahn

Anmerkung: Größen und Distanzen sind nicht maßstabsgetreu

Wie sieht die tatsächliche Form der Erdumlaufbahn aus?

- A. **Beinahe kreisförmig (leicht elliptisch)**
- B. Stark elliptisch
- C. Die Form der Erdbahn ändert sich *innerhalb weniger Jahre stark*, so dass sie manche Jahre beinahe kreisförmig und in anderen Jahren stark elliptisch ist.
- D. Weder noch. Die Erde dreht sich nicht um die Sonne, die Sonne dreht sich um die Erde.

Begründe bitte kurz deine Entscheidung für die oben gewählte Antwort:

Item Nr. 4

Original: **What is TRUE about where the earth's axis of rotation points as the earth moves along its yearly path around the sun?**

- A. The earth's axis of rotation gradually shifts over the course of one year so that every day it points to a different place in space.
- B. The earth's axis of rotation shifts twice each year, so it points to two different places in space during a year.
- C. The earth's axis of rotation shifts four times each year, so it points to four different places in space during a year.
- D. **The earth's axis of rotation does not shift, so it always points to the same place in space during a year.**

Übersetzung: **Welche der folgenden Aussagen über die Ausrichtung der Erdachse stimmt?**

- A. Die Rotationsachse der Erde verschiebt sich während des Verlaufs eines Jahres kontinuierlich, so dass sie jeden Tag an einen anderen Punkt im Weltall zeigt.
- B. Die Erdachse verschiebt sich zweimal im Jahr, deswegen zeigt sie während eines Jahres an zwei verschiedene Stellen im Weltall.
- C. Die Erdachse verschiebt sich viermal im Jahr, deswegen zeigt sie während eines Jahres an vier verschiedene Stellen im Weltall.
- D. **Die Erdachse verschiebt sich nicht, deswegen zeigt sie immer an den selben Punkt im Weltall.**

Rückübersetzung: **Which of the following statements about the direction of earth's axis is true?**

- A. The rotational axis of the earth continually moves during the course of a year pointing at a different point in space every day.
- B. Earth's axis moves twice a year pointing therefore at two different spots in space during a year.
- C. Earth's axis moves four times a year therefore pointing at four different points in space during a year.
- D. **Earth's axis does not move, therefore it always points at the same point in space.**

Kommentar von AT: Die Rückübersetzung offenbart bei diesem Item gleich drei mögliche Missverständnisse in der ersten Übersetzung: Der Begriff „shift“ aus dem Originalitem wurde

gemäß dem Onlinewörterbuch Pons mit „verschieben“ übersetzt³³⁰, was allerdings in der Rückübersetzung mit „move“ übersetzt wurde, was wiederum ins Deutsche eher mit „bewegen“ als mit „verschieben“ übersetzt werden würde³³¹. Ein mögliches Missverständnis könnte hier insofern auftreten, dass mit dem Begriff „shift“ im Originalitem wohl ein Kippen bzw. eine Änderung des Ausrichtungswinkels der Erdachse gegenüber dem Fixsternhimmel gemeint ist und nicht die Lateralbewegung der Erdachse zusammen mit der Erde entlang der Erdumlaufbahn, die mit dem Begriff „verschieben“ (und auch mit „shift“) rein semantisch ja auch gemeint sein könnte. Das geht aus der (laut AAAS) richtigen Antwort D hervor, denn dass die Erdachse während eines Jahres immer an den selben Punkt im Weltall zeigt (nämlich an ihrem Nordende in Richtung Polarstern) resultiert daraus, dass sie ihre räumliche Ausrichtung über den astronomisch gesehen relativ kurzen Zeitraum eines Jahres hinweg nicht signifikant ändert (sie kippt und schlingert nicht) – denn weder die Änderung der Ekliptikschiefe noch die Präzession der Erdachse spielen in so einem kurzen Zeitraum eine signifikante Rolle - zumindest dann nicht, wenn man es nicht extrem genau nimmt. Allerdings führt die Erdachse während eines Jahres aber natürlich trotzdem eine Lateralbewegung aus (die Erde rotiert schließlich um die Sonne), die allerdings im Denkmodell der Autoren offensichtlich keinen Einfluss darauf hat, an welchen „Ort“ (bzw. im Original: „place“) im Weltall sie zeigt, da implizit vorausgesetzt wird, dass hier ein im Vergleich zur Ausdehnung der Erdbahn sehr, sehr weit entfernter und auch recht ausgedehnter „Ort“ im Weltall gemeint ist. Nämlich ein Platz irgendwo sehr nahe dem Polarstern, der zumindest 323, wenn nicht (was wahrscheinlicher sein dürfte) etwa 434 Lichtjahre von uns entfernt ist – über die genaue Distanz zum Polarstern gingen nach einer neueren Distanzbestimmung von TURNER et al. im Frühjahr 2013 die Meinungen auseinander.³³² Aber selbst wenn man von nur 323 Lichtjahren ausginge, so ist die Ausdehnung der Erdbahn damit verglichen lächerlich gering – die Länge der großen

³³⁰ Vgl.: PONS: <http://de.pons.com/%C3%BCbersetzung?q=shift&l=deen&in=&lf=de>

³³¹ Vgl.: PONS: <http://de.pons.com/%C3%BCbersetzung?q=move&l=deen&in=&lf=de>

³³² Vgl.: DORMINEY, Bruce: *Polaris: Not so close after all*. In: *Science Now*, 18.01.2013. Online: <http://news.sciencemag.org/2013/01/polaris-not-so-close-after-all> [Stand: 19.06.2014] sowie: VAN LEEUWEN, Floor: *The Hipparcos parallax for Polaris*. In: *Astronomy and Astrophysics*. Vol. 550, February 2013. Online: <http://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2013/02/aa20871-12.pdf> [Stand: 19.06.2014]

Halbachse³³³ beträgt aufgerundet ca. 150 Mio. km, die größte Ausdehnung der Erdbahn ist daher nicht mehr als 300 Mio. km, bzw. $3 \cdot 10^8$ km weit. Im Gegensatz dazu beträgt ein einziges Lichtjahr schon $9,46 \cdot 10^{12}$ km,³³⁴ 323 Lichtjahre schlagen dagegen mit ca. $3 \cdot 10^{13}$ km zu Buche – die Entfernung zwischen Erde und Polaris liegt also schon im kleinsten Fall ganze 7 Größenordnungen über der Ausdehnung der Erdbahn. Oder etwas anschaulicher fürs Klassenzimmer: Wenn die Erdbahn nur zehn Zentimeter breit wäre, dann wäre der Polarstern etwa 1000 Kilometer weit entfernt (und hätte einen Durchmesser von etwa 1,5 mm). Die verlängerte Erdachse würde dann also in einem Jahr einen schrägen Zylinder mit 10 cm Durchmesser in den Himmel zeichnen, der in 1000 km Entfernung verglichen mit allen anderen Sternen natürlich immer noch ziemlich genau in der selben Himmelsregion (oder am selben „Ort“) läge wie der Polarstern.

Um wieder zur Problematik der Semantik von „shift“ und „verschieben“ zurückzukehren: Diese ist wohl in beiden Sprachen gegeben – die Möglichkeit der Vorstellung, dass der Ort, an den die Erdachse im Weltall zeigt, sich durch deren Lateralbewegung um die Sonne kontinuierlich verschiebt, ist sowohl in der englischen als auch in der deutschen Version gegeben – und genau genommen ist diese Vorstellung ja auch korrekt, nur handelt es sich dabei eben um eine vernachlässigbar kleine Verschiebung in Relation zum implizit von den Autoren wohl mitgedachten Ort, nämlich dem Polarstern. Außerdem – und das ist hier viel wichtiger – ist anzunehmen, dass die Autoren mit „shift“ eine Änderung des Ausrichtungswinkels und keine Lateralverschiebung meinen. Wenn man dabei nämlich an eine Lateralverschiebung denkt, dann würde diese Überlegung die „falsche“ Antwort A zur richtigen Antwort machen (vorausgesetzt, man nimmt es extrem genau bzw. denkt sich den „Ort“ nicht so extrem weit entfernt wie die Autoren) – und es soll ja erhoben werden, ob die Schülerinnen wissen, dass der Ausrichtungswinkel der Erdachse gegenüber dem Fixsternhimmel im Jahresverlauf annähernd konstant bleibt – und nicht, ob den Schülerinnen die Lateralbewegung der Erde bekannt ist bzw. ob sie sie bei der Frage

³³³ Vgl.: EMBACHER, Franz: *Erdbahn, Erdrotation, Jahreszeiten und die Sonneneinstrahlung*. Online: <http://homepage.univie.ac.at/franz.embacher/Lehre/DidaktikAstronomie/ss2009/Erdrotation.pdf> [Stand: 19.06.2014]

³³⁴ Vgl.: FÖLL, H.: *Das Lichtjahr, die Astronomische Einheit und das Parsec*. Online: http://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/mw1_ge/kap_2/basics/lichtjahr.html [Stand: 19.06.2014]

berücksichtigen. Daher ist es hier wohl angebracht, die Formulierung dieses Items im Hinblick auf seine Validität im Zuge der Übersetzung etwas zu adaptieren und „shift“ besser mit „kippen“ zu übersetzen bzw. den Begriff „Ausrichtung“ mit in die finale Formulierung aufzunehmen, da er impliziert, dass es hier um den Winkel im Gegensatz zur Lateralbewegung geht.

Die zweite potenzielle Fehlerquelle wurde ebenfalls bereits mehrmals erwähnt: „place“ wurde nämlich zunächst mit „Punkt“ übersetzt, was aus didaktischer Sicht problematisch ist, da ein Punkt im physikalischen Unterrichtskontext normalerweise im Raum sehr, sehr genau definiert ist – man kennt seine Entfernung und er bewegt sich im Normalfall nicht von seinen Koordinaten im Raum weg. Genau das ist aber hier nicht der Fall – würde es wirklich um einen physikalischen Punkt im Raum gehen, an den die Erdachse zeigt, dann würde sich dieser aufgrund der Lateralbewegung und der kleinen, aber vorhandenen Effekte der Milanković-Zyklen tatsächlich stetig ändern – nur bei einem weiter ausgedehnten „Ort“ kann man näherungsweise von Konstanz sprechen. „Place“ wird daher in der endgültigen Version mit „Ort“ und nicht mit „Punkt“ übersetzt.

Die dritte mögliche Fehlerquelle liegt darin, dass in der ursprünglichen Übersetzung der Antwort D der immens wichtige Zusatz „during a year“ ausgelassen wurde – dieser macht diese Antwortmöglichkeit im Licht der Milanković-Zyklen ja erst zur richtigen, da sich im Verlauf eines Jahres verhältnismäßig wenig ändert – über viele tausend Jahre hinweg aber schon. Es liegt also nahe, die Vernachlässigbarkeit der kurzfristigen Änderungen noch einmal zusätzlich zu betonen.

Außerdem wird dieses Item wegen der vielen semantischen Schwierigkeiten und dem auf den ersten Blick scheinbaren Widerspruch zur Theorie Milankovićs (Antwort D), die es mit sich bringt, ebenfalls mit einer Zusatzaufgabe zur Begründung der getroffenen Entscheidung versehen, um genaueren Aufschluss über die der Entscheidung zu Grunde liegenden physikalischen Konzepte der Schülerinnen zu erlangen. Wie beim letzten Item wird auch hier die Antwort A akzeptiert, wenn sie schlüssig argumentiert wird, wenn also etwa darauf hingewiesen wird, dass sich der Ort durch die Lateralbewegung der Erde ändert - oder darauf, dass sich durch die Präzession die Ausrichtung der Erdachse geringfügig ändert.

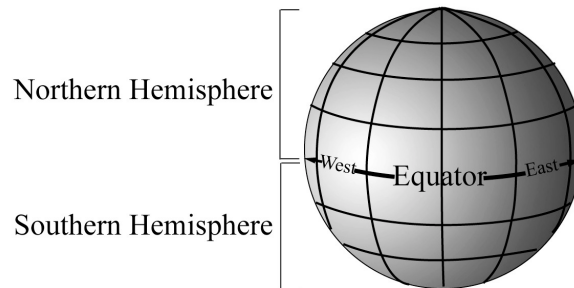
Final: Welche der folgenden Aussagen über die Ausrichtung der Erdachse stimmt?

- A. *Die Ausrichtung der Erdachse ändert sich* während des Verlaufs eines Jahres kontinuierlich, so dass sie jeden Tag an einen anderen *Ort* im Weltall zeigt.
- B. *Die Erdachse kippt* zweimal im Jahr, deswegen zeigt sie während eines Jahres an zwei verschiedene *Orte* im Weltall.
- C. *Die Erdachse kippt* viermal im Jahr, deswegen zeigt sie während eines Jahres an vier verschiedene *Orte* im Weltall.
- D. *Die Ausrichtung der Erdachse ändert sich während eines Jahres so gut wie gar nicht*, deswegen zeigt sie immer an den selben *Ort* im Weltall.

Begründe bitte kurz deine Entscheidung für die oben gewählte Antwort:

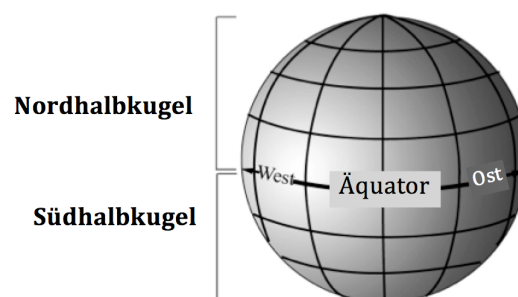
Item Nr. 5

Original: At what time of year is the amount of sunlight reaching the northern hemisphere equal to the amount of sunlight reaching the southern hemisphere?



- A. Every day of the year
- B. **On a day near the end of March and on a day near the end of September**
- C. On a day near the end of June and on a day near the end of December
- D. The northern and southern hemispheres never receive the same intensity of sunlight.

Übersetzung: Zu welcher Zeit des Jahres erreicht die Nordhalbkugel genau so viel Sonnenlicht, wie die Südhalbkugel?



- A. Jeden Tag des Jahres.
- B. **An einem Tag gegen Ende März und an einem Tag gegen Ende September.**
- C. An einem Tag gegen Ende Juni und an einem Tag gegen Ende Dezember.
- D. Die Nordhalbkugel und die Südhalbkugel erhalten nie die gleiche Intensität an Sonnenlicht.

Rückübersetzung: **At which time of the year does the same amount of sunlight reach the northern and the southern hemisphere?** (Anmerkung: Abbildung identisch mit dem Original)

- A. Every day of the year.
- B. At a day towards the end of March and at a day towards the end of September.**
- C. At a day towards the end of June and at a day towards the end of December.
- D. Northern and southern hemisphere never get the same amount of sunlight.

Kommentar von AT: Bei diesem Item sind keine semantischen Probleme zu erwarten. Die ursprüngliche Übersetzung wird deswegen als finale Version übernommen.

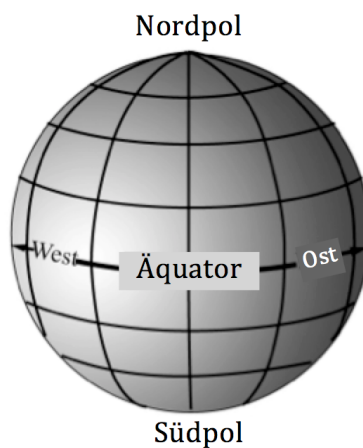
Item Nr. 6

Original: Which of the following statements describes the point on the surface of the earth where sunlight is most intense from June of one year until June of the next year?



- A. The point where sunlight is most intense shifts from the North Pole, over the equator to the South Pole, then back to the North Pole.
- B. The point where sunlight is most intense shifts south from 23.5° north of the equator until it reaches the equator, then it shifts north again until it reaches 23.5° north.
- C. **The point where sunlight is most intense shifts from 23.5° north of the equator to 23.5° south of the equator, then back to 23.5° north.**
- D. The point where sunlight is most intense does not shift; it always stays at the equator.

Übersetzung: Welche der folgenden Aussagen beschreibt den Punkt an der Erdoberfläche, an dem das Sonnenlicht von Juni eines Jahres bis zum Juni des nächsten Jahres am intensivsten ist?



- A. Der Punkt, an dem das Sonnenlicht am intensivsten ist, verschiebt sich vom Nordpol über den Äquator zum Südpol und dann zurück zum Nordpol.
- B. Der Punkt, an dem das Sonnenlicht am intensivsten ist, verschiebt sich von 23,5° nördlich des Äquators bis der den Äquator erreicht. Dann verschiebt er sich wieder nach Norden, bis er 23,5° nördlicher Breite erreicht.
- C. Der Punkt, an dem das Sonnenlicht am intensivsten ist, verschiebt sich von 23,5° nördlich des Äquators nach 23,5° südlich des Äquators und dann zurück zu 23,5° nördlicher Breite.**
- D. Der Punkt, an dem das Sonnenlicht am intensivsten ist, verschiebt sich nicht – er bleibt immer am Äquator.

Rückübersetzung: **Which of the following statements describes the point on the surface of the earth on which the sunlight is the most intense from June of one year until June the following year. (Anmerkung: Abbildung identisch wie im Original)**

- A. The point, on which the sunlight is most intense, moves from the north pole via the equator to the south pole and back to the north pole.
- B. The point, on which the sunlight is most intense, moves from 23,5° north of the equator until it reaches the equator. Then it moves north again until it reaches 23,5° northern latitude.
- C. The point, on which the sunlight is most intense, moves from 23,5° north of the equator to 23,5° south of the equator and then back to 23,5° northern latitude.**
- D. The point, on which the sunlight is most intense, does not move at all - it always stays at the equator.

Kommentar von AT: Auch bei diesem Item sind keine semantischen Probleme zu erwarten.
Die ursprüngliche Übersetzung wird als finale Version übernommen.

Item Nr. 7

Original: An engineer made a model of a ship to help him think about how it works. He made sure that some characteristics of the ship were accurately represented, but he did not include all of the ship's characteristics in his model. Is it okay that he ignored some of the ship's characteristics?

- A. It is okay, but only if he represented the characteristics that affect how the ship works, because models need to include the characteristics that are relevant to what is being studied.**
- B. It is okay, but only if he represented the characteristics that affected whether the model looks like the ship, because models should look like the things that they represent.
- C. It is okay, but only if he represented the characteristics that people would be interested in knowing about, because models are only used to communicate information to others.
- D. It is not okay that he ignored some of the ship's characteristics. A model should be like the object it is representing in every way possible.

Übersetzung: Ein Ingenieur hat ein Modell eines Schiffes gebaut. Das Modell soll dem Ingenieur dabei helfen, darüber nachzudenken, wie das Schiff funktioniert. Er hat darauf geachtet, manche Merkmale des Schiffes exakt nachzubilden, aber er hat nicht alle Merkmale des Schiffes in seinem Modell nachgebildet. Ist es in Ordnung, dass er einige Merkmale des Schiffes ignoriert hat?

- A. Das ist in Ordnung, aber nur wenn er die Merkmale nachgebildet hat, die beeinflussen, wie das Schiff funktioniert. Ein Modell muss alle jene Merkmale aufweisen, die relevant für das sind, was man damit untersuchen will.**
- B. Das ist in Ordnung, aber nur wenn er die Merkmale nachgebildet hat, die beeinflussen, ob das Modell wie das Schiff aussieht, denn Modelle sollen wie die Dinge aussehen, die sie darstellen.
- C. Das ist in Ordnung, aber nur wenn er die Merkmale nachgebildet hat, an denen andere Leute auch interessiert sind, weil Modelle nur dazu verwendet werden, Informationen an andere Personen zu kommunizieren.
- D. Es ist nicht in Ordnung, dass er manche Merkmale des Schiffes vernachlässigt hat. Ein Modell sollte so sein, wie das, was es darstellt – unter allen Gesichtspunkten, in denen das irgendwie umsetzbar ist.

Rückübersetzung: **An engineer built the model of a ship to help him think about the way it works. He was careful to recreate some features of the original but not all of them. Is it ok that he ignored some of the ship's features?**

- A. **It's ok, but only if he recreated all the features influencing the way how the ship works. A model has to possess all the features which are relevant for what one wants to explore.**
- B. It's ok, but only if he recreated all the features making the model look like the ship. Models should look like the things they represent.
- C. It's ok, but only if he recreated all the features which interest other people as well because models are used only to communicate information to other people.
- D. It's not ok that he neglected some features of the ship. A model should be as close as possible to what it represents in all achievable aspects.

Kommentar von AT: Auch bei diesem Item blieb der Sinn der Fragestellung und der Antwortmöglichkeiten von der Übersetzung offensichtlich weitgehend unbeeinflusst. Die ursprüngliche Übersetzung wird deshalb übernommen.

Item Nr. 8

Original: A student wants to make a simple model of the solar system to help him compare how long it would take for a spaceship to travel between different planets. Which of the following things is absolutely essential for him to do in order to think about how long it would take?

- A. He must accurately represent the relative distances between the planets, and also make sure that the model of each planet looks like the planet it represents.
- B. He must make sure that the model of each planet looks like the planet it represents, but he does not need to accurately represent the relative distances between the planets.
- C. **He must accurately represent the relative distances between the planets, but he does not need to make sure that the model of each planet looks like the planet it represents.**
- D. He does not need to accurately represent the relative distances between the planets, and he does not need to make sure that the model of each planet looks like the planet it represents.

Übersetzung: Ein Schüler möchte ein einfaches Modell des Sonnensystems nachbauen. Er will vergleichen, wie lange ein Raumschiff zwischen verschiedenen Planeten unterwegs wäre und das Modell soll ihm dabei helfen. Was muss er unbedingt beachten, damit er herausfinden kann, wie lange das Raumschiff brauchen würde?

- A. Er muss die relativen Abstände zwischen den Planeten genau abbilden und er muss auch darauf achten, dass das Modell jedes Planeten so aussieht, wie der Planet, den es darstellt.
- B. Er muss darauf achten, dass das Modell jedes Planeten so aussieht, wie der Planet, den es darstellt, aber er muss die relativen Abstände zwischen den Planeten nicht genau abbilden.
- C. **Er muss die relativen Abstände zwischen den Planeten genau abbilden, aber er muss nicht darauf achten, dass das Modell jedes Planeten so aussieht, wie der Planet, den es darstellt.**
- D. Er muss die relativen Abstände zwischen den Planeten nicht genau abbilden und er muss auch nicht darauf achten, dass das Modell jedes Planeten so aussieht, wie der Planet, den es darstellt.

Rückübersetzung: **A pupil wants to recreate a simple model of the solar system to help him compare how long a spaceship would have to travel between the different planets. What does he have to keep in mind to be able to find out how long the spaceship would need?**

- A. He has to exactly reproduce the relative distance between the planets and he has to be careful that each planet model looks like the planet it represents.
- B. He has to be careful that each planet model looks like the planet it represents but he does not need to exactly reproduce the relative distance between the planets.
- C. **He has to exactly reproduce the relative distance between the planets and he does not need to be careful that each planet model looks like the planet it represents.**
- D. He does not need to exactly reproduce the relative distance between the planets and he does not need to be careful that each planet model looks like the planet it represents.

Kommentar von AT: Auch bei diesem Item trat offensichtlich keine Sinnentstellung auf. Die ursprüngliche Übersetzung kann daher übernommen werden.

Item Nr. 9

Original: The photographs below show the sun at two different positions in the sky above a lake: One shows the sun high in the sky, and one shows the sun lower in the sky. In both positions, nothing blocks the sunlight from reaching the lake.



Position 1



Position 2

Would sunlight warm the lake more at Position 1 or Position 2?

- A. **At Position 1 because when the sun is higher in the sky the sunlight can warm the lake more.**
- B. At Position 2 because when the sun is lower in the sky the sunlight can warm the lake more.
- C. Sunlight warms the lake the same amount when the sun is at either position because sunlight warms any given place on the surface of the earth the same amount, no matter where the sun is in the sky.
- D. Neither position because sunlight cannot warm a lake.

Übersetzung: Die Fotos unten zeigen die Sonne an zwei verschiedenen Positionen am Himmel über einem See: Eines zeigt die Sonne hoch am Himmel und das andere zeigt die Sonne niedriger am Himmel. In beiden Positionen hindert nichts das Sonnenlicht daran, das Wasser des Sees zu erreichen. (Anmerkung: Abbildung identisch mit dem Original)

Würde das Sonnenlicht den See in Position 1 oder in Position 2 stärker erwärmen?

- A. In Position 1, denn wenn die Sonne höher am Himmel steht, kann das Sonnenlicht den See stärker erwärmen.
- B. In Position 2, denn wenn die Sonne niedriger am Himmel steht, kann das Sonnenlicht den See stärker erwärmen.
- C. Das Sonnenlicht erwärmt den See gleich stark, egal in welcher Position sie ist, weil das Sonnenlicht jeden Ort auf der Erdoberfläche gleich stark erwärmt – egal wo die Sonne am Himmel steht.
- D. In keiner Position, weil Sonnenlicht einen See nicht erwärmen kann.

Rückübersetzung: **The pictures below show the sun at two different positions in the sky over a lake: One shows the sun high and the other one low in the sky. In both positions nothing prevents the sunlight from reaching the water of the lake.** (Anmerkung: Abbildung identisch mit dem Original)

Would the sunlight heat the lake more in position 1 or in position 2?

- A. In position 1, because if the sun is higher in the sky the sunlight can heat the lake stronger.
- B. In position 2, because if the sun is lower in the sky the sunlight can heat the lake stronger.
- C. The sunlight heats the lake equally strong no matter the position of the sun because the sunlight heats every point at the earth's surface equally strong.
- D. Neither position because sunlight cannot heat a lake.

Kommentar von AT: Der in der Rückübersetzung gewählte Begriff „[to] heat“ (statt wie im Original „[to] warm“) könnte hier möglicherweise die Wahl von Antwort D begünstigen, da es für Schülerinnen ev. noch schwerer vorstellbar ist, dass das Sonnenlicht einen See „erhitzt“, als dass es ihn nur „erwärmt“ (abgesehen davon, dass der physikalische Prozess der selbe ist - für 7% des getesteten US – Samples war jedenfalls ein „Erwärmen“ des Sees durch die Sonne nicht vorstellbar³³⁵). Allerdings tritt dieses Problem hier erst durch die Begriffswahl bei der Rückübersetzung auf – es kann argumentiert werden, dass die ursprüngliche Übersetzung mit dem Begriff „erwärmen“ hier durchaus näher am Original („[to] warm“) war als die Rückübersetzung und insofern übernommen werden kann.

³³⁵ Vgl.: AAAS Science Assessment. Data table for Item WC040003. Online: <http://assessment.aaas.org/items/WC040003/breakdown:true>

Abschließend soll noch festgestellt werden, dass es in der AAAS Datenbank keine Informationen darüber gibt, ob die AAAS-Tests mit den Probandinnen des Feldtests in der digitalen Version oder wie hier als *Pencil&Paper* - Test durchgeführt wurden, bzw. ob ein Vor- und Zurückblättern im Fall der digitalen Version möglich war oder nicht. Außerdem gibt es keine Informationen darüber, welche Items jeweils zusammen getestet wurden und welche nicht. Im Kontext des Vor- und Zurückblätterns gesehen spielt dies ja durchaus eine relevante Rolle, da etwa die Grafiken mancher Items für die richtige Beantwortung anderer Items sehr hilfreich sein können. So kann man etwa von einer gewissen Wechselwirkung zwischen Item 2 und 6 ausgehen – denn wenn man sich bei Item 2 für Ort 1 als den Ort der momentan höheren Intensität entscheidet (unabhängig von der Begründung), während Ort 2 aber näher am Äquator liegt, dann erscheint es z.B. ziemlich unlogisch, später bei Item 6 den Äquator als Ort der ganzjährig höchsten Intensität zu wählen. Die Grafik in Item 2 zeigt die Erdachse außerdem ganz deutlich als geneigt, während die Grafik in Item 6 das nicht tut. Diese Information (dass die Erdachse geneigt ist) ist aber relevant für die richtige Beantwortung der Fragestellung von Item 6 – denn wenn die Erdachse nicht geneigt wäre, so wie es die Abbildung bei Item 6 suggeriert, dann würde der Punkt der höchsten Intensität ja tatsächlich ganzjährig am Äquator verbleiben. Es kann übrigens davon ausgegangen werden, dass diese Beziehung zwischen Abbildung und Fragestellung Item 6 in sich besonders schwierig macht, wenn man es unabhängig von anderen Items betrachtet – im Kontext der Grafik von Item 2 ist dann allerdings ein geringerer Prozentsatz der falschen Antwort D bei Item 6 zu erwarten. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Kombination der Testitems durchaus eine relevante Rolle spielt – die Ergebnisse der Testitems also so darzustellen, als ob sie völlig unabhängig vom Kontext der anderen getesteten Items wären, wie das in den Daten des AAAS geschieht, ist also eigentlich nicht wirklich haltbar. Daher müssen alle später folgende Vergleiche mit den AAAS-Items neben anderen Verzerrungsfaktoren auch immer unter diesem Vorbehalt gesehen werden – mehr als eine sehr grobe Kategorisierung der Ergebnisse darf man sich von diesen externen Vergleichen, die eher zur Veranschaulichung dienen, also nicht erhoffen. Die internen Vergleiche der Studie sollten davon jedoch kaum betroffen sein, da hier ja immer die gleichen Items zur Testung verwendet wurden – der Kontext war also einigermaßen konstant.

9.1.1.2. Die PISA-Skalen

Um für die Datenanalyse außerdem Informationen zum Selbstkonzept der Schülerinnen hinsichtlich der Leistung und Begabung³³⁶ bzw. der Motivation (hier vor allem die Teilbereiche Sach- und Fachinteresse bzw. Freude) im Physikunterricht zur Verfügung zu haben, wurden 7 erprobte Items aus den Skalen des PISA-Tests ausgewählt, zu denen im ersten Fall (bei der Skala Selbstkonzept von Leistung und Begabung) auch Vergleichsdaten aus den PISA – Erhebungen verfügbar sind. Bei der Skala zu Interesse und Freude an Physik(unterricht) gibt es leider keine direkt vergleichbaren Daten, da diese Skala anhand einer Adaption einer ursprünglich auf Mathematik(unterricht) bezogenen PISA-Skala erstellt wurde.³³⁷

Es erscheint nicht besonders sinnvoll, die hier für Physik(unterricht) erhobenen Daten mit den auf Mathematik(unterricht) bezogenen PISA – Daten zu vergleichen, da es sich nicht um den selben Gegenstand handelt und nicht davon ausgegangen werden kann, dass das Interesse bzw. die Freude an den beiden (Unterrichts-)Gegenständen gleich groß ist.

Wegen ihrer einfachen und aussagekräftigen Formulierung wurde aber trotz des Mangels an direkten PISA - Vergleichsdaten die Entscheidung getroffen, die ursprünglich für Mathematik formulierten PISA - Items zu verwenden, da vergleichbare PISA - Items zur Erhebung von Motivationsfaktoren im Physikunterricht nur in wesentlich detaillierterer Form vorhanden waren – so wurden z. B. in PISA 2003 mit insgesamt 14 Items die externale, introjizierte, identifizierte, intrinsische und interessierte Motiviertheit im Physikunterricht erhoben.³³⁸

Da der Fragebogen hier jedoch möglichst kurz gehalten werden sollte und die fünf oben genannten Motivationsfaktoren außerdem nur im Hinblick auf den Unterrichtskontext erhoben wurden und so im Gegensatz zu den auf Mathematik bezogenen Items nur eine Aussage über das situative und nicht etwa über das individuelle Interesse erlaubt hätten, fiel die Entscheidung zugunsten einer Adaption der Mathematik – Items, die eine Erhebung von relevanten situativen und individuellen Motivationsfaktoren mit relativ wenigen Items erlaubten. Als grober Vergleich bzw. Gegenüberstellung wurde der Mittelwert der PISA-Items zur intrinsischen Motivation im Physikunterricht verwendet, da die Items, die bei PISA

³³⁶ Vgl.: OECD PISA [Hrsg.]; KUNTER, Mareike et al.: *PISA 2000: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Max Planck Institut für Bildungsforschung, Berlin 2002, S. 106 f.

³³⁷ PISA-Konsortium Deutschland (2006), S. 265

³³⁸ PISA-Konsortium Deutschland (2006), S. 332 ff.

2003 zur Erhebung dieses Motivationsfaktors verwendet wurden, in ihrer Formulierung den hier verwendeten Items am ähnlichsten waren (vgl. Abschnitt 5.2.1.1, S. 153 f.). Hierbei musste allerdings beachtet werden, dass in die in dieser Untersuchung erhobenen Mittelwerte zu Freude und Interesse in Physik(unterricht) auch das Individuelle Interesse an Physik einfluss, was die Mittelwerte der hier erhobenen Motivationsfaktoren gegenüber den PISA – Ergebnissen etwas senkte, da das individuelle Interesse an Physik durchwegs niedriger war als das situative Interesse an Physikunterricht, um das es ja bei den oben zitierten PISA-Items zur Motivation im Physikunterricht ausschließlich ging.

Die verwendeten PISA - Items sind zusammen mit den inhaltlichen AAAS - Items im Fragebogen zum Vorwissenstest abgedruckt, der im folgenden Abschnitt 9.1.1.4 präsentiert wird. Sie wurden auch für den Abschlusstest wieder eingesetzt, um die erhobenen Daten untereinander vergleichen zu können.

9.1.1.3. Kommentar zum Vorwissenstest

Um die Erhebungsbedingungen möglichst einheitlich zu halten und allen Schülerinnen die gleichen Vorinformationen vor dem Ausfüllen des Fragebogens zukommen zu lassen, wurde ein schriftlicher Kommentar zum Vorwissenstest verfasst, der vor der Durchführung des Tests vom Autor (bzw. in der Klasse GYM vom Klassenlehrer) in den Klassen verlesen wurde. Der Kommentar lautete folgendermaßen:

Liebe Schülerinnen, liebe Schüler,

Zunächst möchte ich mich bei euch dafür bedanken, dass ihr euch an meinem Forschungsprojekt zum Physikunterricht beteiligt. Ihr werdet nun einen Fragebogen ausgeteilt bekommen, in dem zuerst ein paar allgemeine Fragen gestellt werden, deren Beantwortung für eine statistische Auswertung notwendig ist. Anschließend folgen 9 Multiple Choice – Fragen zu den Themen “Astronomie” und “Modelle”. Insgesamt habt ihr zur Beantwortung der Fragen 20 Minuten Zeit.

Die Ergebnisse werden selbstverständlich absolut anonym behandelt und haben natürlich auch keinen Einfluss auf eure Note in Physik. Trotzdem bitte ich euch, die Fragen und alle vier Antwortmöglichkeiten genau durchzulesen, und euch erst anschließend für die Antwort zu entscheiden, die ihr für richtig haltet. Es ist immer nur eine Antwort pro Frage richtig. Wenn ihr nicht sicher seid, welche Antwort richtig ist, dann kreuzt bitte einfach die Antwort an, die euch am einleuchtendsten oder am passendsten vorkommt. Sehr wichtig ist es, dass einzeln gearbeitet wird und dass niemand einfach nur nach dem Zufallsprinzip rät – denn das würde die Ergebnisse meines Forschungsprojekts wertlos machen. Damit alle Klassen die gleichen Bedingungen haben, können während des Tests keine Fragen zum Inhalt oder zu Formulierungen beantwortet werden.

Ich bedanke mich für eure Mitarbeit und freue mich bereits darauf, bald in eurer Klasse zu unterrichten!

9.1.1.4. Abdruck des Fragebogens zum Vorwissenstest

Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Danke, dass du bei unserer Befragung mitmachst. Du hilfst uns dabei unsere Materialien zu verbessern. Deine Daten bleiben selbstverständlich anonym.

Ein paar Angaben für die Statistik:

Geschlecht: ☐ weiblich ☐ männlich

Ich bin _____ Jahre alt.

Meine Note in Physik im letzten Semesterzeugnis war: _____

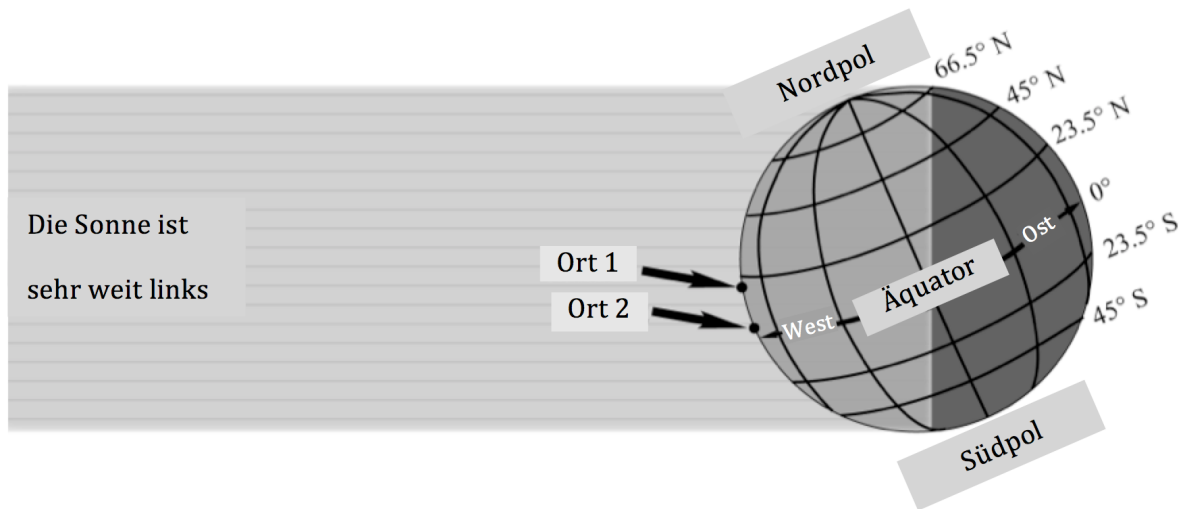
Mit meiner Familie spreche ich außer Deutsch noch folgende Sprache(n):

Bitte kreuze an!	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft gar nicht zu
Mir fällt Physik leicht.	☐	☐	☐	☐
Ich bin für Physik begabt.	☐	☐	☐	☐
Ich bringe in Physik gute Leistungen.	☐	☐	☐	☐

Bitte kreuze an!	stimmt ganz genau	stimmt eher	stimmt eher nicht	stimmt überhaupt nicht
Ich mag Bücher über Physik.	☐	☐	☐	☐
Ich freue mich auf meine Physikstunden.	☐	☐	☐	☐
Ich mache Physik, weil es mir Spaß macht.	☐	☐	☐	☐
Mich interessiert das, was ich in Physik lerne.	☐	☐	☐	☐

- 1) Ein Mädchen, das oft mit ihren Freundinnen vor ihrem Haus spielt, bemerkt, dass der Beton des Gehsteigs zu Mittag im Sommer deutlich wärmer ist als zu Mittag im Winter. Abgesehen davon, dass Boden und Luft im Winter kälter sind – wie lässt es sich noch erklären, dass der Gehsteig im Winter kälter ist als im Sommer?
- A. Die Sonne ist im Winter kälter als im Sommer, deshalb transportiert das Sonnenlicht zu Mittag im Winter weniger Energie zum Beton als zu Mittag im Sommer und erwärmt ihn deswegen weniger stark.
 - B. Der Winkel, in dem das Sonnenlicht den Gehsteig zu Mittag erreicht, ist im Winter kleiner, deswegen transportiert das Sonnenlicht im Winter weniger Energie zum Beton und erwärmt ihn deswegen weniger stark, als es das im Sommer tut.
 - C. Die Sonne ist im Winter weiter von der Erde entfernt als im Sommer, sodass im Winter zu Mittag weniger Energie aus dem Sonnenlicht den Beton erreicht und ihn nicht so stark erwärmt, wie im Sommer.
 - D. Die Energiemenge, die das Sonnenlicht zum Gehsteig transportiert, ändert sich über das Jahr hinweg nicht. Der einzige Grund, warum der Gehsteig im Winter kälter sein könnte als im Sommer, ist, dass mehr Wolken die Sonne verdecken, so dass das Sonnenlicht den Gehsteig nicht so stark erwärmen kann, wie im Sommer.

- 2) Zwei Schüler, die an verschiedenen Orten leben, sind an einem sonnigen Tag zum gleichen Zeitpunkt und auf der gleichen Höhe über dem Meeresspiegel im Freien.

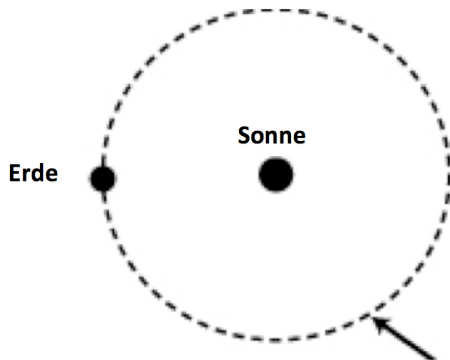


Ist das Sonnenlicht Am Ort 1 oder am Ort 2 intensiver?

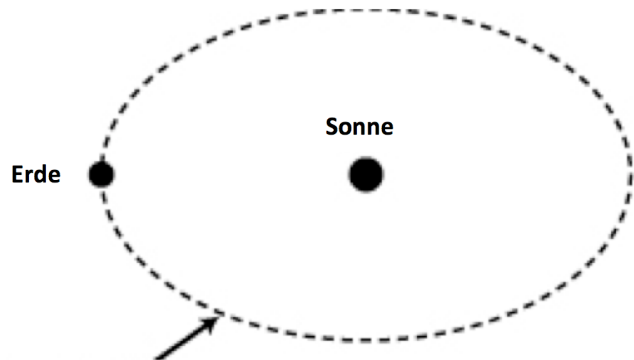
- A. Am Ort 1, weil das Sonnenlicht eine kürzere Distanz zurücklegt, um dort hinzukommen.
- B. Am Ort 1, weil er näher an dem Ort ist, an dem das Sonnenlicht senkrecht einfällt.
- C. Am Ort 2, weil es dort später ist.
- D. Am Ort 2, weil er näher am Äquator ist.

- 3) Die Grafik 1 unten zeigt die Bahn der Erde um die Sonne als beinahe kreisförmig und Grafik 2 zeigt die Bahn als stark elliptisch.

Grafik 1: Beinahe kreisförmig (leicht elliptisch)



Grafik 2: Stark elliptisch



Die Erdumlaufbahn

Anmerkung: Größen und Distanzen sind nicht maßstabsgetreu

Wie sieht die tatsächliche Form der Erdumlaufbahn aus?

- A. Beinahe kreisförmig (leicht elliptisch)
- B. Stark elliptisch
- C. Die Form der Erdbahn ändert sich innerhalb weniger Jahre stark, so dass sie manche Jahre beinahe kreisförmig und in anderen Jahren stark elliptisch ist.
- D. Weder noch. Die Erde dreht sich nicht um die Sonne, die Sonne dreht sich um die Erde.

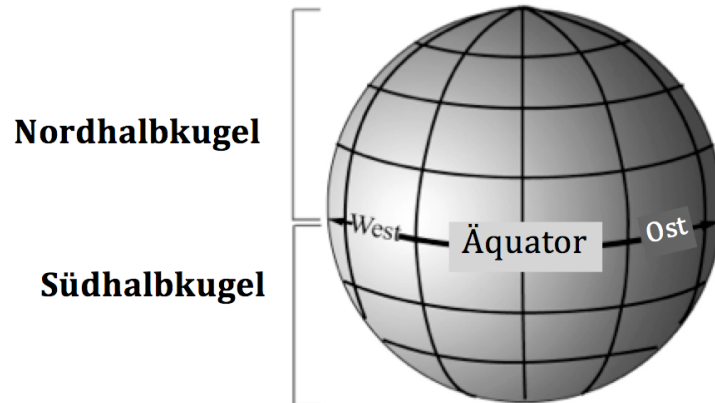
Bitte begründe kurz deine Entscheidung für die oben gewählte Antwort:

4) Welche der folgenden Aussagen über die Ausrichtung der Erdachse stimmt?

- A. Die Ausrichtung der Erdachse ändert sich während des Verlaufs eines Jahres kontinuierlich, so dass sie jeden Tag an einen anderen Ort im Weltall zeigt.
- B. Die Erdachse kippt zweimal im Jahr, deswegen zeigt sie während eines Jahres an zwei verschiedene Orte im Weltall.
- C. Die Erdachse kippt viermal im Jahr, deswegen zeigt sie während eines Jahres an vier verschiedene Orte im Weltall.
- D. Die Ausrichtung der Erdachse ändert sich während eines Jahres so gut wie gar nicht, deswegen zeigt sie immer an den selben Ort im Weltall.

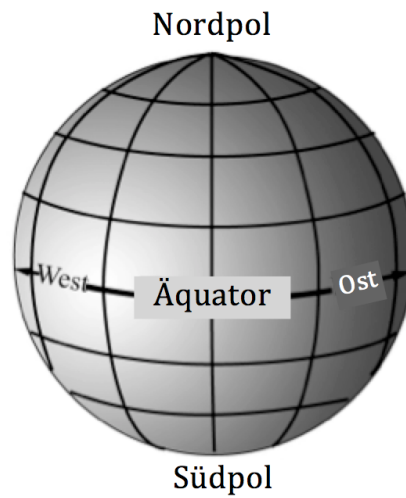
Bitte begründe kurz deine Entscheidung für die oben gewählte Antwort:

- 5) Zu welcher Zeit des Jahres erreicht die Nordhalbkugel genau so viel Sonnenlicht, wie die Südhalbkugel?



- A. Jeden Tag des Jahres.
- B. An einem Tag gegen Ende März und an einem Tag gegen Ende September.
- C. An einem Tag gegen Ende Juni und an einem Tag gegen Ende Dezember.
- D. Die Nordhalbkugel und die Südhalbkugel erhalten nie die gleiche Intensität an Sonnenlicht.

- 6) Welche der folgenden Aussagen beschreibt den Punkt an der Erdoberfläche, an dem das Sonnenlicht von Juni eines Jahres bis zum Juni des nächsten Jahres am intensivsten ist?



- A. Der Punkt, an dem das Sonnenlicht am intensivsten ist, verschiebt sich vom Nordpol über den Äquator zum Südpol und dann zurück zum Nordpol.
- B. Der Punkt, an dem das Sonnenlicht am intensivsten ist, verschiebt sich von $23,5^\circ$ nördlich des Äquators bis er den Äquator erreicht. Dann verschiebt er sich wieder nach Norden, bis er $23,5^\circ$ nördlicher Breite erreicht.
- C. Der Punkt, an dem das Sonnenlicht am intensivsten ist, verschiebt sich von $23,5^\circ$ nördlich des Äquators nach $23,5^\circ$ südlich des Äquators und dann zurück zu $23,5^\circ$ nördlicher Breite.
- D. Der Punkt, an dem das Sonnenlicht am intensivsten ist, verschiebt sich nicht – er bleibt immer am Äquator.

- 7) Ein Ingenieur hat ein Modell eines Schiffes gebaut. Das Modell soll dem Ingenieur dabei helfen, darüber nachzudenken, wie das Schiff funktioniert. Er hat darauf geachtet, manche Merkmale des Schiffes exakt nachzubilden, aber er hat nicht alle Merkmale des Schiffes in seinem Modell nachgebildet. Ist es in Ordnung, dass er einige Merkmale des Schiffes ignoriert hat?
- A. Das ist in Ordnung, aber nur wenn er die Merkmale nachgebildet hat, die beeinflussen, wie das Schiff funktioniert. Ein Modell muss alle jene Merkmale aufweisen, die relevant für das sind, was man damit untersuchen will.
 - B. Das ist in Ordnung, aber nur wenn er die Merkmale nachgebildet hat, die beeinflussen, ob das Modell wie das Schiff aussieht, denn Modelle sollen wie die Dinge aussehen, die sie darstellen.
 - C. Das ist in Ordnung, aber nur wenn er die Merkmale nachgebildet hat, an denen andere Leute auch interessiert sind, weil Modelle nur dazu verwendet werden, Informationen an andere Personen zu kommunizieren.
 - D. Es ist nicht in Ordnung, dass er manche Merkmale des Schiffes vernachlässigt hat. Ein Modell sollte so sein, wie das, was es darstellt – unter allen Gesichtspunkten, in denen das irgendwie umsetzbar ist.

- 8) Ein Schüler möchte ein einfaches Modell des Sonnensystems nachbauen. Er will vergleichen, wie lange ein Raumschiff zwischen verschiedenen Planeten unterwegs wäre und das Modell soll ihm dabei helfen. Was muss er unbedingt beachten, damit er herausfinden kann, wie lange das Raumschiff brauchen würde?
- A. Er muss die relativen Abstände zwischen den Planeten genau abbilden und er muss auch darauf achten, dass das Modell jedes Planeten so aussieht, wie der Planet, den es darstellt.
 - B. Er muss darauf achten, dass das Modell jedes Planeten so aussieht, wie der Planet, den es darstellt, aber er muss die relativen Abstände zwischen den Planeten nicht genau abbilden.
 - C. Er muss die relativen Abstände zwischen den Planeten genau abbilden, aber er muss nicht darauf achten, dass das Modell jedes Planeten so aussieht, wie der Planet, den es darstellt.
 - D. Er muss die relativen Abstände zwischen den Planeten nicht genau abbilden und er muss auch nicht darauf achten, dass das Modell jedes Planeten so aussieht, wie der Planet, den es darstellt.

- 9) Die Fotos unten zeigen die Sonne an zwei verschiedenen Positionen am Himmel über einem See: Eines zeigt die Sonne hoch am Himmel und das andere zeigt die Sonne niedriger am Himmel. In beiden Positionen hindert nichts das Sonnenlicht daran, das Wasser des Sees zu erreichen.



Position 1



Position 2

Würde das Sonnenlicht den See in Position 1 oder in Position 2 stärker erwärmen?

- A. In Position 1, denn wenn die Sonne höher am Himmel steht, kann das Sonnenlicht den See stärker erwärmen.
- B. In Position 2, denn wenn die Sonne niedriger am Himmel steht, kann das Sonnenlicht den See stärker erwärmen.
- C. Das Sonnenlicht erwärmt den See gleich stark, egal in welcher Position sie ist, weil das Sonnenlicht jeden Ort auf der Erdoberfläche gleich stark erwärmt – egal wo die Sonne am Himmel steht.
- D. In keiner Position, weil Sonnenlicht einen See nicht erwärmen kann.

Vielen Dank für die Teilnahme!

9.1.2. Fragebogen zum Abschlusstest

Der Fragebogen zum Abschlusstest enthielt außer den Items des Vorwissenstests noch 10 zusätzliche, bereits validierte und in der Praxis erprobte Items zur Erhebung der Motivation bei den beiden darstellenden Gruppenarbeiten, die in ihrer Grundstruktur von Mag. Marianne KORNER an der Universität Wien zur Erhebung der Motivation bei Peer-Tutoring im Physikunterricht entwickelt worden waren und dem Autor freundlicherweise zur Durchführung der Erhebung zur Verfügung gestellt wurden. Die Items wurden, wo dies nötig war, im Wortlaut leicht an die Methode der darstellenden Gruppenarbeit (statt Peer-Tutoring) angepasst, ansonsten aber unverändert übernommen.

Davon abgesehen war der Fragebogen zum Abschlusstest im Grunde der selbe, wie der Fragebogen zum Vorwissenstest, nur mit veränderter Reihenfolge der inhaltlichen AAAS-Items (inkl. Veränderter Reihenfolge der Antwortmöglichkeiten) um Erinnerungseffekte zu reduzieren. Die veränderte Reihenfolge der AAAS-Items und der Antworten dazu wurde selbstverständlich bei der Auswertung berücksichtigt – in dieser Arbeit wird jedoch nur auf die Itemreihenfolge (bzw. deren Nummerierung) und auf die jeweiligen Antwortcodes (A,B,C,D) des Vorwissenstests Bezug genommen, um an dieser Stelle keine unnötige Doppelbezeichnungen von Items und Antworten (für Vorwissenstest und Abschlusstest) einführen zu müssen. Der Abschlusstest wird deshalb auch nicht in voller Länge nochmals abgedruckt, auf die Motivationsitems zur Gruppenarbeit nach KORNER soll jedoch im Folgenden noch kurz eingegangen werden.

9.1.2.1. Items zur Motivationsmessung nach KORNER

Die in diesem Abschnitt abgedruckten Items zur Erhebung der Motivation der Schülerinnen bei einer bestimmten Unterrichtsmethode bzw. in einem bestimmten Unterrichtsabschnitt wurden von Marianne KORNER im Zuge einer Forschungsarbeit zur Analyse der Unterrichtsmethode des *Cross Age Peer Tutoring in Physics* am *Austrian Educational Competence Centre* (AECC) für Physikdidaktik an der Universität Wien entwickelt, wozu auch ein Artikel im Sammelband *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht* veröffentlicht wurde, der 2012 im LIT Verlag erschien.³³⁹

³³⁹ Vgl.: KORNER, Marianne; URBAN-WOLDRON, Hildegard; HOPF, Martin: *Entwicklung eines Messinstrumentes zur Motivation*. In: BERNHOLT, Sascha [Hrsg.]: *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. LIT

Bei der Konstruktion der Items stützt sich KORNER neben der Theorie der Selbstwirksamkeitserwartung nach BANDURA³⁴⁰ hauptsächlich auf die theoretische Grundlage der Selbstbestimmungstheorie der Motivation nach Edward DECI und Richard RYAN³⁴¹, „eine der meist zitierten und bekanntesten Theorien [...]“³⁴² zu diesem Thema.

Während BANDURA vor allem die Selbstwirksamkeitserwartung (Einschätzung d. eigenen Fähigkeiten) von der Ergebniserwartung (Einschätzung des zu erwartenden Handlungsergebnisses) unterscheidet, so speist sich die Motivation bzw. motiviertes Handeln nach DECI & RYAN vor allem aus dem Streben danach, „[...] die drei psychologischen Grundbedürfnisse zu befriedigen: das Bedürfnis nach Autonomie im Handeln, nach dem Erleben der eigenen Kompetenz und nach sozialer Eingebundenheit.“³⁴³

Ausgehend vom *Intrinsic Motivation Inventory* von DECI & RYAN³⁴⁴ wurden 40 Items ins Deutsche übersetzt, zur Validierung rückübersetzt und dem Sprachsatz von Jugendlichen angepasst. Nach einem Pilottest wurden nur die 23 besten Items beibehalten, bei denen Aufgrund der von KORNER et al. durchgeführten Faktorenanalyse von einer gute Reliabilität ausgegangen werden kann.³⁴⁵

In Absprache mit Frau KORNER wurden aus diesen 23 Items die für die vorliegende Untersuchung am besten geeigneten 10 Items ausgewählt, wobei damit die drei Subskalen Perceived Competence, Interest/Enjoyment und Effort/Importance abgebildet werden können. Die zugehörigen Items sind auf der nächsten Seite mit den Kürzeln für die jeweils dazugehörige Subskala abgedruckt, diese Kürzel wurden beim Abschlusstest, den die Schülerinnen ausfüllten, selbstverständlich weggelassen.

Verlag, Berlin 2012, S. 98-100

³⁴⁰ Vgl.: BANDURA, A.: *Self-Efficacy: The Exercise of Control. Chapter 6. Cognitive Functioning*. Freeman, New York 1997, S. 212-258. Online: <http://www.uky.edu/~eushe2/Bandura/banchapter6.html> [Stand: 20.06.2014]

³⁴¹ Vgl.: DECI, Edward; RYAN, Richard: *Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik*. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, Vol. 39/1993, S. 223-238

³⁴² KORNER et al. (2012), S. 98

³⁴³ Vgl.: NIEMIEC, C.; RYAN, R.: *Autonomy, competence, and relatedness in the classroom: Applying self-determination theory to educational practice*. In: *Theory and Research in Education*, Vol. 7/2009, S. 133-144, zitiert nach: KORNER et al. (2012), S. 98

³⁴⁴ Download der Originalskalen: <http://www.selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/> [Stand: 20.06.2014]

³⁴⁵ KORNER et al. (2012), S. 99 f.

Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Die folgenden Fragen beziehen sich auf die beiden in dieser Stunde durchgeführten Gruppenarbeiten. Bitte versuche möglichst genau zu antworten. Alle Antworten werden anonym behandelt.

Skala	Bitte kreuze an:	stimmt völlig	stimmt eher	stimmt teilweise	stimmt eher nicht	stimmt gar nicht
Int 2	Diese Tätigkeit hat Spaß gemacht.	☐	☐	☐	☐	☐
Pco 4	Ich bin mit meiner Leistung bei dieser Tätigkeit zufrieden.	☐	☐	☐	☐	☐
Eff 10	Ich habe bei dieser Aufgabe viel gearbeitet und bin nicht nur herumgesessen.	☐	☐	☐	☐	☐
Int 1	Ich habe diese Tätigkeit sehr gerne gemacht.	☐	☐	☐	☐	☐
Eff 1	Ich habe mich bei dieser Tätigkeit bemüht.	☐	☐	☐	☐	☐
Pco 2	Ich war bei dieser Tätigkeit recht gut, wenn ich mich mit meinen Mitschülern vergleiche.	☐	☐	☐	☐	☐
Eff 3	Ich habe mich hier sehr angestrengt um gut zu sein.	☐	☐	☐	☐	☐
Pco 5	Ich war recht geschickt bei dieser Tätigkeit.	☐	☐	☐	☐	☐
Eff 11	Ich habe weiter gearbeitet, bis ich mit dem Ergebnis zufrieden war.	☐	☐	☐	☐	☐
Int 5	Ich fand diese Tätigkeit sehr interessant.	☐	☐	☐	☐	☐

Skalen: **Int** = Interest/Enjoyment, **Pco** = Perceived Competence, **Eff** = Effort/Importance

9.1.2.2. Kommentar zum Abschlusstest

Auch zum Abschlusstest wurde ein standardisierter Vorkommentar verfasst. Er lautete folgendermaßen:

Liebe Schülerinnen, liebe Schüler,

Ihr werdet jetzt zum zweiten Mal einen Fragebogen ausgeteilt bekommen. Zu Beginn stehen wieder ein paar allgemeine Fragen für statistische Zwecke. Es ist notwendig, diese Fragen ein zweites Mal zu stellen, weil der Test ja anonym ist – ich kann also nicht vergleichen, welche Antworten ihr beim letzten Mal gegeben habt – ich brauche die Antworten aber für die Auswertung.

Anschließend folgt diesmal ein kurzer Fragebogen, der sich auf die Gruppenarbeiten bezieht – denkt also bitte an die Gruppenarbeiten, wenn ihr diesen Fragebogen ausfüllt.

Danach kommen wieder 9 Multiple Choice – Fragen. Es ist auch diesmal notwendig, die Fragen und Antwortmöglichkeiten genau durchzulesen, bevor ihr eine Antwort ankreuzt. Auch dieses Mal ist immer nur eine Antwort richtig. Es muss wieder einzeln gearbeitet werden und ich bitte euch noch einmal darum, nicht irgendwelche Antworten nach dem Zufallsprinzip anzukreuzen, weil das die Ergebnisse unbrauchbar machen würde. Ihr habt zur Beantwortung der Fragen 23 Minuten Zeit – das ist etwas mehr als letztes Mal, weil ja zusätzlich der Fragebogen zu den Gruppenarbeiten dabei ist. Auch dieses Mal kann ich leider keine Fragen zu den Beispielen beantworten, damit alle Klassen die gleichen Bedingungen haben.

Viel Erfolg!

9.1.3. Leitfaden zur Akzeptanzbefragung

Der Leitfaden, der zur Akzeptanzbefragung verwendet wurde, ist im Folgenden abgedruckt:

Einführungsphase zu den darstellenden Experimenten (ca. 10 min)

Ablauf wie in der Stundenplanung. Informationen, die dabei im Vortrag gegeben werden:

- Zunächst die Einführung der Gegenstände als Himmelskörper und der Hinweis auf die falschen Proportionen: die Sonne müsste, wenn die Erde so groß wie die Orange wäre, eigentlich einen Durchmesser von 7m haben und 800 m weit entfernt sein – Hinweis, dass sich dies aus praktischen Gründen (Größe des Klassenzimmers, Materialmangel) nicht mehr sinnvoll maßstabsgetreu darstellen lässt und deswegen auf die “verkleinerte” Sonne zurückgegriffen wird.
- Die Erdbahn ist elliptisch, aber dies ist bei Zeichnungen oft stark übertrieben dargestellt (auch hier, weil dies später noch eine Rolle spielen wird) – in Wirklichkeit ist ihre Form mit freiem Auge von einem Kreis kaum zu unterscheiden.

- Die Erdachse ist gegenüber der Normalen (Normalvektor wird nicht näher thematisiert) auf die Ebene Erde-Sonne geneigt - und zwar um etwa 23,5 Grad. Das wird mit der Orange nachgestellt.
- Es wird erklärt, dass die Jahreszeiten auf der Nordhalbkugel und auf der Südhalbkugel gegengleich ablaufen.
- Es wird gefragt, ob jemand feststellen kann, welche Jahreszeit auf der Nord- bzw. auf der Südhalbkugel in der dargestellten Situation gerade stattfindet.
- Auflösung der Frage und gegebenenfalls nochmalige Erklärung.
- Es wird erklärt, in welche Richtung sich die Erde dreht (in Aufsicht vom Polarstern her gegen den Uhrzeigersinn) und sich auf ihrer Bahn bewegt (ebenfalls in Aufsicht gegen den Uhrzeigersinn).

Halbstrukturierte Interviewsequenz 1:

- **War der Einstieg bisher allgemein klar verständlich, oder gab es Unklarheiten?**
- **Ist die Gegengleichheit der Jahreszeiten zwischen Süd- und Nordhalbkugel bekannt bzw. ihr Zusammenhang mit der Neigung der Erdachse plausibel?**
- **Erscheint euch an den Materialien oder am Ablauf noch etwas verbesserungswürdig, damit man sich etwas besser vorstellen kann?**
- **Könnt ihr in eigenen Worten erklären, warum die Jahreszeiten auf der Nord- und der Südhalbkugel gegengleich stattfinden?**

Gruppenarbeitsphase mit darstellerischen Elementen I (25 min)

Verteilen der Arbeitsblätter.

Feedback zur Aufgabenstellung: Arbeitsblatt aufmerksam durchlesen und Rückmeldung geben, ob die Aufgabenstellungen verständlich und klar formuliert sind.

Durchführung der Aufgaben auf den Arbeitsblättern in der Kleingruppe. Ggf. Hilfestellungen.

Halbstrukturierte Interviewsequenz 2:

- **Waren die Aufgaben auf dem Arbeitsblatt allgemein schwierig oder nicht besonders schwierig zu erledigen?**
- **Gab es Aufgaben, die euch besonders schwer gefallen sind, oder waren alle ungefähr gleich schwierig?**
- **War der Schritt vom Text am Arbeitsblatt zum Darstellen problematisch oder einfach?**
- **Hat euch das Darstellen bei der Lösung der Aufgaben geholfen, oder wäre es anders (zum Beispiel, wenn die Aufgabenstellung darauf gelautet hätte, eine Skizze anzufertigen) gleich gut oder besser gegangen?**

Nachbesprechung im Plenum I und Berechnung des Einfallswinkels (15 min)

Es wird darauf hingewiesen, dass eine Nachbesprechung in der Stundenplanung vorgesehen ist, bei der die Aufgaben von Freiwilligen im Plenum nochmal nachgestellt, die Ergebnisse verglichen und auf inhaltliche Schwierigkeiten eingegangen werden soll. Diese wird allerdings hier aus Zeitgründen (und weil kein Plenum vorhanden ist) nicht in der gleichen Form bzw. im gleichen Ausmaß wie in der Stundenplanung vorgesehen durchgeführt, es werden allerdings in dieser Phase nochmals Erklärungen zu den dargestellten Phänomenen gegeben.

Im weiteren Verlauf wird auf die Rolle des Einstrahlungswinkels eingegangen und der Einstrahlungswinkel in Wien zur Sommer- und Wintersonnenwende berechnet.

Folgende Informationen werden im Vortrag gegeben:

- Physiker interessiert oft, wie viel Sonnenstrahlung an einem bestimmten Ort der Erde zu einer bestimmten Jahreszeit tatsächlich ankommt (z. B., wenn ein Solarkraftwerk gebaut werden soll). Das wird mit der physikalischen Größe der Intensität angegeben. (Energie pro Zeit und Fläche)
- Wir wissen durch Messungen und Berechnungen, welche Intensität auf einer Fläche auf der Erde ankommt, die genau normal auf die Sonnenstrahlen steht. Dieser Wert heißt "Solarkonstante" und beträgt 1367 W/m^2
- Die Verteilung der mit den Sonnenstrahlen transportierten Energie auf eine Fläche hängt vom Winkel ab, in dem diese Fläche zur einfallenden Strahlung steht (Skizze).
- Wie warm es an einem bestimmten Ort auf der Erde zu einer bestimmten Jahreszeit im Schnitt wird, kommt (hauptsächlich) auf den Einfallswinkel der Sonnenstrahlen an.
- Je näher dieser Winkel bei 90 Grad liegt, desto wärmer wird es..
- Berechnung des Einfallswinkels zu Mittag für Wien zu Winter- und Sommersonnenwende.
- (Optional: Berechnung der entsprechenden Solarkonstante für Wien im Sommer und Winter und des prozentuellen Unterschieds)

Halbstrukturierte Interviewsequenz 2:

- Ist klar, was der Begriff Strahlungsintensität physikalisch beschreibt?
- Könnt ihr in eigenen Worten zusammenfassen, welche Information die Kenntnis der Solarkonstante einem Physiker liefert?
- War die Erklärung (Flächen) einleuchtend, dass die Intensität der Sonneneinstrahlung an einem bestimmten Punkt der Erde vom Einfallswinkel abhängt?

- Am Ort A fällt die Sonnenstrahlung zu einem bestimmten Zeitpunkt in einem flachen Winkel ein (20 Grad), am Ort B in einem steilen Winkel (70 Grad). Was denkt ihr, an welchem Ort ist die Intensität der Sonneneinstrahlung höher?
- War die Berechnung des Einfallswinkels nachvollziehbar?

Einführung zu den Milanković – Zyklen (10 min)

Die Milanković-Zyklen werden mit der Unterstützung der dafür vorgesehenen Grafiken und des Demonstrationsexperimentes und des Videos zur Präzession erklärt.

Halbstrukturierte Interviewsequenz 3:

- War die Erklärung zu den Milanković – Zyklen klar?
- Könnt ihr sie in eigenen Worten wiederholen?

Gruppenarbeit mit darstellerischen Elementen II (10 Min)

Ablauf der Durchführung gleich wie bei Gruppenarbeit I.

Nachbesprechung im Plenum II (5 min)

Hier wird hauptsächlich weiterführend auf die Milanković-Zyklen und ihre Bedeutung für die Entstehung von Eiszeiten eingegangen, so wie das auch in der Stundenplanung vorgesehen ist.

Vorwissenstest (20 min)

Der Vorwissenstest wird ausgeteilt. Die Schülerinnen sollen den Test gemeinsam durchgehen und besonders zur Verständlichkeit der Formulierungen Rückmeldungen geben.

Halbstrukturierte Interviewsequenz 4 (zu jedem Item):

- Ist die Aufgabenstellung zu dieser Frage klar formuliert?
- Sind die Antwortmöglichkeiten klar formuliert?

9.1.4. Interviewleitfaden

Die zusätzlich zur Erhebung mit den Fragebögen durchgeführten Leitfadeninterviews dienten dazu, weitere (qualitative) Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie die in der Intervention eingesetzten darstellende Methoden von den Schülerinnen angenommen wurden – insbesondere sollte dabei auf die Forschungsfragen zu Motivation und Modellbildung Bezug genommen werden.

9.1.4.1. Allgemeines zum Leitfadeninterview

Das Leitfadeninterview wird bei MAYER folgendermaßen beschrieben:

Kennzeichnend für Leitfadeninterviews ist, dass ein Leitfaden mit offen formulierten Fragen dem Interview zu Grunde liegt. Auf diese kann der Befragte frei antworten. Durch den konsequenten Einsatz des Leitfadens wird einmal die Vergleichbarkeit der Daten erhöht und zum anderen gewinnen die Daten durch die Fragen eine Struktur. Der Leitfaden dient als Orientierung bzw. Gerüst und soll sicherstellen, dass nicht wesentliche Aspekte der Forschungsfrage im Interview übersehen werden. Das Interview muss jedoch nicht strikt nach der zuvor festgelegten Reihenfolge der Fragen des Leitfadens verlaufen. Auch hat der Interviewer selbst zu entscheiden, ob und wann er detailliert nachfragt und ausholende Ausführungen des Befragten unterstützt bzw. ob und wann er bei Ausschweifungen des Befragten zum Leitfaden zurückkehrt.³⁴⁶

Es sollte hier im Rahmen der Interviews insbesondere auf qualitative Fragestellungen eingegangen werden, die sich mit Hilfe der Fragebögen nicht erheben bzw. beantworten lassen. So lässt sich etwa aus den dem ersten Item des Motivationsfragebogens nach KORNER (“Diese Tätigkeit hat Spaß gemacht”) der “Spaßfaktor” der konkreten darstellenden Aufgaben für die untersuchten Klassen einigermaßen gut quantifizieren – aber es lassen sich daraus keine Gründe erschließen, *warum* diese Aufgaben den Schülerinnen mehr oder weniger Spaß machten als andere Arbeitsformen. Auch lassen sich anhand des Fragebogens keine direkten Vergleiche zu anderen Methoden ziehen, weil diese im Rahmen der Intervention mit den jeweiligen Klassen aus zeitlichen Gründen nicht untersucht wurden. Ein solcher Vergleich könnte höchstens indirekt gegenüber den Ergebnissen anderer

³⁴⁶ MAYER, Horst O.: *Interview und schriftliche Befragung. Entwicklung, Durchführung und Auswertung.* Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München 2006, S. 36

Untersuchungen (wie das etwa im Vergleich mit den von KORNER gesammelten Daten zur Motivation bei Gruppenarbeiten erfolgt ist) gezogen werden, die jedoch aufgrund der anderen Stichprobenzusammensetzung (meist Unterstufe bzw. Hauptschule, tlw. andere Fächer als Physik) und der unterschiedlichen Thematik andere Ausgangsbedingungen aufweisen. Es liegt also auf der Hand, die Schülerinnen im Rahmen des Interviews zu einer kurzen Reflexion über die Methode anzuregen und unter anderem dazu aufzufordern, sie mit ihren persönlichen Erfahrungen mit anderen Unterrichtsmethoden zu vergleichen. Da es sich bei den Befragten um Schülerinnen handelt, ist außerdem darauf zu achten, für die Fragestellungen (und allgemein im Rahmen des Interviews) keine zu komplizierten Formulierungen zu verwenden, da sonst die Gefahr eines Missverständnisses groß wäre.

MAYER empfiehlt, den Leitfaden über Themenkomplexe und sogenannte Nachfrage-Themen zu strukturieren, wobei letztere als eine Vorwegnahme verschiedener Antwortmöglichkeiten und eine vorangehende Überlegung zum vertiefenden Nachfragen auf eine bestimmte Antwort hin zu verstehen sind.³⁴⁷ Diese Art der Strukturierung wurde für den vorliegenden Leitfaden berücksichtigt, wobei den zwei behandelten Themenkomplexen (affektive Einstellungen, und Modelle) zwei allgemeine Einstiegsfragen zum Physikunterricht vorangestellt wurden (Frage 1 und 2), die einerseits die Rolle einer "Aufwärmphase" zur Reflexion über den Physikunterricht einnehmen sollen und andererseits dazu dienen, das dem Physikunterricht allgemein entgegengebrachte Interesse, die Leistungen bzw. das Selbstbild der interviewten Schülerinnen im Physikunterricht (im Sinne der PISA – Skalen im Fragebogen) zu erheben – außerdem kann hier auch schon eine erste Reflexion über Methoden angeregt werden. In Frage 3 und 4 wurde die darstellende Methode thematisiert (Motivation, Behaltenseffekte, Vor- und Nachteile), Frage 5 und 7 bezogen sich auf Modelle (Modellwissen und Metawissen über Modelle), während Frage 6 sich auf den Eindruck von der Effektivität des Unterrichts bezog.

Insgesamt wurde hier der Warnung von MAYER Rechnung getragen, der aus verschiedenen Gründen (u.a.: "abhaken" von Themen statt gründlicher Reflexion, zu große Mengen an Datenmaterial) von einem zu langen Interviewleitfaden abrät.³⁴⁸

Dementsprechend gibt es zu den Themenkomplexen nur relativ wenige Fragen.

³⁴⁷ Vgl.: MAYER (2006), S. 44

³⁴⁸ Vgl.: MAYER (2006), S. 43 f.

9.1.4.2. Abdruck des Interviewleitfadens

Schülerinterview Nr. _____ Schule _____

- Kurz **Befragungsziel** (inhaltlicher Erkenntnisgewinn über Fragebögen hinaus) erklären
 - Auf **Aufnahmegerät** aufmerksam machen und nochmals um Einverständnis zur Aufnahme fragen
 - Auf **Anonymität** hinweisen
- 1) **Wenn du kurz über den Physikunterricht nachdenkst – gibt es da etwas, was dir besonderen Spaß macht oder etwas, was du besonders langweilig findest?**
(Bei Nachfrage Beispiele: Experimente anschauen bzw. selber machen, Rechenbeispiele ausrechnen, im Unterricht über physikalische Fragen sprechen – aber auch inhaltliche Themen)
 - 2) **Gibt es etwas im Physikunterricht (Bei Nachfrage: Experimente machen, Rechenbeispiele ausrechnen, im Unterricht über physikalische Fragen sprechen, etc.) was dir besonders leicht fällt oder besonders schwer fällt?**
 - 3) **In der Gruppenarbeit in dieser Stunde ging es darum, physikalische Inhalte mit Gegenständen bzw. Körpereinsatz darzustellen. Habt ihr etwas Ähnliches im Physikunterricht schon einmal gemacht bzw. macht ihr das öfter?**
 - a) **Falls ja:** Welche Aufgaben? **Kannst du dich an eine Aufgabe erinnern?**
 - b) Haben diese Aufgaben den **Physikunterricht für dich interessanter gemacht?**
 - c) **Falls nein:** Glaubst du, solche bzw. ähnliche Aufgaben könnten den Physikunterricht für dich interessanter machen?
 - 4) **Kannst du mir sagen, was dir an der Gruppenarbeit gefallen hat und was nicht?**
(Bei Nachfrage Beispiele: spielerische Herangehensweise, darstellerisches Arbeiten im 3-dimensionalen Raum, Aufgabe "zu kindisch", Aufgabenstellung zu unklar, zu wenig Zeit, zu viel Zeit....)
 - 5) **Würdest du sagen, dass du jetzt ein klares Bild im Kopf hast, wie der Umlauf der Erde um die Sonne aussieht?**
 - a) **Wenn ja:** War das vorher auch schon so?
 - b) **Wenn ja:** Glaubst du, dass es ohne das Darstellen auch so klar wäre? Wenn ich etwa nur Grafiken und Animationen gezeigt und Skizzen an die Tafel gezeichnet hätte?
 - 6) **Denkst du, dass dir die Einheit dabei geholfen hat, die Testbeispiele am Fragebogen richtig zu lösen? (Im Vergleich mit dem Vorwissenstest)**

7) Hast du das Gefühl, dass du in der Stunde etwas Neues darüber gelernt hast, wie Modelle in der Physik verwendet werden?

a) Wenn ja: Kannst du kurz zusammenfassen, was du darüber gelernt hast?

Anmerkung: Insgesamt wurde versucht, die Fragen so wenig suggestiv wie möglich zu formulieren. Einige Fragen hätten, im Nachhinein betrachtet, aber wohl trotzdem besser formuliert werden können. So wären die Fragen 1 und 2 statt mit „Gibt es etwas...“ wohl besser mit „Was macht dir im Physikunterricht besonderen Spaß und was findest du langweilig?“ oder „Was fällt dir im Physikunterricht besonders leicht/schwer?“ formuliert worden, um Ja/Nein-Antworten mit geringem Informationsgehalt zu minimieren – das trifft im Prinzip auch für Frage 3a) zu. Bei Frage 3 b) wäre wohl besser gewesen, zunächst allgemein nach einer Bewertung des Physikunterrichts mit solchen Aufgabenstellungen zu fragen, statt gleich auf dessen (mögliche) „Interessantheit“ einzugehen, was ev. suggestiv wirken könnte.

Bei Frage 5 lässt sich das selbst eingeschätzte Verständnis mit den Leistungen beim Abschlusstest vergleichen, da der jeweilige Testbogen der Interviewpartner zu den Interviews der betreffenden Schülerinnen zugeordnet wurde – daher wurde hier auch nicht nochmals nach einer inhaltlichen Wiedergabe gefragt. Zu Teilfrage 5 b) hätten jedoch noch konkrete Vor- und Nachteile der Methode aufgezählt werden können. Insgesamt ist festzustellen, dass die Interviews trotz der nicht idealen Frageformulierungen des Leitfadens (der zudem in einem recht engen, zeitlichen Rahmen entstand) einigermaßen reichhaltige und differenzierte Ergebnisse brachten.

9.2. Selbstständigkeitserklärung

„Ich erkläre hiermit, dass ich die Diplomarbeit eigenständig angefertigt und nur die im Literaturverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.“

Arne Traun

Wien, Juli 2014

Unterschrift

9.3. Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Arne Traun
Geburtsdatum: 23.07.1988
Geburtsort: Salzburg
Staatsbürgerschaft: Österreich
Familienstand: Verheiratet

Publikationen

2011 TRAUN, Arne: *It doesn't always have to be Finland... The Austrian and the Portuguese Education System: A Comparison*. In: *Didaktik. Unabhängige Zeitschrift für Bildungsforschung*. **Online:**
<http://didaktik-on.net/cgi-bin/didaktik.cgi?id=0000055a>
[Stand: 03. 07. 2014]

Ausbildungsweg:

WS 2012/13 - SS 2014: Besuch und Abschluss (mit Bestätigung der Studienprogrammleitung) einer Lehrveranstaltungssequenz des Lehrstuhls Deutsch als Fremdsprache der Universität Wien im Ausmaß von 24 Semesterwochenstunden, die eine Grundqualifikation für die Tätigkeit im Bereich Deutsch als Fremd- und Zweitsprache darstellt.

Akad. Jahr 2010/11: Auslandsjahr an der *Universidade de Aveiro*, Portugal

Seit WS 2007: Lehramtsstudium UF Physik und UF Psychologie und Philosophie an der Universität Wien

1998 – 2006: Neusprachliches Gymnasium BG Zaunergasse, Salzburg

Arbeitserfahrungen:

Seit Oktober 2011: Assistent des Vorsitzenden Prof. Dr. Dr.h.c. Wilfried Hartmann;
Campus Europae Teacher Training Committee;
Campus Europae, Munsbach, Luxemburg
(Externer Mitarbeiter mit Arbeitsplatz an der Universität Wien)

Oktober 2009 – Juli 2010: Tutor für Experimentalphysik:
Institut für Experimentalphysik;
Fakultät für Physik, Universität Wien