

Zweite Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien

Pädagogische Prüfungsarbeit
im Fach Physik

**Die Umsetzung des neuen
Lehrplans „Physik“
in der Jahrgangsstufe 7**

*Eine exemplarische Untersuchung anhand
des Unterrichtsinhalts „Bewegungen“*

vorgelegt von

Thomas Wilhelm Schwarzer

Studienreferendar am Studienseminar III in Oberursel
Ausbildungsschule: Augustinerschule in Friedberg / Hessen

GutachterIn:

StR Michael Sach

StD´in Uta Jeide

Datum: 18. Januar 2003

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|--------------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Das Thema | 2 |
| 2.1 | Das Untersuchungsinteresse der Arbeit | 2 |
| 2.2 | Einführung in die fachliche und pädagogische Diskussion | 3 |
| 2.2.1 | Allgemeine Diskussion | 3 |
| 2.2.2 | Übertragung auf das Thema | 6 |
| 2.3 | Allgemeine Voraussetzungen | 8 |
| 2.3.1 | Neuer Lehrplan und Bildungsstandards | 8 |
| 2.3.2 | Mathematische Vorkenntnisse | 9 |
| 2.3.3 | Aktuelle Schulbücher | 10 |
| 2.4 | Schlussfolgerungen für die Unterrichtsreihe | 11 |
| 3 | Das Beobachtungsfeld | 12 |
| 3.1 | Beschreibung der Lerngruppe | 12 |
| 3.2 | Didaktische Konzeption der Unterrichtseinheit | 14 |
| 3.3 | Lernziele | 16 |
| 3.4 | Methodischer Aufbau der Einheit | 16 |
| 3.5 | Zeitlicher und inhaltlicher Verlauf der Einheit | 18 |
| 3.6 | Planung der Lernkontrolle | 20 |
| 3.7 | Planung des Fragebogens | 21 |
| 4 | Analyse und Reflexion der Unterrichtsreihe | 22 |
| 4.1 | Auswahl bestimmter Unterrichtsstunden der Einheit | 22 |
| 4.2 | Darstellung und Reflexion der Unterrichtsstunden | 22 |
| 4.2.1 | Thema: Mindmap – „Bewegungen“ (1. Stunde) | 22 |
| 4.2.2 | Thema: Schülerversuch – „Wer läuft am schnellsten?“ (3./4. Stunde) | 23 |
| 4.2.3 | Thema: Rechnen mit Formeln – „Eisschnelllauf“ (6. Stunde) | 28 |
| 4.2.4 | Thema: Schülerversuch – „Tempo 30 an der ASF“ (8. Stunde) | 31 |
| 4.3 | Auswertung der Lernkontrolle | 35 |
| 4.4 | Auswertung des Fragebogens | 37 |
| 5 | Gesamtreflexion | 38 |
| | Literaturverzeichnis | 41 |
| | Erklärung | 44 |
| | Verzeichnis der Anlagen | 45 |
| | Anhang | ab 46 |

1 Einleitung

In den letzten Jahren wechselte der Rahmenplan im Fach Physik mehrfach, wobei im Anfangsunterricht (früher 6., mittlerweile 7. Klasse) zumeist Optik sowie Wärmelehre oder Magnetismus unterrichtet wurden.

Die Einführung des neuen Lehrplans zu Beginn des Schuljahres 2002/2003 änderte dies: Erstmals seit vielen Jahren wurde die Mechanik verpflichtender Unterrichtsgegenstand im ersten Schuljahr des Physik-Unterrichts.

Dies stellt den Physik-Lehrer vor neue Herausforderungen: Da in der 7. Klasse die mathematischen Fertigkeiten und auch das Abstraktionsvermögen der Schülerinnen und Schüler noch nicht sehr ausgeprägt sind, ist es notwendig und sinnvoll, die Mathematik weit zurückzudrängen und Mechanik möglichst phänomenologisch zu unterrichten. Zusätzlich gibt es verständlicherweise noch keine aktuelle Literatur über konkrete Unterrichtserfahrungen im Anfangsunterricht Mechanik.

Ziel der dieser Prüfungsarbeit zugrunde liegenden Unterrichtsreihe in der Klasse 7f an der Augustinerschule in Friedberg (Hessen)¹ war es, zu überprüfen, wie sich unter diesen Bedingungen der Mechanik-Unterricht möglichst altersgemäß und schülernah gestalten lässt. Um das Gebiet einzugrenzen, beschränkte ich mich auf den Unterrichtsinhalt Bewegungen.

Im folgenden Kapitel werde ich das Untersuchungsinteresse vorstellen, fachliche und pädagogische Hintergründe aufzeigen sowie allgemeine Voraussetzungen des Physik-Unterrichts schildern und hieraus vier Leitfragen formulieren.

Im dritten Kapitel werde ich die schulischen Rahmenbedingungen analysieren, die Konzeption der Unterrichtseinheit einschließlich der didaktischen und methodischen Aspekte darlegen und Evaluationskriterien nennen.

Im vierten Kapitel erfolgt die Analyse und Reflexion der Praxiserfahrungen anhand ausgewählter Unterrichtsstunden sowie die Auswertung der Lernkontrolle und des abschließenden Fragebogens.

Im letzten Kapitel werde ich im Hinblick auf die anfangs aufgestellten Leitfragen den Unterricht als Ganzes reflektieren und Schlussfolgerungen für den Anfangsunterricht Mechanik in der Jahrgangsstufe 7 ziehen.

¹ Im Folgenden stets durch „ASF“ abgekürzt.

2 Das Thema

2.1 Das Untersuchungsinteresse der Arbeit

Bis Mitte 2002 galt ein 1996 in Kraft getretener Rahmenplan Physik². Hierin war vorgesehen, dass die Mechanik zum Teil in der 8. Klasse („Fortbewegung in Natur und Technik“), teilweise in der 10. Klasse („Geräte und Maschinen erleichtern die Arbeit“) unterrichtet wird. Das schulinterne Curriculum³ modifizierte den Rahmenplan, indem beispielsweise Flaschenzug und Hebel bereits in der 8. Klasse gelehrt werden sollten.

Nach diesen Vorgaben habe ich im Schuljahr 2001/2002 eigenverantwortlich eine 8. Klasse unterrichtet. Obwohl den Schülerinnen und Schülern schon viel Mathematik zur Verfügung stand (unter anderem war das Umformen von Gleichungen aus der 7. Klasse bekannt), bereitete ihnen die Mechanik mitunter große Probleme (beispielsweise bei der Anwendung des Hebelgesetzes). Der Abschnitt Bewegungen spielte – aufgrund des Schulcurriculums – eine eher untergeordnete Rolle.

Mit Beginn des aktuellen Schuljahres 2002/2003 trat ein neuer Lehrplan Physik⁴ in Kraft. Dieser sah bereits in der Jahrgangsstufe 7 verbindlich das Unterrichtsthema Mechanik vor. Zeitgleich erhielt ich eine 7. Klasse im eigenverantwortlichen Unterricht.

Aufgrund meiner Vorerfahrungen in der 8. Klasse war ich sehr daran interessiert auszuprobieren, mit welchen Mitteln sich das Thema Mechanik – insbesondere die Einheit Bewegungen – schon in Klasse 7 unterrichten lässt. Aus diesem Grund schob ich die ebenfalls verpflichtenden Themen Wärmelehre bzw. Magnetismus und Elektrizität in das zweite Halbjahr und begann unmittelbar nach Abschluss der Optik mit der Mechanik.

Da der gesamte Bereich der Mechanik so umfassend ist, dass eine Behandlung den Rahmen einer Pädagogischen Prüfungsarbeit sprengen würde, beschränkte ich mich auf den zur Mechanik gehörenden Unterrichtsinhalt Bewegungen. Er steht repräsentativ für das Gesamtgebiet, da an ihm alle Untersuchungen durchgeführt werden können.

² Hessisches Kultusministerium, 1996, S. 20+23

³ Fachkonferenz Physik der ASF, 2000 (vgl. Anlage 2)

⁴ Hessisches Kultusministerium, 2002, S. 8 (vgl. Anlage 1)

Im Folgenden schildere ich die fachdidaktische Diskussion sowie die allgemeinen Voraussetzungen des Unterrichts und gelange abschließend in diesem Kapitel zu den Fragen, welche mich bei der Durchführung und Auswertung der Unterrichtsreihe leiteten.

2.2 Einführung in die fachliche und pädagogische Diskussion

2.2.1 Allgemeine Diskussion

Bereits die allgemeine pädagogische Literatur gibt viele Hinweise, wie man einen erfolgreichen Unterricht gestalten sollte, welche sich ebenfalls in fachdidaktischen Werken, insbesondere aber auch in Aufsätzen, die den Anfangsunterricht Mechanik betreffen, wiederfinden.

Eine extrem große Bedeutung schreiben alle Autoren dem Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler zu: Egal ob man es als „originale Begegnung“⁵ bezeichnet oder einfacher als Erfahrungsbereich – stets wird davon ausgegangen, dass Lernen nur stattfinden kann, wenn Informationen mit Erfahrungen gepaart werden („Grundgesetz des Lernens“⁶). Hierbei ist hervorzuheben, dass der Schwerpunkt klar bei den Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler liegt und die Information durch den Lehrer demgegenüber in den Hintergrund treten sollte.

Dies stellt große Erwartungen an den Lehrer: Denn es ist sehr wichtig, dass er möglichst viele Alltagserfahrungen seiner Schülerinnen und Schüler kennt, auf denen er seinen Unterricht aufbauen kann. Kircher beschreibt dies als „die pädagogische Dimension des Physikunterrichts“⁷ und folgert in Anlehnung an Diesterweg: „Ohne die Kenntnis des Standpunktes des Schülers ist keine ordentliche Belehrung desselben möglich.“⁸ Der Lehrer muss also von dem bereits vorhandenen Wissen der Schülerinnen und Schüler ausgehen, welches diese durch ihr tägliches Erleben erworben haben; er darf nicht den Fehler machen, ihnen die Schul-Physik einfach überzustülpen. Er muss falsche oder fehlerhafte Vorstellungen seiner Schülerinnen und Schüler ernst nehmen; anstatt sie zu verdrängen, muss er sie langsam und behutsam verändern und der physikalischen Welt anpassen – denn ein „verdunkeln des Wissen“⁹ durch Aufdrängen einer vom wirklichen Leben entfremdeten Schul-Physik ist sinnlos, da die Alltagsvorstellungen immer wieder zu Tage treten werden.

⁵ Kroner und Schauer, 1997, S. 57

⁶ Grell und Grell, 1999, S. 172

⁷ Kircher et al., 2001, S. 53

⁸ Kircher und Schneider, 2002, S. 6

⁹ Wagenschein, 1999, S. 61

Dieses Lernen wird im Allgemeinen als genetisch und exemplarisch bezeichnet: Genetisch, weil die Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler die Grundlage des Wissenserwerbs bilden; exemplarisch, weil nicht mehr die Ganzheit der Physik im Vordergrund steht, sondern vielmehr ausgewählte Lerninhalte und Methoden, welche das Gesamtkonzept und die Arbeitsweise der Physik aufzeigen. Beim Lernen steht nicht der Lehrer im Zentrum, sondern das „Wissen muss vom Lernenden selbst konstruiert werden. [Er] ist folglich für sein Lernen selbst verantwortlich.“¹⁰

Um ein effektives Lernen nach diesen Richtlinien zu gewährleisten, werden dem Lehrer bestimmte Ratschläge auf seinen Weg mitgegeben:

- Im Mittelpunkt des Physik-Unterrichts stehen die Schülererfahrungen und einfache „(Natur-) Phänomene“¹¹, nicht das komplizierte Experiment.
- Je mehr Empfindungen der Schülerinnen und Schüler angesprochen werden, desto besser gelingt das Lernen: „Es gibt keine echte Motivation ohne Emotion.“¹²
- Ein weiterer Pfeiler ist die Handlungsorientierung des Unterrichts: Die Schülerinnen und Schüler sollen möglichst eigenständig Experimente durchführen, um Physik hautnah zu erleben. Zwar haben Experimente in der modernen Physik möglicherweise einen geringeren Stellenwert, aber in der Schule (zumeist klassische Physik) sind sie unverzichtbar zum Erlernen von Methoden und zur Veranschaulichung der Physik¹³.

Unerlässlich ist in jedem Fall – neben einer exemplarischen Auswahl der Unterrichtsinhalte – eine didaktische Reduktion, da in der Schule kaum ein Gegenstand fachlich komplett behandelt werden kann – und dies in der Regel auch nicht ratsam ist. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass Phänomene, die für einen Lehrer klar ersichtlich sind, in den Augen der Schülerinnen und Schüler oftmals ganz anders aussehen, diese vielleicht einen anderen Aspekt für bedeutungsvoll halten. Deshalb ist es wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler selbst physikalisch arbeiten und „physikalische Fragestellungen auch experimentell zu lösen versuchen“¹⁴, damit sie erkennen, welche Beobachtungen tatsächlich zur Beantwortung einer Frage beitragen und welche wir vernachlässigen können bzw. müssen.

Bleichroth nennt drei Beurteilungskriterien¹⁵, welche zeigen, ob eine Elementarisierung in einem sinnvollen Maß gelungen ist:

¹⁰ Kircher und Schneider, 2002, S. 8

¹¹ Bleichroth et al., 1999, S. 66; Kircher et al., 2001, S. 145

¹² Wagenschein, 1999, S. 87

¹³ Kircher et al., 2001, S. 168

¹⁴ Kircher et al., 2001, S. 139

¹⁵ Bleichroth et al., 1999, S. 128ff.

(1) „Angemessenheit für die geistige (kognitive) Struktur der Schüler“:

Hierbei ist natürlich nicht nur das Fach Physik selbst gemeint, sondern auch die Inhalte, welche der Physik-Lehrer aus anderen Fächern hinzuzieht oder als bekannt voraussetzt, insbesondere das mathematische Vorwissen.

(2) „Fachliche Richtigkeit“:

Selbstverständlich darf der Lehrer nichts Falsches erzählen. Allerdings lässt es sich bei einer didaktischen Reduktion nicht immer vermeiden, dass der Inhalt nur bedingt richtig ist. Hier muss der Lehrer einen Mittelweg zwischen der fachlichen Richtigkeit und der Verständlichkeit finden.

(3) „Entwicklungsfähigkeit“:

Diesem Kriterium kommt insbesondere durch den neuen Lehrplan (siehe Abschnitt 2.3.1) eine große Bedeutung zu, da nach dem Spiralcurriculum alle Inhalte der 7. Klasse so unterrichtet werden sollen, dass sie in den späteren Jahren noch verfügbar sind und auf einem höheren Niveau weiter ausgebaut werden können.

Wagenschein selbst formulierte mehrere Regeln¹⁶, um effektives Lernen zu gewährleisten, von denen ich hier nur vier kurz aufführen möchte, welche für mein Thema von besonderer Bedeutung sind:

- Erst „qualitativ“, dann quantitativ. (3. Regel)
- Erst das Phänomen, dann die Theorie und die Modellvorstellung. (4. Regel)
- Erst die Muttersprache, dann die Fachsprache (und immer wieder auch zurück zur Muttersprache). (7. Regel)
- Erst die Mädchen, dann die Jungen. (9. Regel)

Die letzte Regel sollte nicht falsch gedeutet werden: Sie sagt *nicht* aus, dass die Mädchen in Physik schwächer wären als die Jungen¹⁷; vielmehr soll vermieden werden, dass die Jungen gleich vom Phänomen zum Abstrakten übergehen und so der Zusammenhang zum eigenen Erleben in der Natur verloren geht. Denn gerade zur Motivation von Mädchen im Physik-Unterricht ist es wichtig, stets den Bezug zur Lebenswelt zu erhalten und die Mathematik und Abstraktionen so weit wie möglich zurückzudrängen¹⁸. Gleiches gilt für Experimente, welche nicht sinnlos überfrachtet werden sollen und für den Alltag der Schülerinnen (und Schüler) relevant sein sollen: Der Unterricht muss subjektiv bedeutsam sein.¹⁹

¹⁶ Wagenschein, 1999, S. 121ff.

¹⁷ Vergleiche hierzu die sehr positiven Erfahrungen im Kapitel 4.

¹⁸ Pädagogisches Zentrum des Landes Rheinland-Pfalz, 1998, S. 20f.

¹⁹ Kircher und Schneider, 2002, S. 44

Konkret auf die Mechanik bezogen sich drei Artikel²⁰, welche aus dem Anfangsunterricht Physik der 6. Klasse in der ehemaligen DDR stammen. Trotz des teilweise hohen Alters (1983-1990) sind sie dennoch aktuell und außerordentlich nützlich zur Vorbereitung des Unterrichtsinhalts Bewegungen.

Bereits im ältesten Artikel wird gefordert: „Das zu vermittelnde Wissen muss dem Alter der Schüler entsprechend aufbereitet werden, es muss fachlich so exakt sein, dass in den folgenden Schuljahren darauf aufgebaut werden kann.“²¹ Dies entspricht den aus der Fachdidaktik und Pädagogik bereits bekannten Forderungen.

In allen drei Artikeln wird vor allem Wert darauf gelegt, dass die Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler ernst genommen werden und der Unterricht somit lebensverbunden bleibt. Dies bezieht sich nicht nur auf das persönliche Erleben, sondern insbesondere auf die Begriffe, welche für die Einheit Bewegungen von Bedeutung sind. Denn oftmals verbinden Schülerinnen und Schüler umgangssprachlich mit einem Begriff etwas anderes als der Physiker: Beispielsweise würde kaum jemand einem (vermeintlich) ruhenden Gebäude eine Geschwindigkeit zuweisen; für den Physiker hat es aber die Geschwindigkeit 0 m/s ! Diese alltäglichen Begriffe dürfen deshalb nicht verdrängt werden, sondern müssen behutsam durch ihre physikalische Bedeutung erweitert bzw. modifiziert werden.

2.2.2 Übertragung auf das Thema

Vor der Planung einer Unterrichtsreihe ist es notwendig, die oben formulierten allgemeinen Grundsätze für einen guten Physikunterricht konkret auf das jeweilige Thema zu übertragen.

Zuerst steht man vor dem Problem, die Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler in Erfahrung zu bringen. Hierbei muss man unterscheiden zwischen *Begriffen* und *Vorstellungen* aus dem Alltag. Die Begriffe, welche Schülerinnen und Schüler mit einem bestimmten Thema verbinden, lassen sich beispielsweise durch eine Mindmap ermitteln. Zu beachten ist allerdings, dass diese Methode für viele in einer 7. Klasse noch neu ist. Das Sammeln von Begriffen ist jedoch nur dann sinnvoll, wenn es auch mit einer entsprechenden Auswertung verknüpft wird: Hier sollen die Schülerinnen und Schüler erläutern, welche Vorstellungen sie mit den Begriffen verknüpfen. Nur so ist es möglich, die Unterrichtsplanung auf die Einbeziehung korrekter Präkonzepte bzw. auf die Veränderung fehlerhafter Vorstellungen (z.B. Geschwindigkeit \Leftrightarrow Schnelligkeit) abzustimmen. Man sollte sich

²⁰ Best und Ebert, 1990, S. 400ff.; Graumann et al., 1983, S. 11ff.; Weber, 1985, S. 280ff.

²¹ Graumann et al., 1983, S. 11

außerdem vorher im Klaren darüber sein, dass Mädchen und Jungen oftmals unterschiedliche Vorerfahrungen aus ihrem eigenen Leben und dem Elternhaus mit einbringen – ein für den Lehrer nicht zu unterschätzender Faktor.

Auch bei den Phänomenen ist eine sorgfältige Planung notwendig: Eine von den Schülerinnen und Schülern als trivial empfundene Erscheinung kann kaum zur Motivation beitragen; es ist vielmehr am besten, wenn das Erlebnis eine Diskrepanz zum Alltag hat, aber dennoch in einer vertrauten Umgebung präsentiert wird. Konkret für die Mechanik heißt dies, dass keine zu einfachen (z.B. ein simples Motorauto) oder zu komplexen (z.B. Luftkissenfahrbahn mit Computerauswertung) Experimente durchgeführt werden, sondern schülernahe und interessante; hierzu eignen sich besonders Versuche im Zusammenhang mit dem Straßenverkehr. Der Lehrer muss diese Experimente mit Schüleraugen betrachten, um sicherzustellen, dass das zu beobachtende Phänomen prägnant ist und nicht von einer anderen – für ihn irrelevanten, für die Klasse aber bedeutenderen – Erscheinung überlagert wird.

Je nach Ausrüstung der Schule kann einzeln, in Partnerarbeit oder in größeren Gruppen experimentiert werden; nur bei zu schwierigen und gefährlichen Versuchen sind auch Lehrerexperimente angebracht. Gruppenexperimente können in vielerlei Hinsicht Nutzen bringen: Die Schülerinnen und Schüler sind gezwungen, mit anderen zusammenzuarbeiten (evtl. auch mit Personen, mit denen sie dies sonst nicht tun würden). Sie erfahren selbst vielfältige Probleme bei einer eigenständigen Planung, Durchführung und Auswertung und erkennen so, dass ein physikalischer Versuch mitunter sehr kompliziert und zeitaufwendig sein kann. Ein gemeinsam erfolgreich durchgeführtes Experiment steigert nicht nur das Selbstbewusstsein und Selbstvertrauen der Schülerinnen und Schüler (ein gerade in der Pubertät wichtiger Aspekt), sondern er trägt auch zum Spaß an der Physik bei.

Bei diesen sehr praxisorientierten Ansätzen stellt sich die Frage, inwieweit man im Kapitel Bewegungen überhaupt eine Mathematisierung durchführen sollte. Unerlässlich ist in jedem Fall die Umrechnung von km/h in m/s und umgekehrt, die im täglichen Leben benötigt wird; allerdings genügt es hier, sich die Faktoren $: 3,6$ bzw. $\cdot 3,6$ zu merken. Anders sieht es aus, wenn man beispielsweise aus einer gegebenen Geschwindigkeit einen Weg oder eine Zeit bestimmen will. Auch dies kommt im täglichen Leben oft vor. Damit die Schülerinnen und Schüler die zur Berechnung notwendigen drei Beziehungen nicht sinnlos lernen müssen (am Ende der 7. Klasse kennen sie Gleichungen und brauchen dann nur noch *eine* For-

mel zu wissen), gebe ich ihnen das sog. „v-s-t-Dreieck“²² vor. Dieses ist sehr einfach zu erlernen und ermöglicht es, alle drei Formeln *anschaulich* herzuleiten: Man verdeckt die gesuchte Größe; die Stellung der beiden anderen Größen ergibt dann die gesuchte Formel (übereinander: Division, nebeneinander: Multiplikation). Dieses Dreieck hilft auch bei anderen Gesetzmäßigkeiten (beispielsweise beim elektrischen Widerstand) und hat somit einen weitreichenden Nutzen. Einen kompletten Verzicht auf eine Mathematisierung erachte ich als nicht sinnvoll, da zum einen die Physik die wichtigste Anwendung der Mathematik ist und zum anderen eine Quantifizierung bei vielen Sachverhalten unabdingbar ist und im Gebiet Bewegungen auf einem einfachen Niveau vorbereitet werden kann.

2.3 Allgemeine Voraussetzungen

2.3.1 Neuer Lehrplan und Bildungsstandards

Der neue Lehrplan Physik (Bildungsgang Gymnasium) beschreibt unter Aufgaben und Ziele des Faches, dass „die Hinführung zur Theorie nur sehr vorsichtig geschehen kann“ und dass „der Alltagsbezug [...] nicht zugunsten einer an der Fachsystematik orientierten Überfrachtung mit theoretischen Zusammenhängen vernachlässigt werden darf“²³. Die Leitlinien des Unterrichts werden vorwiegend durch Alltagsprobleme festgelegt, eine Physikraum-Welt soll vermieden werden.

Die Verteilung der Themen auf die drei Unterrichtsjahre der Mittelstufe geschieht größtenteils nach dem Spiralcurriculum, wonach anfangs (in den Jahrgangsstufen 7/8) ein phänomenologischer Überblick über die Hauptgebiete der Physik gegeben werden soll, was dann in der 10. und 11. Klasse aufgegriffen wird.

Der Lehrplan sieht als viertes Gebiet in der Jahrgangsstufe 7 die Mechanik vor. Diese gliedert er in 5 Unterrichtsinhalte²⁴, für welche insgesamt nur 14 Stunden zur Verfügung stehen. Hierbei soll der Unterricht „an die unmittelbare Erfahrung der Schüler anknüpfen“ und diese in den Mittelpunkt stellen, ergänzt durch „Experimente im Unterricht und experimentelle Hausaufgaben“²⁵.

Der Unterrichtsinhalt Bewegungen stellt also nur einen Teilbereich der Mechanik dar, der „phänomenologisch und praktisch (im Schülererfahrungsbereich auf dem Schulhof [...]) behandelt werden sollte“. Gemäß dem Lehrplan setzt sich dieser Inhalt

²² Siehe Anlage 21.3

²³ Hessisches Kultusministerium, 2002, S. 2

²⁴ Siehe Anlage 1

²⁵ Hessisches Kultusministerium, 2002, S. 5

zusammen aus: „Gleichförmige und beschleunigte Bewegung, Weg-Zeit-Diagramme, Geschwindigkeit“. Hierbei wird auch die „Verzahnung“ mit der Mathematik berücksichtigt („Proportionalität von Weg und Zeit“) und der Kraftbegriff vorbereitet („beschleunigte Bewegung“).²⁶

Da ich den Schwerpunkt beim Thema Mechanik auf die Bewegungen lege, benötige ich in jedem Fall mehr Stunden als die vom Lehrplan als „Vorschlag“ vorgesehenen. Hierbei nutze ich den gegebenen Freiraum; denn der Lehrplan „stellt es frei, mit welcher Intensität der jeweilige verbindliche Inhalt bearbeitet wird, ob er also im Sinne eines orientierenden oder vertiefenden Lernens behandelt werden soll“²⁷. Da mein Hauptaugenmerk bei den Bewegungen auf den Schülerversuchen und deren Auswertung liegt, erscheint mir eine Ausdehnung der Stundenzahl als sehr sinnvoll.

Kurz nach Erscheinen des neuen Lehrplans veröffentlichten die Kultusministerien von sieben Bundesländern auf ihren Internet-Seiten verbindliche Bildungsstandards für das Fach Physik.

Auch hier steht das Phänomen im Vordergrund: „Vom Phänomen ausgehend, sollten Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler [...] diskutiert werden. Physikalische Phänomene werden erst umgangssprachlich, dann auch zunehmend fachsprachlich korrekt und mathematisch beschrieben“²⁸. Als zentrales Bildungsziel wird hierbei ausdrücklich „die Auseinandersetzung mit den Alltagserfahrungen [...], den Präkonzepten und der Intuition der Schülerinnen und Schüler“²⁹ angeführt. Es wird folgendes Resümee gezogen: „Ein lebendiger und handlungsorientierter Unterricht gelingt durch Förderung der Mädchen und Jungen und bietet optimale Chancen, neben physikalischen Inhalten auch Fach-, Methoden- und Sozial- und personale Kompetenz zu erwerben.“³⁰

Insgesamt lässt sich also feststellen, dass sowohl der neue Lehrplan als auch die Bildungsstandards die in Abschnitt 2.2 geschilderten fachdidaktischen und pädagogischen Erkenntnisse berücksichtigen; die Art und Weise der Umsetzung wird allerdings dem Lehrer bzw. der Lehrerin überlassen.

2.3.2 Mathematische Vorkenntnisse

Aus der 5. Klasse sind den Schülerinnen und Schülern bereits die Umrechnung von Längen- und Zeiteinheiten bekannt, aus der 6. Klasse das Rechnen mit gewöhnlichen Brüchen und Dezimalbrüchen.

²⁶ Alle Zitate aus: Hessisches Kultusministerium, 2002, S. 8

²⁷ Hessisches Kultusministerium, 2002, S. 3

²⁸ Kultusministerien, 2002, S. 2

²⁹ Kultusministerien, 2002, S. 3

³⁰ Kultusministerien, 2002, S. 5

In der 7. Klasse³¹ werden zu Beginn Zuordnungen behandelt. Diese spielen bei der gleichförmigen Bewegung eine große Rolle, da wir hier bei der Auswertung proportionale Zuordnungen verwenden. In der Regel sind also die Begriffe Quotientengleichheit und Proportionalitätsfaktor bekannt, allerdings noch nicht die Bedeutung von Messfehlern und Ausgleichsgeraden, welche in der Mechanik berücksichtigt werden müssen.

Fast zur Gänze unbekannt ist den Schülerinnen und Schülern im ersten Halbjahr der 7. Klasse das Umformen von Gleichungen. Da wir im Kapitel Bewegungen lediglich die Gleichung für den Zusammenhang von Geschwindigkeit, Weg und Zeit in den drei verschiedenen Formen benötigen, kann man sich beispielsweise mit dem „v-s-t-Dreieck“ helfen.

2.3.3 Aktuelle Schulbücher

Zur Vorbereitung des Unterrichts standen mir fünf Schulbücher zur Verfügung: Der ziemlich alte GROSS-BERHAG³², der von den Schülerinnen und Schülern verwendete Cornelsen³³, die dem Cornelsen sehr ähnliche Ausgabe von Natur und Technik³⁴ sowie die beiden neuen Werke Dorn-Bader³⁵ und Spektrum Physik³⁶.

- Der GROSS-BERHAG behandelt die Bewegungen auf gerade mal vier Seiten und beinhaltet viele Rechnungen, jedoch kaum anschauliche Beispiele.
- Der Cornelsen hingegen verzichtet komplett auf die kinematische Behandlung von Bewegungen und beschreibt sofort alles über Kräfte. Dies ist jedoch für eine 7. Klasse sehr abstrakt und kaum praktikabel.
- Natur und Technik sowie Dorn-Bader behandeln die Bewegungen zwar kurz, aber dafür relativ anschaulich; sie besprechen auch kompliziertere Zusammenhänge wie Beschleunigung und Verzögerung.
- Einen ganz anderen Weg beschreitet das speziell auf den neuen hessischen Lehrplan zugeschnittene Werk Spektrum Physik. Es beschreibt sehr ansprechend, mit vielen Illustrationen und Erläuterungen, das Thema Bewegungen. Hierbei wird der Schwerpunkt nicht auf die Mathematik gelegt, sondern es kommt auf die Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler an; außerdem werden aus den Überlegungen wieder Rückschlüsse auf das Alltagsleben (Verkehr) gezogen, was sofort den Nutzen aufzeigt. Alle Erläuterungen sind

³¹ Schulbuch: Schmid und Weidig, 2000, S. 6-43

³² Berghof et al., 1982, S. 14-17

³³ Boysen et al., 1992, S. 88ff.

³⁴ Heepmann et al., 1999, S. 166-171

³⁵ Dorn und Bader, 2001, S. 18-20,46,352ff.

³⁶ Appel et al., 2002, S. 129-134

ausführlich und in einer verständlichen Sprache verfasst. Hierbei werden auch kompliziertere Gebiete (beispielsweise ungleichförmige Bewegungen) nicht ausgespart, sondern rein qualitativ behandelt.

Für viele meiner Arbeitsblätter habe ich Anregungen aus Spektrum Physik genommen, das sich meiner Meinung nach auch sehr gut für Schülerinnen und Schüler eignet, um den Stoff einer (versäumten) Unterrichtsstunde nachzuarbeiten.

2.4 Schlussfolgerungen für die Unterrichtsreihe

Aus dem Untersuchungsinteresse, der wissenschaftlichen Diskussion und den allgemeinen Voraussetzungen lassen sich folgende Schlussfolgerungen für den Unterrichtsinhalt Bewegungen und für den Anfangsunterricht Physik ziehen:

- Der Unterricht soll stark auf den Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler aufbauen.
- Er soll deren Präkonzepte nicht gewaltsam verdrängen, sondern langsam im physikalischen Sinne verändern.
- Hierbei sollen Schülerexperimente eingesetzt werden, um nicht nur die Motivation zu erhöhen, sondern um die Schülerinnen und Schüler bereits frühzeitig mit der Arbeitsweise eines Physikers vertraut zu machen.
- Die Mathematik soll niemals zum Selbstzweck eingesetzt werden, sondern nur dann, wenn sie einen sinnvollen Beitrag zum physikalischen Verstehen liefert.

Von besonderem Interesse sind deshalb für mich folgende Fragen:

1. Wie kann ich „Bewegungen“ phänomenologisch unterrichten?
2. Wie kann ich die Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler am effektivsten in den Unterricht einbeziehen?
3. Wo kann ich Schülerexperimente einsetzen und welchen Lernzuwachs bringen diese?
4. An welchen Stellen ist eine Mathematisierung unumgänglich?

Die Evaluation der Unterrichtsreihe wird auf mehreren Ebenen stattfinden: Zum einen durch eine Lernkontrolle, welche nur das Thema Bewegungen umfasst; zum zweiten durch das Einsammeln der Physikhefte, welche ich benote; zum dritten durch einen Fragebogen, in welchem die Schülerinnen und Schüler den Unterrichtsinhalt, das Lehrerverhalten und auch die Methoden kritisch bewerten sollen.

3 Das Beobachtungsfeld

3.1 Beschreibung der Lerngruppe

Die Unterrichtseinheit Bewegungen habe ich in der Klasse 7f im November / Dezember 2002 durchgeführt. Ich unterrichte die Klasse eigenverantwortlich seit Beginn des Schuljahres 2002/03. Die Lerngruppe – bestehend aus 23 Jungen und 8 Mädchen – wurde zu diesem Zeitpunkt komplett neu zusammengesetzt: 28 Schülerinnen und Schüler stammen aus fünf verschiedenen 6. Klassen, einer kam von einer anderen Schule neu hinzu, zwei Schüler sind Repetenten.

Bedingt durch diese massive Neugruppierung gibt es mehrere Voraussetzungen, welche man für den Unterricht einplanen muss:

- Altersmäßig gibt es zwar nur geringe Unterschiede: Alle Schülerinnen und Schüler sind zwischen 12 und 14 Jahren alt. Allerdings sind mehrere Jungen schon stark in der Pubertät, was sich nicht nur durch ihre Körpergröße, sondern vor allem auch durch ihr Verhalten bemerkbar macht. Sie müssen deshalb immer wieder ermahnt werden.
- In der Klasse befinden sich fast dreimal so viele Jungen wie Mädchen. Dies führte dazu, dass sich mehrere – auch leistungsstarke – Schülerinnen zurückzogen und den Schülern das Feld überlassen wollten. Ich habe mit den Mädchen gesprochen und sie zur Beteiligung ermuntert, was bei dem zweiten Kapitel (Mechanik) eine große Steigerung der Mitarbeit bewirkte. Zusätzlich sind die Mädchen den Jungen bei der Heftführung (nicht nur vom Äußeren, sondern vor allem vom Inhalt her) weit überlegen.
- Hauptproblem stellt die Gruppenbildung dar: Die ehemalige Klassenzugehörigkeit konnte im ersten Halbjahr noch nicht vollständig überwunden werden, da der Zusammenhalt sehr stark ist. Ich versuchte, dies zu umgehen, indem ich bei Gruppen- und Partnerarbeiten die Teams selbst festlegte. Leider war der Erfolg nur mäßig, da ein paar Jungen noch immer nicht die Namen ihrer Klassenmitglieder kennen!

Die mündlichen Leistungen der Klasse sind stark heterogen:

- Von den Jungen beteiligen sich vor allem vier nur selten am Unterricht. Gute bis sehr gute Leistungen bringen ebenfalls vier Jungen. Die Beteiligung der anderen Schüler liegt im mittleren Bereich.
- Im Gegensatz hierzu gibt es bei den Mädchen in der Klasse kaum mittlere Leistungen: Vier Schülerinnen sind mündlich sehr gut bzw. gut und übertreffen

alle Jungen; drei andere hingegen beteiligen sich erst nach einem Gespräch mit mir. Eine weitere, überaus intelligente Schülerin (ihr Heft³⁷ ist mustergültig geführt mit vielen Versuchsbeschreibungen und Ergänzungen) reagierte anfänglich nur auf direkte Ansprache; auch dies hat sich inzwischen erheblich gebessert.

- Problematisch ist der große Unterschied in der Lesekompetenz: Nur rund ein Drittel der Klasse kann Texte bzw. Textaufgaben flüssig lesen und verstehen, ein Drittel hat hierbei enorme Schwierigkeiten. Um dies zu üben, gebe ich immer wieder Blätter mit physikalischen Texten aus, aus welchen die Schülerinnen und Schüler die wichtigsten Erkenntnisse herausarbeiten sollen.

Der Unterricht findet in der Regel montags 5. und mittwochs 6. Stunde statt, was ein großes Problem für die Motivation und Mitarbeit der Schülerinnen und Schüler darstellt. Während der Unterrichtsreihe Bewegungen waren jedoch die Hälfte (7 von 14) der Stunden Vertretungsstunden, so dass diese bereits in der 1. oder 2. Stunde lagen, was sich sehr positiv auf den Unterricht auswirkte.

Als Raum stand uns meistens der Hörsaal Ph 5 zur Verfügung: Dieser ist zwar geräumig (40 Sitzplätze), allerdings ist er sehr breit mit fest montierten Tischen. Dies bewirkte, dass es praktisch unmöglich war, sinnvolle Gruppenarbeiten durchzuführen. Aus diesem Grund beschränkte ich mich bereits bei der Optik mehr auf Partnerarbeiten, welche ziemlich gut funktionierten.

Insgesamt herrscht trotz der ungünstigen Unterrichtszeit eine gute Arbeitsatmosphäre; nur selten (meist nach Klassenarbeiten) kommt es vor, dass ein paar Schüler keine Arbeitslust verspüren und von mir zur Mitarbeit aufgefordert werden müssen.

Leider lässt aber das Sozialverhalten mehrerer Schüler zu wünschen übrig, die mehrfach versuchen, ihre Klassenkameradinnen mit Worten zu beschimpfen und deren sehr gewinnbringende Beteiligungen herabzusetzen. Dies wird von mir sofort unterbunden und in Einzelgesprächen kritisiert, was meist nur für ein paar Stunden eine Wirkung zeigt. Deshalb bin ich dazu übergegangen, nach Möglichkeit monoedukative Teams zu bilden, um den Mädchen bessere Chancen einzuräumen.

Bis Ende Oktober wurde in der Klasse 7f Optik behandelt, anschließend kurz die wichtigsten Eigenschaften von Körpern (Masse, Volumen, Dichte) als Einstieg in die Mechanik.

³⁷ Auszüge siehe Anlage 21

3.2 Didaktische Konzeption der Unterrichtseinheit

Am 11. November 2002 begann ich mit der Unterrichtseinheit Bewegungen; meine Planungen sahen vor, diese nach 12 Stunden mit einer Lernkontrolle vor den Weihnachtsferien zu beenden. Bedingt durch die Vertretungsstunden konnte die Stundenzahl auf 14 erhöht werden, wodurch Zeit für einen zusätzlichen abschließenden Fragebogen gewonnen wurde.

Eine der wichtigsten Aufgaben der Physik ist der Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler. Kaum ein Unterrichtsgegenstand erfüllt diese Forderung so gut wie das Thema Bewegungen. Egal ob die Schülerinnen und Schüler laufen oder schwimmen, mit dem Bus oder Fahrrad fahren, Flugzeug fliegen – oder ruhig im Klassenraum sitzen: Sie sind stets in Bewegung (auch wenn sie es bei letzterem Beispiel nur langsam einsehen würden)! Diese Einbeziehung der Vorerfahrungen muss immer erhalten bleiben.

Die Voraussetzungen des Lehrplanes bzw. die fachdidaktische Diskussion wurden bereits in den Abschnitten 2.3.1 bzw. 2.2 ausgeführt. Zur Bedeutung des Themas Bewegungen für die Physik bleibt noch zu sagen, dass nicht nur der Inhalt wichtig ist (er ist Vorbedingung für die Behandlung aller späteren Bewegungsarten wie Kreisbewegung, Beschleunigung und Schwingungen), sondern dass hier wichtige physikalische Methoden eingeführt und genutzt werden.

Diese Bedingungen legen den Rahmen der Unterrichtseinheit fest:

Ausgehend von den Erfahrungen und den Präkonzepten der Schülerinnen und Schüler sollen Bewegungen zumeist experimentell untersucht werden. Hierbei verzichte ich fast komplett auf Lehrerexperimente oder die realitätsferne Untersuchung³⁸ einer gleichförmigen Bewegung eines Motorwagens im Fachraum; vielmehr sollen die Schülerinnen und Schüler selbst im Freien die Bewegung von Klassenkameradinnen und Klassenkameraden bzw. später von Autos analysieren.

Gerade der Analyse des Straßenverkehrs kommt eine hohe Bedeutung zu, denn hiermit „können über die physikalischen Begriffe „Geschwindigkeit“ und „Beschleunigung“ [...] neue Einsichten über sinnvolles Verhalten im Straßenverkehr folgen zur größeren Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer“³⁹.

Zur Unterrichtseinheit Bewegungen gehören laut Lehrplan vier Teile:

- (1) Gleichförmige Bewegung
- (2) Beschleunigte Bewegung

³⁸ Selbst die sonst fortschrittlichen Fachartikel sehen hier keine Freiluftexperimente, sondern Schülerexperimente im Innern vor (Best und Ebert, 1990, S. 403; Graumann et al., 1983, S. 15).

³⁹ Kircher et al., 2001, S. 85

(3) Weg-Zeit-Diagramme

(4) Geschwindigkeit

Die gleichförmige Bewegung stellt zusammen mit den Punkten (3) und (4) den zentralen Lerninhalt der Unterrichtseinheit dar: Da nur hier die Geschwindigkeit eines Körpers konstant ist, können wir einfach von „Geschwindigkeit“ sprechen, während wir bei einer beschleunigten Bewegung zwischen Momentan- und Durchschnittsgeschwindigkeit unterscheiden müssen.

Wie Best und Ebert es empfehlen⁴⁰, ist es sinnvoll, nur Bewegungen zu betrachten, bei denen die eigene Person bzw. der Raum (oder Schulhof) das ruhende Bezugssystem sind. Dennoch erachte ich es als wichtig, wenigstens einen kleinen Exkurs zu machen, in welchem den Schülerinnen und Schülern deutlich wird, dass es so etwas wie absolute Ruhe nicht gibt, da jedes Bezugssystem (Person, Raum, Erde, Sonnensystem, Galaxie, ...) stets in Bewegung ist – deshalb ist es unerlässlich, ein festes Laborsystem zu benennen, um überhaupt Bewegungen einheitlich beschreiben zu können. Die Schülerinnen und Schüler sollen dies also bereits erkennen, auch wenn dieses Wissen erst in der 11. Klasse angewendet wird.

Anschließend ist es möglich, die gleichförmige Bewegung fachlich relativ exakt zu behandeln: Zwar fällt hier noch nicht der Begriff „Steigung einer Geraden“, aber anhand von aus der Mathematik dieses Schuljahres bekannten Weg-Zeit-Diagrammen können die Schülerinnen und Schüler selbst erarbeiten, dass dort bei einer gleichförmigen Bewegung eine Gerade zu sehen sein muss und dass der Quotient (welcher die Einheit $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ hat), die „Schnelligkeit“ angibt. Hieraus erhält man eine anschauliche und verständliche Definition der Geschwindigkeit.

Problematisch ist allerdings, dass die Messwerte – anders als in den Beispielen aus der Mathematik – natürlich nicht exakt auf einer Geraden liegen. Dies ist aber idealer Ausgangspunkt zum Aufzeigen der physikalischen Methodik: Unter Berücksichtigung von Messfehlern lässt sich eine Ausgleichsgerade bestimmen, welche einen wesentlich exakteren Wert liefert als die aus der Tabelle errechneten. Diese anspruchsvolle Hürde müssen die Schülerinnen und Schüler nehmen, um bei zukünftigen Experimenten wachsam zu sein und Ergebnisse stets kritisch zu hinterfragen.

Unerlässlich ist es aber auch, mit Geschwindigkeiten rechnen zu können: Hierzu müssen die Schülerinnen und Schüler nicht nur wissen, wie man $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ umrechnet und umgekehrt, sondern auch, wie ich die Formel $v = \frac{s}{t}$, d.h.

⁴⁰ Best und Ebert, 1990, S. 403

Geschwindigkeit = $\frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}$ umformen kann. Da Gleichungen noch unbekannt sind, führe ich hierzu das „v-s-t-Dreieck“ ein. Diese Rechenphase soll aber bewusst kurz gehalten werden, um dem selbständigen Erfahren mehr Platz einzuräumen.

Der verbliebene Punkt (2) Beschleunigte Bewegung kann und soll in einer 7. Klasse nicht quantitativ behandelt werden. Es ist aber hier möglich, Messungen durchzuführen, ein Weg-Zeit-Diagramm zu zeichnen und mit dem Diagramm einer gleichförmigen Bewegung zu vergleichen. Mit diesen qualitativen Betrachtungen lassen sich auch die Begriffe Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit einführen.

Der Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler ist in allen Bereichen enthalten, denn stets wird auf Vorerfahrungen aufgebaut: Beispielsweise beinhaltet Radfahren beide Bewegungsarten, Geschwindigkeiten und Verkehrsbeschränkungen sind aus dem Straßenverkehr bekannt, auch Messverfahren kennen die Schülerinnen und Schüler von sportlichen Wettkämpfen.

3.3 Lernziele

In der Unterrichtsreihe Bewegungen sollen die Schülerinnen und Schüler ...

- ... mit Hilfe der Vorerfahrungen aus ihrem Alltag den physikalischen Geschwindigkeitsbegriff herleiten, indem sie ein Experiment zur gleichförmigen Bewegung mit mathematischen Methoden einer 7. Klasse auswerten.
- ... mit Geschwindigkeiten rechnen, indem sie verschiedenartige Aufgaben bearbeiten und hierdurch den Gebrauch der Formeln üben.
- ... Methoden zur Durchführung und Auswertung physikalischer Experimente kennen lernen und anwenden, indem sie zwei Schülerversuche planen, Probleme nennen und beseitigen sowie die gemessenen Werte bei der Auswertung kritisch hinterfragen.
- ... den bisherigen Stoff auf ihr tägliches Leben zurückübertragen, indem sie Bedingungen zur Verbesserung der Sicherheit im Straßenverkehr erläutern.
- ... Anwendungsbezüge aus dem Straßenverkehr nennen und untersuchen, indem sie beispielsweise die Funktionsweise einer Tachoscheibe beschreiben.

3.4 Methodischer Aufbau der Einheit

Wie in Abschnitt 3.2 geschildert, standen für die Unterrichtseinheit Bewegungen insgesamt 14 Stunden zur Verfügung, deren methodischen Aufbau ich hier kurz erläutern möchte. In Abschnitt 3.5 findet sich der gesamte tatsächliche Verlauf der

Unterrichtseinheit, während die ausgewählten Unterrichtsstunden in Kapitel 4 ausführlich beschrieben werden.

Anfang und Ende der Unterrichtsreihe und somit Grundlage und Abschluss der Einheit bildet je eine mit der Schneeballmethode erstellte Mindmap.

Eine zentrale Rolle spielen die beiden großen Schülerexperimente, welche auf dem Schulhof bzw. vor dem Haupttor stattfinden werden. Keiner der oben erwähnten Fachartikel aus der ehemaligen DDR sieht ein solches Freiluftexperiment vor, das meiner Ansicht nach aber jedem Versuch im Fachraum vorzuziehen ist, da letztere nur äußerst selten der tatsächlichen Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler entstammen.

Das erste Experiment findet sehr früh statt: Vier Schülerinnen und Schüler laufen gleichförmig über den Hof, Messwerte werden aufgenommen und ausgewertet. Nach mehreren theoretischen Stunden wird dann der zweite Versuch – die Messung von Geschwindigkeiten in einer Tempo 30-Zone – durchgeführt.

In diesen Theorie-Stunden wird – wie von Wagenschein in der 4. Regel gefordert – das vorher durchgeführte Experiment (als „Phänomen“) untersucht und theoretisch behandelt, jedoch immer wieder auch im Hinblick auf die Wirklichkeit (Messfehler, Anwendung) hinterfragt. Unumgänglich ist ebenfalls zwischen den beiden Versuchen eine Stunde, in welcher mit Geschwindigkeiten gerechnet und ein komplizierteres Weg-Zeit-Diagramm gezeichnet wird.

Als abschließendes Thema werden nicht gleichförmige Bewegungen qualitativ behandelt, zuerst wieder durch ein einfaches Schülerexperiment (schiefe Ebene), anschließend mehr theoretisch mit Hilfe einer Tachoscheibe.

Die Auswertung der Unterrichtseinheit – Lernkontrolle und Fragebogen – erläutere ich in den Abschnitten 3.6. und 3.7.

Zur Vorbereitung bzw. Durchführung der Unterrichtsreihe konnte keines der in Abschnitt 2.3.3 erwähnten Schulbücher ohne Vorbehalt eingesetzt werden; in der Regel habe ich aber vor allem aus Spektrum Physik wertvolle Anregungen zur Gestaltung eines phänomenologischen Unterrichts erhalten.

Die Wahl der Sozialformen ist durch den Fachraum stark eingeschränkt: Bei Arbeiten im Raum werde ich mich auf Partnerarbeiten beschränken, da die unbeweglichen Tische und Stühle keine sinnvolle Gruppenarbeit zulassen⁴¹. Die Schülerexperimente hingegen finden in zwei Großgruppen statt, deren Einteilung ich im Abschnitt 4.2.2 näher erläutern werde.

⁴¹ Siehe das Bild während der Erarbeitung der Mindmap in Anlage 20.1.

3.5 Zeitlicher und inhaltlicher Verlauf der Einheit

Im Folgenden beschreibe ich kurz das Thema der einzelnen Unterrichtsstunden sowie deren Inhalt und Zielsetzung. Die in eckigen Klammern angegebenen Zahlen beziehen sich auf den Anhang zu dieser Arbeit, sie geben die Nummer der Anlage an. Mit * gekennzeichnete Stunden werden im Kapitel 4 ausführlich beschrieben und reflektiert.

| Std. | Thema und Inhalt | Zielsetzung |
|----------------|--|--|
| 1. Mo. * | <i>Was fällt mir zum Begriff „Bewegungen“ ein?</i> Die SuS ⁴² erstellen eine Mindmap [19.1] zum Thema „Bewegungen“ und diskutieren die Begriffe und ihre Vorstellungen. | <ul style="list-style-type: none"> • Präkonzepte kennen lernen • Thema abgrenzen • Schneeballmethode [20.1] • Interesse wecken |
| 2. Di. | <i>... und sie bewegt sich doch!</i> Die SuS beobachten die Bewegung eines Motorwagens und eines manuell bewegten Wagens [20.2] und beschreiben die Art der Bewegung; hierbei fällt erneut der Begriff „Schnelligkeit“ ⁴³ , der bis zur genauen Definition statt Geschwindigkeit verwendet wird, da er den Schülervorstellungen näher kommt. Anhand der beiden Wagen untersuchen sie außerdem Relativbewegungen und stellen so den Bezug zum Studentitel (Galilei) her. Abschließend planen sie ein Schülerexperiment zur gleichförmigen Bewegung und bereiten eine Tabelle für Wege und Zeiten vor. | <ul style="list-style-type: none"> • Definition gleichförmige und geradlinige Bewegung • Definition Ruhe und Bewegung • Erkennen der Notwendigkeit eines festen Laborsystems • Historischer Exkurs • Festlegung der notwendigen Messwerte • Festlegung der Rahmenbedingungen (gleichförmig laufen, exakt messen) |
| 3. Mi. * | <i>Wer läuft am schnellsten?</i> Die SuS führen das geplante Schülerexperiment in zwei Gruppen [20.3+4] durch. Anschließend tauschen sie ihre Erfahrungen aus und besprechen Probleme bei der Durchführung. Die gemessenen Werte werden in obiger Tabelle eingetragen. Als Hausaufgabe sind diese Werte in ein Weg-Zeit-Diagramm einzuzeichnen [3.1]. | <ul style="list-style-type: none"> • Selbständiges Experimentieren • Erfahren und Meistern von Schwierigkeiten • Verwendung eines mathematischen Koordinatensystems als Weg-Zeit-Diagramm |
| 4. Do. * | <i>(Auswertung)</i> Anhand des Diagramms werden auf einer Folie Messfehler problematisiert, Fehlerspannen und eine Ausgleichsgerade eingezeichnet [3.2]. Aus dieser wird der Proportionalitätsfaktor für einen Läufer bestimmt. Hausaufgabe ist die Bestimmung der Proportionalitätsfaktoren der anderen drei Läufer und die Berechnung aller Quotienten $\frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}$ aus der Tabelle. | <ul style="list-style-type: none"> • Erkennen verfälschender Faktoren • Definition Ausgleichsgerade • Anwendung des Wissens von proportionalen Zuordnungen |
| 5. Mo. | <i>Geschwindigkeit</i> Durch Vergleich der zeichnerischen und der rechnerischen Lösung gelangen die SuS zum Fachbegriff „Geschwindigkeit“, den sie selbst definieren. Mit Beispielen [4] wird anschließend diskutiert, dass es eine kleinste ($0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$) und eine größte (Licht) Geschwindigkeit gibt. Abschließend werden Geschwindigkeiten von $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ umgerechnet und umgekehrt. Hausaufgabe ist das Durcharbeiten einer ausführlichen Musteraufgabe „Eisschnelllauf – Rechnen mit Formeln“ [5]. | <ul style="list-style-type: none"> • Erkennen des Vorteils der zeichnerischen Lösung • Definition Geschwindigkeit • Auch $0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ist eine Geschwindigkeit (im Unterschied zu „Schnelligkeit“). • Es gibt eine maximale Geschwindigkeit. • Formale Umrechnung $\frac{\text{km}}{\text{h}} \leftrightarrow \frac{\text{m}}{\text{s}}$ und Merkgel |

⁴² In der Tabelle als Abkürzung für „Schülerinnen und Schüler“ verwendet.

⁴³ Vgl. Weber, 1985, S. 282+285

| | | |
|----------------|---|---|
| 6. Mo. * | <i>Wie rechnen wir mit Geschwindigkeiten?</i> Anhand einer mehrteiligen Beispielaufgabe zum „Eisschnelllauf“ [5] wird unter Zuhilfenahme des v-s-t-Dreiecks [21.3] mit Geschwindigkeiten gerechnet bzw. gezeichnet. | <ul style="list-style-type: none"> • Rechnen mit Geschwindigkeiten • Zeichnen eines Weg-Zeit-Diagramms |
| 7. Di. | <i>Geschwindigkeit im Straßenverkehr (6. Unterrichtsbesuch)</i> Die SuS erarbeiten anhand dreier Arbeitsblätter [6-8] in Partnerarbeit, dass es zur Sicherheit im Straßenverkehr zulässige Höchstgeschwindigkeiten geben muss. Anhand zweier Verkehrsschilder nennen sie Anwendungen und Sinn von Tempo 30- und verkehrsberuhigten Zonen. Der Anhalteweg wird genauer untersucht, insbesondere die Faktoren [9], welche ihn vergrößern. Als Hausaufgabe planen die SuS ein Schülerexperiment zur Überprüfung der Tempo 30-Zone vor der ASF. | <ul style="list-style-type: none"> • Sicherheit im Straßenverkehr • Sinn von Geschwindigkeitsbeschränkungen • Merkregel Anhalteweg • Zusammensetzung und Abhängigkeit Anhalteweg |
| 8. Mi. * | <i>Tempo 30 an der ASF?</i> Nach der Planung des Experimentes gemäß den Hausaufgaben messen die SuS in zwei Gruppen [20.5+6] die Fahrzeiten von Autos in der Tempo 30-Zone vor der ASF. Als Hausaufgabe sollen die SuS aus den gemessenen Werten fünf Geschwindigkeiten in $\frac{m}{s}$ und $\frac{km}{h}$ bestimmen. | <ul style="list-style-type: none"> • Selbständiges, eigenverantwortliches Gruppenexperiment • Vermeidung von Messfehlern (Stoppuhr, Starter, ...) |
| 9. Mo. | <i>(Auswertung)</i> Die SuS erhalten <i>alle</i> Geschwindigkeiten als Computer-Ausdruck [11] und diskutieren dann Güte der Ergebnisse, Messprobleme und Folgerungen. Auf Wunsch wird die Faustformel für Reaktions-, Brems- und Anhalteweg eingeführt und bestimmte Anhaltewege berechnet. Abschluss bildet die Vorstellung mehrerer Messmethoden der Polizei [12]. | <ul style="list-style-type: none"> • Kritische Auswertung • Problematik Messfehler • Übertragung auf Realität: <ul style="list-style-type: none"> - Messmethoden Polizei - Auswertung Polizei |
| 10. Do. | <i>Was passiert beim Fahren am Abhang?</i> Ausgehend von einem Gedankenexperiment (Fahrrad am Abhang) messen eine Mädchen- und eine Jungengruppe an einer schiefen Ebene die beschleunigte Bewegung eines Fahrzeugs [20.7]. Die – von den SuS vorhergesagte – Kurve im Weg-Zeit-Diagramm wird mit der Geraden bei einer gleichförmigen Bewegung verglichen. Als anschauliches Beispiel wird die Tachoscheibe eines Busfahrers [13] als Anwendung einer nicht gleichförmigen Bewegung untersucht. | <ul style="list-style-type: none"> • Nicht gleichförmige Bewegung • Definition Beschleunigung und Verzögerung • Bezug zum Alltag |
| 11. Fr. | <i>Momentan- und Durchschnittsgeschwindigkeit</i> Anhand der Tachoscheibe werden die Begriffe Momentan- und Durchschnittsgeschwindigkeit eingeführt. Zusätzlich werden Fragen zur Lernkontrolle beantwortet und nochmals Geschwindigkeiten umgerechnet [14]. | <ul style="list-style-type: none"> • Problem „verschiedenartiger“ Geschwindigkeiten • Vorbereitung Test |
| 12. Mi. | <i>Lernkontrolle</i> Lernkontrolle in 2 Gruppen [15-16] | <ul style="list-style-type: none"> • Leistungsüberprüfung |
| 13. Mo. | <i>Was weiß ich jetzt über „Bewegungen“?</i> Die SuS erstellen erneut eine Mindmap [19.2] und diskutieren die nunmehr veränderte und physikalischere Wahl der Begriffe durch Vergleich mit der ersten Mindmap. Zusätzlich wird der erste Teil der Lernkontrolle besprochen. | <ul style="list-style-type: none"> • Kritischer Vergleich der beiden Mindmaps • Bedeutung der gelernten Fachbegriffe |
| 14. Mi. | <i>Schlussrunde</i> Zu Beginn wird die Lernkontrolle zu Ende besprochen und zurückgegeben. Anschließend füllen die SuS einen Fragebogen [17-18] zum Unterricht der vergangenen 14 Stunden aus. | <ul style="list-style-type: none"> • Überprüfung nicht-kognitiver Lernziele |

3.6 Planung der Lernkontrolle

Genau einen Monat nach Beginn der Unterrichtseinheit, also am 11. Dezember 2002, schreibe ich in der Klasse 7f eine Lernkontrolle⁴⁴, welche lediglich die 11 zum Thema Bewegungen gehörenden Stunden umfasst.

Diese Lernkontrolle enthält fünf verschiedenartige Aufgaben:

In Aufgabe 1 soll ein Weg-Zeit-Diagramm einer gleichförmigen Bewegung gezeichnet und drei Geschwindigkeiten bestimmt werden (beides auf niedrigem Niveau).

Bei Aufgabe 2 soll ein Weg-Zeit-Diagramm eines Lieferwagens interpretiert werden. Die ersten beiden Abschnitte sind Standard, der letzte Teil allerdings Transfer (da der Fahrer wieder zurückfährt!).

In Aufgabe 3 soll eine Geschwindigkeit von km/h in m/s umgerechnet und hiermit der Weg bestimmt werden, welchen ein Autofahrer zurückgelegt, während er nach seinem Handy greift. Die im zweiten Teil geforderten Schlussfolgerungen sollen die Gefahr einer Ablenkung im Straßenverkehr verdeutlichen.

Aufgabe 4 ist eine Textaufgabe eines Autofahrers, der durch die Beschreibung seiner Reise einem Polizisten unbewusst offenbart, dass er zu schnell gefahren ist. Hierbei ist ebenfalls die (Durchschnitts-) Geschwindigkeit relativ einfach zu berechnen und im zweiten Teil der Begriff *Durchschnittsgeschwindigkeit* anhand des Beispiels näher zu erläutern.

Aufgabe 5 ist die aufwendigste: Im ersten Teil sollen die Schülerinnen und Schüler ein Experiment beschreiben, mit dem man überprüfen kann, wie viele Autofahrer die zulässige Höchstgeschwindigkeit in einer Tempo 30-Zone einhalten. Dies entspricht einem der von der Klasse durchgeführten Schülerversuche. Im zweiten Teil ist der Sinn einer verkehrsberuhigten Zone zu erläutern.

Insgesamt ist der Schwierigkeitsgrad der Lernkontrolle für den Anfangsunterricht angemessen und keinesfalls zu hoch. An Transferaufgaben sind vor allem ein Teil von Aufgabe 2 und Aufgabe 4 zu nennen, die anderen Aufgaben wurden im Unterricht in ähnlicher Form durchgenommen. Ebenso enthält die Lernkontrolle einen experimentellen Anteil (Aufgabe 5), der zeigt, ob die Schülerinnen und Schüler ein Experiment planen, durchführen und auswerten können.

Die ersten vier Aufgaben werden mit jeweils 6 Punkten bewertet, die letzte mit 9 Punkten (da mehr zu schreiben ist). Höchstpunktzahl ist somit 33, eine ausreichende Note gibt es mit 16 Punkten.

⁴⁴ Siehe Anlage 15

3.7 Planung des Fragebogens

Mit der eben beschriebenen Lernkontrolle ist es lediglich möglich, die kognitiven Erfolge der Unterrichtsreihe zu überprüfen. Dies reicht mir jedoch nicht aus; ich möchte erfahren, wie die Empfindungen der Schülerinnen und Schüler waren, was sie positiv und negativ werteten.

Zu diesem Zweck modifiziere ich einen Fragebogen⁴⁵, welcher aus einem Unterrichtsprojekt⁴⁶ zur Bewertung koedukativen Unterrichts stammt. In der allerletzten Stunde vor den Ferien – also erst nach der Auswertung der Mindmap und der Besprechung der Lernkontrolle – sollen die Schülerinnen und Schüler diesen Fragebogen anonym (lediglich das Geschlecht ist anzukreuzen) und jeder für sich ausfüllen. Die Fragen beziehen sich nicht nur auf das Thema Bewegungen und die Methoden, sondern beispielsweise auch auf den Spaß an der Physik oder die Fähigkeit des Lehrers, Dinge verständlich zu erklären.

⁴⁵ Siehe Anlage 17

⁴⁶ Pädagogisches Zentrum des Landes Rheinland-Pfalz, 1998, S. 22

4 Analyse und Reflexion der Unterrichtsreihe

4.1 Auswahl bestimmter Unterrichtsstunden der Einheit

Aus der insgesamt sechswöchigen Unterrichtseinheit Bewegungen greife ich die 1., 3./4., 6. und 8. Stunde zur Analyse und Reflexion meiner Praxiserfahrungen heraus. In diesem Kapitel bezeichnen die Zahlen in eckigen Klammern Anlagen.

In der 1. Stunde sollten die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe einer Mindmap ihre **Präkonzepte** zum Thema „Bewegungen“ darlegen.

Die 3. und 4. Stunde bildeten zusammen eine Einheit (Praxis \Leftrightarrow Theorie): Die Schülerinnen und Schüler führten das erste **Gruppenexperiment** mit Auswertung durch, um sich mit den physikalischen Arbeitsmethoden vertraut zu machen.

Die 6. Stunde diente der **Mathematisierung** der bisherigen Erkenntnisse durch Bearbeiten einer umfangreichen Beispielaufgabe zu Geschwindigkeiten.

In der 8. Stunde wurde das zweite **Gruppenexperiment** (Kontrolle der Geschwindigkeiten in einer Tempo 30-Zone) durchgeführt, das sich in Planung, Durchführung und Auswertung stark von dem ersten Versuch unterschied. In die Beschreibung und Reflexion ziehe ich das erste Drittel der 9. Stunde mit ein, in welcher der Versuch ausgewertet und diskutiert wurde.

4.2 Darstellung und Reflexion der Unterrichtsstunden

4.2.1 Thema: Mindmap – „Bewegungen“ (1. Stunde)

Planung: Nach der Schneeballmethode (erst einzeln, dann mit einem Partner, zuletzt in einer drei- bis vierköpfigen Gruppe) sollen sich die Schülerinnen und Schüler Begriffe notieren, die ihnen zum Thema Bewegungen einfallen. Anschließend trägt jede Gruppe ihre drei Begriffe vor und erläutert sie; danach werden sie im Plenum diskutiert. Diese Vorgehensweise knüpft an Wagenscheins 7. Regel an, nach der zuerst die Muttersprache benutzt werden soll und erst später die Fachsprache. Sie dient zum einen dazu, die Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler kennen zu lernen; zum anderen wird so gleich zu Beginn klargestellt, welche dieser Begriffe im jetzigen Thema behandelt werden, welche vielleicht in eine andere Naturwissenschaft gehören oder welche erst in späteren Jahren besprochen werden können.

Verlauf: Die Stunde verlief gemäß der Planung; lediglich eine Gruppe arbeitete nicht zusammen, da zwei Mädchen von vorlauten Jungen übergangen wurden, woraufhin ich letztere ernsthaft ermahnt habe.

Reflexion: Sowohl die Schneeballmethode [20.1] als auch das Erstellen der Mindmap [19.1] war für die Klasse eine neue und dadurch ungewohnte Vorgehensweise. Auffällig war, dass in den Endgruppen (welche nicht nach der Sitzreihe, sondern zufällig gewählt waren) die Jungen teilweise nicht mit den Mädchen zusammenarbeiten wollten und diese links liegen ließen.

Die gefundenen Begriffe waren sehr vielseitig: Neben Bewegungsarten (Fahren, Laufen, ...), Planetenbewegungen und dem Begriff „Geschwindigkeit“ wurden hauptsächlich Ursachen für Bewegungen genannt (Kraft, Antrieb, Motor, ...). Probleme bereitete die sinnvolle Anordnung der Karten, wobei sich die Schülerinnen und Schüler gruppenübergreifend halfen. Ich selbst fügte nach einer Diskussion die Begriffe Geschwindigkeit – Straßenverkehr – Beschleunigung als Leitthemen hinzu.

Insgesamt klappte es anhand dieser Mindmap gut, das Interesse zu wecken, das Thema abzustecken und die Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler zu erkennen: Beispielsweise zeigte es sich, dass sie unter „Geschwindigkeit“ etwas Schnelles verstanden, weshalb wir auch bis zu einer genauen Definition nur von „Schnelligkeit“ sprachen. Bedauerlicherweise musste aber der Enthusiasmus der Klasse etwas gebremst werden, da viele Begriffe physikalisch sehr anspruchsvoll sind (z.B. Aerodynamik) und in einer 7. Klasse nicht behandelt werden können.

Die abschließende Mindmap [19.2] in der letzten Stunde der Einheit sollte aufzeigen, ob und inwiefern sich diese Konzepte verändert haben. Wieder wandte ich die Schneeballmethode an, diesmal allerdings nur mit monoedukativen Gruppen, welche wesentlich besser harmonierten. Die Begriffe waren nun einheitlicher und physikalischer: Am häufigsten wurde „Geschwindigkeit“ genannt, außerdem die Fachbegriffe „gleichförmige Bewegung“, „Beschleunigung“ und „Anhalteweg“. Dies zeigte, dass die Wichtigkeit der neu erlernten Begriffe erkannt wurde. Weiterhin wurde erneut der „Antrieb“ erwähnt, welcher aber erst in den Klassen 8 und 10 behandelt wird.

4.2.2 Thema: Schülerversuch – „Wer läuft am schnellsten?“ (3./4. Stunde)

Voraussetzung: Ausgehend von obiger Mindmap wurden in der 2. Stunde die Begriffe Ruhe und Bewegung definiert. Außerdem wurde anhand eines Motorwagens [20.2] der Fachbegriff gleichförmige und geradlinige Bewegung von den Schülerinnen und Schülern hergeleitet und eingeführt. Um Wege und Zeiten sinnvoll messen zu können, planten wir gemeinsam ein Experiment für die folgende Stunde, bei welchem Schülerinnen und Schüler im Schulhof laufen sollten. Ich

teilte die Klasse in zwei gleich starke Gruppen und wir überlegten, was zu messen war. Die gesamte Strecke (Länge des Schulhofs = 50 m) und die Unterteilung (jeweils 10 m Abstand) musste ich vorgeben; die Schülerinnen und Schüler kamen aber selbst darauf, dass jede Zeit von zwei Personen gemessen und dann gemittelt werden sollte und dass die Läufer möglichst gleichmäßig und langsam laufen sollten, um eine gleichförmige Bewegung zu verwirklichen.

Die beiden Gruppen waren jeweils 15 Personen⁴⁷ stark. Leider war eine mon edukative Aufteilung der Gruppen nicht möglich; so entschied ich mich dafür, in die Mädchengruppe Jungen einzuteilen, welche meiner Ansicht nach „vernünftig“ waren. Die Organisatoren wurden am Ende der 2. Stunde von mir benannt (jeweils ein Junge bzw. Mädchen mit kaum mündlicher Beteiligung). Sie hatten als Hausaufgabe, die Aufgaben ihren Gruppenmitgliedern zuzuteilen.

Planung: In der 3. Stunde sollen die Organisatoren gemäß ihren Vorüberlegungen die Aufgaben innerhalb ihrer Gruppe festlegen. Anschließend haben sie zu überwachen, wie das Experiment durchgeführt wird und an jeder Station die beiden Werte zu notieren. In dieser Phase ist ein Eingreifen meinerseits nicht vorgesehen.

Nach Durchführung des Versuches werden wir anschließend gemeinsam die Mittelwerte berechnen und in der Tabelle notieren, die wir letzte Stunde vorbereitet haben, sowie Erfahrungen über das Experimentieren austauschen. Abschluss bildet das Zeichnen eines (bereits aus der Mathematik des 7. Schuljahres bekannten) Weg-Zeit-Diagramms und das Eintragen der gemessenen Werte.

In der 4. Stunde werden wir von diesem Diagramm ausgehen. Einige Schülerinnen und Schüler haben mit Sicherheit die Messwerte bereits (fälschlicherweise) verbunden; dies soll Ausgangspunkt sein, über Messfehler nachzudenken und diese qualitativ und quantitativ durchzusprechen. Hiernach werde ich den Begriff Ausgleichsgerade einführen. Über diese mathematische Herleitung gelangen wir zum Begriff der proportionalen Zuordnung und des Proportionalitätsfaktors.

Am Ende der Stunde sollen die Schülerinnen und Schüler alle Quotienten $\frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}$ der Messwerte berechnen und aus dem Diagramm den Proportionalitätsfaktor (ebenfalls $\frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}$) jedes Läufers bestimmen; hierbei zeigt sich, dass der Wert aus dem Diagramm die Schwankungen der gemessenen Werte ausgleicht. Daraus erhält man den Begriff Geschwindigkeit, denn der „schnellere“ Läufer hat auch den größeren Proportionalitätsfaktor. Die physikalische Definition der Geschwindigkeit durch die Schülerinnen und Schüler soll die Stunde abschließen.

⁴⁷ 1 Organisator (= Protokollant), 2 Läufer, 1 Entfernungsnehmer, 1 Starter, 2 Stopper pro Station

Ziel der 3. Stunde ist somit das selbständige Durchführen eines gemeinsam geplanten Experimentes; zum Gelingen ist eine gute Zusammenarbeit und Kommunikation der Schülerinnen und Schüler vonnöten. Ziel der 4. Stunde ist die Auswertung und Fehleranalyse des Versuches und die Anwendung des mathematischen Wissens über proportionale Zuordnungen auf dieses konkrete Beispiel.

Verlauf: Am Tag des Schülerexperimentes [21.1] konnte ich die reguläre 6. Stunde überraschend als Vertretung in der 1. Stunde vorholen.

Bereits der Beginn des Schülerexperimentes verzögerte sich aber, denn nur die Mädchengruppe hatte die Einteilung auch wirklich als Hausaufgabe durchgeführt, die Jungengruppe tat dies erst jetzt. Erschwerend kam hinzu, dass der Jungen-Organisator noch nicht einmal seine Mitglieder mit Namen ansprechen konnte.

Trotzdem maßen die Schülerinnen und Schüler begeistert [20.3+4] – nach mehreren Durchläufen – die gesuchten Zeiten. Nach Rückkehr in den Klassenraum besprachen wir kurz die Erfahrungen, um wieder zur Ruhe zu kommen. Hierbei bemerkte bereits eine Schülerin, dass fast alle Läufer gerannt seien, obwohl wir uns vorher auf ein langsames Tempo geeinigt hatten.

Das Ausfüllen der Tabelle verlief schnell, meistens lagen die beiden gemessenen Werte nur knapp nebeneinander. Ein paar Schülerinnen und Schülern fiel schon jetzt auf, dass die Werte nicht ganz stimmen können, denn die zeitlichen Abstände zwischen den (äquidistanten) Messpunkten müssten bei einer gleichförmigen Bewegung doch gleich sein!

Dies war der ideale Ausgangspunkt, um die Schülerinnen und Schüler darüber beratschlagen zu lassen, wie wir die Tabelle am besten auswerten könnten. Mehrere aus der Klasse schlugen gleichzeitig eine graphische Auswertung vor. Gemeinsam legten wir Aufbau und Größe des Koordinatensystems fest. Aus Zeitgründen sollte das Eintragen der Messwerte [3.1] in vier verschiedenen Farben als Hausaufgabe für die nächste Stunde in der darauf folgenden Woche erfolgen.

Zur Überraschung aller fand die 4. Stunde der Unterrichtsreihe bereits am nächsten Tag als eine unvorhersehbare Vertretungsstunde statt. Glücklicherweise hatte rund die Hälfte der Klasse ihre Physik-Sachen dabei, ein Drittel hatte sogar die Hausaufgabe schon gemacht.

Ein weiterer Glücksfall war, dass ich bereits eine Folie⁴⁸ komplett mit Weg-Zeit-Diagramm und Messwerten vorbereitet hatte und wir diese untersuchen konnten. Wie erwartet schlugen sofort mehrere Schüler vor, die Punkte zu verbin-

⁴⁸ Aufgrund eines defekten Episkops ließ sich keine Schülerlösung projizieren.

den, woraufhin zwei Schülerinnen einwarfen: „Das darf ich doch nicht!“; alle waren sich aber einig, dass die Messwerte auf einer Ursprungsgeraden liegen müssten. Die anschließende kurze Diskussion ergab, dass die Werte ungenau waren und deshalb nicht einfach verbunden werden durften.

Wir überlegten uns dann die Größe dieser Messfehler: Für den Weg schien uns ein Fehler von ± 5 cm angebracht; bei der Zeit nahmen wir $\pm 0,5$ s, was manche Schülerinnen und Schüler schon als Näherungswert für die Reaktionszeit kannten. Anhand eines Beispielwertes zeigte ich die Bedeutung des Messfehlers auf: Der wahre Wert muss in einem Kasten $[21.2]$ um den Messwert liegen.

Um die Zeichnung nicht zu unübersichtlich zu machen, beschlossen wir, nur *eine* Fehlerspanne zu verwenden. Hierbei einigten wir uns auf die Zeit, da die Fehlerspanne des Weges (5 cm bei 50 m) praktisch keine Rolle spielte und auch im Diagramm nicht erkennbar wäre. Beispielfhaft zeichneten wir für den langsamsten Läufer die Fehlerspannen ein und diskutierten, dass die Ursprungsgerade nicht durch alle Messwerte, sondern durch alle Fehlerspannen gehen muss.

Nach dem Zeichnen der einen Ausgleichsgerade [3.2] kam sofort von mehreren Seiten das Stichwort „proportionale Zuordnung“, wobei nur noch eine Handvoll Schülerinnen und Schüler die Definition des Proportionalitätsfaktors kannte: $\frac{2. \text{Größe}}{1. \text{Größe}} = \frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}$, welchen wir für diesen einen Fall bestimmten.

Da die Stunde hier bereits zu Ende war, gab ich als Hausaufgabe für die nächste Woche das Zeichnen der Ausgleichsgeraden mit Bestimmung der Proportionalitätsfaktoren sowie die Berechnung aller Quotienten $\frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}$ aus der Tabelle auf.

Reflexion: Die Vertretungsstunden sorgten dafür, dass beide Stunden anstatt 5. bzw. 6. in der 1. Stunde stattfanden, was die Motivation und die Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler enorm steigerte.

In der 3. Stunde verschlang das Schülerexperiment mehr Zeit als von mir vorgesehen: Nicht nur dass die Jungengruppe sehr unorganisiert war, sondern vielmehr auch, dass das Abstecken der Strecke viel Zeit brauchte und beide Gruppen mehr als zwei Durchgänge benötigten. Zusätzlich verzögerte, dass der Organisator zu jedem Stopper-Team hingehen musste, um die Werte zu notieren – während dessen die anderen Leerlauf hatten und teilweise auf dumme Gedanken kamen.

Nur ein Läufer hatte sich an das vorher besprochene langsame Tempo gehalten, alle anderen sind mehr oder weniger schnell gerannt. Dies mag mit dem Schülerkonzept von Geschwindigkeit zusammenhängen, die für sie etwas Schnelles ist.

Positiv zu bemerken war die von mir vorgenommene Gruppeneinteilung, da die Jungen in der Mädchengruppe gut mit diesen zusammenarbeiteten. Ein gewinnbringender Effekt war auch, dass die Organisatorin – zuvor relativ ruhig – sich nach dem Experiment in allen Stunden aktiv beteiligte und hierdurch eine gute mündliche Leistung erbrachte. Ebenfalls positiv war, dass die meisten Stopper bereits während des Versuches ihre Werte mittelten und somit die Auswertung erleichterten.

Das Ausfüllen der Tabelle und auch das Diagramm bereiteten wider Erwarten keine größeren Probleme, da das Wissen den meisten aus dem Mathematik-Unterricht zwei Monate zuvor noch sehr präsent war.

In der 4. Stunde war die Vertretung nicht ganz so günstig, da vielen die Physik-Hefte fehlten. Wirkliches Glück war hier meine Folie, ohne die ich die Stunde in dieser Form nicht hätte durchführen können. Allerdings hatte ich mir zu viel vorgenommen; die Planung, bereits den Fachbegriff Geschwindigkeit zu definieren, ließ sich nicht aufrecht erhalten.

Bei der Auswertung wurde sehr gut erkannt, dass der langsamste Läufer auch am gleichförmigsten gelaufen ist, da er sein Tempo besser beibehalten konnte und außerdem keine lange Beschleunigungsphase brauchte.

Länger hat die Behandlung der Messfehler und der Ausgleichsgeraden gedauert. Diese sind aber meiner Meinung nach unerlässlich für die Analyse eines Versuchs, da in der Mathematik fast ausschließlich geschönte – und damit unrealistische – Werte vorkommen. Bei der Fehlerabschätzung zeigte sich, dass viele noch Probleme mit Größenordnungen haben, da sie beispielsweise den Fehler für die Strecke auf nur 1 cm, den für die Zeit aber auf insgesamt 5 s festlegen wollten. Eventuell reicht es an dieser Stelle aus, nur auf die Zeit einzugehen, da wir den Fehler bei der Wegstrecke ohnehin vernachlässigen mussten (und konnten).

An dieser Stelle wäre es wünschenswert, wenn man die Klasse sowohl in Mathematik als auch in Physik unterrichtet. Denn nur dann weiß man, was wirklich vorausgesetzt werden kann. Eventuell kann man dann auch bereits im Mathematik-Unterricht Aufgaben mit Messfehlern ausführlicher behandeln, um die geringere Zahl der Physik-Stunden zu entlasten. In jedem Fall ist aber eine zumindest qualitative Untersuchung von fehlerbehafteten Messwerten sinnvoll, um ein Problembewusstsein zu schaffen bzw. zu verstärken. Dass mir dies durchaus gelungen war, zeigte das zweite Gruppenexperiment, welches in Abschnitt 4.2.4 näher erläutert wird.

Für den ersten Versuch in diesem Rahmen hat das Experiment und die dazugehörige Auswertung gut funktioniert, was auch die überwiegend positiven Reaktionen im Plenum zeigten. Die Kommunikation der Gruppenmitglieder untereinander verlief zufrieden stellend und auch die Zusammenarbeit war ziemlich effektiv. Ausnahme hiervon bildeten lediglich die pubertierenden Jungen, die durch Imponiergehabe und lästernde Bemerkungen den Ablauf zu stören versuchten. Ein Eingreifen meinerseits war nicht erforderlich, da die anderen Gruppenmitglieder sie schnell zur Raison brachten und dies auch für den Rest der Stunde anhielt.

Als Folgerung aus der 3. und 4. Stunde habe ich mir vorgenommen, bei dem nächsten Gruppenexperiment mehr Verantwortung in die Hände der Schülerinnen und Schüler zu legen und den mathematischen Teil der Auswertung abzukürzen, um den Schwerpunkt auf die qualitative Analyse zu verlagern.

4.2.3 Thema: Rechnen mit Formeln – „Eisschnelllauf“ (6. Stunde)

Planung: Gemäß Wagenscheins 3. und 4. Regel habe ich in den ersten Stunden zuerst das Hauptaugenmerk auf das Phänomen „Geschwindigkeit“ gerichtet und nach obigem Schülerexperiment die Geschwindigkeit physikalisch definiert und Beispiele aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler gesammelt. Erst dann gelangten wir zur Theorie, in welcher die Schülerinnen und Schüler erstmals in Physik eine wirkliche Textaufgabe mit mehreren Rechnungen lösen sollten.

Hausaufgabe zur 6. Stunde ist es, die ausführliche Musteraufgabe zum „Eisschnelllauf“ [5] zu lesen und nachzuvollziehen. Zu Beginn der Stunde werden wir sie kurz besprechen. In der Aufgabe werden bereits alle drei Formeln zum Rechnen mit Geschwindigkeiten erwähnt. Damit die Schülerinnen und Schüler diese nicht lernen müssen, gebe ich ihnen das sog. „v-s-t-Dreieck“ [21.3] vor.

Mit diesem Dreieck als Hilfe werden wir gemeinsam die Zusatzaufgabe zum Eisschnelllauf mit allen Zwischenschritten durchrechnen. Hierbei lege ich Wert auf exakte Schreibweise (mit „gegeben“ und „gesucht“), eine saubere Zeichnung und alternative Lösungswege. Die Schülerinnen und Schüler sollen sich zuerst in Partnerarbeit zu jedem Aufgabenteil einen Lösungsansatz überlegen, welchen wir dann im Plenum diskutieren und durchführen.

Neu ist bei dieser Aufgabe, dass das Weg-Zeit-Diagramm keine einfache Gerade ist, sondern sich aus vier Strecken, also aus mehreren gleichförmigen Bewegungen zusammensetzt. Hier ist der direkte Vergleich zur Rechnung wichtig, um das Zustandekommen jedes Abschnitts zu verdeutlichen.

Ziel der Stunde ist somit die Anwendung der Definitionsgleichung für die Geschwindigkeit auf ein konkretes Beispiel auf einer rechnerischen und einer zeichnerischen Ebene.

Verlauf: Zu Beginn wurde wie geplant die Hausaufgabe besprochen, was keine Probleme bereitete. Anschließend führte ich das v-s-t-Dreieck ein; der Sinn wurde nach kurzer Verwunderung von den meisten bereits jetzt erkannt, von den anderen im Laufe der Aufgabe.

Bei der Behandlung der Aufgabenteile a)-c) [21.4] zeichnete ich auf eine Extra-Tafel stets den dazugehörigen Graphen [21.5]; genauso machten es die Schülerinnen und Schüler im Heft auf der jeweils nächsten Seite. Alle Aufgabenteile besprachen die Schülerinnen und Schüler kurz in Partnerarbeit, anschließend diskutierten und rechneten wir sie gemeinsam im Plenum.

Teil a) wurde sehr schnell gelöst, allerdings ohne die Berücksichtigung der Einheiten. An dieser Stelle musste ich deshalb einen kleinen Exkurs über das Rechnen mit Einheiten einschieben. Bei dem Diagramm dauerte es einen Moment, bis wir eine sinnvolle Einteilung der x-Achse gefunden hatten: Hier ließ ich sowohl eine Zeiteinteilung nach Stunden (Start = 0 h) als auch nach der Uhrzeit (Start = 11³⁰ Uhr) zu; viele schrieben beide Bezeichnungen mit.

Teil b) war komplizierter, da zuerst der zurückgelegte Weg, dann die verbliebene Zeit und Strecke und erst jetzt die notwendige Geschwindigkeit zu bestimmen war. Rund die Hälfte der Klasse gelangte selbständig zu dem Lösungsansatz; nach der gemeinsamen Besprechung hatten alle den Lösungsweg verstanden.

Teil c) war der schwierigste, da er die beiden vorigen Aufgabenteile voraussetzte und mehr mathematisches Nachdenken verlangte; nur vier Schülerinnen und zwei Schüler wagten hier einen Ansatz und konnten gleich zwei oder sogar alle drei Lösungswege angeben. Rund ein Drittel der Klasse war von der Aufgabe überfordert, was sich durch aufkeimende Unruhe bemerkbar machte.

Die abschließende Reflexion der Gesamtbewegung anhand der Zeichnung fand wieder mehr Interesse und lieferte Diskussionsstoff, da der Graph für viele zu unrealistisch war: Eine Geschwindigkeit sei niemals *sofort* erreichbar, sondern sie steige erst langsam an; auch könne man eine Geschwindigkeit niemals über so viele Stunden konstant halten.

Reflexion: Die Besprechung der Hausaufgabe verlief zügig, da der Text sehr verständlich geschrieben ist und Zwischenschritte erklärt werden.

Besonders gut kam das v-s-t-Dreieck an, welches von den meisten auch in der Lernkontrolle verwendet wurde. Es zeigt, dass man Anfangsunterricht Physik mit sehr einfachen Mitteln und ohne Auswendiglernen von Formeln betreiben kann. Ein Vorteil des Dreiecks gegenüber von Formeln ist außerdem, dass es sich visuell leicht einprägen lässt; man darf lediglich die Einträge nicht durcheinander bringen, was aber gelingt, wenn man die Definitionsgleichung $v = \frac{s}{t}$ für eine Geschwindigkeit kennt.

Auch die übersichtliche Schreibweise mit gegebenen und gesuchten Größen, ausführlicher Rechnung und Antwortsatz wurde gerne (auch in der Lernkontrolle) aufgenommen und war anscheinend aus der Mathematik gewohnt.

Leider nahm im Laufe der Übungsaufgabe das Interesse ab, so dass nur noch ganz wenige die Alternativen bei c) suchten (und fanden). Offensichtlich ist diese Aufgabe – obwohl sie aus dem für den hessischen Lehrplan zugeschnittenen Werk Spektrum Physik⁴⁹ stammt – mit ihren vier Teilen noch zu umfangreich für eine 7. Klasse. Da man sie notwendigerweise ausführlich besprechen muss, fehlen anregende und abwechslungsreiche Phasen wie beispielsweise ein kurzes Experiment.

Angenehm war, dass zum Ende die Aufmerksamkeit zurückkam, als der Graph aufgrund der Erfahrungen aus dem Leben der Schülerinnen und Schüler interpretiert wurde: Viele hinterfragten dieses Beispiel Eisschnelllauf, kritisierten die Realitätsferne und gaben Verbesserungsvorschläge für sinnvollere Aufgaben. Nur ganz wenige erkannten, dass gewisse Reduktionen notwendig sind, um ein realistisches Beispiel – das zweifelsohne zu komplex ist für eine Mittelstufe – im Unterricht behandeln zu können.

Interessanterweise waren die meiste Zeit vor allem die Mädchen mit Begeisterung an der Lösung der Aufgabe beteiligt, während sich fast alle Jungen im Hintergrund hielten. Dies mag auch daran liegen, dass die Schülerinnen sich nicht nur eher von der praxisnahen Aufgabenstellung motivieren ließen, sondern dass sie auch besser in der Lage sind, Texte zu lesen und zu verstehen.⁵⁰

Insgesamt bleibt zu sagen, dass diese stark mathematisierte Übung zu theoretisch war. Zwar lässt sich die Musteraufgabe (d.h. die Hausaufgabe) durchaus zur Motivation verwenden; ansonsten werde ich aber bei dem nächsten Durchgang versuchen, lieber kleine Aufgaben zu rechnen, welche sich nach Möglichkeit aus Experimenten oder Bildern herleiten lassen. Dies gewährleistet nicht nur einen ab-

⁴⁹ Appel et al., 2002, S. 131

⁵⁰ Dies zeigte sich auch bei anderen Arbeitsblättern, insbesondere bei der Lernkontrolle.

wechsungsreicheren Unterricht, sondern es bietet auch die Möglichkeit zu mehr Partnerarbeitsphasen, die bei kürzeren Aufgaben sinnvoller und einfacher durchzuführen sind. Nicht verzichten werde ich auf die Einführung des v-s-t-Dreiecks, welches das Erlernen vieler physikalische Formeln vereinfachen kann.

4.2.4 Thema: Schülerversuch – „Tempo 30 an der ASF“ (8. Stunde)

Planung: Nach dem 6. Unterrichtsbesuch in der vorhergehenden Stunde, in welchem zulässige Höchstgeschwindigkeiten, Tempo 30- und verkehrsberuhigte Zonen behandelt wurden, hatten die Schülerinnen und Schüler – motiviert durch eine Folie [10] – die Hausaufgabe, ein Experiment zu planen, mit dem man messen kann, ob die Autos die Tempo 30-Zone⁵¹ vor der ASF einhalten.

Zu Beginn der 8. Stunde sollen mehrere Schülerinnen und Schüler ihre Hausaufgabe vorlesen und erläutern, wie sie sich die Durchführung vorstellen. Gemeinsam werden wir dann festlegen, welche Werte wir messen müssen und worauf zu achten ist, um die Messfehler möglichst gering zu halten.

Hierbei gehe ich ganz offen heran: Nach Möglichkeit soll alles (Wegstrecken, Anzahl der Stopper, Startsignal) von den Schülerinnen und Schüler bestimmt werden, welche hier ihre Vorerfahrungen aus dem Straßenverkehr bzw. dem letzten Experiment einbringen können und sollen. Einzige Einschränkung ist die Einteilung der Gruppen und des Organisators, welche ich genauso wie beim ersten Gruppenexperiment festgelegt habe.

Nach dieser Einführung (max. 15 Minuten) und einer Ermahnung, vorsichtig zu sein, gehen wir vor das große Hoftor und beginnen mit der Messung. Es sind höchstens 20 Minuten vorgesehen, um am Ende noch 5 Minuten Zeit zur Reflexion zu haben⁵². Während der Experimentierphase werde ich als Beobachter fungieren und nicht in das Geschehen eingreifen.

Hausaufgabe für die folgende Stunde ist es, die gemessenen Wege und Zeiten⁵³ der eigenen Gruppe in Geschwindigkeiten (sowohl in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ als auch in $\frac{\text{km}}{\text{h}}$) umzurechnen und Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen zu ziehen bzw. diese kritisch zu hinterfragen.

Ziel der Stunde ist somit eine nahezu vollkommen selbständige Planung und Durchführung eines Schülerexperimentes, bei der es wie das letzte Mal auf gute Absprache und Teamfähigkeit ankommt, sowie eine kritische Auswertung.

⁵¹ Vgl. Ludick, 1995, S. 12f.

⁵² Aufgrund der vielen auswärtigen Schülerinnen und Schüler endet der Unterricht in der 6. Stunde bereits nach 40 Minuten.

⁵³ Da die Straße meist nicht belebt ist, rechne ich mit rund 10 Werten pro Gruppe.

Verlauf: Die Hausaufgabe mit der Beschreibung des Experiments [21.6] wurde nur von rund zwei Drittel (darunter alle Mädchen) der Klasse gemacht; allerdings war mehr als die Hälfte davon sehr detailliert und durchdacht.

Zu Beginn besprachen wir wie geplant diese Hausaufgabe. Dabei ergaben sich sehr gute Vorschläge der Schülerinnen und Schüler für die Aufteilung, welche nach kurzer Diskussion angenommen wurden:

- Jede Gruppe steht auf einer Straßenseite und misst nur eine Fahrtrichtung.
- Je eine Person ist der Organisator bzw. der Entfernungsnehmer.
- Wir organisieren zwei Messorte (die Vorschläge 20 m und 40 m kamen von mehreren aus der Klasse); an jedem stehen vier bis fünf Stopper und *jeweils* ein Protokollant, der sofort den Mittelwert ausrechnet und notiert. Die große Zahl der Stopper wurde aufgrund der kürzeren Zeiten zur Fehlerbeseitigung vorgeschlagen; außerdem könne man so den Messwert bei 20 m besser mit dem desselben Autos bei 40 m vergleichen.
- Eine Person gibt das Startsignal. Diskutiert wurde ein akustisches Zeichen; aufgrund des Lärmpegels entschieden sich die Gruppen aber dann doch für ein optisches Signal, beispielsweise das Senken eines Armes.
- Die Strecke sollte nicht zu nahe an den Straßenkreuzungen liegen, da die Autos hier zu langsam fahren und so das Ergebnis verfälscht wird. Die Schülerinnen und Schüler sollten nicht zu offensichtlich und stark gruppiert dastehen, um die Autofahrer nicht vorzuwarnen.

Anschließend begaben sich die 14 bzw. 15 Personen starken Gruppen [20.5+6] auf das Trottoir vor dem großen Haupttor der Augustinerschule. Während die Mädchengruppe rasch mit dem Arbeiten anfang, brauchte die Jungengruppe erneut lange, um sich zu organisieren.

Beide Gruppen gingen mit einer noch größeren Begeisterung an das Messen als beim ersten Mal; nach 20 Minuten, als wir in den Fachraum zurückkehrten, hatten wir insgesamt 51 brauchbare Zeiten erhalten. Diese Messwerte wurden abschließend noch schnell von allen notiert. Da es so viele Werte waren, bildete die Hausaufgabe lediglich das Berechnen von fünf Geschwindigkeiten der eigenen Gruppe.

Zu Beginn der 9. Stunde besprachen wir kurz die Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler, welche das Experiment ausnahmslos positiv bewerteten. Anschließend teilte ich ein Blatt mit der Auswertung [11] des Experiments aus, auf welchem ich mit dem Computer *alle* Geschwindigkeiten bestimmt und graphisch

in einem Balkendiagramm nach Größenbereichen sortiert hatte: 18 Fahrzeuge sind zu schnell gefahren, davon drei 45 km/h oder mehr.

Daraufhin warf eine Schülerin ein, diese Werte seien viel zu ungenau, was zu einer Diskussion über die Güte der Messwerte führte: Zum einen äußerten viele Schülerinnen und Schüler selbstkritisch, dass sie zu ungenau gestoppt hätten; zum anderen wurde kritisiert, dass kaum ein Auto mit konstanter Geschwindigkeit gefahren sei (wegen parkender oder entgegen kommender Autos, ...). Außerdem sei durch die kurze Straßenlänge eine hohe Geschwindigkeit sehr unwahrscheinlich. Zusätzlich müsste man genau wie die Polizei eine Fehlertoleranz berücksichtigen.

Dennoch gelangten alle zu der Erkenntnis, dass in jedem Fall die Autos über 40 km/h zu schnell gefahren seien – bei einem Anhalteweg von rund 28 m, was mehr als der halben Messstrecke entsprach. Mehrere Schülerinnen und Schüler wünschten sich deshalb eine offizielle Kontrolle durch ein Blitzgerät.

Reflexion: Trotz der vielen fehlenden Hausaufgaben ist die Stunde gut gelungen und war bei den Schülerinnen und Schülern mit Abstand die beliebteste in der Unterrichtsreihe Bewegungen (siehe auch die Abschnitte 4.4 und 4.5).

Zahlreiche Schülerinnen und Schüler brachten bereits zu Beginn viele eigene Ideen mit ein. Mehrere berichteten, sie seien schon mit dem Fahrrad geblitzt worden; ein anderer erzählte, dass er bei einem befreundeten Polizisten für heute einen Blitzapparat ausleihen wollte, aber leider keinen bekommen hätte.

Die Einteilung der Aufgaben innerhalb der Gruppen zeigte, dass mehrere von mir als ungünstig wahrgenommene Umstände des ersten Versuches (beispielsweise der einzelne Protokollant) auch von den Schülerinnen und Schülern als solche angesehen wurden. Hiernach stellte sich mir die Frage, ob ich bei dem ersten Experiment nicht zu viel vorgegeben habe und so den Schülerinnen und Schülern die Freude am selbsttätigen Einteilen und Versuchen teilweise genommen habe. Positiv überraschte mich auch die Bestimmung von drei oder mehr Stoppern, um die beim ersten Versuch doch großen Messfehler zu verkleinern.

Einige vorgebrachte Ideen wurden von den Gruppen nicht verwirklicht: Zum einen standen die meisten viel zu offensichtlich herum, weswegen einige Autofahrer abbremsten. Zum anderen war der erstrebte direkte Vergleich der 20 m-Messungen mit den 40 m-Messungen nicht möglich, da zu uneinheitlich gemessen wurde. Auch der etwas kurvige Straßenverlauf war vorher diskutiert, aber bei der Durchführung nicht berücksichtigt worden.

Mehrfach musste ich zwei Schüler massiv ermahnen, welche rumalberten und so ohne Blick auf die Straße gerieten. Dies war der einzige Eingriff meinerseits. Überraschend benahmen sich die anderen Jungen besser als sonst und fielen nicht unangenehm auf.

Trotzdem war die Jungengruppe wiederum relativ chaotisch, da beispielsweise am Anfang der Organisator alle Ergebnisse selbst protokollierte (bis ihm ein Mädchen aus der anderen Gruppe sagte, was er tun soll). Dennoch hat sich die vom ersten Experiment übernommene Einteilung in die zwei Gruppen bewährt, da nach anfänglichen Problemen zügig und sehr effektiv gearbeitet wurde.

Am Ende waren alle über die vielen Messergebnisse überrascht, obwohl durchschnittlich nur jedes zweite Fahrzeug gestoppt (und die beiden schnellsten verpasst) wurde.

Die Auswertung mit dem Computer (Excel) erschien mir bei 51 Werten unumgänglich. Deshalb genügte es, wenn die Schülerinnen und Schüler beispielhaft fünf Geschwindigkeiten ausrechneten, um das Prinzip zu verstehen; die restliche stumpfsinnige Rechenarbeit wollte ich ihnen ersparen. Durch diese Zeitersparnis war es möglich, dass wir die Ergebnisse ausführlich diskutieren konnten. Dies hat gut funktioniert; die Auswertung mit dem Computer werden wir allerdings Ende Januar als Abschluss des Halbjahres auf Wunsch der Schülerinnen und Schüler nochmals im Computerraum nachvollziehen, da kaum jemand diese Möglichkeiten des Computers bisher kannte.

Die Diskussion im Anschluss war ebenfalls fruchtbar; viele Erfahrungen („selbst geblitzt“) wurden eingebracht, bei der Abwägung der Ergebnisse waren die Schülerinnen und Schüler zeitweise kaum zu bremsen. Eine Schülerin erzählte von den falschen Vorstellungen eines Stadtrats, welcher zu ihrem Vater – nachdem dieser geblitzt worden war – sagte, dass 53 km/h in einer Tempo 30-Zone nicht zu schnell sei und noch im Rahmen läge. Somit ist es auch gelungen, ein wenig Verkehrserziehung mit einzubauen, indem die Schülerinnen und Schüler sich Gedanken über ihr eigenes Verhalten bzw. das anderer Verkehrsteilnehmer machten.

Insgesamt kann man feststellen, dass die Stunde gut verlief und dieses Schülerexperiment – auch im Vergleich zum ersten – auf sehr große Begeisterung stieß. Dies mag daran liegen, dass dieser Versuch sich direkt auf die Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler bezog, während das Laufen doch zu geschönt war, um den Geschwindigkeitsbegriff herzuleiten. Es zeigt sich also, dass die von

der Didaktik erhobene Forderung nach einem starken Lebensbezug und nach einem Ansprechen der Emotionen der Schülerinnen und Schüler auch und gerade bei Schülerexperimenten nicht vernachlässigt werden darf.

Einzig bei der Aufteilung der Gruppen werde ich das nächste Mal noch besser aufpassen: Es hat sich herausgestellt, dass sowohl die Jungengruppe als auch die Jungen in der Mädchengruppe davon profitiert haben, dass die Mädchen sehr gut organisiert waren und effektiv gearbeitet haben. Damit die Schüler dies das nächste Mal nicht ausnutzen können, werde ich verstärkt darauf achten, dass zum einen die Gruppen unabhängig voneinander arbeiten und zum anderen innerhalb der Gruppe die Aufgaben fester verteilt sind und so jeder zur Mitarbeit gezwungen ist. Trotzdem zeigte der Versuch, dass gerade die Schülerinnen viel Spaß am physikalischen Experimentieren hatten und erfolgreicher waren als ihre Mitschüler.

4.3 Auswertung der Lernkontrolle

Die Lernkontrolle⁵⁴ ist überraschend gut ausgefallen. Die Korrektur verlief – mit Ausnahme der Aufgabe 2 – problemlos:

- Aufgabe 1 wurde von fast allen Schülerinnen und Schülern komplett gelöst.
- Bei Aufgabe 3 vergaßen viele die Umrechnung von km/h in m/s , obwohl diese in der letzten Stunde vor der Lernkontrolle nochmals behandelt worden war.
- Aufgabe 4 bereitete ebenfalls keine großen Probleme, auch wenn viele Schülerinnen und Schüler den Begriff Durchschnittsgeschwindigkeit nicht anhand des Beispiels erläuterten und somit Punkte verloren.
- Auch Aufgabe 5 wurde gut gelöst: Die Erklärung der verkehrsberuhigten Zone gelang fast allen komplett; auch bei der Beschreibung des Experimentes zur Überprüfung der Tempo 30-Zone wurden von den meisten sehr gute und ausführliche Lösungen geliefert, auch wenn manche ein paar Besonderheiten (Messfehler, konstante Geschwindigkeit, Starter, ...) vergaßen.
- Aufgabe 2 wurde von rund der Hälfte komplett falsch gelöst: Sie gingen nicht von einem *Weg-Zeit*-Diagramm, sondern von einem *Geschwindigkeit-Zeit*-Diagramm aus. Ursache hierfür war wohl die kurz vorher behandelte Tachoscheibe. Dieses Problem bemerkte ich schon während der Lernkontrolle und wies nochmals darauf hin, dass bei dieser Aufgabe die Achsenbeschriftung beachtet werden sollte. Leider gab es dennoch sehr viele falsche Ergebnisse, die ich alle mit 0 Punkten bewerten musste.

⁵⁴ In Anlage 16 ist pro Aufgabe eine Schülerlösung abgedruckt.

Aufgrund der von vielen missverstandenen Aufgabe 2 senkte ich die erreichbare Gesamtpunktzahl von 33 auf 31 Punkte sowie die Grenze zur Note 4 von 16 auf 15 Punkte. Dies führte zu folgendem Ergebnis:

| Note | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Ø |
|----------------|---|----|---|---|---|---|------|
| Anzahl Klasse | 4 | 11 | 9 | 6 | - | - | 2,57 |
| Anzahl Mädchen | 1 | 6 | - | 1 | - | - | 2,13 |
| Anzahl Jungen | 3 | 5 | 9 | 5 | - | - | 2,73 |

Hierbei fällt sofort auf, dass der Durchschnitt der Mädchen um 0,6 über dem der Jungen liegt. Zwar hat nur eine Schülerin eine sehr gute Leistung erbracht, aber dafür gibt es keine Schülerin im befriedigenden und nur eine im ausreichenden Bereich. Bei den Jungen ist die Streuung größer mit einem Schwerpunkt im Bereich der Note 3.

Bei der Bewertung habe ich lange überlegt, ob ich die Aufgabe 2 nicht zu restriktiv bewertet habe, als ich 0 Punkte für einen falschen Ansatz gegeben habe. Der Notendurchschnitt zeigt aber, dass dies keine negativen Auswirkungen hatte und deshalb durchaus zu rechtfertigen war – zumal ich ja auch diejenigen belohnen musste, welche die Aufgabe komplett richtig hatten.

Insgesamt überraschte mich das gute Ergebnis, da viele Schüler und drei Schülerinnen kaum mündliche Beteiligung zeigten und ich deshalb mit ein paar mangelhaften Noten gerechnet hatte. Offenbar half bei den Rechenaufgaben das v-s-t-Dreieck, das bei der Eisschnelllauf-Aufgabe eingeführt und dort intensiv verwendet wurde. Die vergessene Umrechnung von km/h in m/s führe ich eher auf Nervosität als auf Nichtkönnen zurück. Auch die praxisnahe Beschreibung des Experimentes trug zu dem hervorragenden Ergebnis bei.

Das gute Abschneiden der Mädchen war nicht unerwartet, da sie sich – bis auf die drei ganz ruhigen – meist sehr intensiv am Unterrichtsgeschehen beteiligten und vor allem auch eher eigene Erfahrungen mit einbrachten als die Jungen, ja sogar teilweise noch nach den Stunden Fragen stellten. Erstaunlich war, dass eine der ruhigen Schülerinnen sogar die zweitbeste Mädchenarbeit geschrieben hat.

Auch die Heftführung⁵⁵ unterstreicht dieses Ergebnis: Hier sind ebenfalls die Mädchen (Ø = 1,5) – formal *und* inhaltlich – wesentlich leistungstärker als die Jungen (Ø = 2,9), weswegen sie sich auch besser auf die Lernkontrolle vorbereiten konnten. Das Einsammeln und Benoten der Hefte sollte im Anfangsunterricht Physik also immer mit einbezogen werden.

⁵⁵ Auszüge siehe Anlage 21

4.4 Auswertung des Fragebogens

Bei der Auswertung des Fragebogens⁵⁶ zeigte sich, dass der Unterricht grundsätzlich positiv bewertet wurde. Hierbei ergaben sich interessanterweise kaum Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen.

Von fast allen wurden demnach die Fachbegriffe vollkommen verstanden und auch die Bedeutung des Themas erkannt. Ebenso hat es den meisten Spaß gemacht und die Motivation erhöht. Auch meine Fähigkeit, auf Schülerinnen und Schüler einzugehen und verständlich zu erklären, wurde durchweg positiv beurteilt.

Negativ überrascht hat mich lediglich die Antwort, dass rund ein Drittel mit keinem Verwandten oder Freundin bzw. Freund über das Thema gesprochen hatte. Ich war davon ausgegangen, dass sich in einer 7. Klasse die Eltern immer noch danach erkundigen, was im Unterricht behandelt wird; offensichtlich wird der Stellenwert der Schule aber nicht mehr so hoch angesiedelt.

Bei den beiden offenen Fragen überwogen bei weitem die positiven Antworten: Die Schülerinnen und Schüler fanden vor allem die Freiluftexperimente gut (insbesondere „Tempo 30 an der ASF“), außerdem den Abwechslungsreichtum der Stunden. Auch der Bezug zur Realität und die Vorbereitung auf das spätere Leben (Führerschein) wurden genannt.

Kritisiert wurden in erster Linie die vielen Rechnungen und – allerdings nur von den Jungen – die Hausaufgaben sowie die Mindmap zu Beginn und Ende der Unterrichtseinheit. Zwei Schülerinnen (die beiden leistungstärksten) bemängelten, dass vieles noch nicht behandelt werden konnte, weil die Voraussetzungen dafür fehlten. Mehrere Schüler nannten die ungünstigen Stundenzeiten am Ende des Schultages.

Der Fragebogen bestätigte also die Erkenntnis, welche sich aus den Unterrichtsstunden ergab: Die Motivation ist am besten, wenn die Schülerinnen und Schüler in ihrer Lebenswelt ernst genommen werden und eigene Erfahrungen einbringen können. Bei Versuchen eignen sich ebenfalls vor allem Experimente aus dem Alltag und keine High Tech-Versuche ohne Lebensbezug. Lediglich die Mathematik sollte noch weiter in den Hintergrund treten. Nicht zuletzt zeigte sich, dass der Unterricht in dieser Form um einiges mehr Spaß macht als ein von Lehrerexperimenten geprägter Unterricht.

⁵⁶ Siehe Anlage 18

5 Gesamtreflexion

Vor einem abschließenden Resümee fasse ich meine Praxiserfahrungen im Hinblick auf die in Abschnitt 2.4 aufgestellten Fragen zusammen:

1. Wie kann ich „Bewegungen“ phänomenologisch unterrichten?

Im Mittelpunkt der Physik – insbesondere beim Anfangsunterricht – müssen lebensnahe Phänomene stehen. Der Unterricht sollte deshalb von den Präkonzepten der Schülerinnen und Schüler ausgehen und an vielen Stellen möglichst realitätsnahe Experimenten beinhalten (in erster Linie Schülerexperimente), welche wieder auf den Alltag zurückübertragen werden. Die Mathematik sollte hierbei so gering wie möglich gehalten werden.

2. Wie kann ich die Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler am effektivsten in den Unterricht einbeziehen?

Um das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zu erfragen und zu ordnen, bietet sich am ehesten eine Mindmap an. Hierbei sollte man Schülerbegriffe diskutieren, die Grenzen des Gebietes aufzeigen und die weitere Vorgehensweise klären. Bei einem so einfachen Thema wie Bewegungen ist dies nicht unbedingt nötig, da die Präkonzepte relativ klar auf der Hand liegen (beispielsweise „Schnelligkeit“ statt Geschwindigkeit).

3. Wo kann ich Schülerexperimente einsetzen und welchen Lernzuwachs bringen diese?

Der Einsatz von Schülerexperimenten sollte sehr oft geschehen. Hierbei ist es nicht unbedingt notwendig, sie ausführlich vorzuplanen, sondern es empfiehlt sich, die Schülerinnen und Schüler einfach selbst einmal ausprobieren zu lassen, wie man eine bestimmte Messung vornimmt. Eine zu große Lenkung – wie bei meinem ersten Gruppenexperiment – verringert nur die Freude an der Physik. Der Sinn der Experimente liegt klar auf der Hand: Sie fördern sowohl die Fach- und Methoden- als auch die Sozial-Kompetenz. Zum einen können Versuche dazu dienen, dass die Schülerinnen und Schüler ihre eigenen Vorstellungen eines Sachverhalts praktisch überprüfen. Zum anderen müssen sie sich hierbei mit anderen organisieren und absprechen, um den Versuch erfolgreich zu beenden. Außerdem lernen sie die Arbeitsmethoden und Inhalte der Physik praktisch kennen: Es wird ein Experiment geplant und durchgeführt, Fehlerquellen analysiert und eingeschätzt, Ergebnisse berechnet und untersucht – und anschließend werden hieraus Schlussfolgerungen gezogen.

Um den Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler zu erhalten, sollte man bei diesen Versuchen oftmals auf direkt beobachtbare (Natur-) Phänomene zurückgreifen und nur wenn nötig die sterileren Laborexperimente verwenden.

4. An welchen Stellen ist eine Mathematisierung unumgänglich?

Mathematik sollte immer wieder mit eingebracht werden – allerdings nur im direkten Bezug zu Experimenten und in wohldosierten Portionen. Zu theoretische oder zu umfangreiche Aufgaben sollten vermieden werden, um die Motivation zu erhalten und nicht durch unnötige Verkomplizierung abzuschrecken.

Resümee:

Trotz meiner auf den Erfahrungen mit einer 8. Klasse beruhenden anfänglichen Skepsis hat sich die Mechanik im Anfangsunterricht als sehr gewinnbringend erwiesen. Dies liegt nicht nur daran, dass das 7. Schuljahr mit nunmehr vier statt zwei Gebieten abwechslungsreicher geworden ist und einen besseren Überblick über die Physik ermöglicht. Vielmehr gelingt es mit Hilfe des Themas Bewegungen, den Schülerinnen und Schülern fast spielerisch physikalische Inhalte und Methoden beizubringen und sie so für Physik zu begeistern oder zumindest zu interessieren.

Der enorm hohe Zeitaufwand für dieses Einzelthema hat sich also gelohnt, wirft jedoch die Frage auf, an welchen Stellen ich Abstriche machen kann, um den vom Kultusministerium festgelegten Zeitvorgaben entgegenzukommen. Möglich wäre dies bei den beschleunigten Bewegungen, welche man mehr am Rande behandeln kann; auch die Begriffe Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit kann man hierbei eventuell übergehen. Ebenso kann man die Mathematik in kleineren Stücken mit einbeziehen und keine komplette, zu theoretische Unterrichtsstunde hierfür verwenden.

Je nach Einteilung des gesamten Schuljahres ist es natürlich auch möglich, auf eines der Gruppenexperimente zu verzichten, sofern man dieses in anderen physikalischen Bereichen nachholt. Dies erscheint auch zweckmäßig, da die Schülerinnen und Schüler in jedem Gebiet der Physik Versuche durchführen sollten (nicht notwendigerweise in Großgruppen, sondern auch in Einzel- oder Partnerarbeit). Auch hier hat also das exemplarische Unterrichten Vorrang vor einer ganzheitlichen, aber überfrachteten Physik. In jedem Fall ist die Zeitvorgabe auch bei nur einem Gruppenexperiment mit ausführlicher Auswertung nicht zu halten.

Der Aufwand hat sich aber nicht nur im Hinblick auf die Physik gelohnt, sondern es herrscht nach den Schülerexperimenten eine angenehmere Arbeits- und Sozialatmosphäre, da aus verschiedenen Klassen stammende Schülerinnen und Schüler gezwungen waren, miteinander zu arbeiten – und dies letztendlich auch erfolgreich bewältigt und genossen haben.

Zu überlegen wäre es, ob man bestimmte Bereiche der Physik monoedukativ unterrichtet, um den Schülerinnen bessere Chancen einzuräumen. Denn gerade in dem stark anwendungsbezogenen Gebiet Bewegungen hat es sich gezeigt, dass sich vielfach die Mädchen mehr beteiligt haben als die Jungen und der Unterricht enorm von ihnen profitiert hat. Bei koedukativem Unterricht sollte man in jedem Fall darauf achten, dass sich ruhigere Schülerinnen nicht von vorlauten Schülern zurückdrängen lassen und so – obwohl sie leistungsstärker sind – den Spaß an der Physik verlieren.

Für meinen weiteren Physik-Unterricht habe ich mir vorgenommen, noch mehr als bisher auf Schülerexperimente zurückzugreifen und die Mathematik vor allem im Anfangsunterricht der 7. Klasse auf das notwendige Minimum zu reduzieren. Ebenso werde ich mir – auch bei einem anderen Thema als Bewegungen – mehr Gedanken darüber machen, welche direkt beobachtbaren, lebensnahen Ereignisse ich in den Unterricht einbauen kann, um die Physik vom Anwendungsbezug her zu behandeln.

Insgesamt kann ich also den neuen Lehrplan als positiv bewerten, da er Abwechslungsreichtum, Phänomenologie und Schüleraktivitäten in den Vordergrund rückt. Lediglich an zwei Stellen ist Kritik angebracht:

- Die vorgegebenen Stundenzahlen sind realitätsfern, da innerhalb dieser Zeit die verbindlichen Unterrichtsinhalte kaum in einer adäquaten Form von den Schülerinnen und Schülern erfahren werden können.
- Es wäre sehr hilfreich, wenn das Kultusministerium ergänzend zu dem Lehrplan nicht verpflichtende Handreichungen zur Verfügung stellen würde, in welchen der Lehrer Hinweise auf schülernahe Experimente und realitätsbezogene Aufgaben erhält.

Literaturverzeichnis

Appel, Thomas et al.: *Spektrum Physik – Gymnasium 7/8 Hessen*. Schroedel Verlag, Hannover, ¹2002

Berge, Prof. Dr. Otto Ernst: *Elemente der Verkehrs-Physik*. In: *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik* Nr. 30/1995, Seelze, 1995, S. 12-20

Berghof, Norbert et al.: *GROSS BERHAG – Physik für die Sekundarstufe I*. Klett Verlag, Stuttgart, ¹1982

Best, Jessy und Ebert, Dr. Bernd: *Zu einigen Problemen und Erfahrungen bei ausgewählten Inhalten der Mechanik im Physikunterricht Klasse 6*. In: *Physik in der Schule* Nr. 10 (1990), Berlin, 1990, S. 400-404

Bleichroth, Wolfgang et al.: *Fachdidaktik Physik*. Aulis Verlag, Köln, ²1999

Bömer, Brigitte et al.: *Fortbewegung in Natur und Technik*. Klett Verlag, Stuttgart, ¹2000

Boysen, Gerd et al.: *Physik für Gymnasien Sekundarstufe I – Länderausgabe A Teilband 1*. Cornelsen Verlag, Berlin, ¹1992

Dorn, Prof. Friedrich und Bader, Prof. Dr. Franz: *Physik – Gymnasium Sek. I*. Schroedel Verlag, Hannover, ¹2001

Fachkonferenz Physik der Augustinerschule Friedberg: *Physik – Stoffplan SI*. Friedberg / Hessen, 2000 (siehe Anlage 2)

Graumann, Dr. Lore et al.: *Zur Behandlung des Stoffgebietes Mechanik in Klasse 6 auf Grundlage der überarbeiteten Lehrmaterialien*. In: *Physik in der Schule* Nr. 1/2 (1983), Berlin, 1983, S. 11-17

Grell, Jochen und Grell, Monika: *Unterrichtsrezepte*. Beltz Verlag, Weinheim, ¹1999

Gressmann, Michael und Mathea, Wolfgang: *Die Fundgrube für den Physik-Unterricht*. Cornelsen-Scriptor Verlag, Berlin, ¹1996

Heepmann, Bernd et al.: *Natur und Technik – Physik für die Sekundarstufe I*. Cornelsen Verlag, Berlin, ¹1999

Hessisches Kultusministerium: *Rahmenplan Physik – Sekundarstufe I*. Diesterweg Verlag, Frankfurt am Main, ¹1996

Hessisches Kultusministerium: *Lehrplan Physik – Gymnasialer Bildungsgang Jahrgangsstufen 7 bis 10*. <http://www.kultusministerium.hessen.de>, ¹2002

Höfling, Oskar: *Physikaufgaben – Sekundarstufe I (Lehrerausgabe)*. Dümmler Verlag, Bonn, ¹1994

Kircher, Dr. Ernst et al.: *Physikdidaktik – Eine Einführung*. Springer Verlag, Berlin, ²2001

Kircher, Dr. Ernst und Schneider, Prof. Dr. Werner (Hrsg.): *Physikdidaktik in der Praxis*. Springer Verlag, Berlin, ¹2002

Kroner, Bernd und Schauer, Herbert: *Unterricht erfolgreich planen und durchführen*. Aulis Verlag, Köln, ¹1997

Kultusministerien Hessen, Baden-Württemberg, Bayern, Sachsen, Saarland, Thüringen, Hamburg: *Bildungsstandards für das Fach Physik – Gymnasium vor Eintritt in die Kursstufe*. <http://www.kultusministerium.hessen.de>, ¹2002

Ludick, Leo: *Projektunterricht muss nicht aufwendig sein – Bericht über ein Projekt „Verkehrssünder“*. In: *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik* Nr. 28/1995, Seelze, 1995, S. 12-13

Pädagogisches Zentrum des Landes Rheinland-Pfalz: *Mädchenphysik? Jungenphysik? Physik, die allen Spaß macht!* BLK-Modellversuch, PZ-Information 6/98 Physik, Bad Kreuznach, ¹1998

Schmid, Prof. August und Weidig, Prof. Dr. Ingo: *Lambacher Schweizer 7*. Klett Verlag, Stuttgart, ²2000

Steinmann, Alfred: *Naturphänomene Bewegungen – Arbeitsheft*. Schroedel Verlag, Hannover, ¹1998

Wagenschein, Prof. Dr. Martin: *Verstehen lehren*. Beltz Verlag, Weinheim, ¹1999

Weber, Dr. Klaus: *Zur Problematik umgangssprachlicher und fachsprachlicher Begriffe im Stoffgebiet Mechanik Klasse 6*. In: Physik in der Schule Nr. 7/8 (1985), Berlin, 1985, S. 280-286+317

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Pädagogische Prüfungsarbeit selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die im Literaturverzeichnis genannten benutzt habe, ferner, dass diejenigen Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinne nach entnommen sind, in jedem einzelnen Falle unter Angabe der Quelle als Entlehnungen kenntlich gemacht sind. Diese Versicherung gilt auch für Zeichnungen und bildliche Darstellungen.

Ich bin damit einverstanden, dass ein unkorrigiertes Zweitexemplar nach Abschluss des Prüfungsvorgangs in die Seminarbücherei aufgenommen oder durch Ausleihe Dritten zugänglich gemacht wird. Ich bin ferner damit einverstanden, dass meine Arbeit in eine Datenbank für Pädagogische Prüfungsarbeiten aufgenommen wird. Dieses Einverständnis kann ich jederzeit widerrufen.

Friedberg in Hessen, den 18. Januar 2003

(Studienreferendar)