

Physik und Chemie rund ums Auto

Ein fachübergreifendes Unterrichtskonzept zur
Erweiterung
des naturwissenschaftlichen Angebots
im Wahlpflichtbereich
der Sekundarstufe I (HS)

Schriftliche Hausarbeit
zum Zweiten Staatsexamen
für das Lehramt für die Sekundarstufe I und II
in den Fächern Chemie und Physik

Studienseminar für Lehrämter an Schulen
Bielefeld I

vorgelegt von

Dr. Thomas Kellersohn
Kindermanns Heide 5
33739 Bielefeld

Gliederung

Zusammenfassung

1	Einleitung.....	1
2	Die Problemstellung im Kontext der eigenen pädagogischen Praxis	3
2.1	Herkunft und Spezifizierung des Themas.....	3
2.2	Einbettung in die weiteren Unterrichtsangebote an der Schule	3
2.3	Organisatorische Randbedingungen	4
2.4	Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler	5
3	Überprüfung der Vermutungen: eine Erhebung in den 10. Klassen	6
4	Das Unterrichtskonzept: „Physik und Chemie rund ums Auto“.....	9
4.1	Leitidee und Zielvorstellung	9
4.2	Lehrerfunktionen	10
4.3	Bezug zu Richtlinien und Lehrplänen	10
4.4	Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu beschriebenen Unterrichtskonzepten, Bezug zur aktuellen fachdidaktischen Diskussion	11
4.5	Präzisierung der Ziele im Vergleich zum Regelunterricht	13
4.6	Die Umsetzung des Konzepts im Überblick	15
5	Beispiele für einzelne Unterrichtsmodule	18
5.1	Welche Faktoren beeinflussen den Bremsweg beim Blockieren der Räder?	18
5.2	Ein Egg-Race zur aktiven und passiven Sicherheit.....	19
5.3	Der einfachste Fahrsimulator der Welt.....	20
5.4	Korrosionsschutz erfinden	23
5.5	Energieformen der Zukunft (Solarenergie, Brennstoffzelle)	25
6	Evaluation.....	26
6.1	Beurteilung des Erfolgs aus Lehrersicht.....	26
6.2	Feedback der Schülerinnen und Schüler.....	27
6.3	Rückmeldungen von Eltern und Fachkollegen	28
6.4	Fazit	28
7	Transfer und Weiterentwicklung.....	29
7.1	Schulinterne Maßnahmen	29
7.2	Übertragbarkeit über die eigene Schule hinaus.....	29
7.3	Inhaltliche Weiterentwicklung des Konzepts.....	30

Literaturverzeichnis

Anhang

Erklärung

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit, die sich besonders auf die Lehrerfunktionen Innovieren und Unterrichten bezieht, wird ein neu entwickeltes, fächerübergreifendes Unterrichtskonzept aus dem naturwissenschaftlichen Themenfeld für den Wahlpflichtunterricht der 9. und 10. Klassen an der Hauptschule vorgestellt. Ausgangspunkt für die Entwicklung des Kurses war die konkrete schulische Situation an der Hauptschule Bielefeld-Jöllenbeck, die hier im Hinblick auf inhaltliche Anforderungen, organisatorische Randbedingungen, Einbettung in das Schulcurriculum und Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler analysiert wird.

Zur Feststellung des Bedarfs einerseits und zur Sicherung der Akzeptanz andererseits wurde in den 10. Klassen eine Schülerbefragung zu Schülerinteresse, Einschätzung der Berufsrelevanz und Einschätzung der Relevanz für die Allgemeinbildung der einzelnen Unterrichtsfächer durchgeführt, deren Ergebnisse in dieser Arbeit dokumentiert sind. Die in diesem Zusammenhang wichtigste Aussage ist: Das Interesse der Schülerinnen und Schüler an den Fächern Physik und Chemie ist durchaus gegeben. Sie schätzen die Berufsrelevanz dieser Fächer relativ hoch ein, während sie deren Bedeutung für ihre Allgemeinbildung als gering einschätzen. Dieses Ergebnis fordert eine Veränderung heraus.

„Physik und Chemie rund ums Auto“ ist ein interdisziplinärer Kurs, der als ständigen Anknüpfungs- und Bezugspunkt („Rahmenkontext“ im Sinne von MUCKENFUSS) die verschiedenen Funktionseinheiten am Auto hat. Der Kurs will den Schülerinnen und Schülern ein Verständnis dieser Funktionseinheiten durch die Untersuchung der zugrunde liegenden physikalischen und chemischen Prinzipien vermitteln. Einige Bausteine („Module“) des Kurses werden in dieser Arbeit beispielhaft beschrieben, da sie nicht oder nur in anderer Form in den gängigen Lehrbüchern zu finden sind, z.B. aktive und passive Sicherheit, Fahrsimulator, Energieformen der Zukunft zum Antreiben von Autos sowie Reifen und Bremswirkung.

Die Evaluation zeigt, dass der Kurs aus Schülersicht zu mehr Freude am Physikunterricht und zu einem gestiegenen Interesse an physikalischen und chemischen Fragestellungen führt. Aus Lehrersicht wird ein hohes Engagement der Schülerinnen und Schüler im Unterricht sowie ein erfreulich gutes Verstehen und Behalten von Zusammenhängen beobachtet.

Abschließend wird in dieser Arbeit aufgezeigt, dass das hier entwickelte Unterrichtskonzept einen Beitrag zur Schulentwicklung und Profilbildung leistet und wie Teile davon in den regulären Physik- und Chemieunterricht einfließen werden. Die Übertragbarkeit des entwickelten Unterrichtskonzepts auf andere Schulen und Schulformen wird diskutiert und Erweiterungs- bzw. Verbesserungsmöglichkeiten werden aufgezeigt.

„Physikunterricht soll Orientierungshilfe
in einer komplexen Welt geben.“ – I. Bartosch^[1]

1 Einleitung

Stärker als jemals zuvor bestimmen technische Erfindungen die Lebenswelt des Einzelnen. „Moderne“ Materialien^(a) und Technologien^(b), die noch vor 20 Jahren dem Bereich der Grundlagenforschung zugerechnet wurden oder als Laborkuriositäten galten, sind heute zu einem selbstverständlichen Teil des beruflichen und privaten Umfelds geworden. Zwei prägende Entwicklungen sind dabei zu beobachten: einerseits *konvergieren* die Techniken und Geräte, die in Arbeitswelt und Freizeit genutzt werden, andererseits werden die zugrunde liegenden technischen Zusammenhänge immer *komplexer*. Für die Hauptschule, deren erklärtes Ziel „die Hinführung der Schülerinnen und Schüler^(c) zur modernen Arbeitswelt auf praktischer Grundlage“^[2] ist, ergibt sich daraus geradezu als Aufforderung, im schulischen Unterricht naturwissenschaftliche Denkweisen und Modellvorstellungen am Beispiel moderner technischer Geräte zu vermitteln, mit denen die Schülerinnen und Schüler in ihrem Lebensumfeld tatsächlich umgehen. MUCKENFUSS^[3] formuliert es als Anspruch an den Physikunterricht, für die Schülerinnen und Schüler einen „sinnstiftenden Kontext“ herzustellen. Alltagsbezug und exemplarische Qualität^[4] gleichermaßen, inhärente Faszination, Relevanz für das Grundlagenverständnis und für die Berufsvorbereitung^[5] – diese Eigenschaften sollte ein Unterrichtsgegenstand im Idealfall besitzen.

Die durch die Curricula vorgegebenen Unterrichtsinhalte erfüllen diese Kriterien nicht immer. Insbesondere scheint der konkrete Alltagsbezug eines Gegenstands oder einer Fragestellung häufig zugunsten einer guten Modellhaftigkeit und Verallgemeinerbarkeit in den Hintergrund zu treten. Bei den Schülerinnen und Schülern entsteht oft der Eindruck, die ausgearbeiteten „Show-Versuche“ hätten nichts oder nur wenig mit ihrer Lebenswelt zu tun, sondern seien vielmehr auf einen speziellen Effekt hin ausgerichtet – eine Sichtweise, der ich mich durchaus häufig anschließen kann. Es gelingt auch nicht immer, einen Alltagsbezug durch eine entsprechend gewählte Fragestellung im Unterrichtseinstieg herzustellen, insbe-

^{a)} z.B. Kunst- und Verbundstoffe, Halbleiter, magnetische und optische Speichermedien, Flüssigkristalle, Hochleistungskeramiken

^{b)} z.B. Mikroelektronik, Optoelektronik, Brennstoff- und Solarzellen, „Nanotechnologie“, Sensortechnik, Lasertechnik, Medizintechnik, Mess- und Regelungstechnik

^{c)} Hier und im folgenden Text sind grundsätzlich Schülerinnen und Schüler, Lehrerinnen und Lehrer usw. angesprochen, auch wenn dies sprachlich nicht immer so deutlich hervorgehoben wird wie an dieser Stelle.

sondere wenn sich dann im Laufe der Problemlösungsphase herausstellt, dass nur einer (oder wenige, sehr ähnliche) Modellversuche „richtig“ – also zielführend im Sinne des Curriculums – sind und die Ausstattung der Schülerarbeitsplätze auch nur diesen einen Versuch zulässt. Diese Kritik an den fachsystematisch oft exzellenten, aber häufig alltagsfremden Materialien der Lehrmittelindustrie ist keineswegs neu: Bereits 1991 forderte BLEICHROTH^[6], neben den klassischen Demonstrations- und Schülerversuchen auch einfache Handversuche durchzuführen, die mit Gegenständen aus dem Alltag physikalische Zusammenhänge veranschaulichen. MUCKENFUSS geht noch einen Schritt weiter und bezeichnet die ausgeklügelten Demonstrationsversuche der Lehrmittelhersteller als „Pseudo-Experimente“, die letztendlich zu einer Demotivation der Schülerinnen und Schüler führen, „denn auf *diese* raffinierte Lösung wären sie von sich aus verständlicherweise nicht gekommen“^[7].

Eine Ursache für den oft fehlenden Alltagsbezug des naturwissenschaftlichen Unterrichts liegt sicherlich in der fachsystematisch ausgerichteten Struktur der Rahmenlehrpläne. Im Fach Physik ist der Lehrplan nach den klassischen Disziplinen geordnet^(d) (wie Optik, Mechanik, Elektrik und Elektronik, Wärmelehre). Aber erreicht man mit einer fachsystematisch orientierten Herangehensweise die Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I, insbesondere an einer Hauptschule? Zweifel scheinen mir hier angebracht. Wie anders ließe sich das wenig zufrieden stellende Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler in vergleichenden Untersuchungen^[8] gerade bei naturwissenschaftlichen Aufgabenstellungen erklären?

Die Wirtschaft ist mit der naturwissenschaftlichen Bildung der Schulabgänger und Ausbildungsplatzsuchenden ebenfalls nicht zufrieden^[9]. Unter den vielfältigen Verbesserungsvorschlägen taucht immer wieder die Forderung nach einer stärkeren Einbeziehung von Alltags-technologie in den Unterricht auf. Was ich durchaus für berechtigt halte: Gerade an der Hauptschule sollte diese Idee verstärkt aufgegriffen und umgesetzt werden, steht sie doch keineswegs im Gegensatz zum Bildungsauftrag und -anspruch dieser Schulform.

Gefragt ist also eine Veränderung der Ausrichtung des Physik- und Chemieunterrichts: weg von der inszenierten Laborwirklichkeit, hin zur Lebenswirklichkeit. Und wenn man nicht gleich den Regelunterricht umgestalten kann oder will – oft gibt es auch zwingende Gründe, weshalb Veränderungen nicht *ad hoc* umgesetzt werden können – bietet der Wahlpflichtunterricht einen sehr gut geeigneten Rahmen, um neue Unterrichtskonzepte zu entwickeln, zu erproben, zu evaluieren und zu verbessern. Diese Arbeit beschreibt den Weg zu einer solchen Innovation im Kontext einer konkreten schulischen Situation.

^{d)} Hierfür gibt es natürlich einige gute Gründe; das für mich stärkste Argument besteht darin, dass eine vergleichende und aufeinander aufbauende Betrachtung der Phänomene und Gesetzmäßigkeiten einer Teildisziplin die Abstraktion fördert und damit eine tiefe gedankliche Durchdringung erlaubt.

2 Die Problemstellung im Kontext der eigenen pädagogischen Praxis

2.1 Herkunft und Spezifizierung des Themas

An der Hauptschule Bielefeld-Jöllenbeck sollte – im Einklang mit den Vorgaben des Ministeriums^(e) – das naturwissenschaftliche Angebot im Wahlpflichtbereich der Jahrgangsstufen 9 und 10 erweitert werden. So lautete der von der Schulleitung formulierte Arbeitsauftrag.

Unter Berücksichtigung der schulischen Gegebenheiten wurde dieser Arbeitsauftrag von mir vor dem Hintergrund der in Abschnitt 1 formulierten Gedanken und in Abstimmung mit der Schulleitung präzisiert:

- Es sollte darauf geachtet werden, dass nicht der Regelunterricht dupliziert wird, sondern ein **Zusatzangebot mit Erweiterungs- und Vertiefungsmöglichkeiten** geschaffen wird.
- Es sollten **interessante und altersgemäße Themen** behandelt werden.
- Die Schülerinnen und Schüler assoziieren mit einem naturwissenschaftlichen Thema häufig Attribute wie „arbeitsintensiv“, „schwierig“ und „langweilig“. Dem galt es mit der Themenwahl gegenzusteuern.
- Ausdrücklich gefordert war ein **fachübergreifender Ansatz**.
- Ein **Bezug zu beruflich relevanten Inhalten** war erwünscht.
- Den Schülerinnen und Schülern sollte Raum gegeben werden, unter Anleitung zu experimentieren sowie für sie neue **Arbeitsformen und Methoden** kennen zu lernen.

2.2 Einbettung in die weiteren Unterrichtsangebote an der Schule

Die etablierten und von den Schülerinnen und Schülern gut akzeptierten Wahlangebote stammen aus dem sportlichen Bereich (Fußball, Volleyball, Fitness), bieten für sie einen unmittelbar erkennbaren Nutzwert (Mofa-Führerschein, Bewerbungen schreiben mit dem Computer) oder sind an ihrer persönlichen Situation (Liebe, Partnerschaft und Sexualität) bzw. ihren Freizeitinteressen (Fotografie, Mix Your Music) orientiert. Ein neues Angebot aus dem naturwissenschaftlichen Themenbereich muss sich also der Konkurrenz dieser durchweg beliebten Angebote stellen.

Keines der genannten Wahlangebote erfordert ein überdurchschnittliches zeitliches Engagement der Schülerinnen und Schüler wie z.B. Hausaufgaben oder Mappenführung, ihr verbindlicher Charakter ist dementsprechend deutlich geringer als der anderer zweistündiger

^{e)} „Im Wahlpflichtunterricht ab Klasse 9 und in der Klasse 10 Typ A soll vorrangig projektorientierter Unterricht in den Lernbereichen Arbeitslehre und Naturwissenschaften angeboten werden.“ —

<http://www.bildungsportal.nrw.de/BP/Schule/System/Schulformen/Hauptschule/index.html>

„Nebenfächer“. Ein neues Wahlangebot kann dieses Anforderungsniveau nicht beliebig nach oben schrauben, will es nicht vom Start weg unter massiven Akzeptanzproblemen leiden.

Der Regelunterricht in den Fächern Physik und Chemie wird in den Klassen 9 und 10 jeweils im Umfang von einer Wochenstunde erteilt. Hier ist ein sorgfältiger Abgleich der Inhalte erforderlich, um Dopplungen und Redundanzen zu vermeiden, gleichzeitig aber sinnvolle und einübende Wiederholungen sowie Vertiefungen zu ermöglichen. Überdies soll dieser WPU-Kurs als „Entwicklungsplattform“ für neue Unterrichtseinheiten dienen, die möglicherweise in den Folgejahren in den Regelunterricht verlagert werden können.

Eine Abstimmung mit den anderen Fächern – wie sie bei der Bearbeitung fachübergreifender Fragestellungen eigentlich immer erfolgen sollte – kann nur insofern stattfinden, als dass darauf geachtet wird, dass im jeweils anderen Fach die für eine Unterrichtseinheit eventuell erforderlichen Grundlagen auch tatsächlich vermittelt wurden. Darüber hinaus gehende Kooperationen scheinen kaum möglich zu sein, da die Kurse quer zu den jeweiligen Klassenverbänden organisiert sind und man es immer nur mit Schülerteilmengen zu tun hat.

2.3 Organisatorische Randbedingungen

Mit jeweils zwei Wochenstunden hat der WPU-Bereich ein mittleres Gewicht in der Stunden-tafel. Schülerinnen und Schüler der Klasse 10B nehmen *nicht* an diesem Wahlpflichtunter-richt teil.

Bei der Planung ist zu beachten, dass im Winterhalbjahr die Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Klassen zeitversetzt jeweils drei Wochen im Betriebspraktikum sind, so dass man insgesamt sechs Wochen lang mit Teilgruppen arbeitet. Folglich muss das Thema einen *modularen Aufbau* der Inhalte ermöglichen. Damit ist gemeint, dass sich abgeschlossene Un-terrichtseinheiten im Umfang von ein bis zwei Doppelstunden entwickeln lassen müssen, die nicht aufeinander aufbauen und in keiner sachlich zwingenden Reihenfolge stehen.

Es können die naturwissenschaftlichen Fachräume genutzt werden. Der Computerraum steht wegen des parallel stattfindenden Computerkurses grundsätzlich *nicht* zur Verfügung.

Exkursionen können nur innerhalb der für den Kurs angesetzten Unterrichtszeit (90 Minuten) durchgeführt werden. Nachmittagstermine für WPU-Veranstaltungen sind an der Schule nicht üblich und werden seitens der Schülerinnen und Schüler kaum akzeptiert werden. Längere Exkursionen am Vormittag werden kaum organisierbar sein, da die Schüler-innen und Schüler aus vier bis fünf verschiedenen Klassen kommen und es nicht praktikabel ist, Einzelne für einen Vormittag vom sonstigen Unterricht freizustellen.

Es ist kein eigenes Budget für das neue Unterrichtsangebot verfügbar. Mittel für eventuell anzuschaffendes Material müssen aus dem Etat der Fachbereiche Chemie und Physik bereit gestellt oder beim Förderverein der Schule beantragt werden.

Aus meiner eigenen Perspektive als Seiteneinsteiger mit berufsbegleitender Qualifizierung nach OVP-B war es eine große Herausforderung, innerhalb eines Unterrichtsdeputats von 21 Wochenstunden eigenverantwortlichem Unterricht zzgl. Studienseminar diese Neuentwicklung zu bewerkstelligen, ohne dabei den Regelunterricht zu kurz kommen zu lassen. Das Zeitbudget für die Unterrichtsvorbereitung war demzufolge begrenzter als im regulären Vorbereitungsdienst.

2.4 Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler

Physik. — Die Schülerinnen und Schüler haben in den Klassen 5 und 6 regulär je zwei, in den Klassen 7 und 8 je eine^{f)} Wochenstunde Physikunterricht erhalten. Sie bringen daraus die Kenntnis grundlegender Begriffe (Stoff, Körper; Masse, Volumen; Energie), Grundkenntnisse der Elektrizitätslehre (Klassen 5, 8^{g)}), Wärmelehre (Klasse 6), Optik (Klasse 7) und des Magnetismus (Klassen 5 oder 6) mit. In der Jahrgangsstufe 9 stehen weiterführende Themen der Elektrizitätslehre (Grundlagen und Anwendungen des Elektromagnetismus) auf dem schulinternen Lehrplan. Hierauf können nur die Kursteilnehmer aus der 10. Klasse zurückgreifen. Die Grundlagen der Mechanik (Bewegung, Kraft, Arbeit, Impuls, Trägheit, Reibung) stehen erst in der 10. Klasse auf dem Lehrplan und können in diesem Kurs – sofern er im Winterhalbjahr stattfindet – nicht vorausgesetzt werden.^{h)}

Chemie. — In den Klassen 7 und 8 haben die Schülerinnen und Schüler je eine Wochenstunde Chemieunterricht erhalten. Darin wurden Stoffeigenschaften, Trennverfahren, Luft und ihre Bestandteile, Verbrennungen, chemische Reaktionen, Teilchenmodell, Oxidationen und Reduktionen sowie Metalle und Nichtmetalle behandelt. In der Jahrgangsstufe 9 stehen wässrige Lösungen, Säuren und Basen, Salze, Atome und Ionen auf dem Lehrplan. Wiederum kann dies nur die bei den Kursteilnehmern aus der 10. Klasse vorausgesetzt werden. Kenntnisse der chemischen Bindung und der Organischen Chemie können nicht vorausgesetzt werden.

^{f)} Physik und Chemie werden im halbjährlichen Wechsel mit zwei Wochenstunden unterrichtet.

^{g)} Im Schuljahr 2003/2004 habe ich in einer der beiden 8. Klassen den Schwerpunkt auf „Energieformen und Energieumwandlungen“ gelegt, was den betreffenden Schülerinnen und Schüler im Schuljahr 2004/2005 in diesem WPU-Kurs – im Vergleich zu ihren Kameraden der Parallelklassen – das Mitarbeiten deutlich erleichterte.

^{h)} Man mag das bedauern und sich für dieses Thema einen früheren Zeitpunkt wünschen, weil es für viele Schülerinnen und Schüler leichter zugänglich ist als die abstrakten Themen der 8. und 9. Klasse. Jedoch war es gerade ein erklärtes Ziel dieser Arbeit zu überprüfen, inwieweit sich im Rahmen dieses Kurses neu entwickelte Unterrichtseinheiten in den regulären Unterricht übertragen lassen.

3 Überprüfung der Vermutungen: eine Erhebung in den 10. Klassen

Zur Feststellung des Bedarfs einerseits und zur Sicherung der Akzeptanz für das Konzept des neuen WPU-Kurses andererseits habe ich zu Beginn des Schuljahres 2004/2005 in den 10. Klassen eine Schülerbefragung durchgeführt. Die Methodik wurde in Anlehnung an MUCKENFUSS^[10] gewählt, wobei die Fragestellung erweitert wurde: Die Schülerinnen und Schüler sollten auf einer Skala von 1 bis 5 Punkten einschätzen, ob sie ein Unterrichtsfach

- interessant finden,
- für wichtig für ihren späteren beruflichen Werdegang halten,
- für wichtig für ihre Allgemeinbildung halten.

An der Befragung nahmen insgesamt 54 Schülerinnen und Schüler teil, je 27 aus den Klassen 10A (Ziel: Hauptschulabschluss nach Klasse 10) und 10B (Ziel: Fachoberschulreife, ggf. mit Qualifikationsvermerk)^[11]. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 3.1 bis 3.3 zusammengestellt. Aus den Umfrageergebnissen lassen sich einige Aussagen für die Situation an der Hauptschule Jölleneck ableiten:

Interesse — Generell zeigen sich die Schülerinnen und Schüler interessiert an den Unterrichtsfächern: bis auf eine Ausnahme liegt der Mittelwert für alle Fächer über der Marke von 2,5 Punkten (mittleres Interesse). Signifikant und nicht unerwartet ist ein Unterschied von durchweg 0,5 Punkten zwischen 10A und 10B. Ebenfalls nicht überraschend ist die Spitzenposition des Faches Sport. Bemerkenswert ist die starke Position der Hauptfächer Mathematik, Englisch, Deutsch. Das Schülerinteresse an den Fächern Physik (Mittelwert 2,9) und Chemie (3,2) liegt im Mittelfeld aller Fächer. Im Unterschied hierzu beobachten HÖNER und GREIWE in einer Untersuchung von affektiven und kognitiven Aspekten des Faches Chemie in der Sekundarstufe I eine sehr geringe Beliebtheit in der Jahrgangsstufe 10.^[12]

Berufsrelevanz — Die Schülerinnen und Schüler erhielten den Hinweis, dass sie die Berufsrelevanz der einzelnen Unterrichtsfächer nicht aus einer allgemeinen Perspektive heraus, sondern *bezogen auf ihr konkretes persönliches Berufsziel* einschätzen sollten. Die Ergebnisse zeigen eine deutlich breitere Spreizung als die Einschätzung von Interesse und Relevanz für Allgemeinbildung: Die erreichten Werte erstrecken sich von 4,4 (Mathematik an der Spitzenposition) bis 1,6 (Geschichte als Schlusslicht). Die Gruppierung der Fächer entspricht in hohem Maße den Erwartungen: in der Spitzengruppe finden sich die Hauptfächer Mathematik, Deutsch und Englisch sowie Wirtschaftslehre, in der zweiten Gruppe die technisch-naturwissenschaftlichen Fächer, wobei lediglich Biologie etwas nach hinten gerutscht ist. Danach folgen die sozialwissenschaftlichen Fächer sowie Religion und Kunst.

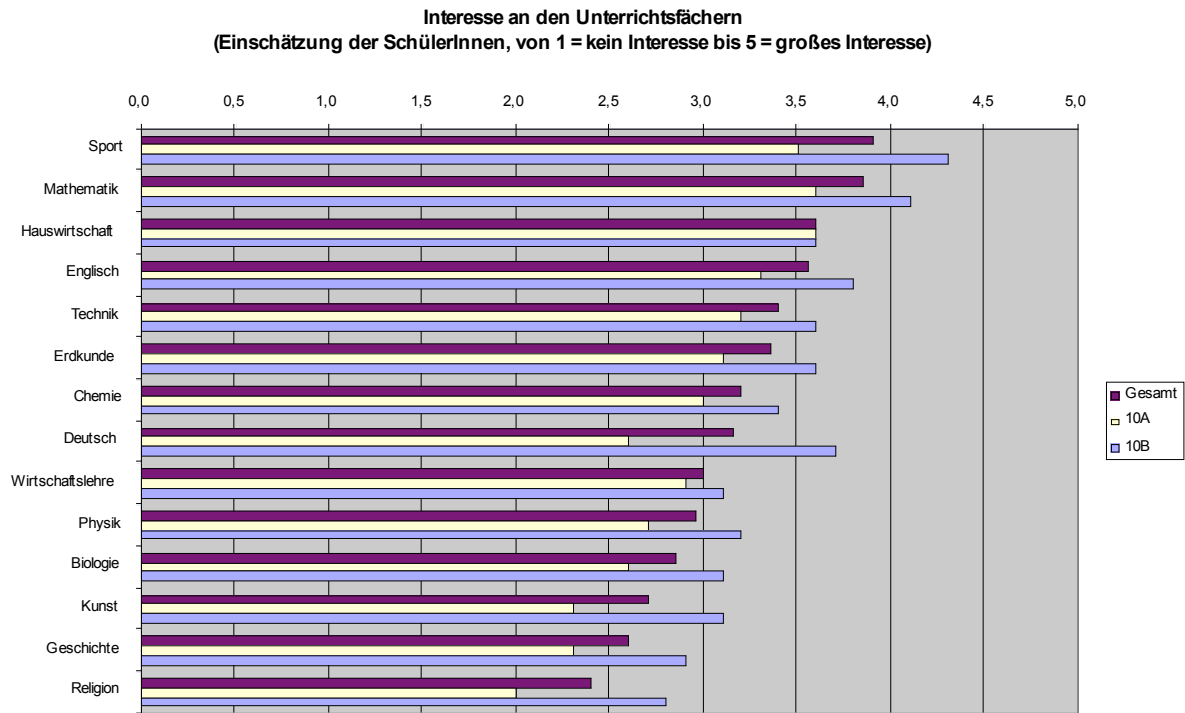


Abb. 3.1: *Interesse der Schülerinnen und Schüler an den Unterrichtsfächern (Mittelwerte).*

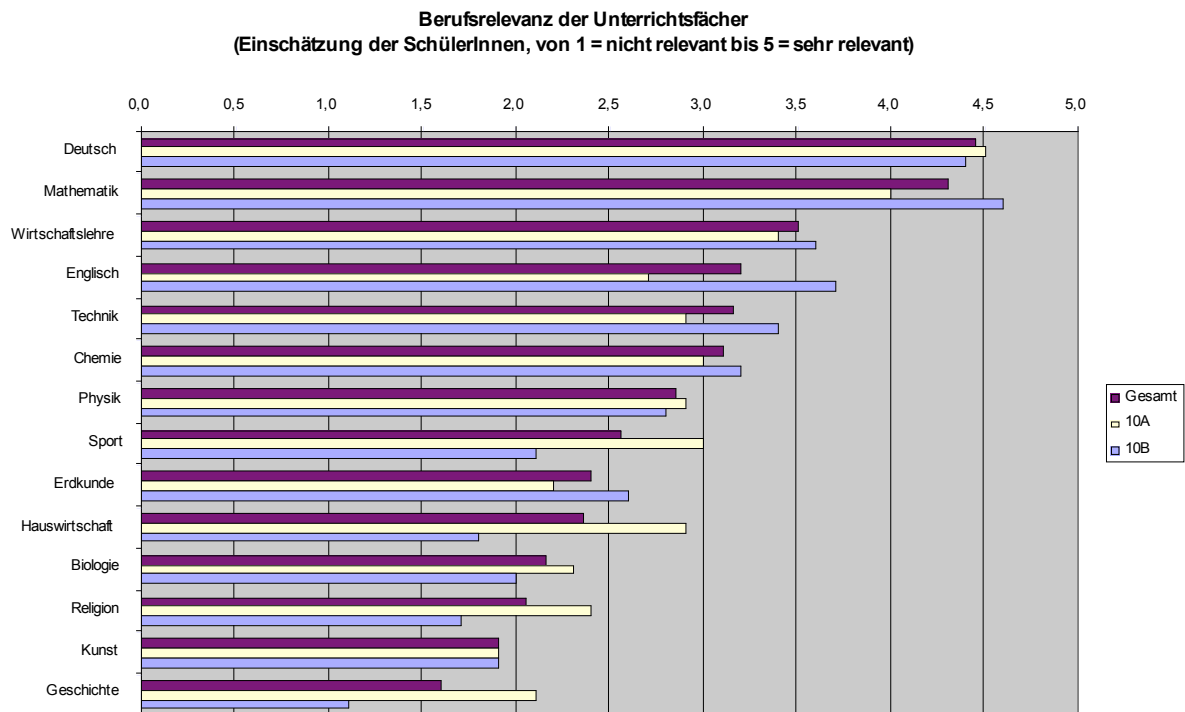


Abb. 3.2: *Berufsrelevanz der Unterrichtsfächer, Einschätzung der Schülerinnen und Schüler (Mittelwerte).*

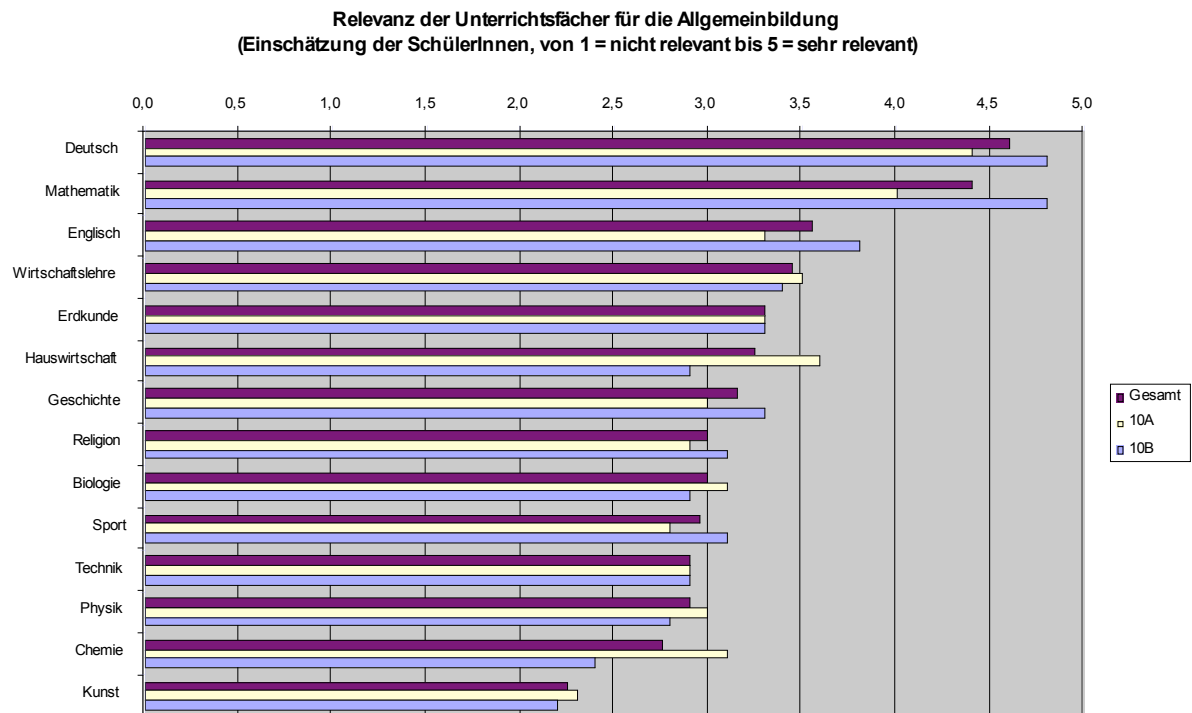


Abb. 3.3: Relevanz der Unterrichtsfächer für die Allgemeinbildung, Einschätzung der Schülerinnen und Schüler (Mittelwerte).

Unerwartet ist hier für mich lediglich die relativ gute Platzierung des Faches Sport, was auf Nachfrage von einigen Schülerinnen und Schülern jedoch plausibel begründet wurde mit Aussagen wie: „In meinem späteren Beruf muss ich körperlich fit sein“.

Relevanz für Allgemeinbildung — Den Schülerinnen und Schülern wurde verdeutlicht, dass unter „Allgemeinbildung“ nicht das so genannte „Kreuzworträtsel-“ oder „Fernsehquiz-Wissen“ verstanden werden sollte, sondern das *Wissen, das sie im Alltag anwenden bzw. später einmal (wahrscheinlich) anwenden werden*. Wiederum ist die generelle Beurteilung hoch: auch hier liegt – bis auf eine Ausnahme – der Mittelwert für alle Fächer über der Marke von 2,5 Punkten (mittlere Relevanz). Mathematik und Deutsch liegen an der Spitze und setzen sich deutlich von den übrigen Fächern ab. Mit Englisch auf dem dritten Rang beginnt ein eng gestaffeltes Feld von 3,6 bis 2,7 Punkten. Schlusslicht ist mit einigem Abstand das Fach Kunst. Überraschend ist die relativ schlechte Platzierung des Faches Technik. Die Fächer Physik und Chemie liegen – weniger überraschend, aber aus Sicht des Fachlehrers sehr unbefriedigend – am Ende dieses Feldes auf dem drittletzten und vorletzten Platz (2,8 bzw. 2,7 Punkte). Dieses Ergebnis fordert eine Veränderung heraus: Ein naturwissenschaftlich orientierter Kurs im Wahlpflichtbereich soll hier mittelfristig einen Bewusstseinswandel bewirken.

4 Das Unterrichtskonzept: „Physik und Chemie rund ums Auto“

4.1 Leitidee und Zielvorstellung

Als Antwort auf die Aufgabenstellung (vgl. Abschn. 2.1) unter Berücksichtigung der curricularen und organisatorischen Randbedingungen (Abschn. 2.2 und 2.3) sowie der Ergebnisse der Schülerbefragung (Abschn. 3) wurde als Thema „Physik und Chemie rund ums Auto“ gewählt. Damit ist ein „**Rahmenkontext**“^[3] geschaffen.

Die Leitidee des Kurses ist es, ein Kraftfahrzeug als komplexes System zu betrachten, welches aus einzelnen Funktionseinheiten besteht, die klar erkennbare und nachvollziehbare physikalische oder chemische Prinzipien auf technische Weise nutzbar machen. Diese Prinzipien sollen von den Schülerinnen und Schülern erkundet werden.

Im Mittelpunkt der meisten Unterrichtsmodule steht folglich jeweils eine Funktionseinheit, die von den Schülerinnen und Schülern untersucht wird, wobei sehr unterschiedliche Methoden, Arbeits- und Sozialformen eingesetzt werden. In einigen anderen Modulen wird das Kraftfahrzeug als Ganzes betrachtet und sein Verhalten als Folge des Zusammenspiels einer Reihe von Funktionseinheiten erklärt, oder es wird das Auto als System verstanden, das im Stoff- und Energieaustausch mit seiner Umwelt steht. (Eine tabellarische Übersicht der Module findet sich in Abschn. 4.6.)

Einige sehr gute Gründe sprechen für dieses Konzept:

- Es knüpft an *konkrete Interessen* der Schülerinnen und Schüler an: Mobilität ist für sie sehr erstrebenswert. Eigene Befragungen in den Jahrgangsstufen 7–10⁽ⁱ⁾ ergaben, dass fast 100% der Schülerinnen und Schüler den Mofa- und PKW-Führerschein erwerben wollen, so bald sie das entsprechende Alter erreicht haben. Über 90% der Jungen und etwa 75% der Mädchen finden die Technik eines Automobils interessant oder sogar faszinierend.
- Es ist durchaus *altersbezogen*: Zahlreiche Schülerinnen und Schüler vollenden vor oder in der 10. Klasse das 17. Lebensjahr^(j) und stehen damit nahe vor der Möglichkeit, die Fahrerlaubnis für PKW zu erwerben.
- Es ist hinreichend *flexibel* und *ergiebig* für eine offen gehaltene Unterrichtsplanung: der Rahmenkontext „Auto“ bietet zahlreiche Möglichkeiten, individuelle Schwerpunkte zu setzen und auf die besonderen Interessen der Schülerinnen und Schüler einzugehen.

ⁱ⁾ Mündliche Befragungen im Unterricht ohne detaillierte schriftliche Auswertungen oder Aufzeichnungen.

^{j)} Aus persönlichen (z.B. Migrationshintergrund) oder schulbiografischen (Nichtversetzung, späte Einschulung) Gründen sind die Schülerinnen und Schüler in der 10. Klasse der Hauptschule – besonders in der Klasse 10A – häufig um ein Jahr, bisweilen um zwei Jahre überaltert.

- Die vermittelten Inhalte sind in zweifacher Hinsicht *relevant*: aus Schülersicht werden alltagstaugliche Kenntnisse vermittelt, und aus fachsystematischer Sicht gehören viele – aber bewusst nicht alle! – der vermittelten bzw. vertieften Inhalte zum Pflichtkanon der Physik und Chemie in der Sekundarstufe I.
- Es bietet zahlreiche Anknüpfungspunkte für *fächerübergreifenden Unterricht*. Die integrierende Behandlung von Fragestellungen aus den Bereichen *Physik* und *Chemie* ist programmatisch (vgl. Abschn. 4.6). Darüber hinaus gibt es jedoch noch weitere Schnittstellen zu anderen Fächern, die in der konkreten Unterrichtssituation ausgelotet und vertieft wurden, hier aber nur angedeutet werden können: Auf der inhaltlichen Ebene gibt es Berührungspunkte zu den Bereichen *Ökologie* (z.B. Auto und Umweltverschmutzung/ Ressourcenausbeutung/ alternative Treibstoffe), *Wirtschaft* und *Politik* (z.B. Ölpreis/Ölförderung/ Krisen/Monopole/Steuern) und *Technik* (Materialkunde/ Konstruktionslehre). Methodisch lassen sich Elemente aus Deutsch und Kommunikation (Arbeitsformen, Literatuarbeit, Referate), Englisch (englischsprachige Medien) und Technik (z.B. Bau eines Apparats zur Erzeugung von Stromlinienbildern oder Bau eines Brettspiels) einbringen.
- Es ist *berufsbezogen*^(k): Berufe im KFZ-Bereich wie z.B. KFZ-Mechatroniker rangieren nach wie vor unangefochten an der Spitze der Wunschliste von Jungen, und der Ausbildungsberuf KFZ-Mechaniker/in war 2002 mit über 21.000 neuen Auszubildenden der dritthäufigste Ausbildungsberuf überhaupt.^[13]

4.2 Lehrerfunktionen

Mit der Entwicklung dieses Unterrichtskonzepts werden vorrangig die Lehrerfunktionen **Innovieren** und **Unterrichten** angesprochen.

4.3 Bezug zu Richtlinien und Lehrplänen

In den Richtlinien^[14,15] für den Regelunterricht ist der Unterrichtsstoff fachsystematisch gegliedert.^(l) Demgegenüber wird in diesem Wahlpflichtkurs eine *kontextbezogene* und *objektorientierte* Annäherung an die Unterrichtsthemen verfolgt. Der konkrete *Unterrichtsgegenstand* steht jederzeit im Mittelpunkt, *Konzepte* und *Theorien* treten in den Hintergrund.

^{k)} Es geht jedoch nicht vorrangig darum, dass die Schule eine berufliche Ausbildung vorwegnehmen oder den wechselnden Bedürfnissen der Wirtschaft durch schulische Ausbildung Rechnung tragen soll. Vielmehr soll die schulische Bildung eine erfolgreiche Eingliederung in das bestehende Wirtschafts- und Beschäftigungssystem ermöglichen. „Qualifizierung, nicht Funktionalisierung“ seiner Adressaten ist nach MUCKENFUSS^[10] die Aufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichts.

^{l)} Nach der landesweiten Einführung des Faches Naturwissenschaften in der Orientierungsstufe (Klassen 5 und 6) zum Beginn des Schuljahres 2005/2006 werden neue, darauf aufbauende Lehrpläne für die Fächer Physik und Chemie in den Jahrgangsstufen 7–10 entwickelt werden müssen. Bis dahin gelten die zitierten Richtlinien.

Im Fach *Physik* wird für die Jahrgangsstufe 9 das Thema „Anwendungen der Elektronik“ vorgegeben. Für die Jahrgangsstufe 10 werden die Themen „Radioaktive Strahlung“ sowie „Von Bewegungen und Kräften“ vorgegeben. Hier wäre ein natürlicher Anknüpfungspunkt des WPU-Unterrichts zum Regelunterricht gegeben, wenn man der Empfehlung der Richtlinien folgte, einen Schwerpunkt beim Thema Fahrzeuge zu setzen; allerdings wird im schulinternen Lehrplan bislang wenig Gebrauch davon gemacht (vgl. Abschn. 2.4).

Im Fach *Chemie* stehen in den Jahrgangsstufen 9 und 10 die Themenkreise „Atombau und Periodensystem der Elemente“, „Kohlenstoff“, „Erdöl/Erdgas und Kohle“, „Alkohole, organische Säuren und Ester“ sowie „Kunststoffe“ auf dem Lehrplan. Schulintern wurde (u.a. wegen Unterrichtsausfällen in der Orientierungsstufe) bislang jedoch in der Jahrgangsstufe 9 der im Lehrplan für die Jahrgangsstufen 7 und 8 vorgesehene Themenkreis „Säuren, Laugen, Salze“ behandelt (vgl. Abschn. 2.4). – Die möglichen Anknüpfungspunkte des WPU-Unterrichts zum Regelunterricht sind auch hier leicht zu identifizieren: Erdöl ist *der* Rohstoff für die Erzeugung von Kraftstoffen, die als Energiequelle für Verbrennungsmotoren dienen. Kunststoffe werden im Fahrzeugbau zunehmend eingesetzt; der Vergleich ihrer Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten mit den metallischen Werkstoffen bietet gute Möglichkeiten für einen Einstieg in die deskriptive Materialkunde sowie für ein erstes Verständnis von Struktur-Eigenschafts-Beziehungen.

Schließlich werden in den Richtlinien noch *Projekte* für den Lernbereich Naturwissenschaften vorgeschlagen: „Boden“ (Jahrgangsstufen 5/6), „Pflanzenwachstum lässt sich beeinflussen“ (Jahrgangsstufen 7/8) sowie „Energie“ (Jahrgangsstufen 9/10). Letzteres wird an unserer Schule durch den von mir angebotenen WPU-Kurs „Energie“ für die Jahrgangsstufen 7/8 abgedeckt. Im WPU-Kurs „Physik und Chemie rund ums Auto“ kann darauf zurückgegriffen werden.

4.4 Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu beschriebenen Unterrichtskonzepten, Bezug zur aktuellen fachdidaktischen Diskussion

Die Idee, einen technischen Alltagsgegenstand für einen definierten Zeitraum in den Mittelpunkt des Unterrichts zu stellen, ist natürlich nicht neu. Mindestens ebenso interessant wie das Auto ist für die Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I sicherlich das Fahrrad. Die Zeitschrift *Naturwissenschaften im Unterricht* hat bereits einmal ein Themenheft zum Thema „Fahrrad und Physik“ veröffentlicht^[16]. Daneben finden sich etliche Artikel zu Einzelthemen wie Lichtmaschine^[17], Fahrradreifen^[18] oder Bremsen^[19] in der Literatur.

Eine neuere Arbeit zum Thema „Fahrrad“ soll hier etwas detaillierter vorgestellt werden, da sie einige Gemeinsamkeiten, aber auch deutliche Unterschiede zu dem in dieser Arbeit beschriebenen Unterrichtskonzept aufweist: *Forschungsprojekt Fahrrad* von Ilse BARTOSCH^[1]. In einer Unterrichtssequenz im Umfang von 10 Stunden für die Jahrgangsstufe 9 an einem österreichischen Realgymnasium bearbeiteten die Schülerinnen und Schüler in selbst organisierter Gruppenarbeit Fragestellungen wie z.B. Warum fällt das Fahrrad nicht um? – Bremsen – Gangschaltung – Reifendruck – Lichtanlage – Geschichte des Fahrrads – Kann man beim Radfahren abnehmen?

Inhaltlich ist die von BARTOSCH beschriebene Unterrichtssequenz deutlich enger gefasst als der hier beschriebene WPU-Kurs. Sie bearbeitet – im Einklang mit dem Lehrplan für den Regelunterricht – ganz überwiegend Fragestellungen aus dem Bereich der Mechanik.^(m) Hingegen wird in dieser Arbeit die *Interdisziplinarität* besonders stark gewichtet: Es werden sehr unterschiedliche Teilgebiete der Physik und der Chemie berührt (vgl. Abschn. 4.6). Darüber hinaus werden die Fächer Physik und Chemie als solche gleichrangig und nicht *a priori* inhaltlich getrennt behandelt.

Während BARTOSCH die Geschlossenheit der Unterrichtssequenz mittels einer durchgehenden Dramaturgie (Erarbeitung der Fragestellung – Gruppenbildung – Arbeitsphase – Präsentation) herausarbeitet, steht in dieser Arbeit die *Modularität* der einzelnen Unterrichtseinheiten stärker im Vordergrund: jedes Teilthema sollte sich innerhalb von einer oder zwei Doppelstunden auf einem zufrieden stellenden Niveau behandeln lassen.

BARTOSCH macht für die Erarbeitung der Inhalte durch die Schülerinnen und Schüler kaum Vorgaben. In diesem Kurs variiert der Grad der Freiheit: vom „Egg-Race“ mit sehr wenigen Vorgaben über das gemeinschaftliche Lehrer-Schüler-Experiment bis zur stark strukturierten Medienauswertung werden sehr *unterschiedliche Methoden* eingesetzt.

Großer Wert wird von BARTOSCH auf die Präsentation der Ergebnisse und die Evaluation des Lernerfolgs sowie des Arbeits- und Sozialverhaltens gelegt. In dem in dieser Arbeit beschriebenen Konzept sind darüber hinaus auch Aspekte der *Beschaffung von Informationen* und Beurteilung ihrer Relevanz als Beitrag zur Erziehung zu einem kritischen Umgang mit Medien wichtig.

Auch für das Themenfeld „Auto“ sind Ansätze beschrieben, einen integrierenden Unterricht zu gestalten. Besonders hervorzuheben haben sich hierbei die Autoren, die im Rahmen des Curriculums „Chemie im Kontext“ den Anspruch umsetzen wollen, fachliche Inhalte durchgängig entlang von lebensweltlichen Zusammenhängen (Kontexten) zu unterrichten^[20].

^{m)} Diese Beschränkung hatte darüber hinaus sicherlich auch zeitliche Gründe.

Grundsätzlich entspricht dies der Leitidee dieser Arbeit. Man merkt ihrem Ansatz jedoch eine starke Ausrichtung hin zur Schülerschaft von Gymnasien und im Besonderen der Sekundarstufe II an. Auch ein in der Literatur beschriebener Lernzirkel „Chemie und Auto“^[21] richtet sich an diese Zielgruppe. Diese Arbeiten sind bei der Unterrichtsplanung für die Sekundarstufe I – insbesondere an der Hauptschule – daher nur sehr eingeschränkt nutzbar.

Ein Themenheft der Zeitschrift *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*^[22] enthält eine Zusammenstellung von einzelnen Artikeln zu „Chemie rund ums Auto“. Allerdings konzentrieren sich die an dieser Stelle wie auch anderweitig publizierten Artikel häufig auf die Beschreibung von isolierten Fragestellungen und deren Umsetzung im Unterricht, ohne dabei ein zugrunde liegendes *Gesamtkonzept* zu offenbaren. Eine Zielgruppenorientierung speziell auf Schüler der Sekundarstufe I findet man selten. Stellvertretend seien hier Arbeiten zu Antrieb^[23], Thermodynamik^[24], Kraftstoff und dessen Verbrennung^[25], Bremsen^[26], Fahrphysik (Sek. II)^[27], Sicherheit^[28], Airbag^[29] oder Kunststoffe im Automobilbau^[30] genannt.

4.5 Präzisierung der Ziele im Vergleich zum Regelunterricht

Die im WPU-Unterricht verfolgten Ziele unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht nicht grundsätzlich von den Zielen des Regelunterrichts, besonders im Hinblick auf die im naturwissenschaftlichen Unterricht zu vermittelnden Kompetenzen^[31]. Jedoch lässt der WPU-Kurs als Unterrichtsform mit besonderen Randbedingungen (z.B. Fehlen eines „Pflichtprogramms“, geringere Gruppenstärke, Lösung von Schülerinnen und Schülern aus bestehenden Klassenstrukturen usw.) durchaus eine Akzentsetzung zu.

Hier werden im Vergleich zum Regelunterricht insbesondere folgende Ziele angestrebt:

a) fachbezogene Ziele

– *Vermittlung von grundlegenden naturwissenschaftlichen Konzepten im Kontext „Auto“* –

Die Schülerinnen und Schüler begegnen im Kurs diesen Konzepten fortwährend:

Konzept	Sachlicher Kontext (beispielhaft)
Stoff-Teilchen-Konzept	Abgasreinigung: Katalyse
Struktur-Eigenschafts-Konzept	Werkstoffe im Automobilbau, Erdölraffination: Kraftstoffe und ihre Eigenschaften
Chemische Reaktion	Korrosion, Verbrennung von Kraftstoffen im Motor, Abgasreinigung
Energie-Konzept	Energiebilanz und Energieumwandlungen, alternative Energieformen
Prinzip von Ursache und Wirkung	Fahrverhalten
Erhaltungssätze	Energie- und Impulserhaltung bei Unfällen, Kraft und Arbeit bei hydraulischen Bremsen, Energieerhaltung beim Verbrennungsmotor

- *Verständnis für modellhaftes Vorgehen wecken:* Die Reduktion komplexer Phänomene auf überschaubare Modelle ist eine grundlegende naturwissenschaftliche Arbeitsweise, und ihre Beherrschung ist eine wichtige Kompetenz, die im naturwissenschaftlichen Unterricht vermittelt werden soll. Die Schülerinnen und Schüler sollen also in diesem Kurs selbst Modelle erfinden, damit arbeiten und daraus Verallgemeinerungen formulieren können.
 - *Einübung und Vertiefung des Lernstoffs:* In den einzelnen Unterrichtsmodulen wird immer wieder an Sachverhalte angeknüpft, die aus dem Regelunterricht bekannt sind. Letztlich führt dies zu einer *Erweiterung der Kompetenzen im Erfahrungsraum* (Terminologie nach MUCKENFUSS^[3 (S. 316)]), welche die Schülerinnen und Schüler befähigen, Phänomene mit Hilfe physikalischer Konzepte zu erklären.
- b) fachübergreifende Ziele:
- *Chancen bei der Ausbildungsplatzsuche verbessern:* Die erfolgreiche Teilnahme an diesem WPU-Kurs soll zu einem Qualifikationsmerkmal und Wettbewerbsvorteil für diejenigen Schülerinnen und Schüler werden, die eine Berufswahl im KFZ-Bereich anstreben.
 - *Förderung der Medienkompetenz:* Durch Referate mit freier Wahl der Informationsquelle sollen die Schülerinnen und Schüler geübt werden, Informationen zu suchen, zu bewerten (insbesondere: in Frage zu stellen) und auszuwerten. Dieser Aufgabenbereich soll im Unterricht intensiv behandelt werden, wobei ich versuche, meine Erfahrungen^[32] aus der Berufstätigkeit vor Antritt des Schuldienstes in angemessener Form einzubringen.
 - *Förderung der kommunikativen und sozialen Kompetenz:* Gerade in der Hauptschule beobachtet man häufig, dass selbst fortgeschrittene Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten damit haben, ihren Standpunkt zu formulieren und in der Diskussion unter Würdigung anderer Standpunkte zu vertreten. Mit Hilfe der kritischen Würdigung von Schülerreferaten und oft wettbewerbsartig organisierter experimenteller Aufgaben soll die Fähigkeit zum fairen Diskurs gefördert werden.
 - *Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen fördern:* Dies soll bei möglichst allen Schülerinnen und Schülern erreicht werden, auch bei denen, die voraussichtlich keinen unmittelbar berufsbezogenen Nutzen aus dem WPU-Kurs ziehen werden. Die Schülerinnen und Schüler entscheiden mit bei der Auswahl der Themen. Das Interesse wird auch durch eine besonders große Methodenvielfalt gefördert. Die Methoden umfassen u.a. Referat, Diskussion, Betriebserkundung, Egg-Race, freies und angeleitetes Experimentieren, Auswertung fremder und Gestaltung eigener Medien, Spiele und Arbeit am Objekt. Die Arbeitsformen umfassen Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit ebenso wie Vortrag und Interaktion im Plenum.

4.6 Die Umsetzung des Konzepts im Überblick

Vorbemerkung: Nicht in jedem Durchlauf des WPU-Kurses können alle Themen behandelt werden. Die folgende Tabelle bietet vielmehr eine Übersicht über alle ausgearbeiteten Unterrichtsmodule, die sich bewährt haben und in folgenden Durchläufen grundsätzlich eingesetzt werden können. In Kapitel 5 sind einige Module näher beschrieben.

Thema des Unterrichtsmoduls	Inhalte und Methoden	Chemische (CH) und physikalische (PH) Prinzipien	Bezüge zum Lehrplan	Querbezüge zu anderen Fächern
Vom Erdöl zum Kraftstoff	Schülerreferat Medien: Filme, Zeitungsberichte Versuch: Fraktionierte Destillation von Rohöl (1)	Trennverfahren: Destillation (CH) Aufbau von Kohlenwasserstoffen (CH)	CH Jgst. 6 CH Jgst. 10	Wirtschaft: Ölpreisentwicklung, Monopole, Steuern Erdkunde: a) Ölförderstaaten, Abnehmerstaaten, Transportwege; b) Entstehung von Lagerstätten
Verbrennungsmotoren	Schülerreferat Medien: Film Arbeit am Modell Beobachtung am realen KFZ Schülerversuche: a) Explosion eines Benzin-Luft-Gemischs in einer Pappröhre b) Selbstzündung eines überhitzten Kohlenwasserstoff-Dampfs	Verbrennungsvorgänge (CH) Umwandlung von chemischer Energie in Bewegungsenergie (CH/PH) Wirkungsgrad (PH)	CH Jgst. 7/8 PH/CH: Teil des Projektvorschlags „Energie“ für Jgst. 9/10 (PH: Jgst. 10)	Technik: im Motorenbau verwendete Materialien
Alternative Antriebsformen	Schülerreferat Schülerversuche: Solar- und Brennstoffzellenauto (vgl. Abschn. 5.5)	Elektrolyse und ihre Umkehrung (CH) Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie, reversible Umwandlung von elektrischer und chemischer Energie (CH/PH) Faktoren, die die Effizienz von Solarzellen beeinflussen (PH)	CH Jgst. 9/10 PH/CH: Teil des Projektvorschlags „Energie“ für Jgst. 9/10 --	Wirtschaft: Umgang mit schwindenden Ressourcen Erdkunde: bevorzugte Standorte für Nutzung von Solarenergie

Leistungsmessung und Leistungssteigerung von Motoren (2)	Schülerreferat Zeitschriftenartikel Schülerversuch: Verbrennung in Luft und in reinem O ₂	Leistungsbegriff (PH) Optimierung von Verbrennungen, NO _x -Tuning (CH)	PH Jgst. 9/10 CH Jgst. 7/8	Wirtschaft: Tuning-Industrie; Wie entstehen Trends und Moden?
Abgase und Abgasreinigung	Schülerreferat Anschauung: Aufbau eines Kats Schülerversuch: katalytische Zersetzung von H ₂ O ₂ und Stärke	Katalyse (CH) Edelmetalle (CH)	-- CH Jgst. 7/8	Technik: keramische Werkstoffe Erdkunde: Treibhauseffekt
Karosseriebau und Aerodynamik	Schülerreferat Schülerversuche: a) Materialprüfung; b) Korrosionsschutz (vgl. Abschn. 5.4); c) Visualisierung von Stromlinien ^[33]	Stoffeigensch. (CH) Korrosion (CH) Reibung, Luftwiderstand, Grundlagen der Strömungslehre (PH)	CH Jgst. 6 CH Jgst. 7/8 PH Jgst. 10	Technik: Grundprinzipien der Statik und Konstruktion; Verbindungstechniken (Schweißen, Schrauben, Kleben)
Bremsen	Schülerreferat Schülerversuche: a) Bremstest (mit Mofa und Fahrrad); b) Modellversuch zur Hydraulik	Materialien für Bremsbeläge (CH) Verzögerung / Beschleunigung (PH) Hydraulische Kraftübertragung (PH)	-- PH Jgst. 10 (PH Jgst. 10B)	--
Beleuchtungsanlage	Schülerreferat Schülerversuche: a) Wirkungsweise eines Reflektors („Katzenauge“) b) Hohl- und Parabolspiegel	Funktionsweise einer Halogenlampe (CH) Reflexionsgesetze (PH)	-- PH Jgst. 7	--
Glas am Auto	Schülerreferat Anschauung: Unterschied von Glas und Sicherheitsglas Schülerversuch: Glasbearbeitung	Struktur und Eigenschaften von Glas (CH) Bruchverhalten: plastisch – elastisch – spröde (PH)	-- --	Technik: Glas als Werkstoff
Reifen und Fahrbahn	Schülerreferat Schülerversuch: Reifen und Fahrbahnbeschaffenheit (vgl. Abschn. 5.1)	Reibung: Haft-, Gleit- und Rollreibung (PH) Reifen: Material und Aufbau (CH/PH)	PH: Jgst. 10 --	--

Fahrverhalten	Schülerreferat Simulation: Fahrsimulator (vgl. Abschn. 5.3)	Fahrphysik: Beschleunigung, Trägheit, auftretende Kräfte	PH: Jgst. 10	--
Aktive und passive Sicherheit	Schülerreferat Schülerversuch: Egg-Race (vgl. Abschn. 5.2)	Airbag (CH) Knautschzone: De- formation zehrt Auf- prallkräfte auf (PH)	-- (PH: Jgst. 10B)	--
Elektronische Hilfsmittel	Schülerreferat Arbeitsblätter	Sensoren (PH)	PH: Jgst. 9	--
KFZ-Werkstatt	Betriebserkundung	Computergestützte Diagnoseverfahren	--	Wirtschaft: Klein- betrieb im Umfeld der Markenriesen
Industrielle Entwicklung und Fertigung von Kraftfahrzeugen	Film, anschließende Diskussion	--	--	Wirtschaft: Auto- mobilindustrie als Schlüsselbranche; Arbeitsteilige Prozesse, Einsatz von Robotern und Verschwinden gering qualifizierter Arbeitsplätze; Just-In-Time-Logi- stik, Störanfällig- keit und Umwelt- problematik; Welche Faktoren bestimmen den Preis eines Autos?
Was kostet ein Auto? Was kostet der Führerschein?	Zeitungsartikel, Schülerinnen und Schüler ermitteln auf dessen Basis selbst die Kosten des Führerscheins	--	--	Wirtschaft: individuelle Budgetplanung
Auto und Umwelt: Der Preis der Mobilität	Film, anschließende Diskussion	Energieformen und -umwandlungen (PH) Wirkungsgrad von Verbrennungsmotoren (PH)	PH/CH: Teil des Projektvorschlags „Energie“ für Jgst. 9/10 (PH: Jgst. 10B)	Wirtschaft: Ökobilanz, Allge- meinwohl vs. indi- vidueller Nutzwert

Anmerkungen:

- (1) Dieser Versuch darf wegen des Gehalts von Rohöl an giftigen Aromaten (u.a. Benzol) nicht als Schülerversuch durchgeführt werden. Als reine Lehrerdemonstration (Abzug) ist er im Klassenverband bei Regelklassen (> 20 Schülerinnen und Schüler) nur bedingt einsetzbar. Ein weitgehend zufrieden stellender Ersatz wird durch ein synthetisches „Rohöl“ geschaffen, das nur unbedenkliche Kohlenwasserstoffe enthält.
- (2) Dieses Thema war bei den Schülern das beliebteste, es wurde auf ihren Wunsch hin behandelt.

5 Beispiele für einzelne Unterrichtsmodule

In diesem Kapitel sind einige Module näher beschrieben, die in der Literatur in dieser Form noch nicht dokumentiert sind und/oder die die didaktischen Intentionen dieses Kurses besonders treffend illustrieren:

- Durch unmittelbar alltagsbezogene Fragestellungen und durch die Verwendung von authentischen Materialien wird ein „sinnstiftender Kontext“^[3] geschaffen (vgl. 5.1, 5.4)
- Durch herausfordernde und witzige Fragestellungen wird Motivation erzeugt (vgl. 5.2)
- Ein einfaches Spiel schafft einen spielerischen Zugang zum Verstehen der Fahreigenschaften eines Autos und der Funktionsweise von Computerspielen (vgl. 5.3)
- Ein faszinierendes technisches Spielzeug wird von den Schülerinnen und Schülern selbst zusammen gebaut und in Betrieb genommen (vgl. 5.5)

5.1 Welche Faktoren beeinflussen den Bremsweg beim Blockieren der Räder?

Bereits in kurzen Gesprächen bei der Hinführung zum Thema wurde deutlich, dass die Schülerinnen und Schüler richtig erkannt hatten: Die Berührungsstelle zwischen Auto und Fahrbahn ist enorm wichtig. Folglich haben die Eigenschaften von Reifen und Fahrbahn für das Fahrverhalten und die Fahrsicherheit eine außerordentlich große Bedeutung. Aber welche Faktoren sind es denn nun genau, die diese beeinflussen? Von besonderem Interesse ist dabei das Verhalten des Autos in kritischen Situationen, also z.B. bei einer Gefahrenbremsung. Kann man zwischen wichtigen und weniger wichtigen Einflüssen unterscheiden?

Diese Fragen wurden mit Hilfe von Modellversuchen angegangen. Dabei wurde auf einen Vorschlag des Lehrbuchs^[34] zurückgegriffen, der zu einer arbeitsteiligen Gruppenarbeit ausgearbeitet wurde. Der Vorteil bei dieser Methode ist, dass die Gruppen jeweils unterschiedliche Einflussgrößen untersuchen können und dass dann die Schülerinnen und Schüler beim anschließenden Vergleich der Ergebnisse einen Eindruck des Gesamtbildes erhalten, ohne alle Parameter selbst untersucht zu haben.

Besonders wichtig ist hier die **Authentizität des Materials**. Es geht in allen Teilversuchen darum, die Kraft zu messen, die erforderlich ist, damit ein Probestück eines **echten(!) Reifens** ins Rutschen gerät. Die hierzu entwickelten Materialien wie Aufgabenkarten, Auswertungsfolien und ein Arbeitsblatt finden sich im Anhang. Im Unterricht wurden die Versuche im Freien durchgeführt: Es konnte mit **echten Fahrbahnbelägen** (Asphalt, Pflaster, Platten), **echten Handicaps** (Sand, Splitt, nasses Laub) und **echten Witterungseinflüssen** (Nässe, im Winter sogar Eis und Schnee) gearbeitet werden.

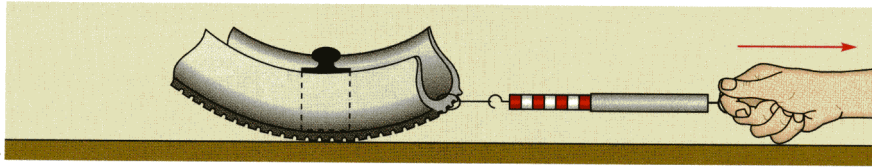


Abb. 5.1: *Prinzip der Versuche zur Reibungsverhalten von Reifen unter verschiedenen Bedingungen (Abbildung entnommen aus ^[34]).*

Die Ergebnisse spiegelten die physikalische Wirklichkeit durchaus zutreffend wieder. Besonders der Einfluss von Handicaps und Witterungsfaktoren konnte eindrucksvoll aufgezeigt werden, aber auch der Einfluss des Reifenprofils wurde überzeugend nachgewiesen. Nur ein Einfluss der Temperatur – der von Reifenherstellern oft werbewirksam proklamiert wird – konnte in diesen Versuchen nicht bestätigt werden.

5.2 Ein Egg-Race zur aktiven und passiven Sicherheit

Das Thema „Sicherheit“ wird von den Schülerinnen und Schülern in der Regel nicht als eines der interessantesten eingeschätzt. Mit einem attraktiven Egg-Race^[35] sollte ihr Interesse dafür geweckt und ihnen ein Zugang verschafft werden. Die didaktischen Vorteile dieser Methode für bestimmte Situationen sind in der genannten Literatur beschrieben, vgl. dazu auch^[36].

Die **herausfordernde Fragestellung** lautete: Baut ein Gerät, mit dessen Hilfe ein rohes Ei einen Sturz aus dem Fenster über zwei Stockwerke unbeschadet übersteht. Dabei darf das bereitgestellte Material auf beliebige Weise genutzt werden: Papier, Klebeband, Brausetabletten, Luftballons, Wasser, Schnur, Salz, Kunststoffbecher. Bewusst wurde bei der Fragestellung noch keine Parallele zum Auto gezogen.

Bei der Auswertung stellte sich heraus, dass zwei Lösungsstrategien erfolgreich waren. Die **Analogien zu den im Automobilbau eingesetzten Techniken** haben die Schülerinnen und Schüler bei der Auswertung selber hergestellt, und ihre Beschreibung soll hier wiedergegeben werden:

- (1) Konstruktion einer stabilen „Fahrgastzelle“ (Kunststoffbecher) mit einer inneren Polsterung und einer äußeren „Knautschzone“ aus Papier.
- (2) Schutz der „Fahrgastzelle“ durch „Airbags“ aus Luftballons. (Eine besonders robuste Lösung setzte dabei auf eine tetraedrische Umgebung des „Passagiers“ durch „Airbags“. Die Schülerinnen und Schüler erkannten nach Hilfestellung auch den geometrischen Körper Tetraeder wieder und konnten seine Vorzüge gegenüber anderen Anordnungen benennen, wie z.B. maximaler Effekt mit minimaler Anzahl Luftballons.)

5.3 Der einfachste Fahr Simulator der Welt

Wie kann man das Fahrverhalten eines Autos veranschaulichen und untersuchen, wenn die Mehrzahl der Schülerinnen und Schüler noch keine aktive Fahrerfahrung besitzt und auch physikalische Konzepte und Begrifflichkeiten wie Trägheit und Impulserhaltung nicht vorausgesetzt werden können? Ein **Simulationsspiel** bietet sich hierfür an. Das Schülerinteresse an solchen Spielen ist jedenfalls sehr hoch, und der Markt reagiert darauf: Fahr Simulatorenⁿ sind ein außerordentlich beliebtes Genre von Computerspielen; weit über 1000 Titel sind gegenwärtig für die verschiedensten Hardware-Plattformen lieferbar.^[37]

Es läge also nahe, gemeinsam einige Runden eines Computerspiels zu absolvieren und das darin dargestellte Fahrverhalten des Rennwagens zu analysieren. Diese Idee ließ sich im Rahmen des Wahlpflichtunterrichts bislang nicht verwirklichen, da der Computerraum während der Unterrichtszeit nicht zur Verfügung steht (vgl. Abschn. 2.3). Außerdem – und das wiegt schwerer – lenkt die *Komplexität der kommerziellen Spiele und ihre Überladung mit Effekten* vom physikalischen Gehalt ab, auf den es hier ankommt.

Auf der Suche nach einer technisch einfacheren Lösung habe ich den „Fahr Simulator“ als Zeichenspiel entwickelt.^(o) Es ist ein sehr klar aufgebautes Spiel, welches das Fahrverhalten eines „Autos“ in einem Rundkurs auf kariertem Papier modelliert. Die *didaktische Reduktion* besteht darin, dass es nur eine einzige Spielregel gibt, die den physikalischen Sachverhalt abbildet: Von Spielzug zu Spielzug darf sich die Bewegung des „Autos“ nur inkrementell in Betrag und Richtung verändern. Dies lässt sich in Vektorschreibweise sehr einfach ausdrücken:

$$\mathbf{a}_{n+1} = \mathbf{a}_n + \delta$$

Der Bewegungsvektor \mathbf{a} (Betrag und Richtung) im n -ten Schritt muss also im $(n+1)$ -ten Schritt wiederholt werden, wobei nur eine kleine Veränderung δ erlaubt ist. Übertragen in die „Kästchensprache“ des karierten Papiers bedeutet das, dass jeder Spielzug den vorherigen wiederholt und von dem so erreichten Zielpunkt nur um höchstens 1 Kästchen abgewichen werden darf. Zwei Autos dürfen im selben Spielzug nicht auf demselben Platz landen. Wenn die Begrenzung des Parcours berührt oder überschritten wird, muss der Betreffende an diesem Rand mit der Geschwindigkeit 0 neu ansetzen. – Diese Regeln lassen sich den Schülerinnen und Schülern leicht vermitteln, ohne dass Begriffe wie „Vektor“, „Geschwindigkeit“, „Beschleunigung“ oder „Trägheit“ verwendet werden. In Abbildung 5.2 ist dieses Prinzip grafisch dargestellt. Abbildung 5.3 zeigt einige typische Spielzüge zu Beginn eines Spiels.

ⁿ) Andere Bezeichnungen sind z.B. Rennspiele, Rennsimulatoren, Fun Racer, oder Race Challenges

^o) Ich habe keinen Hinweis auf eine Beschreibung dieses Spiels in der Literatur gefunden, obwohl ich es kaum glauben mag, dass es so etwas wirklich noch nicht gibt.

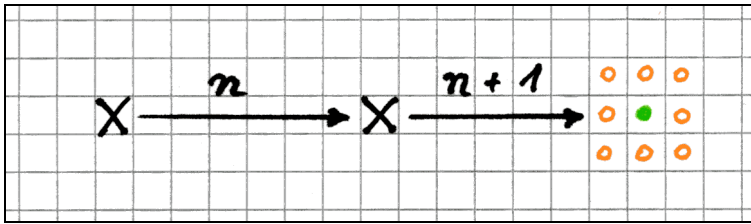


Abb. 5.2: Grafische Darstellung der Spielregel des „Fahr-Simulators“.
Es bedeuten:

- Zielpunkt eines Spielzuges bei unveränderter Wiederholung des vorhergehenden Zuges (grüne Punkte)
- weitere erlaubte Zielpunkte eines Spielzuges (orangefarbene Kreise)

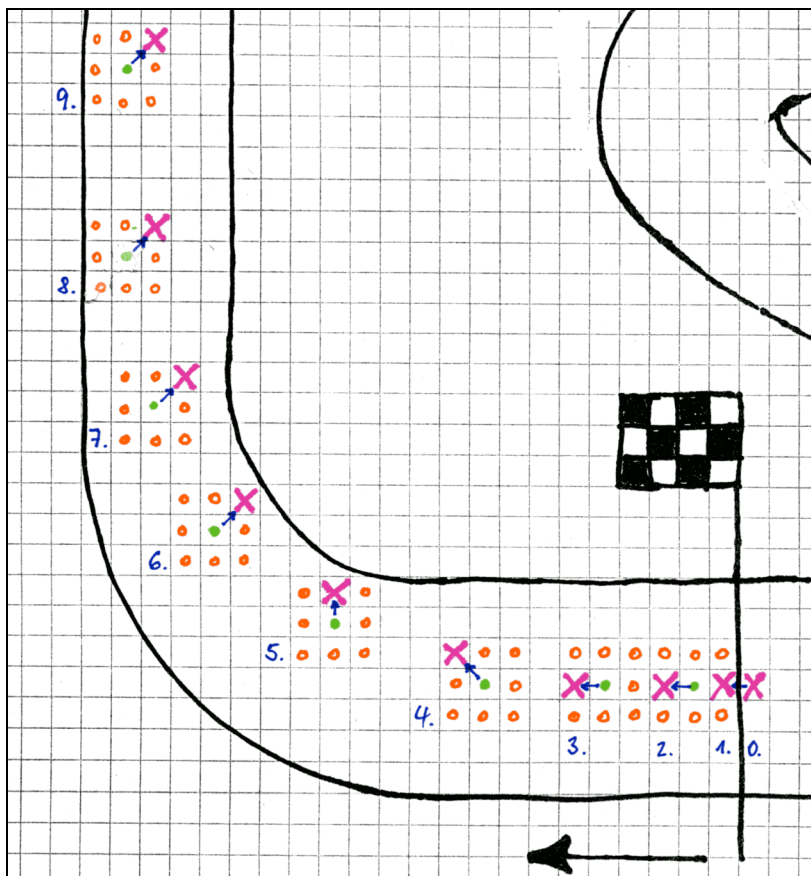


Abb. 5.3: Ausschnitt aus einem Spiel (ein Spieler, Original-Spielplan aus dem Unterricht). Die Spielzüge sind nummeriert.

Es bedeuten (vgl. auch Abb. 5.2):

- ✕ Position des „Autos“ nach einem Spielzug (pinkfarbene Kreuze)
- gewählte Veränderung δ gegenüber dem vorherigen Spielzug (blaue Pfeile)

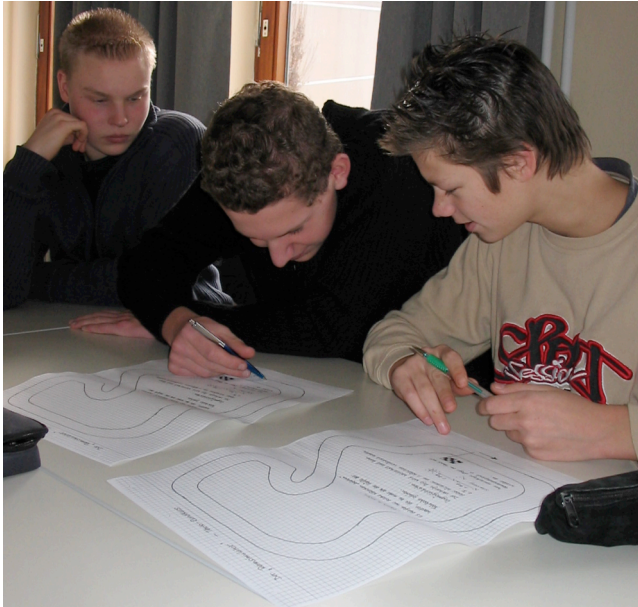


Abb. 5.4: Einsatz des Fahr Simulator-Spiels im Unterricht

Das Spiel kann von einem Schüler allein gespielt werden – dann ist es Ziel des Spiels, mit möglichst wenig Spielzügen durch den Rundkurs zu kommen – oder von zwei Schülern gegeneinander – dann hat gewonnen, wer zuerst über die Ziellinie kommt. Bei zwei Spielern wird ausgelost, wer die Startposition auswählen darf; der andere darf beginnen.

Dieses Spiel erfüllt einige Anforderungen für den Einsatz im Unterricht in hervorragender Weise:

- ⊕ Das Fahrverhalten eines Fahrzeugs wird **verblüffend realitätsnah** wiedergegeben: So sind bei hohen Geschwindigkeiten (d.h. großen Beträgen von a) nur kleine *relative* Änderungen möglich. Daher sind bei hohen Geschwindigkeiten auch nur große Kurvenradien möglich. Starke Richtungsänderungen können im Gegenzug nur bei kleinen Beträgen von a erfolgen. Die Änderungen δ entsprechen den vom Fahrer auszuführenden Lenkbewegungen, was wiederum realitätsnah geschieht: auch noch *nach* dem Scheitelpunkt einer Kurve müssen die auftretenden Fliehkräfte kompensiert werden.
- ⊕ Der diesem Spiel zugrunde liegende mathematische Algorithmus funktioniert im Wesentlichen **analog** zu den bei der Programmierung von **Computerspielen** verwendeten Algorithmen.^(p) Die Schülerinnen und Schüler können damit die von ihnen gern genutzten Computerspiele besser verstehen, ohne sich mit mathematischen Einzelheiten zu befassen.

^{p)} „Begründet auf der langjährigen Erfahrung mit Flugsimulatoren verwenden heutige Fahr Simulatoren mit 6 Freiheitsgraden überwiegend hydraulische oder elektrische Hexapoden, die sowohl transversale Bewegungen bzw. Beschleunigungen (Längsbeschleunigung, Querbeschleunigung) als auch rotatorische Bewegungen bzw. Beschleunigungen (Nick-, Wank-, Gierbewegungen) erzeugen können.“ (zitiert aus: <http://www.amm.mw.tu-berlin.de>)

- ⊕ Der Verzicht auf eine „physikalische“ Formulierung der Spielregeln hat den großen Vorteil, dass die Schülerinnen und Schüler bei der Auswertung des Spiels von selbst oder mit nur leichter Lenkung durch den Lehrer auf eine **Betrachtung physikalischer Größen** wie Geschwindigkeit, Beschleunigung oder Trägheit kommen können. Die Analogie zwischen einer „guten Runde“ auf dem Spielfeld und der „Ideallinie“ bei einem Formel-1-Rennen haben die Schülerinnen und Schüler jedes Mal ohne Hilfe erkannt.
- ⊕ Die Regeln sind **leicht zu erlernen** und das Spiel ist – einzeln oder zu zweit – auch bei mehrmaligem Spielen reizvoll (vgl. Abbildung 5.4).
- ⊕ Nicht zuletzt ist der **Materialeinsatz sehr überschaubar**: Parcours können von Hand gezeichnet werden und außer Stiften wird nichts weiter benötigt. Wenn Ergebnisse verglichen werden sollen, empfiehlt es sich, einige gleichartige Parcours im DIN-A-3-Format zu kopieren und diese nach dem Spiel nebeneinander aufzuhängen, wobei der Einstieg in die Auswertung leicht gelingt.
- Der einzige nennenswerte Nachteil besteht nach meiner Einschätzung in dem **relativ hohen Abstraktionsgrad** des Spiels; die 3D-Grafiken der Computerspiele sind in dieser Hinsicht wesentlich leichter zugänglich gestaltet. Die Schülerinnen und Schüler brauchten in der konkreten Unterrichtssituation einige Zeit, bis sie den Papier-Parcours wirklich als „Rennstrecke“ und ihre Kreuzchen als „Rennautos“ interpretierten. Eine Verbesserung könnte darin bestehen, ein richtiges Brettspiel daraus zu machen: Eine transparente Platte z.B. aus Plexiglas® (transparent, damit verschiedene Parcours unterlegt werden können) wird mit regelmäßigen Bohrungen entsprechend den Rechenkästchen versehen. Mit kleinen Modellautos, die auf der Unterseite einen in die Bohrungen passenden Zapfen haben, kann man die Strecken „befahren“. Es wäre ein interessantes Projekt für den Technik-Unterricht, ein solches Brettspiel im Detail zu konstruieren und zu bauen.

5.4 Korrosionsschutz erfinden

Die Schülerinnen und Schüler zeigten ein großes Interesse für die im Automobilbau verwendeten **Materialien**. Ein Ausgangspunkt hierfür war ein Film über die industrielle Automobilproduktion, besonders aber ein Tuning-Katalog, der mit kohlefaserverstärkten Kunststoffen, hochfesten Aluminium-Legierungen und vollverzinkten Bauteilen warb. Die Schülerinnen und Schüler wollten wissen, was sich dahinter verbirgt und welche Vorteile die jeweiligen Materialien bieten.

muenchen.de/Forschung/fsammet/). Dies ändert jedoch nichts an der grundsätzlichen Bedingung, dass Bewegungen sich nur graduell ändern können.

Bei dieser Gelegenheit bot es sich an, den Korrosionsschutz zum Thema einer Unterrichtseinheit zu machen. Die Schülerinnen und Schüler hatten in der 8. Klasse beim Thema Metalle gelernt, dass diese sich u.a. in ihrer Beständigkeit gegen Korrosion unterscheiden. Aber was kann man tun, wenn man aus wirtschaftlichen und konstruktiven Gründen ein von Natur aus nicht sonderlich beständiges Metall wie Stahl verwenden muss? Wie lässt sich dieses vor Umwelteinflüssen schützen?

Um dies herauszufinden, wurde mit **authentischen**, nicht vorbehandelten Flachstahl-Konstruktionsblechen ein „**Erfinderwettbewerb**“ durchgeführt. Die Schülerinnen und Schüler hatten den Auftrag, sich in Kleingruppen eine Methode auszudenken, wie man ein solches Blech chemisch und physikalisch so behandeln kann, dass es einen längeren Aufenthalt im Freien möglichst unbeschadet übersteht.

Als Materialien standen zur Verfügung: Stahlblech, Zinkstücke, verdünnte Schwefelsäure, $\text{ZnSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, Hexan, Kunststoff-Chips, Salz, Wasser, eine Gleichstrom-Quelle, ein Gasbrenner (Abzug), ein Werkzeugkoffer, diverse Kabel und Bechergläser. Damit war eine Reihe von „guten“ Lösungen realisierbar:

- (1) Elektrolytisches Verzinken der Oberfläche
- (2) Elektrolytisches Verkupfern der Oberfläche
- (3) Feuerverzinken der Oberfläche
- (4) Anbringen eines Zinkstücks als Opferanode
- (5) Mischen eines „Lacks“ aus Hexan und Kunststoff-Chips, mit dem das Werkstück eingestrichen wird
- (6) Verformen des Werkstücks, so dass Regenwasser besser abläuft
- (7) Kombinationen der unter (1) bis (6) genannten Lösungen

Die Werkstücke wurden anschließend für drei Wochen ins Freie gehängt und der Witterung ausgesetzt.

Die Schülerinnen und Schüler waren bei der Auswertung ihrer Versuche in der Lage, eine Rangfolge der Ergebnisse durch Vergleich der Werkstücke, Aufstellen von Qualitätskriterien und Bewertung ihrer Beobachtungen herzustellen. [Eine Kombination von (3) und (5) erwies sich im konkreten Fall als am beständigsten.] Sie konnten auf der Grundlage ihrer Vorkenntnisse plausible Begründungen für den unterschiedlichen Erfolg der Verfahren entwickeln, Parallelen zur zuvor gesehenen industriellen Praxis ziehen und Verbesserungsvorschläge machen (z.B. „Vor dem Lackieren müsste man das Blech noch behandeln, damit der Lack besser hält“).

5.5 Energieformen der Zukunft (Solarenergie, Brennstoffzelle)

Es herrscht weitgehend Konsens darüber, dass „neue“ Energieformen im naturwissenschaftlichen Unterricht angemessen berücksichtigt werden sollen, und gerade im Rahmenkontext „Auto“ bietet sich dieses Thema an. Die Zeitschrift *Unterricht Physik* widmete der Brennstoffzelle unlängst ein Themenheft.^[38] Darin fand sich ein Vorschlag für eine Unterrichtseinheit mit einem käuflichen Experimentierkasten. Der Förderverein der Hauptschule Jöllennebeck stellte auf meinen Antrag die Mittel zur Beschaffung von zwei Kästen bereit.

Von den vorgeschlagenen Lernstationen^[38] wurden die Versuche zur Bestimmung der Leistung der Solarzelle und zur Bestimmung der Energiemenge zur Erzeugung von 10 ml Wasserstoffgas übernommen. Der Transfer dieser Schritte auf das Solar-Wasserstoff-Modellauto wurde beim gemeinsamen Zusammenbau der Autos geleistet. Anschließend wurde eine Versuchsreihe auf dem Schulhof durchgeführt, bei der die Schüler die Reichweite einer „Tankfüllung“ in Zeit und Weg ermittelten sowie die Autos selbst gebaute Rampen hinauffahren ließen und dabei ihre maximale „Kletterfähigkeit“ bestimmten (die ein Maß für die erreichbare Spitzenleistung ist). Von den vorgeschlagenen Textstationen wurden „Funktionsweise einer Solarzelle“ und „Autoantrieb der Zukunft“ verwendet. Chemisches Hintergrundwissen wurde durch die elektrolytische Wasserzerlegung mit Hilfe des HOFFMANNschen Wasserzersetzungsapparats (Lehrerversuch) mit anschließender Durchführung der Knallgas-Reaktion im Schülerversuch erschlossen. Die Verknüpfung mit dem Rahmenkontext gelang durch die Identifizierung der einzelnen miteinander verbundenen Energieumwandlungsschritte und einen Vergleich mit den Gegebenheiten beim herkömmlichen Kraftstoff.



Als Ergebnis lässt sich festhalten: In dieser reduzierten Form lässt sich diese ursprünglich für die Realschule konzipierte Unterrichtseinheit mit Gewinn auch in der Hauptschule einsetzen.

Abb. 5.5: Versuche zur Bestimmung der „Kletterfähigkeit“ der Solar-Autos. Die Schüler variieren die Neigung der Rampe mit Holzklötzen.

6 Evaluation

6.1 Beurteilung des Erfolgs aus Lehrersicht

Aus der Sicht des Lehrers wurde dieses WPU-Angebot von den Schülerinnen und Schülern bislang sehr gut aufgenommen. Dies lässt sich mit einer Reihe von qualitativen und halbquantitativen Beobachtungen belegen:

- Die Schülerinnen und Schüler arbeiten im Unterricht deutlich aktiver mit als im Regelunterricht dieser Jahrgangsstufen.^(q)
- Schülerfragen werden deutlich häufiger gestellt und haben einen höheren fachlichen Gehalt als im Regelunterricht.
- Störungen treten merklich seltener auf als im Regelunterricht. Insbesondere sind Konflikte der Schüler untereinander wesentlich seltener, der Umgangston ist generell freundschaftlicher, die Zusammenarbeit ist konstruktiver.
- Die Unterrichtszeit kann effektiver genutzt werden^[39] als im Regelunterricht. Die Stundenplanung kann in der Regel gut in die Praxis umgesetzt werden.^(r)
- Fehlzeiten sind durchweg selten, während sie im Regelunterricht – insbesondere in Randstunden – zuweilen zum Problem werden können.
- Die Referate werden von den Schülerinnen und Schülern meist mit großem Eifer und Interesse angefertigt.
- Etliche Schülerinnen und Schüler äußerten den starken Wunsch, den Kurs ein zweites Mal zu belegen, obwohl zunächst nur ein halbjährliches „Programm“ vorgesehen war. Um inhaltliche Wiederholungen zu vermeiden, wurden neue Module geschaffen (vgl. Abschn. 4.6). Hierzu machten die Schülerinnen und Schüler sehr konstruktive Vorschläge.
- Schülerinnen und Schüler äußerten sich gegenüber ihren Mitschülern positiv über diesen Kurs.
- Es gibt in diesem Kurs keine „Tests“, so dass die Beurteilung des Lernerfolgs sich auf die mündliche und praktische Mitarbeit im Unterricht stützt. Der Zugewinn an Wissen und Kompetenzen^(s) wird von mir als im Durchschnitt signifikant höher als in den Regelklassen eingeschätzt.

^{q)} Da ich auch den Regelunterricht Physik / Chemie in den Jahrgangsstufen 9 und 10 mit denselben Schülerinnen und Schülern erteile, bin ich für diesen Vergleich nicht auf Kollegen als Informationsquellen angewiesen.

^{r)} Einigen Unterrichtseinheiten merkte man im ersten Durchlauf den Erprobungscharakter noch recht deutlich an. In der vorliegenden Arbeit ist der Entwicklungsstand nach zweimaligem vollständigem Durchlauf beschrieben.

^{s)} Gerade die kommunikativen, problemlösenden und sozialen Kompetenzen lassen sich in offen gestalteten Unterrichtsphasen wie z.B. beim freien Experimentieren sehr genau beobachten. Bei der Diskussion und Evaluation von Versuchsergebnissen erkennt man sehr deutlich, ob fachbezogene Konzepte verstanden wurden.

6.2 Feedback der Schülerinnen und Schüler

Bei der Auswahl der Themen und Methoden half mir ein kontinuierliches Einfordern von Feedback am Ende der Stunde. Typische Fragen waren: „Wie fandet ihr es heute?“ – „Was hat besonders gut geklappt? / Was hat nicht so gut funktioniert? / Was war besonders schwierig?“ – „Was meint ihr: Wo könnt ihr das, was wir heute gemacht haben, später einmal gebrauchen?“. Für das Feedback sind die letzten 3-5 Minuten einer Doppelstunde reserviert.

Aussagekräftigere, weil differenziertere Rückmeldungen konnten mit dem Feedback-Bogen erhalten werden (vgl. Anhang), den die Schülerinnen und Schüler zum Ende jedes Kurses ausfüllten.⁽¹⁾ Der Kurs wurde durchweg mit Noten von 1 bis 3 bewertet (Mittelwert 1,9), was sehr erfreulich ist. Schülerversuche und Filme waren die beliebtesten Methoden; es gab dazu auch Rückmeldungen, dass gerade die Vielfalt der Methoden besonders positiv aufgenommen wurde („es war abwechslungsreich“, „es gab immer wieder etwas Neues“).

Bei den beliebtesten Themen gab es einige Überraschungen: so war z.B. „Glas“ ein Favorit, da die Schülerinnen und Schüler im praktischen Teil erste Erfahrungen damit sammeln konnten, selbst Glas zu bearbeiten (schneiden, biegen, verbinden, blasen). Es wurden aber auch Lehrer-Erwartungen bestätigt: die Themen Solar-Brennstoffzellen-Auto, aktive und passive Sicherheit sowie Exkursionen waren durchweg beliebt, während Abgasreinigung (Katalysator) und Kraftstoffherstellung weniger Anklang fanden – was nach Aussagen der Schülerinnen und Schüler an den doch recht komplexen Sachverhalten liegt, die in Ermangelung tragfähiger Grundlagen-Kenntnisse zumindest bei den Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 9 nicht so kompakt und modular vermittelbar waren wie bei der Planung erhofft.

Die Aussagen der Schülerinnen und Schüler zum sozialen Miteinander bestätigen die in Abschn. 6.1 beschriebenen eigenen Beobachtungen (seltene Störungen, konstruktive Zusammenarbeit, angenehme Atmosphäre). Besonders bemerkenswert ist: die Schülerinnen und Schüler dieses WPU-Kurses zeigen mit einem Durchschnittswert von umgerechnet 4,2 Punkten eine signifikant höhere Zustimmung zu der Aussage „Ich glaube, dass ich das Wissen aus dem Unterricht im Alltag gebrauchen kann“ als ihre Altersgenossen bei der Frage, ob die Fächer Physik und Chemie aus ihrer Sicht relevant für ihre Allgemeinbildung sind (2,7 bzw. 2,8 Punkte, vgl. Abschn. 3).

Es wurde bereits erwähnt, dass es von Schülerseite einige gute Anregungen zum weiteren inhaltlichen Ausbau des Kurses gab. Auch hierin zeigt sich, dass sich die Schülerinnen und Schüler mit ihrem Unterricht identifizieren, mitdenken und mitgestalten.

⁽¹⁾ Der im Anhang wiedergegebene Fragebogen bezieht sich auf den ersten Durchlauf und nennt daher nur die zu dieser Zeit durchgeführten Module.

6.3 Rückmeldungen von Eltern und Fachkollegen

Die Entwicklung des Kurses wurde von den Fachkolleginnen und -kollegen mit lebhaftem Interesse verfolgt und mit positiven Rückmeldungen bedacht.

Am Tag der Offenen Tür 26.11.2004 wurden in den neu gestalteten Fachräumen neben „Chemischen Kabinettstücken“ und Unterrichtsbeispielen aus anderen Klassen auch einige Aktivitäten und Ergebnisse dieses Kurses, wie z.B. die Solar-Brennstoffzellen-Autos, den interessierten Eltern vorgestellt. Die Reaktionen waren außerordentlich positiv („So etwas machen Sie hier? – Ist ja toll!“). Auf diese Weise konnte der Öffentlichkeit vermittelt werden, dass die naturwissenschaftlichen Fächer an der Hauptschule Jöllenberg besonders aktiv und attraktiv sind.

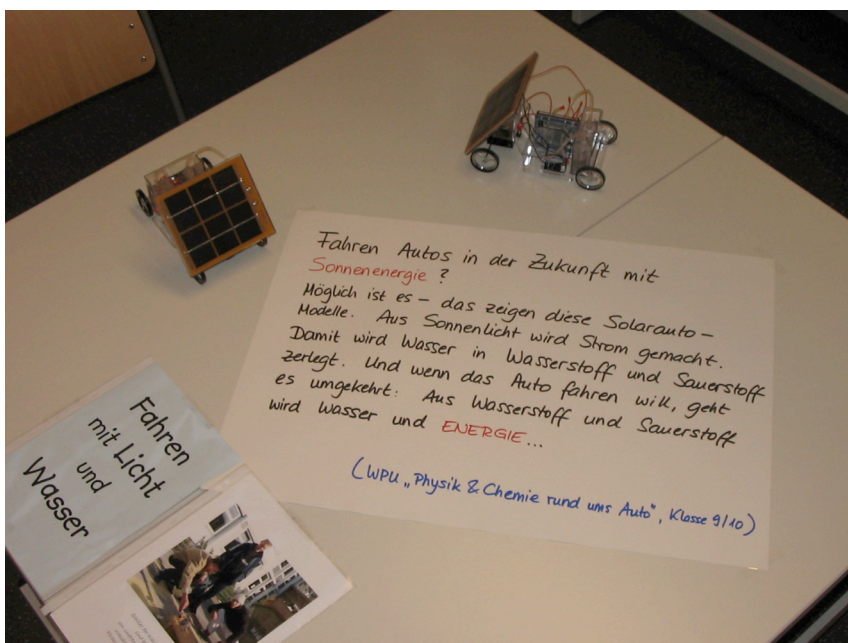


Abb. 6.1: Exponat des WPU-Kurses „Physik und Chemie rund ums Auto“ am Tag der Offenen Tür in den renovierten Fachräumen.

6.4 Fazit

Der neue WPU-Kurs „Physik und Chemie rund ums Auto“ hat sich innerhalb eines Schuljahres im Wahlpflichtangebot der Hauptschule Jöllenberg **fest etabliert**. Er ist bei den Schülerinnen und Schülern **beliebt** und hat das **Ziel erreicht**, das naturwissenschaftliche Angebot im Wahlpflichtbereich zu verstärken. Rückmeldungen und eigene Beobachtungen signalisieren, dass das Konzept des „Lernens im sinnstiftenden Kontext“^[3] gerade an der Hauptschule zu einer **Erhöhung der Motivation**, zu einer **Verbesserung der Mitarbeit** und letztlich zu einem **größeren Lernerfolg** bei den Schülerinnen und Schülern führt.

7 Transfer und Weiterentwicklung

Fazit gut, alles gut? – Mitnichten. Auch wenn es sehr zufrieden stellend ist, auf der Grundlage des Konzepts vom „Lernen im sinnstiftenden Kontext“^[3] ein funktionierendes und akzeptiertes neues Unterrichtsangebot geschaffen zu haben, fordert der letzte Satz des Fazits geradezu, dass nun die in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse in den Schulalltag zurück fließen und weitere Kreise ziehen.

7.1 Schulinterne Maßnahmen

Folgende Maßnahmen wurden bereits ergriffen oder sind vorgesehen:

- Das Konzept und die Ausgestaltung dieses WPU-Kurses wurden in der Fachkonferenz Naturwissenschaften vorgestellt. Jede Fachkollegin, jeder Fachkollege erhält diese Arbeit zur Kenntnis.
- Um einen Rückfluss von Ergebnissen in den Regelunterricht zu befördern, wird ein „Kontext-Ordner“ allen Fachkolleg/inn/en zugänglich gemacht, in dem ausgearbeitete Unterrichtsmodule nach Kontexten klassifiziert und abgelegt sind. Die Struktur der Metadaten ist analog zu der Tabelle in Abschn. 4.6. Mit dem Begriff „Ordner“ ist hier ein Datenverzeichnis auf dem Schulserver gemeint; lediglich solche Materialien, die nicht in elektronischer Form verfügbar sind, befinden sich als „Hardcopy“ in der Sammlung. Ein erstes Beispiel: Das Modul „Bremsweg“ (Abschn. 5.1) wird ab dem kommenden Schuljahr nicht mehr im WPU-Kurs eingesetzt, sondern im Regelunterricht der Klasse 10 (A und B) beim Thema Reibung.
- Die erfreuliche Resonanz beim Tag der Offenen Tür hat gezeigt: Mit innovativen, praxisorientierten Unterrichtsangeboten und den inzwischen überdurchschnittlich guten Räumlichkeiten – an einer Verbesserung der Materialausstattung wird noch gearbeitet – kann sich unsere Schule als besonders stark im Bereich Naturwissenschaften (und Technik) positionieren. Dies soll auch im Schulprogramm verankert werden, welches im Frühjahr 2005 reformiert werden wird.

7.2 Übertragbarkeit über die eigene Schule hinaus

Das hier beschriebene Unterrichtskonzept bietet sich grundsätzlich dafür an, auch an anderen Schulen eingesetzt zu werden. Gerade für Gesamtschulen könnte sich hiermit ein attraktives Angebot im „Nawi-Schwerpunkt“ eröffnen. Je nach Jahrgangsstufe und Kurszusammensetzung kann das Niveau durch die Lehrkraft angepasst werden, z.B. durch die Auswahl der

Themen oder bei der Entscheidung, ob die Behandlung auf einer eher phänomenologischen oder eher konzeptionellen Ebene erfolgen soll.

Wenn die ersten Schülerjahrgänge, die in den Jahrgangsstufen 5 und 6 im neuen Fach „Naturwissenschaften“ unterrichtet wurden, in die Jahrgangsstufe 9 kommen, gewinnt das hier vorgestellte Konzept eine zusätzliche Aktualität und Bedeutung, denn diese Schülerinnen und Schüler werden – sofern sich die mit der Einführung dieses neuen Faches verbundenen Hoffnungen als berechtigt erweisen – mit der hier vorgeschlagenen Vorgehensweise voraussichtlich noch besser zurecht kommen als die derzeitigen Schüler dieser Jahrgänge.

Daher ist vorgesehen, die Ergebnisse dieser Arbeit in einer Fachzeitschrift zu publizieren, was hoffentlich ab Sommer 2005 in Angriff genommen werden kann.

7.3 Inhaltliche Weiterentwicklung des Konzepts

Einige Ideen konnten bislang noch nicht verwirklicht werden. Mittelfristig gibt es folgende Pläne zur Erweiterung des Konzepts:

- Die Möglichkeit zum Besuch von außerschulischen Lernorten war bislang begrenzt (vgl. Abschn. 2.3). In Kooperation mit Klassenlehrern der 9. Klassen soll im nächsten Schuljahr ein „Wandertag“ für den Besuch eines Betriebes aus der KFZ-Branche genutzt werden. Damit ist die Hoffnung verbunden, außer den Schülerinnen und Schülern dieses WPU-Kurses auch andere zu erreichen, die bislang noch nicht mit dem Gedanken gespielt haben, ein naturwissenschaftliches WPU-Fach zu wählen.
- Um die Verzahnung von Unterricht und Berufspraxis zu verstärken, wurde der Inhaber eines ortsansässigen KFZ-Meisterbetriebes eingeladen, eine Stunde als „Gastlehrer“ zu gestalten, was er für das nächste Schulhalbjahr auch zugesagt hat. Da dieser Betrieb auch regelmäßig Praktikumsplätze für Schülerpraktika bereitstellt, ergibt sich über die fachliche Ebene hinaus die Möglichkeit zu Vorab-Gesprächen mit Schülerinnen und Schülern, die an einem Praktikum interessiert sind.
- Es wäre reizvoll, den Schülerinnen und Schülern ein altes Auto für angeleitete praktische Arbeiten zur Verfügung zu stellen. Eine enge Zusammenarbeit mit dem Fach Technik ist hierbei unverzichtbar. Inwieweit die räumlichen und materiellen Voraussetzungen hierfür an der Hauptschule Jöllenneck gegeben sind, muss freilich im Einzelnen noch geklärt werden. Vorbild für diese Idee ist das Beispiel einer schwedischen Schule, wo die praktisch begabten Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 9 und 10 die Möglichkeit erhalten, ihre obligatorische Studienarbeit auf diese Weise anzufertigen.^[40]

*„So eine Arbeit wird eigentlich nie fertig.
Man muss sie für fertig erklären, wenn man
nach Zeit und Umständen das Mögliche getan hat.“*

J. W. von Goethe, Italienreise (1787)

Anhang

- Erhebungsbogen für Umfrage (Abschn. 3)
- vier Aufgabenkarten mit Auswertungsfolien sowie ein Arbeitsblatt für die Reifen-Versuche (Abschn. 5.1)
- zwei Muster-Parcours für den Fahrsimulator (Abschn. 5.3)
- Feedback-Bogen (zu Abschn. 6)

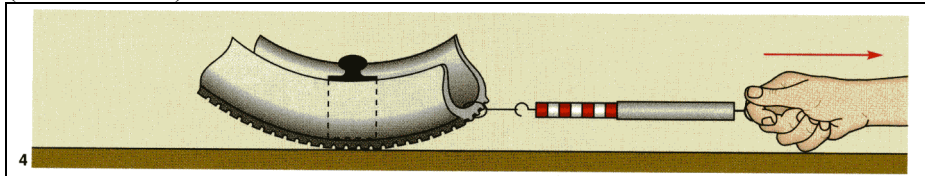
Fach	Aussage	Zustimmung				
		1	2	3	4	5
Deutsch	...interessiert mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...werde ich im Beruf brauchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...gehört für mich zur Allgemeinbildung dazu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Englisch	...interessiert mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...werde ich im Beruf brauchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...gehört für mich zur Allgemeinbildung dazu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mathematik	...interessiert mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...werde ich im Beruf brauchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...gehört für mich zur Allgemeinbildung dazu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Physik	...interessiert mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...werde ich im Beruf brauchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...gehört für mich zur Allgemeinbildung dazu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chemie	...interessiert mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...werde ich im Beruf brauchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...gehört für mich zur Allgemeinbildung dazu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biologie	...interessiert mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...werde ich im Beruf brauchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...gehört für mich zur Allgemeinbildung dazu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geschichte	...interessiert mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...werde ich im Beruf brauchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...gehört für mich zur Allgemeinbildung dazu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erdkunde	...interessiert mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...werde ich im Beruf brauchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...gehört für mich zur Allgemeinbildung dazu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wirtschaft / Arbeitslehre	...interessiert mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...werde ich im Beruf brauchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...gehört für mich zur Allgemeinbildung dazu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Technik	...interessiert mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...werde ich im Beruf brauchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...gehört für mich zur Allgemeinbildung dazu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hauswirtschaft	...interessiert mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...werde ich im Beruf brauchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...gehört für mich zur Allgemeinbildung dazu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sport	...interessiert mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...werde ich im Beruf brauchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...gehört für mich zur Allgemeinbildung dazu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Religion / Ersatzfächer	...interessiert mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...werde ich im Beruf brauchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...gehört für mich zur Allgemeinbildung dazu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kunst	...interessiert mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...werde ich im Beruf brauchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	...gehört für mich zur Allgemeinbildung dazu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Die Zahlen bedeuten: 1 = stimme überhaupt nicht zu; 2 = stimme nur wenig zu; 3 = stimme im Großen und Ganzen zu; 4 = stimme weitgehend zu; 5 = stimme vollkommen zu

1. Versuch: Trockene und nasse Fahrbahn

Vorgehensweise bei der Kraftmessung:

1. Reifenstück mit dem Gewicht beschweren (500 g).
2. Kraftmesser in die Öse einhaken.
3. Langsam nach vorne ziehen, dann immer stärker, bis das Reifenstück zu rutschen beginnt (siehe Skizze). Nicht nach oben oder zur Seite ziehen!



4. Messwert ablesen, wenn das Reifenstück langsam und gleichmäßig rutscht.
5. Messung einige Male wiederholen, um zu prüfen, ob unter gleichen Bedingungen vergleichbare Messwerte erhalten werden.

Aufgabe: Messt die benötigte Kraft

- auf trockener Oberfläche
- auf nasser Oberfläche
- auf nasser Oberfläche, auf der zusätzlich noch nasse Blätter liegen.

((Folie))

Trockene und nasse Fahrbahn

Messwerte:	Zum Rutschen benötigte Kraft (N)
Trockene Fahrbahn	
Nasse Fahrbahn	
Nasse Fahrbahn mit Blättern	

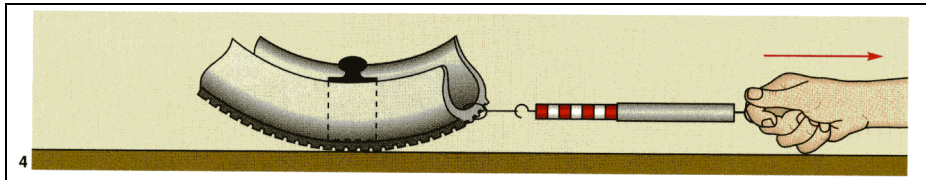
Welche Unterschiede treten auf?

Erklärung:

2. Versuch: Sand und Splitt auf der Fahrbahn

Vorgehensweise bei der Kraftmessung:

1. Reifenstück mit dem Gewicht beschweren (500 g).
2. Kraftmesser in die Öse einhaken.
3. Langsam nach vorne ziehen, dann immer stärker, bis das Reifenstück zu rutschen beginnt (siehe Skizze). Nicht nach oben oder zur Seite ziehen!



4. Messwert ablesen, wenn das Reifenstück langsam und gleichmäßig rutscht.
5. Messung einige Male wiederholen, um zu prüfen, ob unter gleichen Bedingungen vergleichbare Messwerte erhalten werden.

Aufgabe: Messt die benötigte Kraft

- auf trockener Oberfläche
- auf trockener Oberfläche, die mit etwas Sand bestreut wurde
- auf trockener Oberfläche, die mit etwas Splitt bestreut wurde

((Folie))

Sand und Splitt auf der Fahrbahn

Messwerte:	Zum Rutschen benötigte Kraft (N)
Trockene Fahrbahn	
Trockene Fahrbahn mit Sand	
Trockene Fahrbahn mit Splitt	

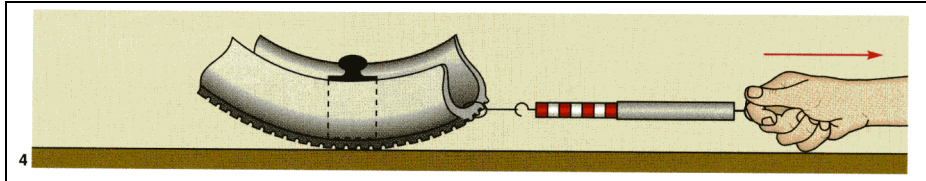
Welche Unterschiede treten auf?

Erklärung:

3. Versuch: Profil des Reifens

Vorgehensweise bei der Kraftmessung:

1. Reifenstück mit dem Gewicht beschweren (230 g).
2. Kraftmesser in die Öse einhaken.
3. Langsam nach vorne ziehen, dann immer stärker, bis das Reifenstück zu rutschen beginnt (siehe Skizze). Nicht nach oben oder zur Seite ziehen!



4. Messwert ablesen, während das Reifenstück gleichmäßig rutscht.
5. Messung einige Male wiederholen, um zu prüfen, ob unter gleichen Bedingungen gleiche Messwerte erhalten werden.

Aufgabe: Misst die benötigte Kraft auf trockener Oberfläche

- mit dem schmalen Reifen mit glattem Profil (aufpassen, dass der Reifen dabei nicht kippt)
- mit dem breiten Reifen mit grobem Profil

((Folie))

Profil des Reifens

Messwerte:	Zum Rutschen benötigte Kraft (N)
Schmaler Reifen, glattes Profil	
Breiter Reifen, grobes Profil	

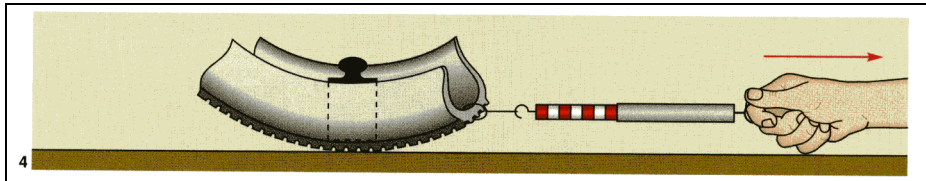
Welche Unterschiede treten auf?

Erklärung:

4. Versuch: Einfluss der Temperatur

Vorgehensweise bei der Kraftmessung:

1. Reifenstück mit dem Gewicht beschweren (500 g).
2. Kraftmesser in die Öse einhaken.
3. Langsam nach vorne ziehen, dann immer stärker, bis das Reifenstück zu rutschen beginnt (siehe Skizze). Nicht nach oben oder zur Seite ziehen!



4. Messwert ablesen, während das Reifenstück gleichmäßig rutscht.
5. Messung einige Male wiederholen, um zu prüfen, ob unter gleichen Bedingungen gleiche Messwerte erhalten werden.

Aufgabe: Misst die benötigte Kraft auf trockener Fahrbahn und mit trockenem Reifen

- mit einem warmen Reifen (erwärmt im Wasserbad, ca. 50 °C, genauen Wert ermitteln)
- mit einem Reifen, der Umgebungstemperatur hat (diese bitte ermitteln)
- mit einem kalten Reifen (aus dem Eis-Kochsalz-Bad, ca. -10 °C, genauen Wert ermitteln)

Achtung: rasch arbeiten! Die Reifenstücke erst unmittelbar vor der Messung aus dem Wärme- bzw. Kältebad herausholen, nicht herumliegen lassen, nicht in der Hand halten!

((Folie))

Einfluss der Temperatur

Messwerte:	Zum Rutschen benötigte Kraft (N)
Warmer Reifen Temperatur = °C	
Reifen mit Umgebungstemperatur Temperatur = °C	
Kalter Reifen Temperatur = °C	

Welche Unterschiede treten auf?

Fühlen sich warme und kalte Reifen unterschiedlich an? Wie?

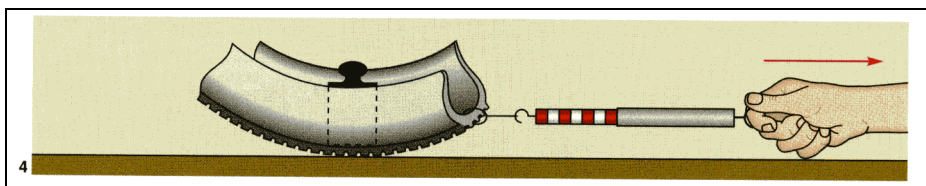
Erklärung:

Name:	Klasse:	Datum:
-------	---------	--------

Wenn Reifen zu rutschen beginnen...

Man kann die Kraft messen, die aufgewendet werden muss, damit ein Reifen auf einer Oberfläche ins Rutschen kommt. Dafür kann man so vorgehen:

1. Reifenstück mit einem Gewicht beschweren.
2. Kraftmesser in die Öse einhaken.
3. Langsam nach vorne ziehen, dann immer stärker, bis das Reifenstück zu rutschen beginnt (siehe Skizze). Nicht nach oben oder zur Seite ziehen!



4. Messwert ablesen, während das Reifenstück gleichmäßig rutscht.
5. Messung einige Male wiederholen, um zu prüfen, ob unter gleichen Bedingungen gleiche Messwerte erhalten werden.

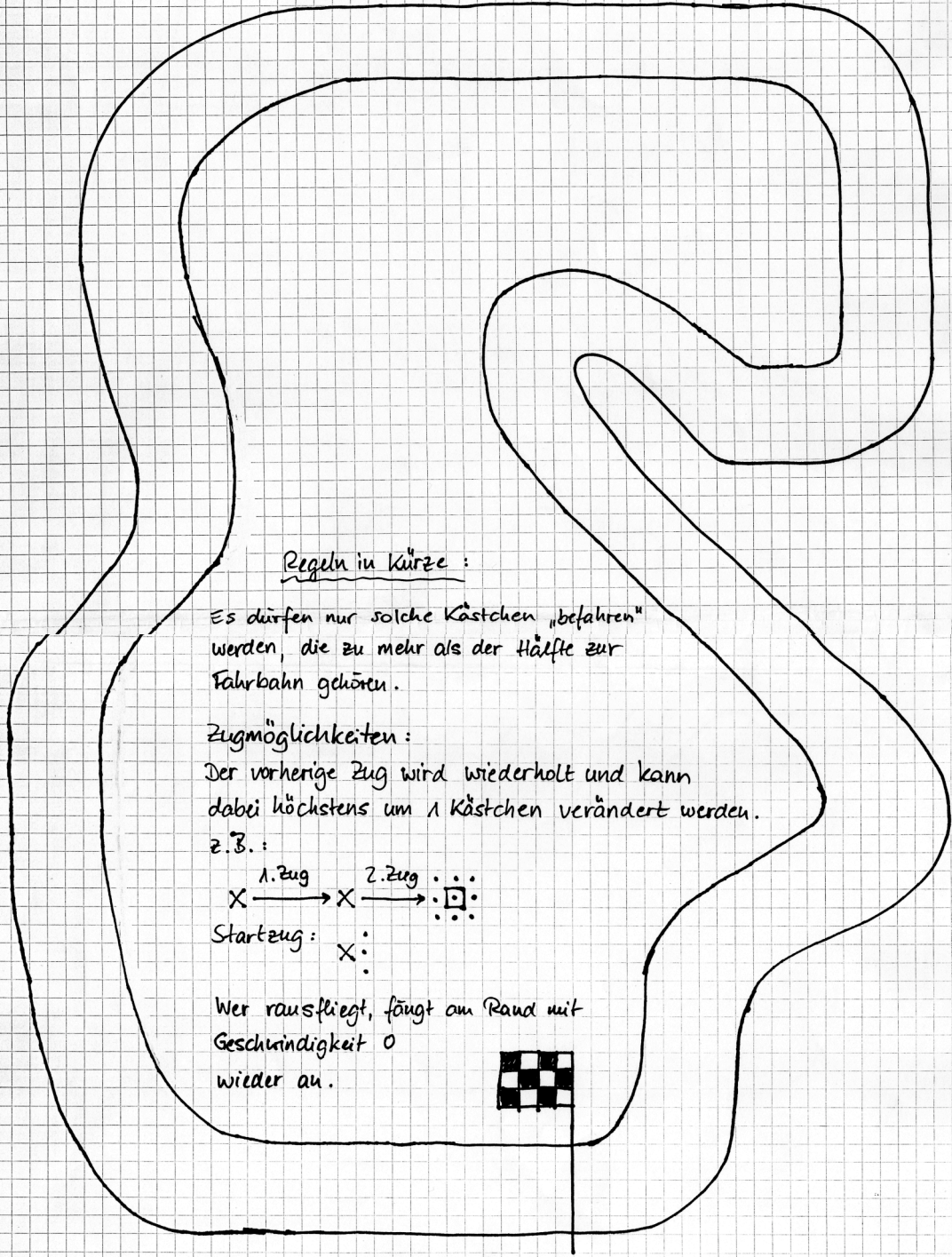
Man kann untersuchen, wie die benötigte Kraft von verschiedenen Faktoren abhängt:

	Zum Rutschen benötigte Kraft in Newton (N)
Trockene Fahrbahn	1. Gruppe: N 2. Gruppe: N
Nasse Fahrbahn	
Nasse Fahrbahn mit Blättern	
Trockene Fahrbahn mit Sand	
Trockene Fahrbahn mit Splitt	
Schmaler Reifen, glattes Profil	
Breiter Reifen, grobes Profil	
Warmer Reifen; Temperatur = °C	
Reifen mit Umgebungstemperatur; Temperatur = °C	
Kalter Reifen; Temperatur = °C	

Ergänze die folgenden Sätze:

- Auf nasser Fahrbahn rutscht ein Reifen als auf trockener.
(leichter/schwerer)
- Auf nassen Blättern ist die Rutschgefahr besonders (groß/gering)
- Sand und Splitt die Bodenhaftung der Reifen. (erhöhen/verringern)
- Glatte Reifen haften auf trockener Fahrbahn als solche mit grobem Profil. (besser/schlechter)
- Je höher die Temperatur ist, um so (weicher/härter) sind die Reifen, und um so (besser/schlechter) haften sie am Boden.

Der „Rennsimulator“ – Teuto-Rundkurs



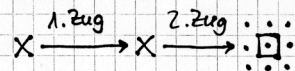
Regeln in Kürze:

Es dürfen nur solche Kästchen „befahren“ werden, die zu mehr als der Hälfte zur Fahrbahn gehören.

Zugmöglichkeiten:

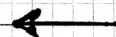
Der vorherige Zug wird wiederholt und kann dabei höchstens um 1 Kästchen verändert werden.

z.B.:

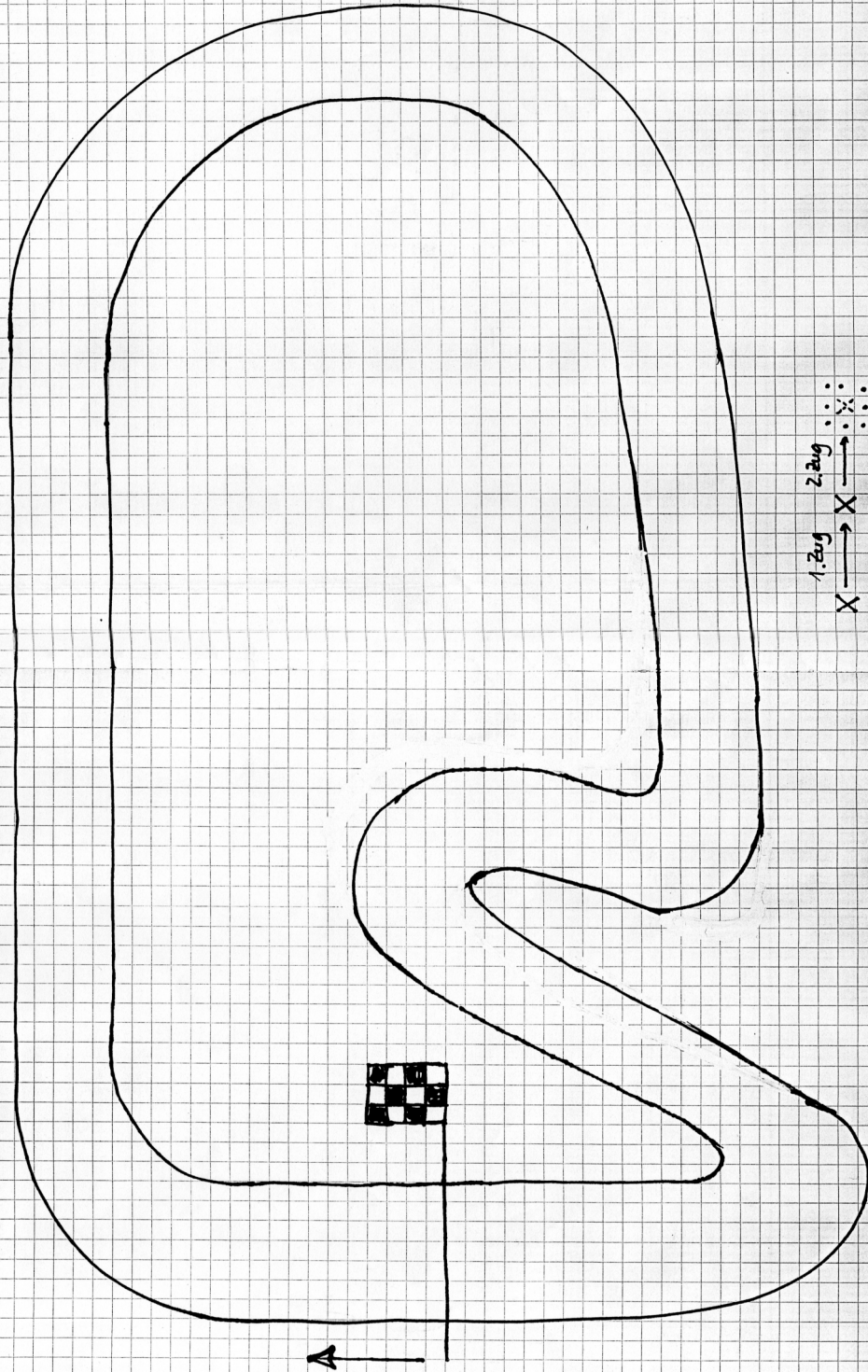


Startzug: X $\begin{matrix} \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{matrix}$

Wer rausfliegt, fängt am Rand mit Geschwindigkeit 0 wieder an.



Der „Rennsimulator“ – Hockenheimring



Umfrage zum WPU „Auto“

1. Wie fandest du den Kurs insgesamt? Note: _____

2. Wie fandest du die...	Note	Kommentar
... Schülerversuche	_____	_____
... Lehrerversuche	_____	_____
... Filme	_____	_____
... Arbeitsblätter	_____	_____
... Tafelbilder	_____	_____
... Referate	_____	_____
... Unterrichtsräume	_____	_____

Was davon soll häufiger, was soll seltener gemacht werden?

3. Welche Themen fandest du am interessantesten? (bis zu 3 ankreuzen)

- Vom Erdöl zum Kraftstoff
- Motoren und Antrieb
- Spiel: Fahrsimulation
- Bremsen
- Reifen
- Automobilproduktion, Werkstattbesuch
- Glas
- Beleuchtung
- Auspuff und Katalysator
- Aktive und passive Sicherheit

4. Welche Einzelstunde hat dir am besten gefallen? Warum?

5. Welche **neuen** Themen sollte man beim nächsten Durchgang unbedingt dazu nehmen?

6. Welche Aussagen treffen für dich zu, welche nicht?

(Schlüssel: 1. voll und ganz; 2. meistens; 3. mal so, mal so; 4. eher nicht; 5. überhaupt nicht)

	1	2	3	4	5
Ich habe den Kurs gerne besucht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Atmosphäre im Unterricht war gut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Referate waren gut zu schaffen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei den Schülerversuchen konnte ich mit den anderen gut zusammen arbeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe meistens ziemlich gut aufgepasst und mitgearbeitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe das Gefühl, dass sich die anderen ebenfalls Mühe gegeben haben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Unterricht war weniger langweilig als in den meisten anderen Fächern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Unterricht hat mir neue Einsichten vermittelt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, dass ich das Wissen aus dem Unterricht im Alltag gebrauchen kann	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich glaube, dass der Lehrer was von der Sache versteht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe das Gefühl, dass der Lehrer meine Fragen gut beantwortet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin zufrieden mit meiner Beurteilung durch den Lehrer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

So, wie wir die Inhalte behandelt haben, war es zu schwierig gerade richtig zu einfach.

7. Was oder wer hat dich am meisten am Unterricht gestört, was müsste anders werden?

Erklärung

Ich versichere, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegeben benutzt und die Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder Sinn nach entnommen sind, in jedem einzelnen Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe. Das Gleiche gilt auch für beigegebene Zeichnungen, Kartenskizzen und Darstellungen.

Bielefeld, den _____

Unterschrift: _____

Literaturverzeichnis

¹ I. Bartosch, *Forschungsobjekt Fahrrad, Eine Unterrichtssequenz für die 9. Schulstufe*, Unterricht Physik **9** (46), S. 16–23, 1998.

² Zitiert nach: J. Willner, *Physik und menschliche Bildung: eine Geschichte der Physik und ihres Unterrichts*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt (1990), S. 280.

³ H. Muckenfuß, *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*, Cornelsen Verlag, Berlin, 1995.

⁴ WAGENSCHNEIDER definiert das Exemplarische wie folgt: „Das Einzelne, in das man sich versenkt, ist nicht Stufe, es ist *Spiegel* des Ganzen.“ Er grenzt sich damit deutlich von dem möglicherweise verbreiteteren Gedanken ab, dass das Exemplarische eine Stufe auf dem Weg zum Ganzen sei: „Das Einzelne, in dem die Verdichtung stattfindet, hat noch immer Stufencharakter, aber es ist Plattform geworden. (Man könnte auch Staustufe sagen.) Noch wird das Ganze durchlaufen von Plattform zu Plattform, dazwischen liegen spärlicher gesetzte Verbindungstritte.“ [Zitiert nach M. Wagenschein, *Verstehen lehren*, Beltz Verlag, Weinheim und Basel, 4. Aufl. 1973; vgl. hierzu auch: M. Wagenschein, *Die pädagogische Dimension der Physik*, Georg Westermann Verlag, Braunschweig (1962; 3., erg. Aufl. 1971).]

⁵ S. Bresler, *Das hat ja mit Physik zu tun! – Physikunterricht und Berufswelt*, Unterricht Physik **14** (78), S. 4–7, 2003.

⁶ W. Bleichroth, *Mehr Freihand-Versuche im Physik-Unterricht*, Naturwissenschaften im Unterricht Physik **2** (10), S. 4–7, 1991.

⁷ H. Muckenfuß, in [3], Seite 337f.

⁸ PISA: Programme for International Student Assessment. Studie 2001 veröffentlicht unter [http://www.pisa.oecd.org/Docs/Download/PISA2001\(deutsch\).pdf](http://www.pisa.oecd.org/Docs/Download/PISA2001(deutsch).pdf). Hintergründe und Ergänzungen z.B. unter <http://www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/>. Vorversion der deutschen Fassung der Studie 2003 veröffentlicht unter <http://www.pisa.oecd.org/dataoecd/18/10/34022484.pdf>.

⁹ S. Bresler, *Mehr Lebensnähe für das Fach Physik! – Zwei Ausbildungsleiter gewerblich-technischer Berufe im Interview*, Unterricht Physik **14** (78), S. 8–9, 2003.

¹⁰ H. Muckenfuß, *Physikunterricht im Spannungsverhältnis zwischen allgemeiner und vorberuflicher Bildung*, Unterricht Physik **14** (78), S. 38–40, 2003.

¹¹ <http://www.bildungsportal.nrw.de/BP/Schule/System/Schulformen/Hauptschule/index.html> (vgl. auch Abbildung im Anhang). Eine Übersicht des Bildungssystems findet sich in <http://www.kmk.org/doku/dt-2002.pdf>.

¹² K. Höner und T. Greiwe, *Chemie – nein danke? Eine empirische untersuchung affektiver und kognitiver Aspekte des Chemieunterrichts der Sekundarstufe I in Abhängigkeit von der Jahrgangsstufe* chimica didactica **26** (82), 2000, S. 25–55.

¹³ Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), *Berufsbildungsbericht 2004*, Berlin 2004.

¹⁴ *Richtlinien und Lehrpläne für die Hauptschule in Nordrhein-Westfalen: Physik*. Herausgegeben vom Kultusminister des Landes Nordrhein-Westfalen, 1989.

¹⁵ *Richtlinien und Lehrpläne für die Hauptschule in Nordrhein-Westfalen: Chemie*. Herausgegeben vom Kultusminister des Landes Nordrhein-Westfalen, 1989.

-
- ¹⁶ Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie **1** (31), 1983; darin besonders: H. J. Schlichting, U. Backhaus, *Das Fahrrad als physikalischer Unterrichtsgegenstand*, S. 5–8; G. Fieblinger, *Das Fahrrad im Unterricht*, S. 8–11.
- ¹⁷ H. H. Henk und Koautoren, *Die Leistung einer Fahrradlichtmaschine*, Naturwissenschaften im Unterricht Physik **1** (2), S. 74, 1990; M. Volkmer, *Entdeckendes Lernen am Beispiel der Fahrradlichtmaschine*, Naturwissenschaften im Unterricht Physik **1** (2), S. 50, 1990.
- ¹⁸ M. Pabst-Krueger, *Messung und Berechnung von Reifendrücken*, Naturwissenschaften im Unterricht Physik **1** (5), S. 190, 1990; M. Pabst-Krueger, *Reibung an Fahrradreifen*, Naturwissenschaften im Unterricht Physik **5** (25), S. 189, 1994.
- ¹⁹ K. Morgenstern, *Die Reibungsbremse*, Naturwissenschaften im Unterricht Physik **5** (25), S. 201, 1994.
- ²⁰ H. Huntemann, M. Stöver, D. Rebertsch, I. Parchmann, *Das Auto heute und morgen – Eine experimentelle Unterrichtskonzeption im Rahmen von „Chemie im Kontext“*, Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule **49** (8), S. 22–29, 2000.
- ²¹ A. Bühler, E. Graf, *Chemie und Auto – Ein Lernzirkel (Klassenstufen 10/11)*, Chemie in der Schule **44** (2), S. 54–60, 1997.
- ²² G. Latzel (Hrsg.), Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule **49** (8), 2000.
- ²³ F. Langensiepen, *Räder und Radantriebe*, Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule **44** (7), S. 2–9, 1995.
- ²⁴ J. Godau, *Faszination des Automobils für den Unterricht nutzen*, Physik in der Schule **35** (6), S. 230–232, 1997.
- ²⁵ G. Hauschild, *Findet im Motor eines Autos eine chemische Reaktion statt? Eine Aufgabenstellung für Schüler im Anfangsunterricht*, Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule **49** (8), S. 30–33, 2000.
- ²⁶ C. Schuldt, *Der Bremsweg – Experimentelle und theoretische Möglichkeiten in der Sekundarstufe I*, Naturwissenschaften im Unterricht Physik **6** (43), S. 26–32, 1995.
- ²⁷ H. Mallas, *Praktischer Fahrphysik-Unterricht – PKW-Fahrsicherheitstraining mit dem Physik-Kurs*, Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule **51** (5), S. 23–27, 2002.
- ²⁸ H. Schwarze, A. Leffler, *Gefährlichkeit und ihre physikalische Beschreibung*, Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule **51** (5), S. 28–32, 2002.
- ²⁹ K. Paul, *Airbags – ein historischer Abriss*, Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule **49** (8), S. 12–16, 2000; P. Heinzerling, *Airbags*, *ibid.*, S. 16–20; H. Brandl, *Die Thermolyse von Natriumazid – Ein Modellversuch zur Chemie des Airbags*, *ibid.*, S. 20–22.
- ³⁰ H. Huntemann, H. Vennemann, I. Parchmann, *Ein Auto ohne Kunststoffe? – Eine Unterrichtseinheit aus der Konzeption „Chemie im Kontext“*, Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule **49** (4), S. 19–30, 2000.
- ³¹ Kultusministerkonferenz: *Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) für das Fach Chemie*, http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/standards_chemie_30.08.04.pdf und *Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) für das Fach Physik*, http://www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/standards_physik_30.08.04.pdf (jeweils Entwurfsfassung). In beiden Dokumenten wird sehr deutlich gefordert: „Die **Inhalt dimension** umfasst übergreifende, inhaltlich begründete Prinzipien und Konzepte, mit denen Phänomene chemisch beschrieben und geordnet werden. Sie wird durch vier Basiskonzepte (Stoff-Teilchen-Konzept, Struktur-Eigenschafts-Konzept, Konzepte zur chemischen Reaktion, Energie-Konzept) strukturiert, so dass kumulatives Lernen ermöglicht und Zusammenhänge deutlich werden. [...] Die **Handlungsdimension** bezieht sich auf grundlegende Elemente der naturwissenschaftlichen

Erkenntnisgewinnung, also auf experimentelles und theoretisches Arbeiten, auf Kommunikation und auf die Anwendung und Bewertung chemischer Sachverhalte in fachlichen und gesellschaftlichen Kontexten.“

³² T. Kellersohn und A. Kellersohn, *Informationen suchen und beschaffen*, in: H.F. Ebel, C. Bliefert und A. Kellersohn, *Erfolgreich kommunizieren – Ein Leitfaden für Ingenieure*, Wiley-VCH, Weinheim 2000.

³³ H.-J. Wilke, *Experimente zum Selbstbauen*, Physik Journal **3** (8), S. 89–94, 2004.

³⁴ B. Heepmann, H. Muckenfuß, W. Schröder und Koautoren, *Natur und Technik – Physik 9/10 Neue Ausgabe – Hauptschule Nordrhein-Westfalen*. Cornelsen, Berlin 2002. Hier: S. 106, Versuch 2. – Diese aktuelle Ausgabe wird an der Hauptschule Jöllenbeck noch nicht verwendet. Sinngemäß findet sich die Versuchsbeschreibung auch in Voraufgaben, so z.B. *Natur und Technik – Physik und Chemie – ein neues Arbeits- und Informationsbuch*. Cornelsen-Velhagen und Klasing, Berlin 1987, darin: S. 78, Versuch 2.

³⁵ H.-J. Gärtner, *Aufgaben und Wettfeiler – Physikalisch-technisches „Egg-Racing“ in der Sekundarstufe I*, Unterricht Physik **13** (67), S. 24–25, 2002; vgl. auch die von diesem Autor unter <http://ekaestr.bildung-rp.de/staff/gae/eggrace/eggpub.htm> zusammen gestellte Literatur.

³⁶ T. Kellersohn, *Egg-Races: „Erfinderwettbewerb“ als offene Unterrichtsform in den naturwissenschaftlichen Fächern*, Referat im Fachseminar Physik, Studienseminar I Bielefeld, 2003.

³⁷ Rezensionen und Produktdatenbanken finden sich z.B. auf [gamezone.de](http://www.gamezone.de), <http://www.gamezone.de/spiele.asp?systemid=1&genre=4&alpha=>.

³⁸ Unterricht Physik **15** (79), 2004. Darin: S. Bresler, B. Heepmann, *Das Solar-Wasserstoff-Auto – Lernen an Stationen mit dem KOSMOS-Kasten „Brennstoffzellen-Auto“*, S. 25–31.

³⁹ H. Meyer, *Merkmale guten Unterrichts*, Vortrag am Studienseminar für Lehrämter an Schulen Bielefeld I, 23.06.2004; vgl. auch H. Meyer, *Was ist guter Unterricht?*, Cornelsen Scriptor, Berlin 2004.

⁴⁰ gesehen in „Schulgeschichten“, arte-TV, 22.11.2004.