Bayerisches Staatsministerium für
Unterricht und Kultus

Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts

Erfahrungsbericht zum BLK-Programm SINUS in Bayern

Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts

Erfahrungsbericht zum BLK-Programm SINUS in Bayern

Bayerisches Staatsministerium für
Unterricht und Kultus

Das Modellversuchsprogramm zur »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts« (SINUS) ist ein Programm der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) und wird gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung und durch die Kultusministerien der Länder in der Bundesrepublik Deutschland

BLK Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung

Die Publikation wurde im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus am Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung (ISB) erstellt.

Redaktionsteam:
Siegfried Burek (Dietrich-Bonhoeffer-Realschule, Neustadt/Aisch)
Waltraud Habelitz-Tkotz (Emil-von-Behring-Gymnasium, Spardorf)
Rudolf Herbst (Max-Born-Gymnasium, Germering)
Rolf Herold (Staatliche Realschule Forchheim)
Sonja Meyer (Volksschule Zirndorf)
Dr. Johannes Novotny (Wolfgang-Borchert-Gymnasium, Langenzenn)
Walter Sailer (Hauptschule Altenstadt a. d. Waldnaab)
Bernhard Sauermann (Max-Born-Gymnasium, Germering)

Leitung und Endredaktion: Christoph Hammer (ISB) und Monika Zebhauser (ISB)

Gestaltung: Agentur2 GmbH, München
Bildnachweis: Alle nicht anders gekennzeichneten Bilder wurden privat angefertigt.
Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus
Dank gilt für hilfreiche Unterstützung:
Erich Biebl (StMUK)
Dieter Götzl (StMUK)
Dr. Werner Lorbeer (Holbein-Gymnasium, Augsburg)
Thomas Schäfer (StMUK)
Dr. Hans-Werner Thum (ISB)
Gabriele Wienholtz (StMUK)

Wegen der leichteren Lesbarkeit umfassen Bezeichnungen von Personengruppen in der Regel weibliche und männliche Personen.
Die Links geben den Stand vom Mai 2002 wieder.
Für den Inhalt der Links wird keine Verantwortung übernommen.

Stand: Mai 2002

Vorwort

Die Entwicklung der europäischen Kultur ist seit jeher eng mit Entdeckungen in der Mathematik und in den Naturwissenschaften verbunden. So beruht auch der rasante technische Fortschritt, von dem die heutige Zeit mit geprägt wird, im Wesentlichen auf Erkenntnissen dieser Disziplinen. Daher kann wohl niemand ernsthaft in Zweifel ziehen, dass mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung ein wesentlicher Bestandteil der Allgemeinbildung sein muss. Aufgabe der Schule ist es, den jungen Menschen eine fundierte Grundbildung in diesem Bereich mitzugeben, um sie auf die Herausforderungen der Zukunft in Alltag und Beruf vorzubereiten.

Fünf Jahre nach TIMSS bestätigte im vergangenen Jahr die PISA-Studie, dass die Leistungen deutscher Schülerinnen und Schüler im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich alles andere als zufriedenstellend sind. Leider mussten dabei auch wir zur Kenntnis nehmen, dass der traditionell hohen Bedeutung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts in Bayern eher ernüchternde Ergebnisse gegenüberstehen. Der Handlungsbedarf war also unübersehbar.

Maßnahmen zur Behebung der festgestellten Defizite können allerdings nicht am grünen Tisch beschlossen und »von oben« angeordnet werden. Sie müssen vielmehr aus dem unmittelbaren Unterrichtsalltag erwachsen und im Zusammenwirken von Lehrkräften, Schülerinnen und Schülern, Eltern und Schulleitung umgesetzt werden. Um eine Verbesserung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung zu erreichen, müssen an den einzelnen Schulen Prozesse der Qualitätsentwicklung in Gang gesetzt werden, die von möglichst vielen Betroffenen mit getragen werden. Das Staatsministerium hat sich zur Aufgabe gestellt, derartige Prozesse anzuregen und zu unterstützen.

Vor diesem Hintergrund ist die Beteiligung Bayerns an dem von der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung ins Leben gerufenen bundesweiten »Programm zur Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts« (SINUS) zu sehen. Seit 1997 engagieren sich Lehrkräfte an sechs bayerischen Hauptschulen, sechs Realschulen und zwölf Gymnasien für die Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts: Sie prüfen, wo die eigenen Stärken und Schwächen liegen, entwickeln Perspektiven und probieren Neues aus. Dabei haben sie selbstverständlich immer die Schülerinnen und Schüler im Auge: Ziel aller Überlegungen ist es, dass diese erfolgreicher und nachhaltiger, zugleich aber auch motivierter und mit mehr Freude lernen.

Das Programm setzt bewusst auf der Ebene der einzelnen Schule an: Durch regelmäßigen Austausch und intensive Zusammenarbeit im Kollegium werden gemeinsam Vorstellungen zur Gestaltung von Unterricht und Erziehung an der Schule entwickelt und umgesetzt. Insbesondere wird das Miteinander von Lehrkräften, Eltern und Schülerinnen und Schülern intensiviert, da es unabdingbare Voraussetzung für jeden Veränderungsprozess ist, der von allen am Schulleben beteiligten im Konsens getragen werden soll. Durch derartige Maßnahmen trägt das BLK-Programm SINUS nicht nur zu einer Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts bei, sondern liefert darüber hinaus wichtige Impulse für einen langfristig angelegten Prozess der inneren Schulentwicklung.

Ich danke allen am BLK-Programm SINUS Beteiligten, vor allem den Lehrerinnen und Lehrern, aber auch den für das Programm Verantwortlichen am Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung, für ihr hohes Engagement.

München, im Mai 2002

Monika Hohlmeier

Monika Hohlmeier,
Bayerische Staatsministerin für Unterricht und Kultus

Anliegen

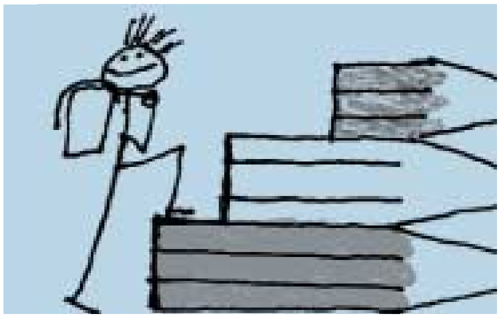
Fünf Jahre nach den ernüchternden Befunden durch TIMSS über den Leistungsstand deutscher Schüler in mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern sorgen seit Dezember 2001 die Ergebnisse der PISA-Studie für unerfreuliche Schlagzeilen. Im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich wurden die durch TIMSS festgestellten Defizite bestätigt, zusätzlich werden deutschen Schülern jetzt auch noch gravierende Mängel in der Lesekompetenz attestiert. Während in der nach TIMSS aufgekommenen öffentlichen Debatte über Schule und Bildung – in Medienberichten ebenso wie in Stammtischgesprächen – vorschnell die Lehrkräfte als Hauptverantwortliche für die Misere ausgemacht waren, wurde durch PISA nun nachgewiesen, dass die Schulleistungen auch von einer Vielzahl außerschulischer Faktoren beeinflusst werden. So wurde speziell in Deutschland ein ausgesprochen starker Einfluss sozioökonomischer Bedingungen festgestellt. Wichtige Rollen spielen aber auch der Stellenwert von Schule und Leistung in der Gesellschaft, sowie die Einstellung zum Lernen bei den Schülern und in deren Elternhäusern. Trotz dieser die Lehrkräfte entlastenden Befunde muss die Unterrichtsqualität zentraler Ansatzpunkt für Veränderungsprozesse sein: Wie zuvor schon TIMSS bestätigt auch PISA die Notwendigkeit, die gängige Unterrichtspraxis in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern zu überdenken und zu optimieren. Mit der vorliegenden Broschüre, die im Rahmen des von der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung(BLK) in Folge von TIMSS initiierten bundesweiten und schulartübergreifenden »Programms zur Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts« (kurz »SINUS«) entstanden ist, sollen einige Anregungen hierzu gegeben werden.

Nach einer kurzen Einführung in Hintergründe und Zielsetzungen des Modellversuchsprogramms werden konkrete Maßnahmen der bayerischen SINUS-Schulen vorgestellt. Sehr viele der beteiligten Lehrkräfte unterrichten Mathematik, daher sind die Anregungen zum Mathematikunterricht in dieser Broschüre in

der Mehrzahl. Verschiedene Ideen und Konzepte sind jedoch auf andere Fächer, – zum Teil über die Naturwissenschaften hinaus – übertragbar. Das letzte Kapitel ermöglicht einen Einblick in die Praxis des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Schweiz, wo bei TIMSS vor allem in Mathematik deutlich bessere Ergebnisse erzielt wurden als in Deutschland.

Im BLK-Programm SINUS geht es nicht darum, völlig neue didaktische oder methodische Wege zu entwickeln. Ziel ist es vielmehr, einen kontinuierlichen und breit wirksamen Veränderungsprozess einzuleiten, bei dem der Unterricht von Stärken ausgehend weiter entwickelt wird. In diesem Sinn stellen die in den folgenden Kapiteln vorgestellten Maßnahmen oft keine Neuheiten dar. Neu ist jedoch, dass die Lehrkräfte die beschriebenen Vorgehensweisen fest in ihr Repertoire aufgenommen haben und regelmäßig einsetzen. Neu ist vor allem auch, dass nach und nach eine andere Sichtweise, ein verändertes Verständnis von gelingendem Unterricht und damit eine veränderte Unterrichtskultur Einzug in die Klassenzimmer halten. Viele Aspekte dieses Prozesses lassen sich schwer schriftlich darstellen; es ist zu hoffen, dass die Leser »zwischen den Zeilen« einen Eindruck von den Entwicklungen gewinnen. Die Beispiele selbst sind keinesfalls Patentrezepte, deshalb wurde bewusst darauf verzichtet, fertig ausgearbeitete Unterrichtsmaterialien oder Kopiervorlagen anzubieten. Es ist geplant, die Texte dieser Broschüre auch auf der Homepage des ISB (www.isb.bayern.de) zu veröffentlichen. Dort sollen dann auch ausführlichere Darstellungen und zusätzliche Beispiele bereitgestellt werden.

Einführung



Hintergründe, Zielsetzung und Organisationsstruktur von SINUS

Als Reaktion auf die durch die TIMS-Studie an den Tag gebrachten, alarmierenden Defizite deutscher Schülerinnen und Schüler in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern initiierte die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) im Jahr 1997 ein fünf Jahre laufendes *Programm zur Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts (SINUS)*. Grundlage des Programms ist ein Gutachten, das von einer Expertenkommission unter Leitung von Prof. Dr. J. Baumert, dem Direktor des Berliner Max-Planck-Instituts für Bildungsforschung und wissenschaftlichen Leiter der TIMS- und der PISA-Studie in Deutschland, erstellt wurde[1]. Im Rahmen des Programms soll ein kontinuierlicher Prozess der Sicherung und Optimierung der Qualität des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts auf der Ebene der Schulen in Gang gesetzt werden. Dieser Prozess soll in die Breite wirken und eine eigene Dynamik entfalten, die über die Dauer des Programms hinaus trägt. Dabei geht es ausdrücklich nicht darum, den Unterricht völlig zu revolutionieren. Ziel ist es vielmehr, Bewährtes auszubauen und daneben behutsam neue Wege zu erproben.

1_BLK, **Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung**; Heft 60 (Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«)

Am BLK-Programm SINUS sind bundesweit 180 Schulen aller Schularten mit Sekundarstufe I beteiligt. Um die Kooperation über die Grenzen der einzelnen Schule hinaus zu fördern, sind jeweils sechs dieser Schulen zu einem lokalen Netzwerk, einem sogenannten *Schulset*, zusammengefasst. Eine dieser sechs Schulen übernimmt dabei als *Pilotschule* die Steuerung und Organisation der Arbeiten innerhalb des Schulsets.
Das Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) in Kiel wurde als Programmträger mit der zentralen Koordination und wissenschaftlichen Betreuung des Programms beauftragt. Es kooperiert dabei mit dem Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung (ISB) in München und dem Lehrstuhl für Mathematik und ihre Didaktik an der Universität Bayreuth, die zusammen für die fachdidaktische Betreuung der beteiligten Schulen im Bereich der Mathematik verantwortlich sind.

Beteiligte Schularten:
Hauptschulen
Realschulen
Gymnasien
Gesamtschulen

Die Pilotschulen der 30 Schulsets

Pilotschulen

Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN, Kiel): Allgemeine Koordination, Lehr-Lernforschung, Didaktik der Naturwissenschaften

Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung (ISB, München): Subkontraktor und Didaktik der Mathematik in Zusammenarbeit mit dem

Lehrstuhl für Mathematik und ihre Didaktik der Universität Bayreuth

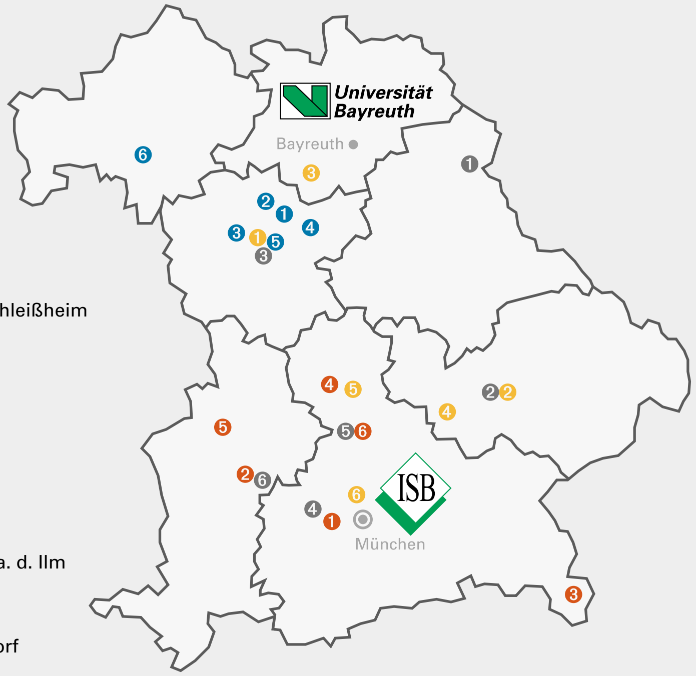
Die Schulsets in Bayern

Schulset 1 (Hauptschule):
1. Hauptschule Altenstadt a. d. Waldnaab *(Pilotschule)*
2. Hauptschule Dingolfing
3. Volksschule Zirndorf
4. Volksschule Emmering
5. Hauptschule Pfaffenhofen a. d. Ilm
6. Hauptschule Königsbrunn

Schulset 2 (Realschule):
1. Leopold-Ullstein-Realschule, Fürth *(Pilotschule)*
2. Staatliche Realschule Dingolfing
3. Staatliche Realschule Forchheim
4. Staatliche Realschule Landshut
5. Staatliche Realschule Geisenfeld
6. Therese-Giehse-Realschule, Unterschleißheim

Schulset 3 (Gymnasium):
1. Max-Born-Gymnasium, Germering *(Pilotschule)*
2. Holbein-Gymnasium, Augsburg
3. Gymnasium Berchtesgaden
4. Katharinen-Gymnasium, Ingolstadt
5. Gymnasium Donauwörth
6. Schyren-Gymnasium, Pfaffenhofen a. d. Ilm

Schulset 4 (Gymnasium):
1. Emil-v.-Behring-Gymnasium, Spardorf *(Pilotschule)*
2. Ohm-Gymnasium, Erlangen
3. Wolfgang-Borchert-Gymnasium, Langenzenn
4. Christoph-Jacob-Treu-Gymnasium, Lauf
5. Hans-Sachs-Gymnasium, Nürnberg
6. Wirsberg-Gymnasium, Würzburg



Problemzonen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts in Deutschland

Unterrichtsskripts

Die Auswertung eines im Rahmen von TIMSS durchgeführten Drei-Länder-Vergleichs anhand von Videomitschnitten aus dem Mathematikunterricht brachte an den Tag, dass der Unterricht in verschiedenen Nationen nach sehr spezifischen Mustern abläuft. Offenbar existiert eine von Nation zu Nation variierende fachspezifische »Berufskultur« der Lehrerschaft, die das Geschehen in den Klassenzimmern in hohem Maße bestimmt. Diese manifestiert sich in mehr oder weniger unbewusst übernommenen

Routinen und traditionellen Mustern der Unterrichtsführung, sogenannten *Unterrichtsskripts*.
Die Auswertung der Videosequenzen ergab beispielsweise, dass eine Mathematikstunde in der Mittelstufe in Deutschland häufig nach folgendem Muster abläuft:
»(1) Die Stunde beginnt mit der Durchsicht und Besprechung der Hausarbeiten.
(2) Es folgt eine kurze Wiederholungsphase bei zügigem Interaktionstempo.
(3) Variante 1: Der neue mathematische Stoff wird im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch, das auf eine einzige Lösung hinführt, relativ kurzschrittig erarbeitet und vom Lehrer an der Tafel dokumentiert.
Variante 2: Wenn das Thema schon in der vorhergegangenen Stunde vorbereitet wurde, kann ein Schüler – unterstützt von der Klasse und dem Lehrer – eine Aufgabe an der Tafel entwickeln.
(4) Anschließend werden in Stillarbeit ähnliche Aufgaben zur Einübung des Verfahrens gelöst.
(5) Die Stunde schließt mit der Vergabe und Erläuterung der Hausaufgaben.« [2]

In dem bereits erwähnten Gutachten zur Vorbereitung des BLK-Programms SINUS werden die Problemzonen, die für das deutsche Unterrichtsskript in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern charakteristisch sind, identifiziert und beschrieben. Hier sind unter anderem folgende Punkte angesprochen:

Starke Ergebnisorientierung

Ergebnisorientierung

Neue Inhalte werden zumeist auf relativ hohem fachlichen Niveau im Unterrichtsgespräch erarbeitet, im Vordergrund steht dabei das mathematische Ergebnis. Die Lehrkraft steuert deshalb das Gespräch möglichst direkt auf das (in der Regel nur ihr bekannte) Stundenziel zu. Das Erreichen dieses Ziels hängt davon ab, ob sich die Schülerantworten möglichst gut in die vorgeplante Entwicklung des Gedankengangs einfügen. Aus diesem Grund ist eine enge Führung der Schüler nötig – das Unterrichtsgespräch verläuft sehr kurzschrittig. Als gelungen gilt eine Unterrichtsstunde, in der die von der Lehrkraft angestrebten Ergebnisse systematisch und zügig erarbeitet, möglichst sauber und allgemeingültig formuliert und im Heft fixiert wurden.
»Die Engführung der Erarbeitung des neuen Stoffs im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch auf eine einzige Lösung und Routine hin ist für den Mathematikunterricht und aller Wahrscheinlichkeit nach auch für den Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern in Deutschland charakteristisch.« [3]

2_BLK, **Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung**; Heft 60 (Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«) S. 75
3_BLK, **Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung**; Heft 60 (Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«) S. 89

Dieser Praxis steht die heute allgemein anerkannte Auffassung gegenüber, dass Lernen stets ein aktiver, individueller Prozess ist, der die Aufnahme und Verarbeitung des neuen Stoffes sowie die Einordnung in das individuelle Vorwissen umfasst. Die dazu erforderliche kognitive Selbsttätigkeit der Schüler erhält in einem enggeführten Unterricht zu wenig Raum.
Durch das Aufeinandertreffen von (oft widersprüchlichen) Schülervorstellungen und Fachkonzepten sind gerade im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich Fehler und ihre Korrektur wesentliche Bestandteile des Lernprozesses. In einem enggeführten, ergebnisorientierten Unterricht gibt es jedoch selten Gelegenheit, nutzbringend mit Fehlern umzugehen. Fehlerhafte Antworten stellen hier in der Regel Unterbrechungen des Unterrichtsflusses dar und sind deshalb nicht willkommen. Dies führt auch dazu, dass in der Phase der Wissenserarbeitung jede Lehrerfrage für die Schüler zu einer Leistungssituation wird. Die für verständnisvolles Lernen erforderliche Trennung von Lern- und Leistungssituationen ist oft nicht gegeben.

Mangelnde Variation der Übungsformen

Mangelnde Variation der Übungsformen

Übungsphasen dienen häufig dem systematischen Eintrainieren von Routineverfahren. Dabei steht mechanisches »Abarbeiten« einer Vielzahl ähnlicher Aufgaben im Vordergrund.

»Die Übungsaufgaben dienen im Wesentlichen der Routinisierung und Einübung des neu eingeführten Stoffs. Eine systematische Durcharbeitung und Konsolidierung durch Variation der Aufgabenkontexte, Modifikation der mathematischen Struktur der Aufgaben und gezielter Verbindung mit vorgängigem Stoff ... sind sehr selten anzutreffen.« [4]

Dadurch soll sichergestellt werden, dass möglichst *alle* Schüler die nötigen Grundkenntnisse und -fertigkeiten erwerben und dass grundlegende Verfahren dauerhaft eingeschliffen werden. Die Ergebnisse der TIMS-Studie und des bayerischen Mathematiktests zeigen jedoch, dass dieses Ziel nicht in befriedigendem Ausmaß erreicht wird: Routineverfahren werden bereits kurze Zeit, nachdem sie eintrainiert wurden, von der Mehrzahl der Schüler nur noch unzureichend beherrscht, vermeintlich sicher abrufbare Grundkenntnisse stehen bei leicht abgewandelten Aufgabenstellungen nicht mehr zur Verfügung. Zudem führt die gängige Praxis dazu, dass Übungsphasen, die einen erheblichen Anteil des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts

4_BLK, **Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung**; Heft 60 (Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«) S. 76

ausmachen, für viele Schüler (und Lehrer) reizlos und langweilig sind.

Mangelnde Vernetzung der Inhalte

Mangelnde Vernetzung der Inhalte

Obwohl das fächerübergreifende und das fächerverbindende Arbeiten in den vergangenen Jahren verstärkt ins Blickfeld gerückt und auch in den Lehrplänen ausdrücklich vorgesehen sind, sind entsprechende Arbeitsformen im Unterrichtsalltag relativ selten anzutreffen. Die Lerninhalte der verschiedenen mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer stehen mehr oder weniger beziehungslos nebeneinander. Durch die fehlende *horizontale Vernetzung* bleibt das Wissen der Schüler starr an die einzelnen Fächer gebunden, ein flexibler Einsatz über Fachgrenzen hinweg ist kaum möglich.
Problematisch ist auch die unzureichende *vertikale Vernetzung* der Inhalte innerhalb der einzelnen mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer. Die Einbindung neuer Inhalte in das bisherige Wissensfundament erhält ebenso wie das systematische Aufgreifen und Einbeziehen länger zurückliegenden Stoffes zu wenig Raum.
»Die einzelnen Sachgebiete werden häufig als relativ in sich geschlossene Einheiten unterrichtet, die kaum aufeinander aufbauen und deshalb ein systematisches Wiederholen und Vernetzen der Inhalte auch nicht erfordern. Aus Schülersicht fehlt die rationale Klammer, die das Fach zusammenhält.« [5]

Die Schüler verfügen aus diesem Grund über isolierte Wissensinseln, zu denen sie oft bereits kurze Zeit nach der Erarbeitung keinen Zugang mehr haben und zwischen denen sie keine Verbindung herstellen können. Sie sind dann nicht in der Lage, die Kenntnisse später oder in anderen Zusammenhängen abzurufen. Die motivierende Erfahrung des sukzessiven Kompetenzzuwachses bleibt aus.

Selbstverständlich muss erfolgreicher Unterricht phasenweise ergebnisorientiert sein. Die vorangehenden Ausführungen sind auch kein Plädoyer gegen eine Routinisierung bestimmter Rechenverfahren. Sie sollen lediglich darauf hinweisen, dass derartige Vorgehensweisen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht in Deutschland zu sehr im Vordergrund stehen.

5_BLK, **Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung**; Heft 60 (Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«) S. 78

»Es ist unter Fachkundigen unstrittig, dass bestimmte Stoffe im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht vernünftigerweise konvergent mit dem Ziel unterrichtet werden, bestimmte Verfahren zu sichern und automatisieren. Problematisch wird dieses Vorgehen nur dann, wenn es ein Unterrichtsfach insgesamt prägt und damit schematisches Arbeiten begünstigt und den auf Verständnis beruhenden Erwerb flexiblen Wissens erschwert.« [6]

Maßnahmen zu einer Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts

Unterrichtsbezogene Maßnahmen

Unterrichtsbezogene Maßnahmen

Die Konzeption des BLK-Programms SINUS basiert auf der Einsicht, dass eine nachhaltige Veränderung der Unterrichtskultur nicht durch Anstöße von außen bewirkt, sondern nur dann erreicht werden kann, wenn es gelingt, Innovationsprozesse auf Schulebene durch die Betroffenen selbst anzuregen. Im Gegensatz zu bisherigen Modellversuchsprogrammen kommt bei SINUS deshalb den Lehrkräften eine sehr aktive und verantwortungsvolle Rolle zu. Sie entscheiden – als Experten auf diesem Gebiet – selbst, wie der Prozess der Optimierung des Unterrichts zu gestalten ist.

Um einen groben Rahmen abzustecken, werden in dem Gutachten zur Vorbereitung des Programms verschiedene Arbeitsschwerpunkte vorgeschlagen, die als Module konzipiert sind. Damit soll verdeutlicht werden, dass unterschiedliche Ansatzpunke möglich und erwünscht sind. Die Lehrkräfte sollen individuelle Schwerpunkte setzen und Teilbereiche angehen, ohne sofort den gesamten Unterricht zu verändern und dadurch ihre Handlungssicherheit zu gefährden. Gemeinsames Ziel der verschiedenen Module ist die Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts zur Verbesserung nachhaltigen und verständnisvollen Lernens und zur Steigerung der Lernmotivation.

6_BLK, **Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung**; Heft 60 (Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«) S. 89

Weiterentwicklung der Aufgabenkultur *Modul 1 → Seite 80*

Aufgaben spielen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht eine zentrale Rolle und sollten nicht allein der Routinebildung dienen. Aufgabenstellungen, die unterschiedliche Lösungswege ermöglichen, die anspruchsvolle Denk- und Übertragungsprobleme schaffen oder durch die früher Gelerntes systematisch wiederholt und mit neuem Stoff verknüpft wird, können zur besseren Durchdringung und Beherrschung des Lernstoffes beitragen und machen Übungsphasen für Schüler und Lehrer reizvoller.

Naturwissenschaftliches Arbeiten *Modul 2 → Seite 24*

Damit die Schüler das Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht als zielgerichtetes und systematisches Vorgehen erfahren, sollte die Durchführung von Experimenten in einen Prozess eingebunden werden, der auch das Formulieren von Vermutungen, die Planung der Experimente sowie die Interpretation der Ergebnisse und die Reflexion der Vorgehensweise umfasst.

Aus Fehlern lernen *Modul 3 → Seite 68*

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist die Rehabilitierung des Fehlers als Lerngelegenheit. Voraussetzung dafür ist eine klare Trennung von Lern- und Leistungssituationen. In Lernphasen müssen Fehler ohne Bewertung und Beschämung erlaubt sein. Verständnisfehler oder unzutreffende Alltagsvorstellungen sollten produktiv genutzt werden, indem man die Schüler anregt, über die Ursache und die »Logik« eines Fehlers nachzudenken und somit Fehlvorstellungen zu korrigieren.

Sicherung von Basiswissen – Verständnisvolles Lernen auf unterschiedlichen Niveaus *Modul 4 → Seite 36*

Im Unterricht sollen möglichst viele Schüler kognitiv und motivational angesprochen werden. Um sicherzustellen, dass Schüler auf unterschiedlichen Leistungsniveaus verständnisvoll lernen können und dass der größte Teil der Schülerschaft das notwendige mathematisch-naturwissenschaftliche Grundwissen erwirbt, sollen Problemstellungen und Übungsaufgaben erprobt werden, die eine Bearbeitung bzw. Lösungen auf unterschiedlichen Niveaus zulassen.

Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen – Kumulatives Lernen *Modul 5 → Seite 106*

Schüler sollen spüren können, wie sie in ihrer Kompetenzentwicklung voranschreiten, damit sie Lernanstrengungen als lohnend empfinden und Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten gewinnen. Dazu müssen sie erkennen, wie die einzelnen Lerninhalte aufeinander aufbauen und zusammenhängen. Aus diesem Grund sind im Unterricht verstärkt vertikale Verknüpfungen zwischen früheren, aktuellen und zukünftigen Lerninhalten herzustellen.

Modul 6

Fächergrenzen erfahrbar machen: Fächerübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten

Um die wechselseitigen Beziehungen zwischen den Naturwissenschaften zu verdeutlichen und so ein vernetztes, flexibel einsetzbares Wissen zu sichern, müssen horizontale Verknüpfungen zwischen den verschiedenen mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern hergestellt werden. Dies kann zum Beispiel durch das Rückgreifen auf Wissen aus einem anderen Fach, durch die Behandlung interdisziplinärer Schnittstellen oder durch eine Betrachtung bestimmter Phänomene aus der Sicht verschiedener Fächer geschehen.

Modul 7

Förderung von Mädchen und Jungen

Im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht zeichnen sich beträchtliche Leistungs- und Interessensunterschiede zwischen Mädchen und Jungen ab, die nicht durch Geschlechterdifferenzen in den kognitiven Fähigkeiten bedingt sind. Im Rahmen des Programms soll an der Umsetzung bereits vorliegender Konzepte zur besseren Einbeziehung von Mädchen (d. h. vor allem an der Entwicklung und dem Einsatz von Fragestellungen, Anwendungsbeispielen und Arbeitsformen, die den Interessen und Erfahrungen von Mädchen und Jungen gerecht werden) weitergearbeitet werden.

Modul 8

Entwicklung von Aufgaben für die Kooperation von Schülern

Die Bedeutung sozialer Prozesse wurde im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht bislang häufig nicht hinreichend beachtet. Kooperatives Lernen trägt zur Steigerung der Motivation, zum Aufbau sozialer Kompetenzen und einem produktiven Arbeitsklima bei und kann fachliche Lernprozesse fördern. Letzteres kommt aber nicht automatisch dadurch zustande, dass die Schüler Aufgaben in Gruppen bearbeiten. Vielmehr müssen Aufgabenstellungen entwickelt werden, die eine Kooperation sinnvoll machen und bei denen die Schüler durch die Zusammenarbeit für ihr Lernen profitieren.

Verantwortung für das eigene Lernen stärken

Modul 9 → Seite 50

Die Bereitschaft und die Fähigkeit, selbstverantwortlich zu lernen und dabei wirksame Strategien zu verwenden, müssen im Fachkontext entwickelt werden. Die Schüler benötigen deshalb im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht Gelegenheiten, eigenständig Lösungen zu erarbeiten sowie unterschiedliche Übungsformen zu erproben, bei denen sie ihr Lernen selbst strukturieren und überwachen können.

Prüfen und Rückmelden von Kompetenzzuwachs

Modul 10

Um Leistungserhebungen mit den Zielen des Programms abzustimmen, bedarf es variationsreicher Prüfungsaufgaben, die abgestuft Routinewissen, die Kombination neu erworbenen Wissens mit früheren Inhalten und die Übertragung auf neue Situationen verlangen. Insbesondere ist es erstrebenswert, den Schülern durch Prüfungen Rückmeldung über individuelle Leistungsfortschritte zu geben.

Qualitätssicherung innerhalb der Schule und Entwicklung schulübergreifender Standards

Modul 11

Als wichtige Schritte der Qualitätssicherung sollen in den Fachgruppen der Schulen Kriterien erarbeitet werden, die geeignet sind, den Stand des Wissens und Könnens im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich zu erfassen, anschließend sollten die Ergebnisse der Leistungsüberprüfungen diskutiert werden. Schulinterne Leistungsstandards und Erhebungsverfahren können längerfristig auch eine Grundlage für die Entwicklung schulübergreifender Standards darstellen.

Im Lauf der Arbeiten – insbesondere nach den aufschlussreichen Erkenntnissen aus Unterrichtsbesuchen in der Schweiz (siehe Schlußkapitel) – hat sich mehr und mehr die *zentrale Bedeutung von Modul 9* herauskristallisiert. Viele Maßnahmen verlaufen im Sande, wenn es nicht gelingt, die Schüler dazu zu bringen, verstärkt selbst Verantwortung für Lernprozesse zu übernehmen. Zusätzlich stellte sich schnell die Notwendigkeit von *Maßnahmen zur Förderung von Lese- und Verbalisierungskompetenzen* heraus. In einem Unterricht, der weniger auf Kalküle und Routinen, sondern mehr auf verständnisvolles Lernen angelegt ist, in dem eine höhere Selbsttätigkeit der Schüler gefordert wird, spielen Fähigkeiten, wie das selbstständige Beschaffen von Informationen, das Zusammenfassen und Interpretieren von Texten, die verbale Darstellung von Zusammenhängen oder das Verbalisie-

→ *Seite 121*

ren von Lösungswegen eine wichtige Rolle. Die Ergebnisse der PISA-Studie bestätigen die Feststellung, dass derartige Kompetenzen nicht vorausgesetzt werden können und deshalb auch im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht trainiert werden müssen.
Neben rein unterrichtsbezogenen Maßnahmen ist die *Steigerung der Akzeptanz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts* ein wichtiges Anliegen des BLK-Programms SINUS. Hier geht es unter anderem darum, den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht z. B. durch Schaukästen, Ausstellungen oder besondere Veranstaltungen in der Schule insgesamt sichtbarer zu machen, die Schüler z. B. durch Wettbewerbe oder Pluskurse dazu anzuregen, sich mit Mathematik oder Naturwissenschaften auch außerhalb des Unterrichts zu beschäftigen und das aktuelle Geschehen in diesen Gebieten verstärkt in die Schulen hinein zu holen.

Professionalität der Lehrkräfte

Weiterentwicklung der Professionalität der Lehrkräfte

Die durch die kulturellen Unterrichtsskripts vorgegebenen Traditionen und Routinen stellen vor allem für Berufsanfänger einen wertvollen Orientierungsrahmen dar, der ihnen dabei hilft, in der Komplexität des Unterrichtsgeschehens sicher agieren zu können. Andererseits sind die von Lehrkräften oft unbewusst übernommenen Handlungsmuster aber auch eine Ursache dafür, dass Innovationsprozesse in den Schulen außerordentlich schwer in Gang kommen. Als Voraussetzung für eine Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts sollen sich die Lehrkräfte deshalb im Rahmen des BLK-Programms SINUS ihrer impliziten beruflichen Haltungen bewusst werden, diese thematisieren und ggf. auch modifizieren.

»Ziel ist die Transformation eines impliziten kulturellen Unterrichtsskripts in ein professionelles Skript, dessen Elemente zwar Teile von gut eingeschliffenen Routinen sind, aber leicht bewusst gemacht und diskursiv verhandelt werden können.« [7]

Große Bedeutung kommt dabei der berufsbezogenen Kommunikation und Kooperation von Lehrkräften zu: Eine Abkehr von dem in Deutschland gepflegten »Lehrerindividualismus« ist eines der zentralen Anliegen des Programms. Daneben soll – als wichtiger Bestandteil eines professionellen Berufsverständnisses – eine regelmäßige Selbstvergewisserung, bei der Verlauf und Wirkung der Arbeit mit nüchternem Blick beurteilt werden, zur Gewohnheit werden.

7_BLK, **Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung**; Heft 60 (Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«) S. 88

Erfahrungen: Lehrkräfte auf dem Weg …

… zu einer neuen Unterrichtskultur

Neue Unterrichtskultur

Eine neue Unterrichtskultur kann nicht von heute auf morgen Einzug in die Klassenzimmer halten. Schüler wie Lehrkräfte würden durch zu plötzliche Änderungen verunsichert, wenn nicht gar überfordert. Nach vierjähriger Laufzeit des BLK-Programms SINUS ist aber deutlich feststellbar, dass bei den beteiligten Lehrkräften ein Umdenken und Ausbrechen aus Routinen begonnen hat. Zunächst einmal zeigt sich dies vor allem in der Wahl der Unterrichtsmethoden: Neben dem Frontalunterricht werden zunehmend mehr schüleraktivierende Unterrichtsformen eingesetzt. Die Veränderungen gehen aber tiefer, sie betreffen sehr grundlegende Einstellungen zum Lernen und zum Lehren. Dabei kann auch ein vordergründig kaum verändertes Agieren im Klassenzimmer Ausdruck einer neuen Unterrichtskultur sein: Guter Frontalunterricht kann auf die Förderung der kognitiven Selbsttätigkeit der Schüler angelegt sein und ihnen genügend Raum für selbstständiges Entdecken ermöglichen. Dazu muss das Interaktionstempo gemäßigt bleiben, so dass die Schüler Zeit zum Nachdenken und zur Entwicklung von eigenen Gedankengängen haben. Zudem dürfen Problemstellungen nicht durch eine kurzschrittige Fragetechnik trivialisiert werden. Altbekannte oder nur geringfügig abgewandelte Aufgaben können dazu dienen, die Schüler zum selbstständigen Experimentieren anzuregen, wenn diese ermutigt und darin unterstützt werden, eigene Wege – auch Irrwege – zu erproben.

➔ ***Seite 80: Weiterentwicklung der Aufgabenkultur***

… zu einer neuen Berufskultur

Neue Berufskultur

Als eine wesentliche Stärke des Programms hat sich die Förderung der Kommunikation und Kooperation zwischen Lehrkräften herausgestellt. Alle Beteiligten betonen die positiven Auswirkungen der intensiven Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen an der eigenen Schule, aber auch über die Schule, die Schulart und das Bundesland hinaus. Die Formen der Zusammenarbeit sind äußerst vielfältig. Sie reichen von der gemeinsamen Reflexion über Unterricht, dem Austausch oder der gemeinsamen Erstellung von Unterrichtsmaterialien und Prüfungsaufgaben über die Abstimmung mit Kollegen in anderen Fächern bis hin zu gegenseitigen Unterrichtshospitationen.
Die Diskussion innerhalb von Fachgruppen erhält eine zentrale

Bedeutung im Unterrichtsentwicklungsprozess.
An vielen SINUS-Schulen wurde für die beteiligten Kollegen eine gemeinsame Freistunde eingerichtet, die als wöchentliche Besprechungsstunde genutzt wird:

Wöchentliche Besprechungsstunde

»Hier wird die Arbeit organisiert und aufgeteilt. Wir setzen uns Ziele, stellen Hausaufgaben, tauschen Material aus, geben Tipps weiter, bestärken uns aber auch gegenseitig und machen uns Mut. Diese Stunde ist unsere Ideenbörse. Das Reden über Unterricht baut Schranken ab und öffnet Klassenzimmertüren für Kolleginnen und Kollegen.« (eine beteiligte Lehrerin)

Eine besonders intensive Zusammenarbeit ist mit Kollegen möglich, die in derselben Jahrgangsstufe unterrichten. Aus diesem Grund bildeten sich an einigen Schulen Jahrgangsstufenteams:

Jahrgangsstufenteam

»Das Jahrgangsstufenteam trifft sich wöchentlich. Es verfolgt unter anderem folgende Ziele:

- *Arbeitsteiliges Erstellen von Unterrichtsmaterialien*
- *Vergleich von und Diskussion über Leistungserhebungen im Hinblick auf eine Qualitätssicherung und -steigerung*
- *Absprachen im pädagogischen Bereich, z. B. Maßnahmen bei nicht angefertigten Hausaufgaben, bei Versäumnissen durch Krankheit ...*

Durch unsere ersten Erfahrungen mit Jahrgangsstufenteams wurde nicht nur die Zusammenarbeit gefördert, sondern auch die Einsicht, dass man von Zusammenarbeit profitiert und dass durch sie etwas bewegt und verändert werden kann.« (eine beteiligte Lehrerin)

Durch den Austausch mit Kollegen wird auch eine kritische Reflexion über Verlauf und Wirkung des eigenen Unterrichts angeregt. Viele Lehrkräfte versuchen inzwischen, durch verschiedene Formen der Selbstevaluation, zum Beispiel mit Fragebögen oder speziell entwickelten Tests, Aufschluss über den Erfolg ihrer Arbeit zu bekommen.

Auswirkungen: erfolgversprechende Tendenzen

Erfolgversprechende Tendenzen

Beobachtungen aus dem Unterricht bestätigen, dass der eingeschlagene Weg in die richtige Richtung führt. So wurden von Lehrkräften zum Beispiel folgende Auswirkungen ihrer Bemühungen beobachtet:

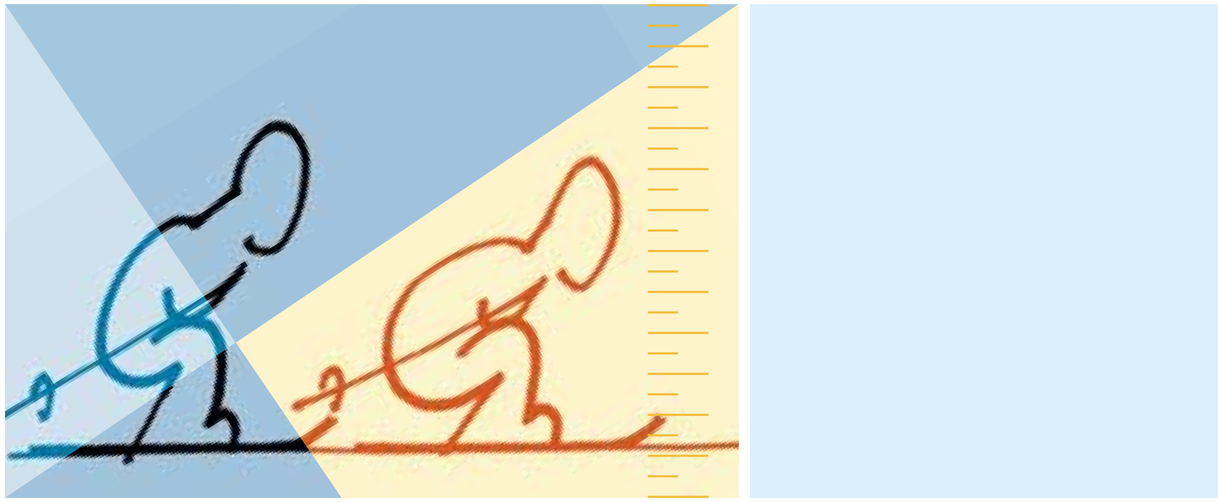
- verbesserte Mitarbeit der Schüler im Unterricht
- besseres Durchhaltevermögen bei der Bearbeitung komplexer Aufgabenstellungen
- höheres Interesse für das Fach
- zunehmende Bereitschaft der Schüler zur Beschäftigung mit Mathematik und Naturwissenschaften auch außerhalb des Unterrichts
- Aussagen von Schülern, der veränderte Unterricht mache mehr Spaß

Die Frage, inwieweit die Bemühungen im Rahmen des BLK-Programms SINUS zu einer Steigerung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Kompetenzniveaus unserer Schüler und zu einer dauerhaften Steigerung des fachbezogenen Interesses beitragen, lässt sich noch nicht beantworten. Kurzfristige Erfolge sind nicht zu erwarten; deutliche Auswirkungen können sich erst dann zeigen, wenn die beschriebenen Maßnahmen nicht nur punktuell von einzelnen Lehrkräften in einzelnen Jahrgangsstufen umgesetzt werden, sondern den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht an einer Schule insgesamt prägen. Der Erfolg des Programms wird also maßgeblich davon abhängen, ob es gelungen ist, bzw. in der restlichen Laufzeit noch gelingen wird, möglichst große Teile der Fachschaften zu aktivieren und in die Arbeiten mit einzubinden.
Eine externe Evaluation, die aus finanziellen und organisatorischen Gründen an die PISA-Erhebungen gekoppelt ist, soll Aufschluss über die messbaren Effekte des Programms geben. Dabei werden bundesweit an allen 180 Programmschulen jeweils alle Klassen der neunten Jahrgangsstufe erfasst. Die im Jahr 2000 durchgeführte Erhebung dient als Ausgangsmessung. Durch die Untersuchungen in den Jahren 2003 und 2006 können dann Fortschritte auf der Ebene der Einzelschulen erfasst werden.

Den Intentionen des Programms entsprechend, muss in den kommenden Jahren dafür gesorgt werden, dass die in Gang gekommenen Prozesse in die Breite wirken. Deshalb wird derzeit ein Konzept für eine Weiterbildungsinitiative entwickelt, die weit über das Programm SINUS hinausreichen soll.

Natur-wissen-schaftliches Arbeiten

Beiträge von **Christoph Hammer, Rudolf Schweiger, Johann Winter, Rolf Herold**
Redaktionelle Bearbeitung: **Rolf Herold**



Genau beobachten – treffend beschreiben – erforschen – Probleme lösen – staunen

Dies sind Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts, die nichts an Aktualität verloren haben. Ja, Ziele, die mehr denn je unverzichtbar sind, wenn jungen Menschen eine Chance gegeben werden soll, sich in einer Umwelt zurecht zu finden, in der High-Tech und Medienkonsum den Alltag vieler Menschen beherrschen.

Hätten Menschen nicht immer wieder diese Ziele vor Augen gehabt, auf welchem Erkenntnisstand wären die Naturwissenschaften heute? Welches Wissen könnten wir unseren Schülern heute vermitteln? Und doch steht leider im Unterricht zu oft das Wissen im Vordergrund und der Weg dorthin scheint keine Rolle zu spielen.

Mit Sicherheit gilt: Wer selbst den naturwissenschaftlichen Weg zu neuen Kenntnissen gegangen ist, kann weiteres Wissen sicherer einordnen, übernehmen und auch anwenden.

Unsere Unterrichtsideen sollen daher den Schülern Gelegenheiten geben, genau zu beobachten, treffend zu beschreiben, selbstständig Zusammenhänge zu erforschen, Probleme zu lösen oder einfach einmal zu staunen.

Bei den nachfolgend dargestellten Beispielen zur Dichte und Reibung, zum Reflexionsgesetz und im Lernzirkel zur Akustik geht es daher neben der Vermittlung des Fachwissens in besonderem Maß um den Kontakt mit Phänomenen, um das Einüben von Grundtechniken, um die Aufforderung zum gründlichen Nachdenken oder auch um die Erfahrung, in gemeinsamer Arbeit ein Problem anzugehen und zu lösen.

Präkonzepte und Alltagsvorstellungen[1], also all das, was in den Köpfen der Schüler zu Fachbegriffen, Zusammenhängen und auch Handlungsweisen und Einstellungen schon enthalten ist, bevor sie in der Schule mit einem Thema konfrontiert werden, haben auf das Lernen im naturwissenschaftlichen Bereich einen großen Einfluss: Man redet aneinander vorbei.

»Untersuchungen über das Physikverständnis von Schülern höherer Schulklassen und von Schulabgängern zeigen durchgehend, dass sich praktisch bei allen von ihnen Misskonzepte entwickelt haben. Es besteht nur bei einem geringen Prozentsatz der Schulabgänger, nämlich bei denen, die später Physik studieren, die Chance, dass diese Misskonzepte nach der Schulzeit beseitigt werden. Aber auch das kann nicht garantiert werden. Man kann davon ausgehen, dass physikalische Misskonzepte ein Charakteristikum für die heutige Gesellschaft darstellen. Trotzdem meine ich, dass man sie durch anderes Lehren von Physik vermeiden kann.«[2]

Berücksichtigt man dieses Problem nicht, so wird der Erfolg des Unterrichts fraglich, das Handeln des Lehrers verliert an Effektivität. Das Beispiel zur schiefen Ebene zeigt einen Versuch, diesen Konzepten auf die Spur zu kommen und dem Beharrungsvermögen dieser Konzepte entgegenzuwirken.

1_Die Anzahl der Veröffentlichungen zu diesem Thema in der Fachliteratur ist kaum mehr zu überblicken.
Hier nur drei konkrete Titel:
– **Naturwissenschaften im Unterricht**, Heft 13 (1986) (Themenheft: Alltagsvorstellungen)
– Häußler, P., Bünder, W., Duit, R., Gräber, W. , Mayer, J. (1998). **Naturwissenschaftsdidaktische Forschung – Perspektiven für die Unterrichtspraxis.** Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (Kapitel 6, S. 169-220)
– Duit, R. (1999). **Das Lernen von Physik verbessern – Beiträge der empirischen Unterrichtsforschung.** Unterricht Physik 10, Heft 54 (Themenheft: TIMSS - Anregungen für einen effektiven Physikunterricht), 4-6.
2_aus **»Vorstellungen im Bereich Mechanik«**, Dieter Nachtigall, Naturwissenschaften im Unterricht -34 (1986) Nr. 13

1. Lerntagebücher im Physikunterricht

Zielsetzung

Ideen, Ziele

Alle Schüler sollen sich möglichst intensiv mit physikalischen Fragestellungen auseinander setzen.
Diese Auseinandersetzung soll im Sinn von Modul 2 mit naturwissenschaftlichen Methoden erfolgen.
Voraussetzung dafür ist, dass die Schüler an der Lösung des gestellten Problems ernsthaft interessiert sind. Dazu ist eine *Kernfragestellung* zu finden, um die sich einzelne Probleme gruppieren.
Grundsätzlich soll versucht werden, durch Methodenwechsel[3] einen effizienten Unterrichtsstil zu entwickeln.

3_siehe Weinert: **»Lehrergesteuerter aber schülerzentrierter Unterricht«**

Unterrichtskonzept

Konzept für den Unterricht

Die Einheit gliedert sich in drei Phasen:

Problemstellung, Eigentätigkeit der Schüler

Phase 1: Problemstellung; die Schüler setzen sich selbstständig mit dem Problem auseinander
Die Schüler erhalten die Kernfragestellung:

Hat ein schwerer Skifahrer einen Vorteil?
Schreibe auf, was dir zu diesem Thema einfällt!
Wenn du auf Fragen stößt, schreibe auf, wie man deiner Meinung nach eine Antwort finden kann.
Führe durch, was du selbst (hier oder zu Hause) erledigen kannst.
Schreibe alles auf wie in einem Tagebuch!

→ *Seite 59: Lerntagebücher*

Gruppenarbeit ist erwünscht, aber freiwillig. Die Zwischenergebnisse einzelner Gruppen werden durch den Lehrer anonym veröffentlicht (Folie, Tafel).
Alles was die Schüler schreiben, wird vom Lehrer gelesen und beurteilt und zwar sind folgende Spielregeln vereinbart:[4]
❶ Die Schüler geben ihr Heft ab, wenn sie meinen fertig zu sein.
❷ Die Beurteilung erfolgt in drei Stufen:
∗: »Die Auseinandersetzung war intensiv genug.«
∗∗: »Es wurde ein sinnvolles Ergebnis gefunden.«
∗∗∗: »Die individuelle »Handschrift« des Schülers ist erkennbar und es wurde ein sinnvolles Ergebnis gefunden.«
Entscheidend ist: Es geht nicht um richtig oder falsch, sondern ausschließlich um die Intensität der Auseinandersetzung mit der Kernfragestellung!

4_Dieses Konzept ist stark beeinflusst von P. Gallin: **»Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik«**; vergleiche Seite 59

❸ Die im Laufe des Schuljahrs bei solchen Projekten gesammelten Qualifikationen münden in eine mündliche Note.

»Input«

Phase 2: »Input«; vorwiegend Lehrervortrag (zum Teil parallel zu Phase 1)
Im Frontalunterricht werden
→ Schülertexte anonym vorgestellt und diskutiert.
→ Demonstrationsexperimente gezeigt, ausgewertet und diskutiert.
Leitgedanken zur Auswahl der Texte und Experimente sind:
Sammlung von möglichen Einflussgrößen (Gewicht, Neigung des Hangs, Reibung, Schneebeschaffenheit, ...).
Diskussion und Gewichtung der gefundenen Faktoren.
Zu den offenbar entscheidenden Größen Hangabtriebskraft und Reibungskraft werden zwei Experimente durchgeführt:
→ Nur Hangabtriebskraft, möglichst wenig Reibung (Luftkissenfahrbahn)
→ Nur (Gleit-)Reibung in Abhängigkeit von der Normalkraft (horizontale Bewegung)

Sicherung, Lernzielkontrollen

Phase 3: Sicherung; Lernzielkontrollen
Am Ende erhält jeder Schüler schriftlich eine vom Lehrer ausgearbeitete Kurzantwort. Zusätzliche Informationen (z. B. Definition der Gleitreibungszahl) werden in einem Hefteintrag zusammengefasst.
Die Schüler erhalten ein Aufgabenblatt mit vier Aufgaben unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades, am Lehrerpult liegen Lösungshilfen in Abstufungen. Der Lehrer steht für individuelle Fragen zur Verfügung.

→ *Seite 55: Aufgabenlösen mit Hilfekarten*

Erfahrungen

Erfahrungen

→ Die Schüler reagierten äußerst positiv auf die Unterrichtseinheit. Vor allem solche, die sich bisher wenig am Unterricht beteiligten, beschäftigten sich intensiv mit dem Thema und wollten die Lösung des Problems wirklich wissen.
→ Die Eigentätigkeit der (35 !!) Schüler war sehr intensiv.
→ Falsche Präkonzepte der Schüler werden von Anfang an sehr deutlich (Tagebücher).
→ Naturwissenschaftliche Methoden (Modul 2) kommen von selbst zum Tragen (Separation von Einflüssen; kritischer Umgang mit Messfehlern).
→ Die Hauptaufgaben des Lehrers sind, eine zündende Idee (Kernfrage) zu finden, Materialien bereitzustellen und darauf zu achten, dass für die Schüler der rote Faden immer sichtbar bleibt.

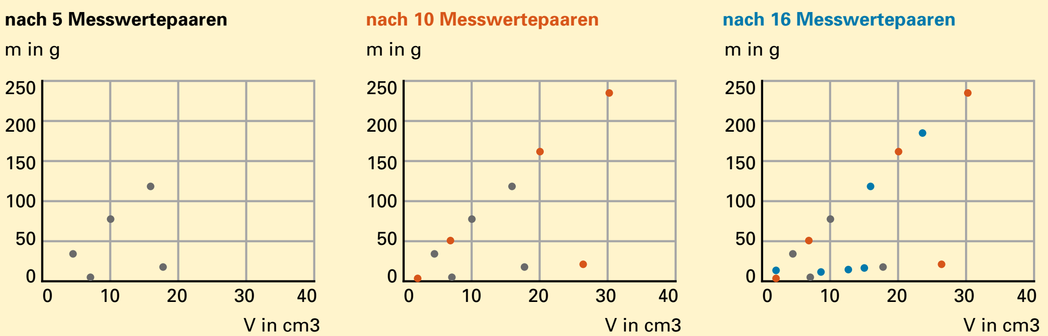
2. Integration von Schülerexperimenten

Beispiel

Beispiel: Einführung der Dichte

Zur Einführung der Dichte wird an jeden Schüler ein quaderförmiger Körper aus Eisen, Holz, Aluminium, ... ausgeteilt.
Sie bekommen den Auftrag, das Volumen des Körpers über Länge, Breite und Höhe und anschließend – mit Hilfe der elektronischen Waage auf dem Lehrerpult – die Masse des Körpers zu bestimmen.
Dann werden die Messwerte der Reihe nach von allen Schülern abgefragt.
Die Schüler notieren sich die vorgelesenen Wertepaare in einer Tabelle, der Lehrer trägt diese in ein Rechenblatt ein, das über Beamer an die Wand projiziert wird[5].
Jedes Messwertepaar wird vom Programm unmittelbar nach der Eingabe in ein Diagramm eingetragen, das ebenfalls in der Projektion zu sehen ist.
Die Auswertung des Diagramms, das die Schüler als Hausaufgabe zu erstellen haben, wird nun mit der Klasse durchgeführt.

So wurde das Diagramm im Unterricht[6] nach und nach entwickelt:



Die Schüler erkennen: Die Messpunkte liegen auf zwei Halbgeraden.
Nun werden die Messwertepaare, die zur steileren Geraden gehören, herausgesucht und die betreffenden Schüler werden gebeten »ihren« Körper nach vorne zu bringen. – Es liegen alle Eisenkörper auf dem Pult.
Zur zweiten Geraden gehören alle Körper aus Holz.
Über die Kennzeichen der Proportionalität wird nun die Quotientenbildung angeregt. Nach wenigen Augenblicken erkennen die Schüler, dass der Quotient aus Masse und Volumen charakteristisch für das jeweilige Material ist. Die Größe *DICHTE* wird definiert.
Abschließend wird darüber gesprochen, warum der Name *DICHTE* sinnvoll ist.

5_Die Verwendung des Computers ist nicht entscheidend – ebenso kann man eine Folie mit Koordinatensystem verwenden.
6_Hier wurden Holz- und Eisenquader ausgeteilt. Mit drei Stoffen ist das Spiel noch spannender.

Anmerkungen

Anmerkungen

Mit dem Austeilen der einzelnen Körper und den damit verbundenen Arbeitsaufträgen soll erreicht werden, dass die Schüler einen engeren Bezug zum Unterrichtsthema finden.
Durch die wenig aufwändige Durchführung der Messungen kann die Eigentätigkeit der Schüler unproblematisch – d. h. ohne besonderen organisatorischen Aufwand – in den normalen Unterrichtsablauf integriert werden.
Zur Schülerübung gehört immer ein eigenständiges Auswerten der Messdaten durch die Schüler. Im gewählten Unterrichtsablauf wird diese Auswertung dadurch vollzogen, dass das am Bildschirm aus den Schülermessdaten entstehende Diagramm in eindeutiger Weise von den Schülern interpretiert werden kann.

Unterrichtsbeobachtungen

Beobachtungen im Unterricht

a) integrierte Schülerübung
Das Abmessen von Länge, Breite und Höhe der Körper bereitete keine Probleme; ebenso verlief die Massenbestimmung problemlos und schien für die Schüler anregend zu sein.
Das Notieren der Messwerte konnte durch die vorgegebene Tabelle zielstrebig erfolgen.
Den Schülern machte das eigenständige Tun Freude und sie konnten auch bei der Auswertung immer wieder auf »ihren Körper« Bezug nehmen.
b) gemeinsame Auswertung
Die Darstellung der Messdaten im Diagramm auf dem Bildschirm konnte von den Schülern richtig interpretiert werden.
Durch einen »Glückstreffer« war einem Schüler ein grober Messfehler unterlaufen, so dass »sein« Messpunkt nicht auf der von allen erkannten Geraden lag. Dieser Schüler bekam den Auftrag, seine Messung zu wiederholen und nach Berichtigung der Daten »rutschte« der falsche Punkt im Diagramm tatsächlich auf die Gerade.
c) Zusammenfassung
Die Eigentätigkeit der Schüler ist bei diesem Vorgehen in idealer Weise in den normalen Unterrichtsablauf integriert. Die gleichzeitige Verwendung des Computers als Hilfsmittel für die Auswertung wirkt bei Durchführung und Präsentation motivierend.

Erfahrungen

Erfahrungen

Die hier dargestellte Vorgehensweise wurde von zwei Kollegen in ähnlicher Weise nachvollzogen. Alle Kollegen waren davon überzeugt, dass diese Art der integrierten Schülerübung häufiger im

Unterricht Anwendung finden sollte. Sie ist sehr gut geeignet bei der Hinführung zur Definition einer abgeleiteten Größe, insbesondere einer Stoffkonstanten.

3. Lernzirkel

Zur Einführung in den Physikunterricht wurde das Thema Akustik gewählt. In einem Lernzirkel sollten sich die Schüler selbstständig die wesentlichen Inhalte aus diesem Themenbereich erarbeiten. Ziel war es dabei einerseits, die Schüler (vorwiegend nicht aus dem technischen Zweig der Realschule) an Arbeitstechniken heranzuführen, die in den Naturwissenschaften üblich sind:

→ Messanordnungen aufbauen,
→ Messungen durchführen und auswerten,
→ Versuchsbeobachtungen dazu verwenden, um Regeln und Begriffe zu erfassen.

Andererseits sollte durch das eigene Tun in kleinen Gruppen die verbreitete Scheu vor Messgeräten oder Stativmaterial abgebaut werden.

Stationen

A1	**Schallausbreitung**	Vakuumpumpe, Klingel, Rezipient
A2	**Schallausbreitung**	Modell
B1	**Begriffe zur Schwingungslehre**	Frequenz, Amplitude, Schwingungsdauer
B2	**laut-leise-hoch-tief**	Schwingfähige Körper (Lineal, Stricknadel)
C	**Schallarten**	Oszilloskop/Mikrofon
D	***Schallgeschwindigkeit***	*Siehe Bild*
E	**Echo, Echolot**	Ultraschallentfernungsmesser
F	**Übungen zur Schallgeschwindigkeit**	Rechenaufgaben
G1	**Lärm und Lärmquellen**	Arbeitsblatt
G2	**Lärmmessung**	Schallpegelmessgerät
H	**Gesundheitliche Folgen des Lärms**	Informationen
I	**Schallbereiche**	Hörtest

Lernzirkel – Station D

Bei einer Kurzarbeit über die Thematik erzielte eine große Mehrheit der Schüler befriedigende oder gute Leistungen.

Beispiel für eine Stationskarte:

Lernzirkel zur Akustik – Station D: Schallgeschwindigkeit

Aufgabenstellung

Aufgabe: Beschreibe einen Versuch zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Luft. Wie groß ist diese?

Material: 2 Mikrofone, Kurzzeitmesser, Maßband, Hammer, Brett

Information

Information: Die Mikrofone können als Schalter für den Kurzzeitmesser eingesetzt werden. Erreicht eine Schallwelle das erste Mikrofon, so wird die Uhr gestartet. Ist dieselbe Schallwelle beim zweiten Mikrofon angekommen, so wird die Uhr angehalten. Die Uhr zeigt also die Zeit an, die der Schall benötigt, um vom ersten zum zweiten Mikrofon zu kommen.

Arbeitsauftrag 1

→ **Arbeitsauftrag ❶:** Bestimme mit dem Maßband den Abstand zwischen den beiden Mikrofonen (es sollten mindestens 3m sein!).

Arbeitsauftrag 2

→ **Arbeitsauftrag ❷:** Zum Messen der Zeit muss die Uhr vor jedem Versuch auf NULL gestellt werden (siehe Bedienungsanleitung). Tue dies und erzeuge dann kurz vor dem ersten Mikrofon einen Knall (mit dem Hammer auf das Brett schlagen). Wiederhole dies solange, bis du etwa 5 annähernd gleiche Werte für die Zeit t bekommen hast. (Alle Werte auf einem Blatt notieren.)

Arbeitsauftrag 3

→ **Arbeitsauftrag ❸:** Bearbeite nun die Aufgabe 8 auf dem Arbeitsblatt.

Erfahrungen

Erfahrungen

Der Lernzirkel wurde in sechs Klassen (mit 14 bis 34 Schülern) nahezu zeitgleich durchgeführt. Einige Stichworte aus der gemeinsamen Besprechung der beteiligten Lehrkräfte:

→ Weniger Stationen mit Versuchen wären leichter machbar.[7]
→ In allen Klassen war die Resonanz der Schüler auf die Methode überwiegend positiv, wobei die Experimentierstationen als besonders wichtig angesehen wurden.

7_Im laufenden Schuljahr wird ein überarbeiteter Lernzirkel durchgeführt.

→ Die Schüler wünschten sich noch mehr Stationen mit Experimenten.
→ Der Lernaufwand für die Kurzarbeit war gering.
→ Viele Schüler schienen erstmals damit konfrontiert zu sein, Fachbegriffe in einem Schulbuch nachschlagen und sich deren Definition selbstständig erarbeiten zu müssen.
→ Insbesondere bei großen Klassen erleichtert die Anwesenheit von Kollegen das Hineinwachsen in diese Methode.

4. Entdeckendes Lernen im Physikunterricht

Ziel

Ziel:

Die Schüler sollen, angeregt durch Fragestellungen, die sie tatsächlich interessieren, mit Hilfe eigener Experimente das Reflexionsgesetz selbstständig entdecken und formulieren. *Die Probleme werden vor der Behandlung des Reflexionsgesetzes formuliert, das so als nützliches Instrument erlebt werden kann.*

Unterrichtsablauf

Unterrichtsablauf:

Phase 1: Interessante Fragen formulieren

Im Unterrichtsgespräch werden einige Fragen aufgeworfen:
→ **Warum ist nasses Pflaster dunkler als trockenes?**
→ **Warum sieht man sich in der Skibrille, je nachdem wie man sie hält, einmal aufrecht und einmal auf dem Kopf?**
→ **Hausaufgabe (Heimexperiment): Wenn ich vor dem Spiegel stehe und mich nur teilweise darin sehe, wie muss ich mich dann bewegen, um mehr oder weniger von mir im Spiegel zu sehen? Frage: Warum ist das so?**
→ **Demonstrationsexperiment »Kerze im Wasserglas« Frage: Warum sieht man die Kerze von allen Plätzen des Physiksaals im Wasser?**

Physikalische Gesetzmäßigkeit suchen

Phase 2: Physikalische Gesetzmäßigkeit suchen

Im *Schülerexperiment* werden Nadeln so vor einem Spiegel in die Unterlage gesteckt, dass der Lichtweg verfolgt werden kann. Jeder Schüler soll die leicht zu erkennende Gesetzmäßigkeit mit eigenen Worten formulieren.

Die zwei häufigsten Ideen waren:
❶ *Einfallswinkel = Ausfallswinkel (die Kurzfassung)*; hier muss Einigkeit darüber hergestellt werden, welche Winkel gemeint sind.
❷ *Die Halbierende des Winkels zwischen einfallendem und reflektiertem Strahl steht auf dem Spiegel senkrecht (die originelle Version).*
Die selbstständige Formulierung erweist sich hier als äußerst nützlich, weil jeder Schüler die Regel durchdenkt.

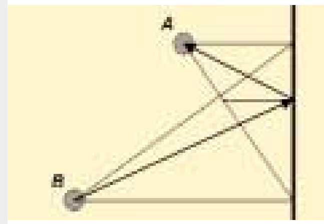
Refexionsgesetz anwenden

Phase 3: Reflexionsgesetz anwenden

Die Schüler lösen selbstständig oder in Gruppen folgende Aufgabe durch Zeichnung:
Anna (A) sieht Bernhard (B) im Spiegel.
Zeichne den Lichtweg!

Alle Schüler kamen über kurz oder lang zur richtigen Lösung. Manche brauchten als Tipp nur das Wort »Spiegelung« und wussten Bescheid. Falsche Lösungen erkennen die Schüler selbst am besten (durch Messung und Vergleich der Winkel), wenn A und B unterschiedlich weit vom Spiegel entfernt sind. *Bei einer als falsch erkannten Lösung müssen die Schüler im Heft eine Begründung geben und dürfen diese keinesfalls ausradieren!*

→ Seite 68: Umgang mit Fehlern



Mit einer überraschenden Idee hatte eine sonst zurückhaltende Schülerin einen großen Auftritt:

Fragen beantworten

Phase 4: Fragen beantworten

Bis auf die Pflasterfrage können alle Fragen zeichnerisch mit dem Reflexionsgesetz beantwortet werden. Die Skibrillenfrage lässt sich mit einem Winkelspiegel klären. (Es wurden fünf Spiegel zu einem Modell für einen Konkavspiegel zusammen montiert.)

Erfahrungen

Erfahrungen

Das Thema Reflexionsgesetz eignet sich besonders gut für »entdeckendes Lernen«. Alle Schüler haben erfolgreich geforscht. Die Beteiligung war sehr gut. Durch die offene Gestaltung kamen eigenständige Schülerlösungen vor.
Ein physikalisches Gesetz wurde als erfolgreich für die Beantwortung interessanter Fragen erlebt. Die im Geometrieunterricht gelernte Achsenspiegelung wird als nützliches Instrument erfahren und wiederholt.

→ Seite 106: Kumulatives Lernen

5. Physik fühlen

Zerlegung von Kräften

Im Themengebiet »Zerlegung von Kräften« wird als Beispiel die Zerlegung der Gewichtskraft an der schiefen Ebene in Hangabtriebskraft und Normalkraft behandelt.
Leider kommen die meisten Schüler über das Stadium der formalen Kräftezerlegung nicht hinaus, sondern wenden das Kräfteparallelogramm ohne tieferes Verständnis an. Die physikalische Bedeutung der einzelnen Kräfte wird dabei oft nicht erkannt.
Um den physikalischen Aspekt mehr in den Vordergrund zu rücken, hat sich der ständige Bezug zum Alltag bewährt. Als Vorübung können die Schüler im Sportunterricht mit Hilfe von schräg gestellten Langbänken und Medizinbällen Normalkraft und Hangabtriebskraft am eigenen Leib erfahren und ihre Auswirkungen »begreifen« (siehe Arbeitsblatt).
Die Richtung der auftretenden Kräfte, sowie der Einfluss des Neigungswinkels auf deren Beträge sind somit im Vorfeld geklärt und die zuvor eingeübte Technik der Kräftezerlegung kann zügig eingesetzt werden.

Arbeitsblatt für den Sportunterricht

Ausschnitt aus einem Arbeitsblatt für den Sportunterricht zur Veranschaulichung von Normal- und Hangabtriebskraft und zur Vorbereitung der Kräftezerlegung an der schiefen Ebene

Physik im Sportunterricht

Erspüren von Kräften

Stelle eine Reihe von je 4 Langbänken vor der Sprossenwand so auf, dass die erste am Boden steht und die restlichen drei der Reihe nach in der 3., 6. und 9. Sprosse eingehängt sind.

Lege dich nun zunächst auf die am Boden stehende Bank und anschließend der Reihe nach auch auf die anderen, lege jeweils eine Kugel (vom Kugelstoßen) auf deinen Bauch und halte diese nur seitlich fest, damit sie nicht herunterrollt, aber ansonsten frei auf dem Bauch aufliegt. Vergleiche die Kräfte, mit denen die Kugel jeweils auf deinen Bauch drückt.

Beispiele für Schülerantworten:
- ➔ je steiler, desto mehr zieht dich die Kugel nach unten
- ➔ je steiler die Bank, desto weniger Druck von der Kugel
- ➔ 3. Sprosse: Kugelgewicht größer; 6. Sprosse: Hangabtriebskraft und Kugelgewicht ungefähr im Gleichgewicht; 9. Sprosse: Hangabtriebskraft größer

Gerade an der schiefen Ebene lassen sich neben der Kräftezerlegung viele weitere physikalische Prinzipien diskutieren, wiederholen und vertiefen.
Die etwas intensivere Auseinandersetzung kann zu einem tieferen Verständnis und auch zur Aufdeckung von Fehlvorstellungen führen, mit denen die Schüler beim ersten Kontakt an das Thema herangehen. Außerhalb des Physikunterrichts kann der Mathematiklehrer bei Vektorrechnungen, ähnlichen Dreiecken oder in der Trigonometrie von klareren Vorstellungen ausgehen.

➔ *Seite 106: Kumulatives Lernen: horizontale Vernetzung*

Der nachfolgend vorgestellte Test kann in der Unterrichtssequenz an verschiedenen Stellen eingesetzt werden: als Evaluation im Vorfeld, um ein Gefühl für die Vorstellungswelt der Schüler zu bekommen; als Lernzielkontrolle nach der ersten Stunde oder am Ende der Unterrichtseinheit.
Es wurde versucht, möglichst viele unterschiedliche physikalische Aspekte wie Trägheitssatz, Kräftegleichgewicht, Kräftezerlegung oder auch Gedankenexperimente zu einfach formulierten, standardisierten Fragen zusammenzufassen.

Auszug aus dem Test zur schiefen Ebene

Testfragen zur schiefen Ebene

Bezeichnungen im Folgenden:
α : Neigungswinkel der schiefen Ebene
G : Gewichtskraft des Körpers, der sich auf der schiefen Ebene befindet.
F_H :Betrag der Hangabtriebskraft, die auf den Körper wirkt.
F_N :Betrag der Normalkraft, die auf den Körper wirkt.

Kreuze jeweils alle richtigen Antworten an!
Es können eine oder mehrere Antworten richtig sein. Die Reibung ist, falls nicht anders angegeben, zu vernachlässigen.

Wird der Neigungswinkel α einer schiefen Ebene vergrößert, so

wird die Hangabtriebskraft	**größer ( )**	**kleiner ( )**	**bleibt gleich ( )**
wird die Normalkraft	**größer ( )**	**kleiner ( )**	**bleibt gleich ( )**
wird die Gewichtskraft	**größer ( )**	**kleiner ( )**	**bleibt gleich ( )**

Vergrößert man die Gewichtskraft bei gleichem Neigungswinkel α, so

wird die Hangabtriebskraft	**größer ( )**	**kleiner ( )**	**bleibt gleich ( )**
wird die Normalkraft	**größer ( )**	**kleiner ( )**	**bleibt gleich ( )**

Ein Körper der Gewichtskraft G gleitet die schiefe Ebene hinunter. Ist die Reibungskraft kleiner als die Hangabtriebskraft, so wird der Körper in jedem Fall

schneller ( )	**langsamer ( )**
bleibt gleich ( )	**keine Aussage möglich ( )**

Die Gewichtskraft des Körpers auf der schiefen Ebene ist genau 100 N. Welche der folgenden Kombinationen für F_H und F_N können dann möglich sein?

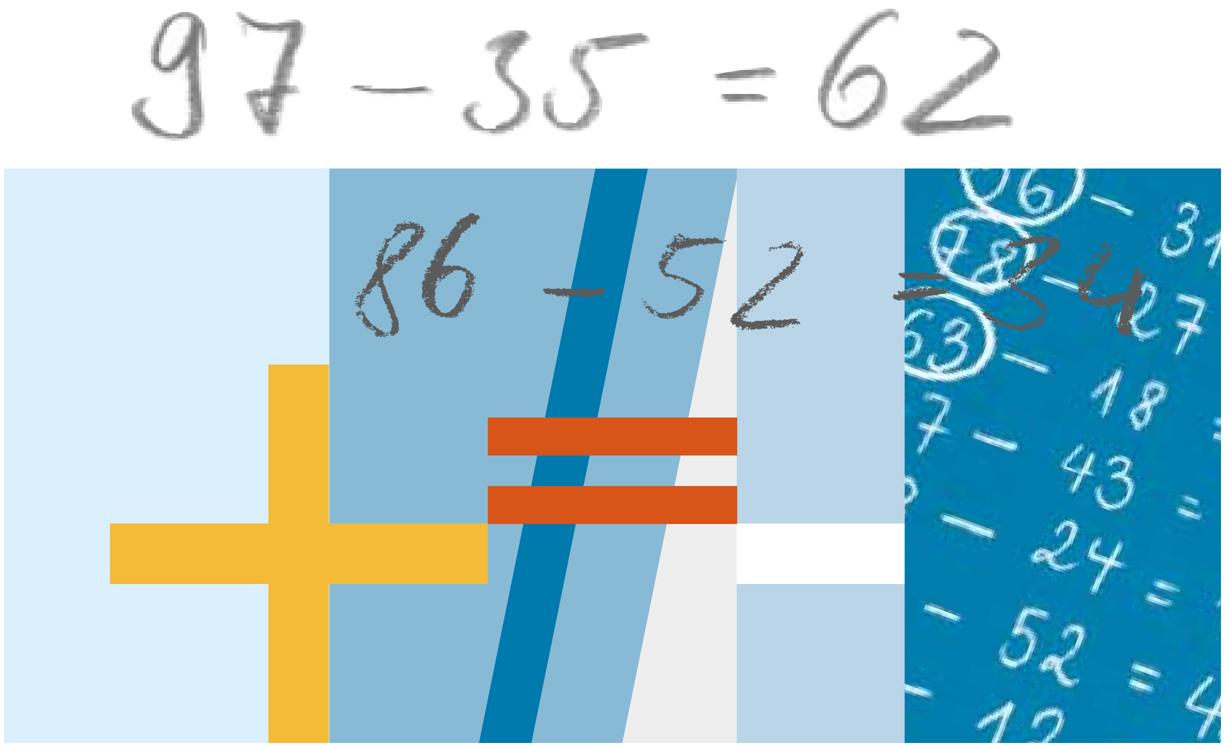
F_H = 80 N und F_N = 110 N ( )	**F_H = 50 N und F_N = 50 N ( )**
F_H = 40 N und F_N = 40 N ( )	**keine dieser Kombinationen ( )**
F_H = 80 N und F_N = 60 N ( )	

Sichern von Grundwissen

Beiträge **Siegfried Burek, German Hacker, Rolf Herold, Manfred Hummel, Heiner Kilian, Wolfgang Kuntsch, Dr. Johannes Novotny, Sonja Weber, Dr. Burkhard Zühlke**
Redaktionelle Bearbeitung **Dr. Johannes Novotny**

Es ist eine interessante Erkenntnis der Arbeit im Rahmen des BLK-Programms SINUS, dass man von verschiedenen Ansatzpunkten her immer wieder auf die Problematik des sogenannten »Grundwissens« oder »Basiswissens« stößt. Überlegungen zu Modul 5, also zur Frage, wie man bei den Schülern einen kontinuierlichen und vernetzenden Aufbau von Wissen und Fähigkeiten erreichen kann, haben im Schulset 4 zur Diskussion darüber geführt, welches die Grundlagen sind, die für kumulatives Lernen unverzichtbar sind.

➔ ***Seite 106: Kumulatives Lernen***



In diesem Kapitel werden Wege nachgezeichnet, die an verschiedenen Schulen beschritten wurden: von den Überlegungen zu Inhalt und Umfang des Grundwissens über die Frage nach dessen Fixierung bis hin zum Umgang damit im Unterricht.

1. Grundwissenskataloge

Definition von Grundwissen

Bei der Erstellung von Grundwissenskatalogen stellt sich schnell heraus, dass intensive Diskussionen notwendig sind, weil dabei grundsätzlich geklärt werden muss, was als Grundwissen ausgewiesen werden soll. Hier gibt es auch in der Literatur sehr unterschiedliche Meinungen. Der hier vorgestellte Ansatz tendiert dazu, Grundwissen nicht als Minimalkatalog anzusehen, der jederzeit abrufbar sein muss, sondern als Sammlung derjenigen Inhalte, auf die immer wieder zurückgegriffen wird. Dieses Grundwissen sollte entweder stets parat oder sehr schnell aktivierbar und spätestens nach einer *kurzen* wiederholenden Einführung bei der weiteren Arbeit verfügbar sein.
Damit ist noch nicht klar definiert, welche Inhalte zum Grundwissen gehören. Eine allgemeine Festlegung ist auch nicht nötig, wichtig ist die Einigung einer Fachschaft über einen für ihre Schule »gültigen« Grundwissenskatalog. Dieser kann in einem Kollegium völlig neu erstellt, aber auch von einer anderen Schule übernommen und angepasst werden.

1. Beispiel

Grundwissenskatalog Mathematik

Am Christoph-Jakob-Treu-Gymnasium Lauf wurde von der Mathematik-Fachschaft ein Grundwissenskatalog erarbeitet. Dabei erstellte jeder Kollege einen Abschnitt. Die Teile wurden anschließend diskutiert, überarbeitet und zusammengesetzt.

Grundwissen der Jahrgangsstufe 5

(Ausschnitt)

Wissen / Können	Aufgaben und Beispiele
Sicherer Umgang mit den 4 Grundrechenarten; »Punkt vor Strich«; große Zahlen; runden; Quadratzahlen von 1 bis 20 und von 25	Schreibe in Ziffern: acht Billionen vierzig Milliarden zweihundert Millionen achthundertdreitausendfünfhundertzweiunddreißig Zerlege in Stufen: 60 300 412 386 702 Runde auf Tausender (auf Hunderter) 587499 Berechne: $(3^4 + 2789) : 35 - 34 \cdot (16^2 - 254) + 14^2$ [210]
Sicherer Umgang mit Termen; Gliederung	Gliedere den Term: $(628 - 16 \cdot 2) + 36 : 9$ Stelle einen Term auf und berechne seinen Wert: Subtrahiere von der Differenz der Zahlen 2036 und 128 die doppelte Summe aus dem Quotienten der Zahlen 7470 und 18 und der Zahl 125.
Lösen einfacher Gleichungen	$58 \cdot 24 - 128 - x = 192 - 152$; $G = \mathbb{N}_0$ $(L = \{1224\})$ $15 \cdot 23 + 144 : x = 381$; $G = \mathbb{N}_0$ $(L = \{4\})$
Rechnen mit Größen (Länge, Zeit, Gewicht, Geld); Textaufgaben	Schreibe mit der in Klammern angegebenen Einheit: 12 km 3 m [m], 7 kg 5 g 18 mg [g] Berechne: 10 km 11 m : 30 (45 h 16 min – 28 h 28 min) : 8 min Der Maßstab einer Landkarte ist 1 : 250000. Welcher tatsächlichen Strecke entsprechen 34 cm auf der Karte?
Teilbarkeitsregeln; Primfaktorenzerlegung; ggT; kgV	Durch welche der Zahlen 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 15 kann man 25740 ohne Rest teilen? Zerlege 120 und 252 in Primfaktoren! Bestimme ggT (120; 252) und kgV (120; 252) !

➔ *Siehe auch Seite 46*

Am Ende eines Schuljahrs erhalten die Schüler eine Zusammenstellung des Jahresgrundwissens. Sie heften diese zusammen mit anderen Materialien, zum Beispiel *Ferienaufgaben*, in einer Mappe ab. Diese wird in die Unterrichtsarbeit einbezogen und jährlich ergänzt. Mit der ersten Ausgabe werden die Eltern in einem Brief über die Anliegen informiert.

2. Beispiel

Grundwissenskatalog als Nachschlagewerk

In der oben dargestellten Form stellt der Grundwissenskatalog ein Nachschlagewerk dar. Sowohl Schüler als auch Eltern können entnehmen, was man aus der jeweiligen Jahrgangsstufe unbedingt beherrschen sollte. Es werden zwar typische Aufgabenstellungen angegeben, aber zum Schließen größerer Lücken ist weiteres Arbeitsmaterial nötig.

Am Wirsberg-Gymnasium Würzburg hat man deshalb den Katalog so umgearbeitet, dass er etwas umfangreichere Informationen über den Lehrstoff liefert und hat die einzelnen Lerninhalte mit konkreten Literaturhinweisen verbunden.

Die Blätter mit den Fragen zum Grundwissen haben für die Jahrgangsstufen 5 bis 10 folgenden Aufbau:

In der ersten Spalte stehen die Lerninhalte, d. h. eine Auflistung der Themen für die jeweilige Jahrgangsstufe laut Lehrplan.

In der zweiten Spalte wurde versucht, zu diesen Inhalten Kernfragen zu formulieren, die den Schülern helfen sollen, sich zu erinnern. Dadurch soll ihnen klar werden, wie vollständig ihr Wissen ist und wo Lücken zu schließen sind.

In engem Zusammenhang mit den Kernfragen stehen Beispiele in der dritten Spalte, die einerseits den Grad der Tiefe und Komplexität abstecken und andererseits ausdrücken sollen, dass es wichtig ist, Regelwissen auch anwenden zu können.

Die vierte Spalte verweist auf leicht zugängliche Informationsquellen, mit deren Hilfe Lücken geschlossen werden können.

Erfahrungen

Erfahrungen

Es erwies sich als sinnvoll, die Blätter zum abgelaufenen Schuljahr erst zu Beginn des neuen Schuljahres auszuteilen, weil Aufmerksamkeit und Bereitschaft zu ernsthafter Auseinandersetzung größer sind, wenn die Arbeit wieder beginnt. Dabei ist es wichtig, den Inhalt gemeinsam mit den Schülern durchzugehen und damit für verbindlich zu erklären.

Eine Alternative für höhere Jahrgangsstufen ist es, die Schüler selbst ein Blatt mit dem Grundwissen zu einem Themenbereich erstellen zu lassen. Auf diese Weise kann die Eigenverantwortlichkeit für das Lernen betont werden.

➔ *Siehe auch Seite 44*

Einsatz des Grundwissenskatalogs

Einsatz des Grundwissenskatalogs

Der Grundwissenskatalog wird im Unterricht eingesetzt, wenn bei neuen Themen und Aufgaben auf Grundlagen der letzten Jahre zurückgegriffen werden muss. Diese Situationen bieten die Gelegenheit, das Grundwissen zu vertiefen und aufzufrischen.

Im Folgenden ist eine Seite aus dem Grundwissenskatalog für die 10. Jahrgangsstufe abgedruckt:

Grundwissen Algebra Jahrgangsstufe 10

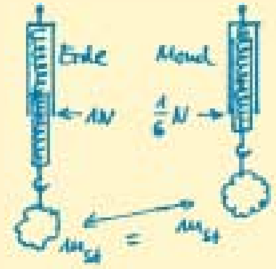
Lerninhalte	Kernfragen	Beispiele	Informationsquelle
Rechnen mit reellen Potenzen → Definition der Potenzen mit natürlichen, ganzen und rationalen Exponenten	Was bedeutet a^n bzw. a^{-n} für n ∈ N, was $a^{\frac{1}{n}}$; $\sqrt[n]{a}$ und $a^{\frac{m}{n}}$ für m ∈ Z und n ∈ N ?	Berechne 3^4; $\frac{4^2}{5}$; $\frac{4}{5^2}$; $\left(\frac{4}{5}\right)^2$ $16^{\frac{1}{4}}$; $\sqrt[3]{64}$; $27^{\frac{2}{3}}$; $18-4\cdot2^{-3}$; 5^4+5^3	*Diese Spalte enthält genaue Angaben darüber, wo Informationen über das jeweilige Thema zu finden sind.*
→ Gesetze für das Rechnen mit Potenzen	Wie lauten die Potenzgesetze (als Formel und in Worten) für	Vereinfache $\left(-3^{-3}\right)^2$; $\left(-b^{-4}\right)^3$;	
	→ die Multiplikation/Division zweier Potenzen mit gleicher Basis	$r^{2x}\cdot r^{1-x}$; $x^3 : x^{1-n}$; $2^3\cdot5^3$; $15^4 : 5^4$;	
	→ die Multiplikation/Division zweier Potenzen mit gleichen Exponenten	$\left(\frac{a}{b^2}\right)^{-2}\cdot\left(\frac{a^2}{b}\right)^2$; $\frac{a^{k+3}-a^3\cdot b^k}{a^{2k+1}-a\cdot b^{2k}}$	
	→ das Potenzieren einer Potenz?		
→ Anwendungen:	Welche Zehnerpotenzen entsprechen den Vorsätzen Kilo, Mega, Giga bzw. Dezi, Zenti, Milli, Mikro und Nano?	2 kJ ; 3 MHz; 4 GW 5 dl; 6 cN; 7 mg; 8 μm; 9 ns	
Gleitkommadarstellung	Was bedeutet $2{,}5\cdot10^5$? Zu welchem Zweck verwendet man die Schreibweise $a\cdot10^z$?	Berechne $4{,}2\cdot10^{16}\text{s} : 1{,}1\cdot10^{-11}\text{s}$ Berechne $2{,}00\cdot10^{30}\,\text{kg} : 1{,}67\cdot10^{-27}\,\text{kg}$ *	

* *Anmerkung:* Hier kann die physikalische Bedeutung der Aufgabe thematisiert werden

Grundwissenskatalog Physik

3. Beispiel

Eine weitere Form eines Grundwissenskatalogs erarbeitete die Fachschaft Physik am Wolfgang-Borchert-Gymnasium Langenzenn. Hier wurde eine explizite Unterscheidung zwischen »Wissen« und »Können« gemacht. Damit soll deutlich werden, dass es sich beim Grundwissen nicht um eine auswendig zu lernende Sammlung bestimmter Inhalte handelt, sondern dass mit diesen Inhalten konkrete Kompetenzen verknüpft sind, die in der jeweiligen Jahrgangsstufe erworben werden sollten.

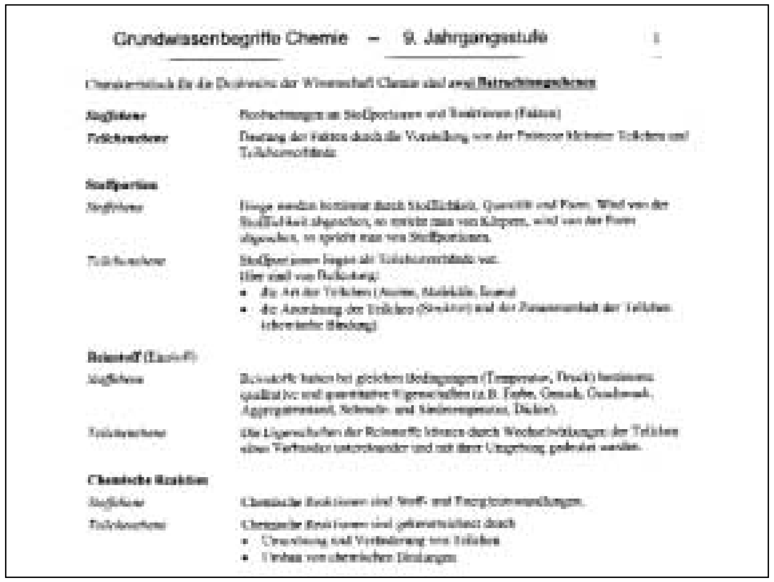
Wissen	Können	Beispiel, Anwendung
Gewichtskraft und Masse → Die *Masse m* eines Körpers ist eine *ortsunabhängige* Größe; [*m*] = 1 kg → Die Gewichtskraft G eines Körpers *hängt vom Ort* ab, an dem er sich befindet; [*G*] = 1 N → Zusammenhang zwischen *m* und *G*: G = m · g g ist der Ortsfaktor: $g_{Erde} \approx 10\,\frac{\text{N}}{\text{kg}}$ → Festlegung der Einheit der Masse mit »Ur-Kilogramm«	→ Unterschied zwischen Masse und Gewichtskraft erklären; Begriffe fachlich richtig verwenden → Gewicht in Masse (und umgekehrt) umrechnen → Ortsabhängigkeit der Gewichtskraft am Beispiel der Erde (Äquator und Pol) erklären	→ Vergleich der Orte Erde und Mond: • Masse eines Steins (m_{St}): $m_{StErde} = m_{StMond}$ • Gewicht eines Steins (G_{St}): $G_{StErde} \approx 6\cdot G_{StMond}$  → Ein Körper der Masse 1 kg hat auf der Erde ein Gewicht von etwa 10 N. → Ein Körper mit dem Gewicht 1 N (auf der Erde) hat eine Masse von etwa 100 g.

4. Beispiel: Grundwissensbegriffe und Basiskonzepte im Fach Chemie

Grundwissenskatalog Chemie

Die Arbeitsgruppe Chemie im Schulset 4 hat einen chronologisch geordneten Grundwissenskatalog mit wichtigen Begriffen der Mittelstufenchemie und deren Definitionen zusammengestellt.

Grundwissensbegriffe


Grundwissensbegriffe Chemie – 9. Jahrgangsstufe

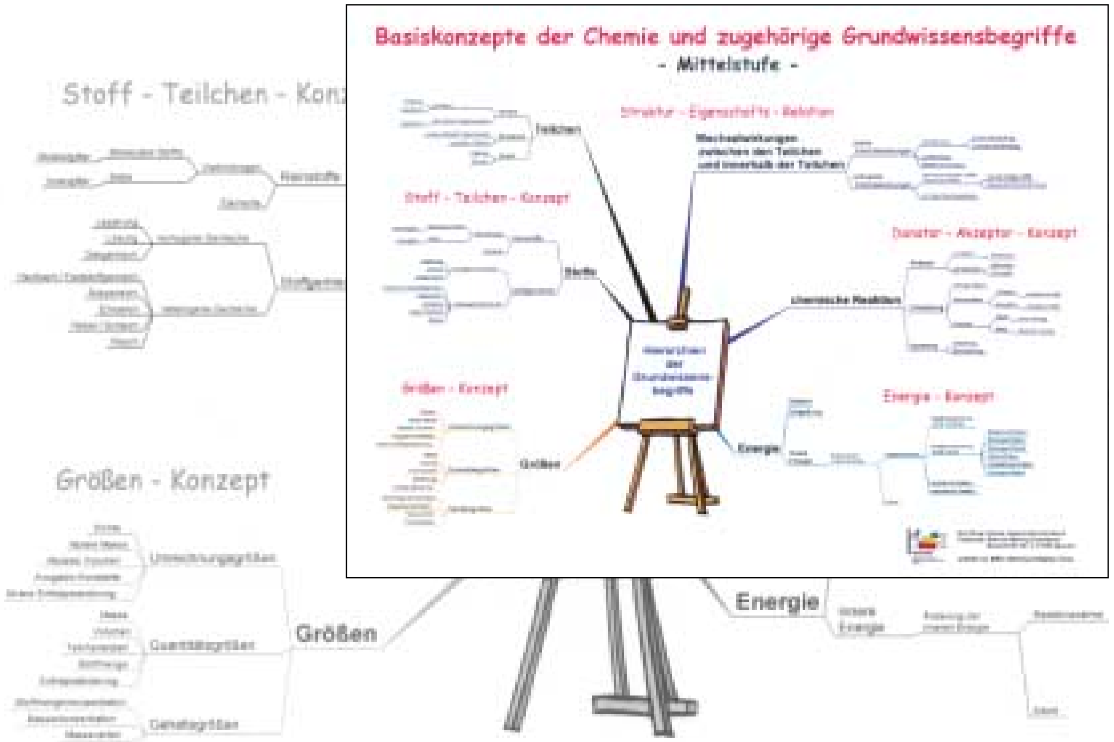
Die Begriffe werden mit Hilfe einer »Gedächtnislandkarte« (Mind Map) strukturiert und den verschiedenen Basiskonzepten zugeordnet. Diese Mind Map kann als Lernplakat verwendet werden.

→ Siehe auch Seite 117
→ Siehe auch Seite 107

Grundwissensheft

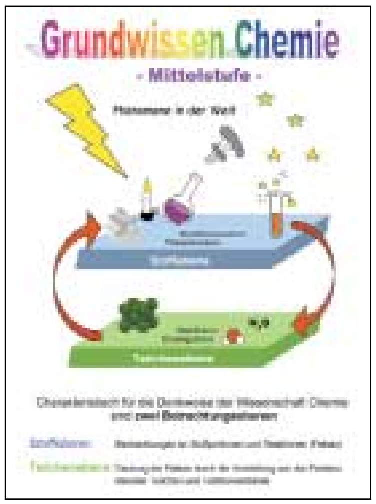
Durch sukzessives Ausfüllen einer Leerversion der Mindmap im Lauf des Unterrichts wird für die Schüler der Lernfortschritt sichtbar und gleichzeitig eine Beziehung zwischen den einzelnen Begriffen hergestellt. So entsteht der Grundstock für ein Grundwissensheft, in dem zusätzlich jeder neue Grundwissensbegriff definiert wird.

→ ***Grundwissensheft: Seite 116***



Grundwissenskarten
Strategieblätter

Die Begriffsdefinitionen im Grundwissensheft sind auch auf Karten gedruckt worden, die von den Schülern wie Vokabelkärtchen benutzt werden können. Auf sogenannten Strategieblättern werden grundlegende Regeln zusammengefasst, wie zum Beispiel zur Ermittlung und zur Schreibweise chemischer Formeln, zum Aufstellen



von Reaktionsgleichungen oder zum Rechnen mit stoffmengenbezogenen Größen.
Das Grundwissensheft wird inzwischen auch an einigen Schulen, die nicht am BLK-Programm SINUS beteiligt sind, eingesetzt. In nicht-naturwissenschaftlichen Schulzweigen hilft es, den Überblick über die dort dicht gedrängten Lerninhalte des Chemieunterrichts zu bewahren.

2. Grundwissensbausteine als Brücke zwischen Katalog und Arbeitsmaterial

Ein Grundwissenskatalog als kompakte Zusammenfassung der wichtigsten Lerninhalte kann und soll ein Lehrwerk nicht ersetzen. Die Schüler brauchen für die Beseitigung ihrer Lücken zusätzliches Arbeitsmaterial.
Im Schulset 2 wurden zu typischen Wissenslücken, die Lehrkräfte aus ihrer Praxis gut kennen, sogenannte Bausteine erstellt.

Konzept

Konzept

Die Bausteine enthalten eine allgemeine Erklärung zum jeweiligen Thema, ein Beispiel und einige Aufgaben. Zur Kontrolle der Ergebnisse wird ein Lösungsblatt verteilt. Die Schüler erhalten die Bausteinblätter am Ende des jeweiligen Kapitels und sammeln sie in einem Ordner. Damit besitzen sie ihr eigenes Nachschlagewerk und eine Aufgabensammlung.

Einsatzmöglichkeiten

Einsatzmöglichkeiten

Mit Hilfe der Bausteine können die Schüler zu Hause eigenverantwortlich wiederholen. Weitere Einsatzmöglichkeiten sind Vertretungsstunden, Tutoren- bzw. Nachhilfestunden oder vorbereitende Hausaufgaben.

Bausteine zur Wiederholung und Vertiefung: M8 – Extremwertbestimmung

Erklärung/Schema

Besitzt ein quadratischer Term folgende Form, dann kannst du direkt seinen Extremwert ablesen:
$\mathbf{T(x) = a(x + b)^2 + c}$ oder: $\mathbf{T(x) = c + a(x + b)^2}$

Aus dieser Darstellung lassen sich drei Informationen ablesen:
Art (Maximum oder Minimum): **Vorzeichen von a** (+ => Min; - => Max)
Koordinaten des Extrempunkts:
$T_m = c$; $x_m = -b$

1. Bsp.: $T(x) = +7\,(x + 4)^2 - 13$

Antwort: $T_{min} = -13$ für $x = -4$

2. Bsp.: $T(x) = 5 - 2\,(x - 3)^2$

Antwort: $T_{max} = +5$ für $x = +3$

Aufgaben

Aufgaben 1

$T_1(x) = -2\,(x - 1)^2 + 3$
$T_2(x) = (x + 5)^2 - 4$
$T_3(x) = 2\,(x - 8)^2$
$T_4(x) = -\,(x + 1{,}5)^2 + 2$
$T_5(x) = -\,(x + 0)^2 + 5$
$T_6(x) = x^2 + 1$
$T_7(x) = -x^2$

Weitere Aufgaben

Aufgaben 4

Zunächst vereinfachen:
$T_1(x) = x\,(4 + x)$
$T_2(x) = (2x + 3)(x - 2)$
$T_3(x) = (x - 1)^2 + 4x - 7$

Jeder quadratische Term kann mit der quadratischen Ergänzung in die gewünschte Form umgewandelt werden (höchstens vier Schritte)

Bsp.:

$T(x) = -2x^2 + 12x - 28$

Ausklammern (Faktor vor dem Quadrat)

$= \mathbf{-2}\,[\,x^2 - 6x + 14\,]$

Quadratisch ergänzen

$= -2\,[\,x^2 - 2 \cdot \mathbf{3} \cdot x \mathbf{+ 3^2 - 9} + 14\,]$

Binomische Formel

$= -2\,[\,\mathbf{(x - 3)^2} + 5\,]$

Ausmultiplizieren (eckige Klammer)

$= -2\,(x - 3)^2 - 10$

Antwort

$T_{max} = -10$ für $x = +3$

Einfacher wird die Umformung, wenn der Faktor a vor dem Quadrat die Zahl +1 ist (dann entfallen Ausklammern und Ausmultiplizieren)

Bsp.:

$T(x) = x^2 + 8x + 15$

$= x^2 + 2 \cdot \mathbf{4} \cdot x \mathbf{+ 4^2 - 16} + 15$

$= (x + 4)^2 - 1$

$T_{min} = -1$ für $x = -4$

Aufgaben 2

$T_1(x) = 3x^2 + 27x - 0{,}75$

$T_2(x) = -x^2 - 10x + 9$

$T_3(x) = 2x^2 - 12x + 18$

$T_4(x) = 0{,}5x^2 - x + 4$

$T_5(x) = -5x^2 + 50x - 125$

$T_6(x) = -1{,}5x^2 + 6x + 15$

$T_7(x) = \frac{1}{3}x^2 + 2x$

Aufgaben 3

$T_1(x) = x^2 - 16x + 71$

$T_2(x) = x^2 - 10x + 25$

$T_3(x) = x^2 - 7x$

$T_4(x) = x^2 + x + 1$

Aufgaben 5

Ein Rechteck mit dem Umfang u = 24 cm besitzt die Länge $l = \overline{AB} = x$.

Berechne seine Breite $b = \overline{BC}$ in Abhängigkeit von der Variablen x.

Berechne den maximalen Flächeninhalt A_{max} und die zugehörige Belegung von x.

3. Grundwissensheft

Auf Seite 42 wurde bereits auf die Möglichkeit eingegangen, dass die Schüler ihren Grundwissenskatalog selbst gestalten: Sie führen ein Heft, in dem sie nach und nach das Grundwissen zu den im Unterricht erarbeiteten Inhalten festhalten.

Ziele:

Ziele

→ Festlegung und Festigung des Grundwissens

→ Anregung zu bewusstem Gebrauch der Fachsprache und Förderung der Ausdrucksfähigkeit

→ Förderung allgemeiner Arbeitstechniken (Gestaltung, Heftführung)

Vorgehen:

Vorgehen

→ Eine Musterseite wird in Zusammenarbeit mit dem Lehrer erstellt, wobei auf die wesentlichen Kriterien eingegangen wird.

→ Die folgenden Einträge erstellen die Schüler im Anschluss an die Behandlung eines Themas im Unterricht selbstständig als Hausaufgabe (innerhalb einer Woche).

→ Der Lehrer korrigiert und bewertet jeden Eintrag.

Es kann sinnvoll sein, die Verwendung des Hefts bei Leistungsnach-

weisen zu erlauben. Eine Weiterführung des Heftes in den Folgejahren fördert das Erreichen der angestrebten Ziele.

4. Arbeiten mit dem Grundwissen

1. Übungszirkel

Grundwissens-Übungszirkel

Eine attraktive Möglichkeit, Grundwissen systematisch und selbstständig zu trainieren, stellt ein Grundwissens-Übungszirkel dar. Idee ist dabei, die Zeit am Schuljahresende zu nutzen, um die Schüler in eigenverantwortlicher Arbeitsform mit den im Laufe des Jahres bearbeiteten Lerninhalten zu konfrontieren. Die Stationen umfassen das gesamte Grundwissen der 7. Jahrgangsstufe und besteht aus getrennten Teilen für Algebra und Geometrie. Allerdings wurde darauf geachtet, auch Fragestellungen aufzugreifen, die diese beiden Teilgebiete verbinden.

Übersicht über den Algebra-Teil

Übungszirkel Algebra (zum Grundwissen der 7. Jahrgangsstufe)

Station ❶
Rationale Zahlen
Spiel: Algebra-Wettrechnen

Station ❷
Terme, Teil A
Spiel: Algebra-Quartett

Station ❸
Terme, Teil B
Spiel: Puzzle zu binomischen Formeln

Station ❹
Gleichungen und Ungleichungen
(ohne Spiel)

Im Folgenden sind einige Karten des Spiels von Station 2 abgebildet. Beim Spielen wird ein Mitspieler nach einer konkreten Karte gefragt, von deren Buchstabenfamilie man selbst mindestens eine besitzt. Um die Karte zu bekommen, muss man die auf der jeweiligen Karte unten abgedruckte Lösung nennen.

G Berechne den Termwert T(2) bei gegebenem Term T(x):

1 $(12x + 9) : 3$

$5x^2 - 3x$

$-x^3 + 1$

$46 - (3x)^2$

11

C Wende die Potenzgesetze an:

1 $\frac{a^3}{b^3}$

$\frac{a^5}{a}$

$(ab)^4$

$\left(\frac{a}{b}\right)^{11}$

$\left(\frac{a}{b}\right)^{3}$

C Wende die Potenzgesetze an:

$\frac{a^3}{b^3}$

2 $\frac{a^5}{a}$

$(ab)^4$

$\left(\frac{a}{b}\right)^{11}$

a^4

Ferienaufgaben

2. Ferienaufgaben:

Als Ergänzung zu Grundwissenskatalogen bieten sich Ferienaufgaben an. Es handelt sich dabei um Aufgaben, die sich auf den Stoff eines gesamten Schuljahres beziehen und die zusammen mit den Grundwissenskatalogen am Schuljahresende ausgegeben werden. Am Beginn des folgenden Schuljahrs erhalten die Schüler Lösungen zu den Aufgaben.
Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass die Schüler das Angebot von Ferienaufgaben recht gut annehmen. Bei einer Umfrage konnte festgestellt werden, dass in der Unterstufe mehr als die Hälfte und in der Mittelstufe immerhin noch ein Drittel der Schüler einen Teil der Ferienaufgaben bearbeitet haben.

Ferienaufgaben für die 5. Jahrgangsstufe
(Ausschnitt)

1) Schreibe jeweils den zugehörigen Term (mit den notwendigen Klammern) auf und berechne:
a) Multipiziere den Quotienten der Zahlen 1200 und 48 mit der Differenz der Zahlen 3056 und 3039 und addiere 288!
b) Dividiere die zehnfache Summe der Zahlen 87 und 65 durch die fünffache Differenz der Zahlen 100 und 62!

2) Gib den Termnamen an und berechne den Termwert:
a) $[253361 – (287 + 65 \cdot 817)] : 371$
b) $8^3 – 3 \cdot (1638 : 26 – 3 \cdot 2^2)$

3) Bestimme jeweils die Lösungsmenge der Gleichung, wenn die Grundmenge $\mathbb{N}$ ist:
a) $x + 387 = 4 \cdot (206 – 87)$ c) $(936 : 6) \cdot x = 468 \cdot 4$
b) $x – (341 – 198) = 97$

4) a) Gib in der in Klammern angegebenen Einheit an:
32 kg 8 g [g] 85 m 4 cm [cm]
1 d 6 h 15 min [min] 4 ha 23 m^2 [dm^2]
b) Runde auf ganze Meter: 21545 cm 32526 mm 18 dm
c) Berechne: 24 min : 18 s 7 m 4 cm – 3 m 2 dm : 4

Arbeitsgemeinschaft Grundwissen

3. Arbeitsgemeinschaft Grundwissen

Vorgeschichte:
Nach dem Bayerischen Mathematiktest 1999 wurden am Wolfgang-Borchert-Gymnasium Langenzenn die Eltern aller Schüler angeschrieben, die in dem Test mit den Noten 5 oder 6 abgeschnitten hatten. In dem Schreiben wurde auf die bedenklichen Lücken hingewiesen und die Teilnahme an einer den Unterricht ergänzenden Arbeitsgemeinschaft angeboten.
An dieser Arbeitsgemeinschaft nahmen schließlich etwa 20 Schüler teil.

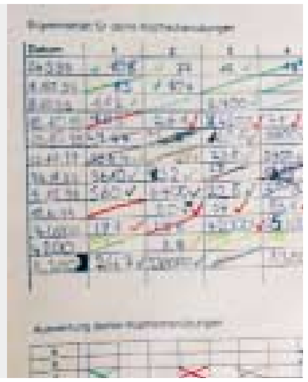
Ziele

Ziele:
→ Die Schüler sollen Vernetzungen im bereits »erlernten« Lehrstoff erkennen.
→ Sie sollen ihre Lücken schließen.
→ Dadurch sollen sie wieder mehr Vertrauen in ihre eigenen Fähigkeiten entwickeln (Problem der Misserfolgsorientierung).

Vorgehen

Vorgehen:
Zu Beginn jeder Stunde der Arbeitsgemeinschaft findet nach der Hausaufgabenbesprechung eine Kopfrechenübung mit 6 kleinen Aufgaben statt.

Beispiel:
❶: 15% von 400 ❷: Subtrahiere 10% von 80 ❸: 0,03*700
❹: Mit welcher Länge ist eine Strecke von 2 km auf einer Karte mit dem Maßstab 1:10000 dargestellt?
❺: Welches Volumen hat ein Aquarium mit 60 cm Länge, 40 cm Breite und 20 cm Höhe?
❻: Wie viele Würfel der Kantenlänge 20 cm passen in einen 1 m^3-Würfel?



Dann wird ein bestimmtes Thema »aufgefrischt«.
Beispiel: Prozentrechnung
→ Erarbeitung einer Übersicht: Grundaufgaben der Prozentrechnung (an Hand einfacher Fragestellungen)
→ Untersuchung eines Sachzusammenhangs (Tabellen zur Kakaoernte) nach interessanten Fragestellungen zu Prozentangaben
→ Einzelbearbeitung von zwei Problemstellungen; Besprechung in Zweiergruppen; gemeinsame Bearbeitung einer vertiefenden Problemstellung

→ *Seite 49: Lerntagebücher*

Schließlich wird eine Hausaufgabe gestellt. Die Aufgabenstellungen orientieren sich möglichst an »Kernideen« des in der Stunde behandelten Themenbereichs. Die Aufgabenbearbeitung erfolgt im Stil eines Lerntagebuches: Alle Überlegungen, auch solche, die nicht zur Lösung geführt haben, sollen ausführlich dargestellt werden. Sie werden kommentiert zurückgegeben.

5.Prüfen von Grundwissen

Grundwissenstests

Grundwissenstests

Im Schulset 4 wurden Grundwissenstests zu den Inhalten des Faches Mathematik in den Jahrgangsstufen 5, 6 und 7 und zum Physik-Stoff in Jahrgangsstufe 8 erarbeitet. Im Unterschied zum Bayerischen Mathematiktest geht es dabei ausschließlich um die Abfrage von grundlegenden Fertigkeiten in kurzen und typischen Aufgabenstellungen, Problemlösefähigkeiten werden nicht abgeprüft.
Der Test zum Grundwissen der 5. Jahrgangsstufe wurde 1998, 1999, 2000 und 2001 jeweils zu Schuljahresbeginn in den Klassen der 6. Jahrgangsstufe durchgeführt.
1998 kam der Test für die Schüler überraschend, 1999 und 2000 wurde er angekündigt. 2001 wurden erstmals Ferienaufgaben ausgegeben, außerdem wurden die Testaufgaben geändert.

Grundwissenstest für Jahrgangsstufe 5 am Gymnasium

Ausschnitt aus dem Grundwissenstest für die 5. Jahrgangsstufe am CJT-Gymnasium Lauf:

Aufgabengruppe 2:

a) Betrachte den Term 85 – 35 : 7
Wie nennt man in der Gliederung des Terms
85 ___________________ und 7 ___________________? [/ 2]

b) Stelle den Term auf (keine Berechnung!):
»Subtrahiere vom Quotienten aus 65 und 5 die Summe aus 5 und 8«
____ [/ 2]

c) Stelle eine Gleichung auf (Lösung ist nicht verlangt!):
»Durch welche Zahl muss man 120 dividieren, um die dreifache Differenz aus 17 und 7 zu erhalten?«
____ [/ 2]

d) Rechne im Kopf : 109 – 9 · (21 – 12 – 2) = ___________ [/ 2]

Aufgabengruppe 3 :

a) Michael bestimmt Längen: 407 mm 4,2 dm
41 cm 0,45 mm
Gib die größte und die kleinste dieser Längen an:
größte Länge : ___________ kleinste Länge: __________ [/ 2]

b) Tina machte einen Ausflug mit dem Fahrrad. Sie war 2 h 47 min unterwegs und kam um 11.12 Uhr nach Hause.
Zu welcher Uhrzeit ist sie weggefahren ?
____ [/ 2]

c) Berechne:
4 kg 40 g : 8 = ______________________________________
85 kg : 250 g = ______________________________________ [/ 4]

Auswertungen

Aufgabengruppe	Richtige Ergebnisse	Bemerkungen
Aufgabengruppe 2: Umgang mit Termen, Fachbegriffe (Minuend, Quotient,...) Aufstellen und Berechnen von Termen, Gleichungen	1998: 33% 1999: 46% 2000: 50% 2001: 61%	Es handelt sich teilweise um neue, erst am Gymnasium vermittelte Lerninhalte. Mögliche Erklärungen für die Leistungssteigerungen 1999 bzw. 2000: Ausgabe des Grundwissenskatalogs mit Ankündigung des Tests; verstärktes Üben von Termgliederungen Mögliche Erklärung für die Leistungssteigerung 2001: Ausgabe von Ferienaufgaben
Aufgabengruppe 3: Rechnen mit Längen, Zeiten und Massen	1998: 67% 1999: 67% 2000: 66% 2001: 65%	Aufgabengruppe 3 wurde insgesamt am besten bearbeitet. 1999 und 2000 wurde das Themengebiet mit Hilfe eines Lernzirkels behandelt. Es ergab sich ein vergleichbarer Lernerfolg wie bei der »herkömmlichen« Methode.

Grundwissen in Prüfungen

Abfrage von Grundwissen in Prüfungen

Wenn uns daran gelegen ist, das Lernen von Prüfung zu Prüfung zu überwinden und die Bedeutung des Grundwissens im Lernprozess zu betonen, muss es auch in Prüfungen abgefragt werden. Wird im Unterricht immer wieder darauf eingegangen, ist dies auch für die Schüler klar. Die Lehrkraft muss dabei verantwortungsbewusst entscheiden, welche Anforderungen in Prüfungen sinnvoll und notwendig sind.

Eigenverantwortliches Lernen

Beiträge **Hermann Haas, Wolfgang Bernegger, Karlheinz Repscher, Franz Anneser, Sonja Meyer**
Redaktion **Christoph Hammer**

Auch wenn anfangs nur ein Teil der Programmschulen als Schwerpunkt Modul 9 gewählt hat, stellte sich im Lauf der Arbeit immer deutlicher die zentrale Bedeutung der »Stärkung der Verantwortung für das eigene Lernen« heraus. Zahlreiche Lehrkräfte erprobten mit unterschiedlichen Schwerpunkten Methoden, die die Schüler zu selbstständigem, eigenverantwortlichem Arbeiten anregen sollen. Die Fülle der Ideen und der erarbeiteten Materialien kann hier nur angedeutet und mit einigen Beispielen dargestellt werden. Für dieses Heft wurde folgende Auswahl getroffen: Zunächst wird die Realisierung materialgeleiteten Lernens in einer *Medienwerkstatt* vorgestellt, dann eine Methode, bei der die Schüler zur selbstständigen Bearbeitung von Aufgaben schriftliche *Hilfestellungen in abgestufter Ausführlichkeit* erhalten. Schließlich geht es um Umsetzungen des viel beachteten didaktischen Konzepts »*dialogisches Lernen*« von Gallin/Ruf.

Auf einige weitere Ideen und Methoden kann aus Platzgründen nur in Stichworten eingegangen werden, wie etwa

- selbstständiges Arbeiten mit dem Computer (Lernsoftware für den Chemieunterricht: http://alp.dillingen.de/projekte/cii/chempge/index.htm; dynamische Geometriesysteme http://blk.mat.uni-bayreuth.de/);

- *Helfersystem*; Schüler unterstützen Mitschüler als Tutoren z. B. nach Krankheit.
- selbstständige Beschäftigung mit teilweise fächerübergreifenden Themen über einen längeren Zeitraum: *(Halb-)Jahresarbeit* (z. B. Beobachtung einer Pflanze über ein Jahr: Projekt »Mein Baum«)
- *Wettbewerbe* (Aufgabe der Woche; Erfinderwettbewerb)

Im Bestreben, das eigenverantwortliche Arbeiten der Schüler zu fördern, wurden auch Unterrichtsmethoden eingesetzt, die üblicherweise dem *freien Arbeiten* zugeordnet werden (wie z. B. materialgeleitetes Arbeiten, Lern- und Übungszirkel). In diesem Kapitel wird darauf nicht systematisch eingegangen. Genauere Informationen hierzu sind z. B. den Veröffentlichungen der Akademie für Lehrerfortbildung und Personalentwicklung in Dillingen zu entnehmen.

1. Medienwerkstatt

An der Hauptschule Pfaffenhofen wurde vor drei Jahren eine *Medienwerkstatt* eingerichtet. Das dahinter stehende Konzept baut auf den Grundsätzen des *materialgeleiteten Arbeitens*[1] auf, das in den sogenannten *Lernwerkstätten* von Grundschulen verwirklicht wird. Einen Schwerpunkt der Arbeit in der Medienwerkstatt stellt die Einbeziehung neuer Medien dar: Computer, Drucker und Scanner stehen hier ebenso bereit, wie Beamer und Laptop. Daneben nehmen aber auch die traditionellen Medien einen breiten Raum ein.

Materialgeleitetes Lernen

Positive Verstärkung

Vorteile des materialgeleiteten Lernens für den Mathematikunterricht

Positive Verstärkung

Viele Hauptschüler haben gerade im mathematischen Bereich eine Reihe von Misserfolgserlebnissen hinter sich, die emotionale Störungen verursachen. Angst, Abwehrmechanismen und Überforderung bilden dann einen Teufelskreis, aus dem nur Erfolgserlebnisse herausführen. Die neuen Lernformen in der Medienwerkstatt können hier einen Anstoß geben. Schwache Schüler steigen auf niedrigerem Niveau ein und haben Gelegenheit, Lücken zu schließen. So können sie wieder Anschluss an die Klasse finden. Geeignete Aufgaben fordern auch die leistungsstarken Schüler und geben jedem die Möglichkeit, sich nach seinen individuellen Fähigkeiten zu entwickeln.

Individualisierung

Individualisierung

Im Fachprofil des Mathematiklehrplans wird die Notwendigkeit betont, für verschiedene Schüler unterschiedliches Aufgabenmaterial bzw. unterschiedliche Lernangebote und Lernwege vorzusehen. Durch die Verwendung vielfältiger Materialien ist mehrkanaliges Lernen möglich, so dass jeder Lerntyp angesprochen wird.
Auch in den höheren Jahrgangsstufen müssen mathematische Inhalte anschaulich, handlungsbezogen und anwendungsorientiert eingeführt werden. Das ist im gebundenen Unterricht umso schwieriger, je komplexer die Inhalte und je größer die Leistungsunterschiede sind. Im Lehrplan heißt es: »Offene Formen des Unterrichts erweisen sich als motivierend und lernwirksam.« Diese Forderung kann in der Medienwerkstatt wegen des breiten Materialangebotes besser verwirklicht werden als im Klassenzimmer.

1_Unter materialgeleitetem Arbeiten versteht man das selbstständige Arbeiten mit didaktisch aufbereiteten Materialien.

Bedeutung für Lehrkräfte

Materialsammlung

Bedeutung der Medienwerkstatt für Lehrkräfte

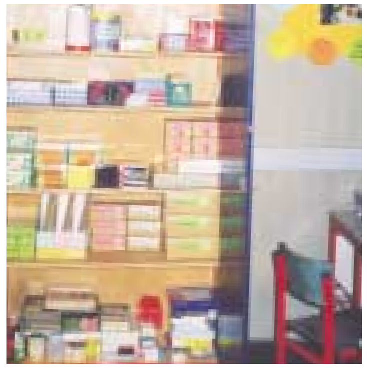
Allgemein zugängliche Materialsammlung

Mehrkanaliges Lernen erfordert Materialien zur Veranschaulichung wie z. B. Körpermodelle. Diese sind in den meisten Schulen ausreichend vorhanden. Lernwirksam werden sie aber nur, wenn sie didaktisch eingebunden und mit geeigneten Arbeitsaufträgen kombiniert werden. Der einzelne Lehrer kann das in der erforderlichen Breite sicher nicht leisten. In der Medienwerkstatt der Hauptschule Pfaffenhofen stellen Kollegen Materialien, die sie im Laufe der Jahre selbst erstellt haben, anderen zur Verfügung.

Teamarbeit

Teamarbeit

In regelmäßigen Treffen informieren sich Lehrkräfte über das vorhandene Materialangebot und tauschen Erfahrungen über Einsatzmöglichkeiten im Unterricht aus. So entstehen Arbeitsgruppen, die sich auf einzelne Bereiche spezialisieren, Lehrmittelkataloge durchschauen, Bestellungen durchführen und die neuen Materialien testen. Lehrer, die sich dieser zusätzlichen Aufgabe stellen, haben über die sachliche und inhaltliche Zusammenarbeit hinaus auch persönlichen Gewinn. Sie überwinden die leider noch weit verbreitete Einzelkämpfermentalität und gehen Probleme gemeinsam an.



Arbeitsweise

Soziales Lernen

Die Arbeit in der Medienwerkstatt

Soziales Lernen als Grundlage

Bevor eine Klasse mit der inhaltlichen Arbeit in der Medienwerkstatt beginnen kann, müssen Verhaltensregeln geklärt werden.
Grundsätze der Arbeit sind:

- ➔ gegenseitige Rücksichtnahme
- ➔ leises Sprechen
- ➔ Hilfestellungen für andere
- ➔ Ordnung halten

All das will geübt sein.

Überfachliche Qualifikationen

Einübung überfachlicher Qualifikationen
Für den Anfang bietet sich ein Lernzirkel an. Hierbei bereitet der Lehrer verschiedene Stationen vor, welche die Schüler der Reihe nach durchlaufen. An der Hauptschule Pfaffenhofen stehen in der Medienwerkstatt vier Computer als zusätzliche Lernstationen zur Verfügung.
Ein Übersichtsblatt zeigt die Lernangebote. Jede Station wird von einzelnen Schülern betreut. Diese »Experten« geben ihren Mitschülern Hilfestellungen, sie verwalten die Lösungen und überprüfen die bearbeiteten Aufgaben. Dadurch werden überfachliche Qualifikationen geübt.

Geometrie-Lernzirkel zum »Begreifen«

Ein Lernzirkel als Beispiel für Geometrie zum »Begreifen«

Laut Lehrplan wird in der 8. Jahrgangsstufe die Raumvorstellung an geometrischen Körpern durch den Übergang vom Körpermodell zur Zeichnung – und umgekehrt – geschult. In der Medienwerkstatt ermöglicht ein Lernzirkel mit dem Thema »Kombiquader« Geometrie zum »Begreifen«.
An den einzelnen Stationen werden unterschiedliche Aufgabentypen mit folgenden Schwerpunkten angeboten:
➔ »Logico«: Merkmale von Körpern zuordnen, unvollständige Netze ergänzen
➔ »Kombiquader«: zusammengesetzte Quader identifizieren, Volumenberechnungen unter verschiedenen Voraussetzungen
➔ »Körpergeometrie«: Lernprogramm von der Zentralstelle für Computer im Unterricht[2] zur Schulung des räumlichen Vorstellungsvermögens mittels 3D-Darstellung von Körpern
➔ »Geo-Creativ«: verschiedene Ansichten lesen, Körper aufbauen und berechnen

Handelndes Lernen

Handelndes Lernen
Bei der Arbeit an dem beschriebenen Lernzirkel gehen die Schüler mit konkreten Körpern um, sie bauen nach entsprechenden Anweisungen Körper auf, messen, zeichnen und lesen Netze, gehen mit den Formeln für Oberfläche und Volumen um, verwenden bei der Berechnung verschiedene Lösungswege und zeichnen, drehen und verändern Körper am Bildschirm.
So kommen die Schüler vom konkreten Handeln, über die Schrägbildzeichnung zur Volumenberechnung und von dieser abstrakten Ebene wieder zurück zum Aufbau eines neuen Körpers. Diese operative Durchdringung ermöglicht vertiefte Einsicht.

2_Bauer H., Freiberger U. u. a.: **Körpergeometrie – ein multifunktionales Windows-Programm zur 3D-Darstellung von Körpern**: http://www.ph-weingarten.de/homepage/schumann/koerpergeometrie.htm (01.10.01)

Dynamische Geometrie

Dynamische Geometrie mit Computerwerkzeugen
Auf herkömmliche Art ist die Darstellung raumgeometrischer Sachverhalte eine zeitraubende Angelegenheit. Die ebene Darstellung eines Körpers hat für das Auge zunächst keine räumliche Tiefe; sie ist statisch und kaum korrekturfähig. Das räumliche Sehen von Abbildungen verlangt als Denkleistung die Umsetzung von der zweidimensionalen Ebene in den Raum. Dazu brauchen viele Schüler Hilfen. Das Lesen von Schrägbildern muss erlernt werden. Computergrafische Werkzeuge wie das oben genannte Programm »Körpergeometrie« bieten dazu neue Möglichkeiten. Die Schüler können am PC Körper schnell verändern, drehen, schneiden, auf unterschiedliche Weise visualisieren (als Vollkörper, als Drahtmodell) und kombinieren.

Schlussgedanken

Schlussgedanken

Einerseits faszinieren die dargestellten Möglichkeiten aufgeschlossene Lehrer, andererseits ist die Einarbeitung sehr zeitaufwändig und verlangt große Flexibilität. Wer die Umsetzung im Unterricht schafft, ermöglicht allen Schülern Erfolge, gerade auch solchen, die eigentlich schon aufgegeben hatten.

2. Aufgabenlösen mit Hilfekarten

Ein Beispiel aus dem Geometrieunterricht der 7. Jahrgangsstufe zeigt eine vielseitig anwendbare Methode, die erfahrungsgemäß bei relativ geringem Aufwand sehr erfolgreich ist.
Die Schüler erhalten Aufgaben, mit deren Lösung sie sich allein oder in Gruppen beschäftigen. Haben sie dabei Schwierigkeiten, können sie am Lehrerpult bereitliegende Hilfekarten in Anspruch nehmen, die Lösungshinweise in zunehmender Ausführlichkeit enthalten. Mit dem ersten Hinweis erhalten die Schüler einen kleinen Tipp. Hilft ihnen der nicht weiter, können sie Schritt für Schritt immer ausführlichere Lösungshinweise erhalten.
Wenn genügend einfache wie auch anspruchsvolle Aufgaben vorhanden sind, ist dieses Verfahren hervorragend zur Binnendifferen-

zierung geeignet. Während die Schüler arbeiten, ist die Lehrkraft frei für individuelle Beratung, Würdigung alternativer Lösungswege und Hilfestellung bei unerwarteten Schwierigkeiten.
Die Methode kann vor allem in Übungsphasen gewinnbringend eingesetzt werden. Wenn die Ergebnisse am Ende der Stunde (z. B. durch eine gemeinsame Zusammenfassung oder einen Hefteintrag) gesichert werden, können auf diese Weise aber auch Problemstellungen behandelt werden, die für die Schüler neu sind, wie das hier abgedruckte Beispiel zeigt.

Vorteile

Vorteile der Methode:

→ Die Ausrede »So etwas kann ich nicht lösen« ist nicht möglich. Nach anfänglicher Scheu fangen die meisten Jugendlichen an, sich mit dem Problem zu beschäftigen und gehen unbefangen an die Aufgaben heran. Häufig reicht dazu schon die bloße Präsenz der Hilfekarten.
→ Viele Schüler, oft auch die im übrigen Unterricht wenig aktiven, verbeißen sich richtiggehend in die Aufgaben. Wenn sie angefangen haben, sich damit ernsthaft zu beschäftigen, wollen sie auch die Lösung wissen. (Motivation kommt vom Anfangen)
→ Durch die Diskussion in Gruppen werden soziale Kompetenz und sprachliche Fähigkeiten der Schüler gefördert. Auch zurückhaltende Schüler verbalisieren ihre Probleme und Lösungsansätze in der kleinen Gruppe. Rollenunterschiede sind unbedeutend.
→ Es handelt sich im Gegensatz zu dem für alle Beteiligten extrem anstrengenden fragend-entwickelnden Unterrichtsstil um eine entlastende Unterrichtsmethode.
→ In der Rolle des Beobachters kann der Lehrer sehr viel über die Denkweisen und Lösungsstrategien der Jugendlichen lernen. Immer wieder werden überraschende Alternativlösungen präsentiert.

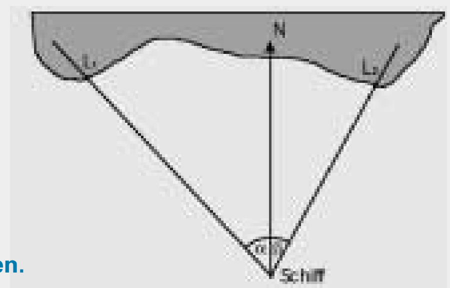
Beispiel:

Problemstellung

Positionsfeststellung eines Schiffes

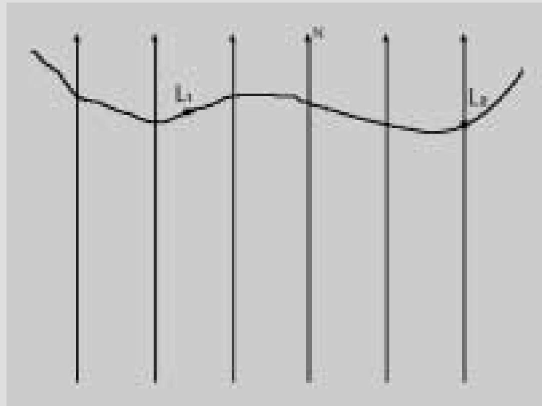
Ein Kapitän will die Position seines Schiffes bestimmen.

Er visiert dazu vom Schiff aus zwei Leuchttürme an Land an, um die Richtung, in der sie liegen, festzustellen.



Dies geschieht durch Messung der beiden »Peilwinkel« zwischen den »Anpeillinien« und der Nordrichtung (siehe Skizze).

Bestimme auf der Karte den Standort des Schiffes, wenn der Kapitän für α = 41° und β = 29° misst.



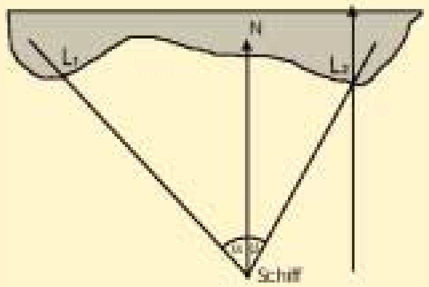
Unterrichtsablauf

Unterrichtsablauf:
Bevor die Schüler mit dem selbstständigen Bearbeiten der Aufgabe begannen, wurde die Problemstellung anhand der auf Folie kopierten Skizze erläutert. Es wurde ihnen gezeigt, wie man mittels eines Kompasses und einer Winkelskala die beiden »Peilwinkel« bestimmen kann.
Viele Schüler versuchten anschließend eine Lösung mittels Probieren mit zwei Geodreiecken zu finden. Dabei legten sie die beiden Geodreiecke an ihren Hypotenusen zusammen, richteten die gemeinsame Hypotenuse in Nordrichtung aus, und verschoben die beiden Geodreiecke zusammen so lange, bis die Sache in etwa passte. Wenn man links ein »großes« Geodreieck und rechts ein »kleines« Geodreieck benutzt, kann man damit verhältnismäßig genau die gesuchte Position des Schiffes finden.
Ein Schüler kam auf die Idee, die »Nordlinie« und die beiden »Peillinien« unter den gemessenen Winkeln auf eine Folie zu zeichnen und diese auf der Karte so lange zu verschieben, bis »es passt«.
Beide Lösungsideen wurden von Schülern anhand der auf Folie kopierten Karte am Tageslichtprojektor vorgeführt. Nach einer Würdigung dieser »Probierlösungen« erhielten die Schüler den Auftrag, das Problem »exakt« zu lösen.
Die den Schülern angebotenen Hilfestellungen sind im Anschluss an diese Erläuterungen abgedruckt. Die besseren Schüler benötigten die Hinweise 1 und 2. Der Großteil der Klasse schaffte die Lösung des Problems nach Hinweis 3, einige Schüler mussten auch noch die Hinweise 4 und 5 in Anspruch nehmen. Abschließend erläuterte ein Schüler die Lösung des Problems noch einmal mittels der auf eine Folie kopierten Karte.

Hilfekarte 1

Hinweis 1

Gegeben sind die zwei Winkel α und β. Wie kann man durch Antragen dieser Winkel das Problem lösen?



Hilfekarte 2

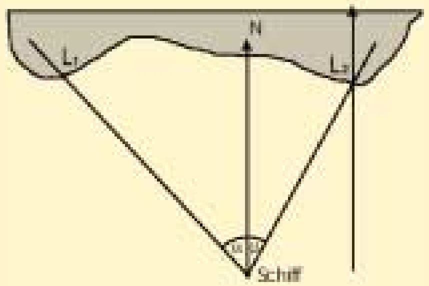
Hinweis 2

Die Schwierigkeit ist, dass der Punkt, der die Position des Schiffes markiert, nicht bekannt ist, d. h. die beiden Winkel können nicht dort angetragen werden, wo sie in der Skizze markiert sind. Wo könnte man die Winkel α und β noch antragen? Bedenke, welche Rolle die Nordrichtung spielt.

Hilfekarte 3

Hinweis 3

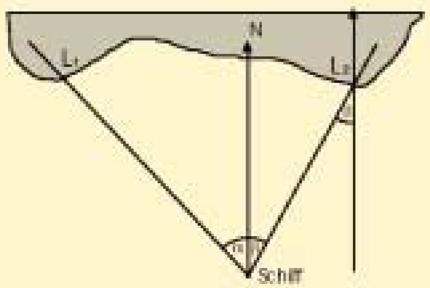
Betrachte die in der Skizze ergänzte Hilfslinie. Überlege noch einmal, wo man den Winkel α und β antragen kann.



Hilfekarte 4

Hinweis 4

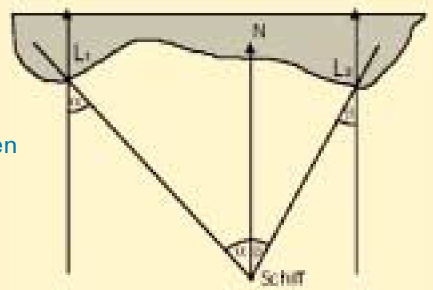
Begründe, warum der Winkel β, wie in der Skizze zu sehen, auch bei L_2 auftaucht. Wie kann man analog α ins Spiel bringen?



Hilfekarte 5

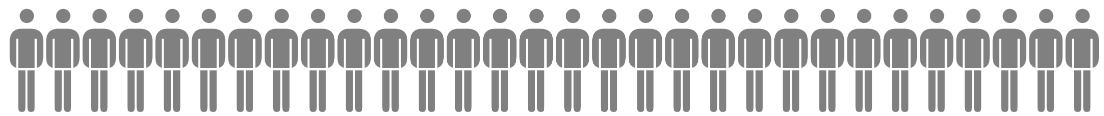
Hinweis 5

Betrachte die nebenstehende Skizze. Trage in deine Karte die benötigten Hilfslinien ein und bestimme den Standort des Schiffes.



3. Lerntagebücher

Viele Forderungen an eine Weiterentwicklung des Unterrichts treffen in besonderer Weise auf die Mathematik zu. Die Schüler sollen möglichst kooperativ und selbstgesteuert lernen, sollen zu den »Hauptakteuren« werden. Mathematik ist nicht das bloße Fragen nach der passenden Formel, sondern verlangt ein nachhaltiges Verständnis. Dieses kann sich aber nur entwickeln, wenn für die individuelle Auseinandersetzung mit dem Stoff genügend Raum zur Verfügung steht. Diese persönlichen Prozesse, die bei jedem Schüler anders ablaufen, stehen im Mittelpunkt eines neuen Mathematikunterrichts.



Geht das mit 30 Schülern?

Gruppengröße

30 verschiedene Arbeitsweisen, 30 verschiedene Denkmuster, 30 verschiedene Charaktere. Und jeder soll auf eigenen Wegen lernen können?
Die Suche nach einer Antwort auf diese pragmatische Frage führt zu den Arbeiten des Mathematiklehrers Peter Gallin und des Deutschlehrers Urs Ruf.[3] Seit 20 Jahren arbeiten diese beiden Schweizer Didaktiker an einem Konzept, das die Arbeiten der Schüler in den Mittelpunkt des Unterrichts stellt. Sie nennen es das dialogische Prinzip.

→ Seite 121: Lernen von der Schweiz?

Vier Ansatzpunkte bilden die Grundlage:

Ansatzpunkte

Bildung statt Fachwissen

1. Bildung statt Fachwissen, Mathematik statt Formelanwendungen
Herkömmlicher Mathematikunterricht leidet an der Segmentierung, der Aufteilung in immer kleinere Lernschritte, die eine Gesamtschau verhindern. Segmentierung bringt kurzfristige Erfolge (»Pauken« ist die Höchstform der Segmentierung), ist aber langfristig erfolglos. Perfekte Unterrichtsmaterialien und Tafelbilder gaukeln eine falsche Sicherheit vor und verstellen den Blick auf Schlüsselstellen im persönlichen Lernprozess.

3_Die folgenden Ausführungen sind stark beeinflusst von deren Veröffentlichungen, was sich auch in der Wortwahl und den Formulierungen niederschlägt. Eine Auswahl: Peter Gallin, Urs Ruf:
– **Sprache und Mathematik in der Schule**; Kallmeyer 1998
– **Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik** (2 Bände); Kallmeyer 1998

Kernideen

Dagegen steht die Didaktik der Kernideen, die immer das GANZE im Blick hat. Der Lehrer sollte vor der Einführung eines neuen Stoffgebietes überlegen:
Was fasziniert (mich persönlich) an diesem Gebiet? Was ist der Witz der Sache? Kann ich mit wenigen Sätzen den Kern treffen? Wo treffe ich die Welt der Schüler? Wie kann ich sie damit zum eigenen Handeln anregen?

Offene Aufgaben

2. Offene Aufgaben öffnen den Unterricht
Aus den Kernideen wachsen die Aufträge. Aufträge sind schriftlich gestellte offene Aufgaben, die zum Handeln anregen. Es ist von großer Bedeutung, den Auftrag richtig zu formulieren. Es gibt einige Regeln, die weiterhelfen. Sinnvollerweise werden Aufträge in drei Teile unterteilt:
● In Teil 1 wird die Kernidee unmittelbar aufgegriffen und die Schüler werden zur Selbsttätigkeit angeregt. Je besser die Kernidee ist, umso leichter lässt sich dieser erste Teil formulieren.
● Teil 2 bringt das Neue. Etwas, was dem Schüler noch nie aufgefallen ist, ein Widerspruch, den er früher schon erkannt hat oder der neu ist. Ein Problem, das ihn anspricht und das gelöst werden soll. Am Ende steht ein Merksatz, ein Algorithmus oder eine Auffälligkeit, die der Schüler selbst entdeckt hat. Jeder Schüler sollte die Chance haben, diesen Teil zu lösen.
● In Teil 3 kann experimentiert werden, neue Stoffgebiete eröffnen sich, Variationen werden sichtbar.

Sprache im Mathematikunterricht

3. Mehr Sprache in den Mathematikunterricht!
Die Schüler erhalten die Freiheit, die Aufträge auf ihre eigene Art zu bearbeiten. Dafür wird es ihnen zur Pflicht gemacht, über all ihre Gedanken, über die ausprobierten Wege, möglichst auch über die verworfenen, über die von außen erhaltenen Impulse, schlicht über alles, was sie bei der Bearbeitung der Aufgabe erlebt haben, in ihrem Lerntagebuch Bericht zu erstatten. Die Schüler erfahren, dass die Chance, eine gute Bewertung zu erhalten, um so größer ist, je aussagekräftiger sie ihren Bericht gestalten. Es geht nicht um richtige Rechnungen oder Zeichnungen, sondern um eine möglichst intensive Auseinandersetzung mit dem gestellten Problem.

Lehrer als Lernpartner

4. Der Lehrer wird zum Lernpartner
Die Texte werden eingesammelt, möglichst umgehend durchgesehen (nicht korrigiert!) und mit schriftlichen Kommentaren versehen. Gute Ideen werden lobend hervorgehoben, Schwachstellen behutsam angesprochen. Karge Arbeiten werden ohne Wertung zur

Nacharbeit zurückgegeben. Ansonsten kann es bis zu drei Häkchen geben:
✓: Die Mindestanforderungen sind erfüllt. Der nächste Auftrag kann behandelt werden.
✓✓: An mindestens einer Stelle ist eine besondere Leistung erkennbar, z. B. eine verborgene fachliche Perle, ein interessanter Einfall, ein erfolgversprechender Ansatz, eine originelle Denkbewegung, eine eigenständige Einschätzung, ein mutiger Versuch.
✓✓✓: Die Arbeit ist ein »Wurf«. Gelegentlich gelingt auch einem mittelmäßigen Schüler ein Wurf. Dies wird für ihn zu einem besonderen Erlebnis.

Und so läuft der Unterricht ab:

❶ In der ersten Stunde wird die Kernidee vorgestellt. Der Alltagsbezug, eigene Erfahrungen des Lehrers und der Schüler nehmen hier einen breiten Raum ein.
❷ Es folgt eine Reihe von Aufträgen, die von den Schülern in den folgenden Stunden und zu Hause bearbeitet werden. Der Unterricht verläuft hierbei meist sehr ruhig. Die Schüler arbeiten, der Lehrer steht für Fragen und Tipps zur Verfügung. Wichtig dabei ist, einen Abgabetermin festzulegen.
❸ Am Ende steht die Zusammenfassung. Hier werden die Regeln und Algorithmen gesichert. Dies sind sehr intensive lehrerzentrierte Stunden. Jetzt wollen die Schüler auch wirklich wissen, wie es geht.
❹ Einige wenige Übungsstunden schließen sich an.

Erfahrungen

Erfahrungen

Arbeitstempo

Arbeitstempo
Erst einmal verlangsamt sich das Vorankommen wesentlich, ja fast unerträglich. Man fragt sich: »Schaffe ich den Stoff?«. Bald aber gewinnt der Unterricht an Schwung, vieles kann zum Selbstläufer werden. Entwicklungsphasen werden sehr lang, Übungsphasen können dagegen sehr gekürzt werden.
Und: Wir haben Zeit, was wir jetzt nicht geschafft haben, haben wir an dieser Stelle offenbar nicht gebraucht! Wenn wir es dann brauchen, schaffen wir es auch!

Arbeitsaufwand

Wie viel Arbeit kommt auf mich zu?
Mit dem Unterricht verändert sich auch die Arbeit des Lehrers:
● Statt bunter Folien und Arbeitsblätter: Entwicklung der Kernideen
Dabei handelt es sich um eine überraschend anstrengende, aber an-

regende Tätigkeit. Mancher braucht dazu absolute Ruhe, das Vertiefen in Fachliteratur, intensives Nachdenken. Andere tun sich leichter, wenn sie mit jemandem darüber sprechen können.

● So geht es nicht mehr: »Wir rechnen Aufgabe 13, Seite 123«.
Für das dialogische Lernen sind gute Aufträge, offene Aufgaben erforderlich. Gute Kernideen provozieren die Aufträge von selbst. Aufträge können auch aus konventionellen Aufgaben entstehen, die nur »geöffnet« werden müssen. Oft legen Schülertexte neue Aufträge nahe. Folgende Tipps können helfen:

➔ Zahlenangaben weglassen, die Schüler müssen sich geeignete Zahlen und Größen zurecht legen.

➔ Problem auf den Punkt bringen – unnötiges Beiwerk rückt in den Hintergrund. Das zu untersuchende Problem formulieren, nicht die Aufgabe.

➔ Variationen provozieren – die Schüler sollen experimentieren, forschen.

➔ Zu exakte Formulierungen vermeiden – die Schüler müssen für sich das Problem zurechtlegen und eine ihnen gerechte Formulierung finden.

➔ Die Lösung präsentieren und die Aufgabe dazu finden lassen (Zielumkehr).

➔ Selbst Aufgaben entwickeln lassen.

● Alle Schülerarbeiten durchsehen
Befürchtungen, dass damit eine übergroße Arbeitsbelastung auf die Lehrkraft zukommt, sind nicht gerechtfertigt. Mit einer üblichen Korrektur hat die Durchsicht wenig zu tun. Es macht Spaß, die Gedanken der Kinder zu verfolgen, die sie mit ihren oft mühsam formulierten Texten aufs Papier bringen. Die Rückmeldung geht sehr schnell, wie in einem Gespräch. Manchmal schreibt man eine halbe Seite eigene Gedanken dazu, manchmal macht man nur ein Häkchen.
Das Überlegen der Bewertung geschieht ebenfalls relativ schnell. Die Einteilung in eine der drei Kategorien ist mühelos.

Schlussbemerkungen

Schlussbemerkungen

Durch das dialogische Prinzip lernen die Schüler, eine neue Aufgabe erst einmal unvoreingenommen anzugehen, sich mit ihr auseinander zu setzen, die Lösung einzukreisen und immer wieder neu anzupacken. Das Experimentieren und Forschen wird zu einem wichtigen Bestandteil der mathematischen Arbeit. Das richtige Ergebnis zu erhalten ist zwar schön, aber nicht einziges Ziel mathematischer Arbeit. Offen formulierte Aufträge verlangen nicht nach einer ganz bestimmten Lösung - die Schülerarbeiten erhalten ihren Wert in Zusammenhang mit einer gut dokumentierten Strategie. Texte, längere sprachliche Erläuterungen sind bisher in der Mathematik nicht üblich. Es kommt selten vor, dass ein Schüler ein bestimmtes Ergebnis auch begründet. Durch das dialogische Lernen wird Sprache zu einem wichtigen Mittel, um Mathematik zu verstehen. Übergeordnete Erziehungsziele, wie die Fähigkeit, zu argumentieren, zusammenzufassen, in eigene Worte zu kleiden, können auch im Mathematikunterricht angestrebt werden.

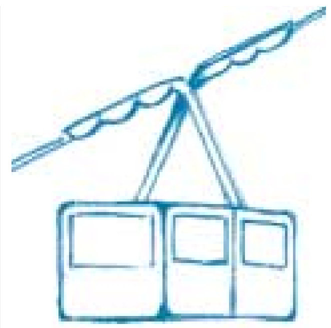
Beispiel:

Termumformungen (8. Jahrgangsstufe)

Kernidee

Kernidee:
»Terme sind Formeln für immer wieder gleich ablaufende Berechnungen. Sie ermöglichen uns, Vorgänge vorauszuberechnen. Ohne Terme wären viele Planungen nicht möglich«.

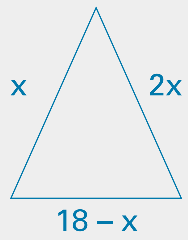
➔ Arbeitsauftrag ❶:
Zwei Bergbahnen starten gleichzeitig. Bahn 1 fährt in 2400 m Höhe los und verliert pro Sekunde 5 m an Höhe. Bahn 2 fährt in 640 m Höhe los und gewinnt pro Sekunde 3 m an Höhe.
1. Formuliere Fragestellungen dazu und beantworte sie.
(Du kannst rechnen, zeichnen, ...)
2. Mit x kann man die Zeit in Sekunden bezeichnen, die vergeht. Stelle Terme auf, mit deren Hilfe man die erreichte Höhe y zu jedem Zeitpunkt berechnen kann. Erarbeite dazu Wertetabellen. Liefern diese Wertetabellen Lösungen zu deinen Fragestellungen?
3. Wie könnte man den Vorgang auch zeichnerisch darstellen und wie könnte man deine Fragestellungen zeichnerisch lösen?



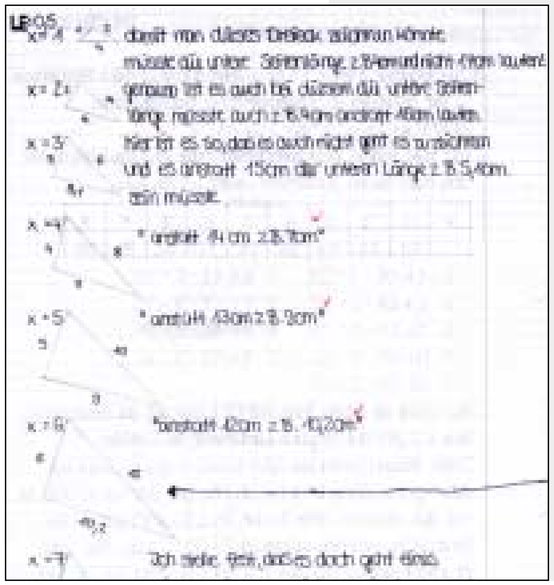
➔ Arbeitsauftrag ❷:
1. Welchen Vorgang könnten die folgenden Terme beschreiben? Du kannst auch jeweils eine kurze Geschichte aufschreiben. Welche Geschichten erzählen die Wertetabellen dazu?
a) $T_1(x) = (0{,}5 \cdot (x - 6)^2 + 14$
b) $T_2(x) = 30 + 2x - 36$
2. Finde Terme, deren Wertetabellen die gleiche Geschichte erzählen wie T_2, die aber anders aussehen.
3. Beschreibe ein oder mehrere Verfahren wie man Terme findet, die unterschiedlich aussehen, aber gleiche Wertetabellen haben.

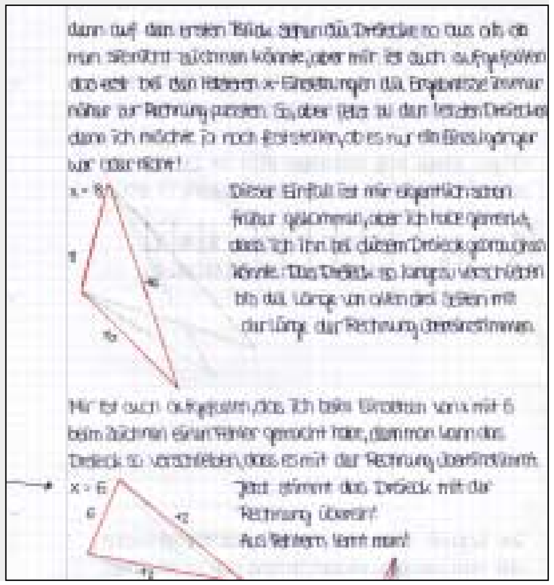
➔ Arbeitsauftrag ❸:

Die Seitenlängen eines Dreiecks sind als Terme festgelegt:
(Dabei gilt: $x \in \mathbb{Q}^+$, die Angaben beziehen sich auf LE (Längeneinheiten))



1. Untersuche, wie sich das Dreieck mit steigenden Belegungen für x verändert.
2. Welche Gesetzmäßigkeiten kannst du entdecken?
3. Untersuche auch den Umfang der Dreiecke im Grafischen Taschenrechner.
Gibt es gleichschenklige oder sogar gleichseitige Dreiecke? (Genau begründen! Gibt es auch einen rechnerischen Weg?)
4. Können alle untersuchten Dreiecke auch wirklich gezeichnet werden (1 LE ist 0,5 cm)?
5. Lege ein bestimmtes Maß für den Umfang fest und erfinde neue Terme für die Seitenlängen, die genau diesem Umfang entsprechen.





Lerntagebücher in der Hauptschule

Bericht über die Arbeit mit Lerntagebüchern in einer 8. Klasse der Hauptschule

Unser Lerntagebuch wurde von Schülergruppen geführt, um den Schülern den Einstieg in das Schreiben zu erleichtern, weil die Gruppe eine stützende Funktion übernimmt. Jeden Tag war ein anderer Schüler der Gruppe für das Tagebuch verantwortlich. Die Aufzeichnungen erfolgten im Nachhinein, so dass jeder Eintrag einen Rückblick auf das Lernen in der Unterrichtsstunde darstellt.

Im Vordergrund der Arbeit mit dem Lerntagebuch steht die Kommunikation: In einem ersten Schritt sollen sich Schüler schriftlich und in ihrer Sprache mit dem Unterrichtsstoff auseinandersetzen. Somit wird den Jugendlichen die Möglichkeit geboten, intensiv über die bei ihnen ablaufenden Gedankengänge zu reflektieren, ihre persönlichen Lernwege zu dokumentieren und dadurch auch kognitive Strukturen aufbauen. Im zweiten Schritt präsentieren die Schüler ihre Tagebucheinträge einem »fachlichen Gegenüber«, der Lehrkraft. Im dritten Schritt findet eine Auseinandersetzung beider Lernpartner statt. Das Lerntagebuch ist insofern »ein Instrument des singulären Forschens und des divergierenden Austauschs. Es hat also nicht nur eine heuristische, sondern auch eine kommunikative Funktion«.[4]

Hinweise zur Führung eines Lerntagebuches

Zu Beginn des Schuljahres bekamen die Schüler folgende Hinweise zum Führen des Lerntagebuchs:

Es gilt der Grundsatz: Es wird nichts gelöscht, radiert, gekillert oder weggeworfen. Schreibe deine Überlegungen nieder!
Du darfst dabei deine eigene Sprache verwenden.
Die Eintragungen sollten folgende Punkte enthalten:

Datum	***Wann habe ich den Eintrag gemacht?***
Thema	***Worum ging es in der Unterrichtsstunde?***
Auftrag	***Welches Problem war zu lösen?***
Orientierung	***Wozu machen wir das? (Überblick)***
Spuren	***Welchen Weg ging ich bei der Lösung des Auftrags?***
Rückblick	***Wo stehe ich jetzt? (Zusammenfassung, Merksatz, persönlicher Kommentar, offene Fragen, Probleme***
Rückmeldung	***Wer kann weiterhelfen?***

Beispiel:

Einordnung in die Unterrichtssequenz:

Einordnung in die Unterrichtssequenz

Die Konstruktion von Mittelsenkrechten gehört zum Lernziel »Zeichnen und Konstruieren« des bayerischen Lehrplans für die 8. Jahrgangsstufe der Hauptschule. Die Unterrichtssequenz begann mit dem Zeichnen von Kreisen und Schmuckformen, der Wiederholung der Begriffe »Durchmesser, Mittelpunkt, Kreislinie, Radius«. Daran schloss sich die Frage an: »Wie lässt sich der Mittelpunkt einer beliebigen Strecke [AB] konstruieren?« Danach folgte die Konstruktion von Senkrechten, Parallelen und Dreiecken.

4_Gallin/Ruf; **Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik**, Band 2; Kallmeyer S.90

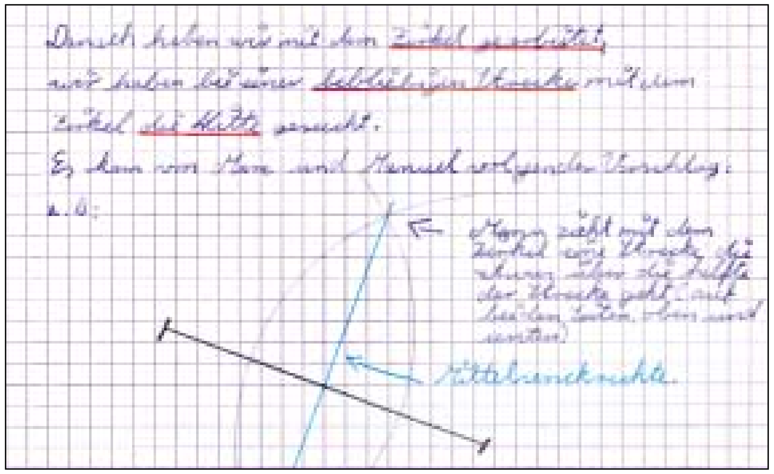
Unterrichtsstunde

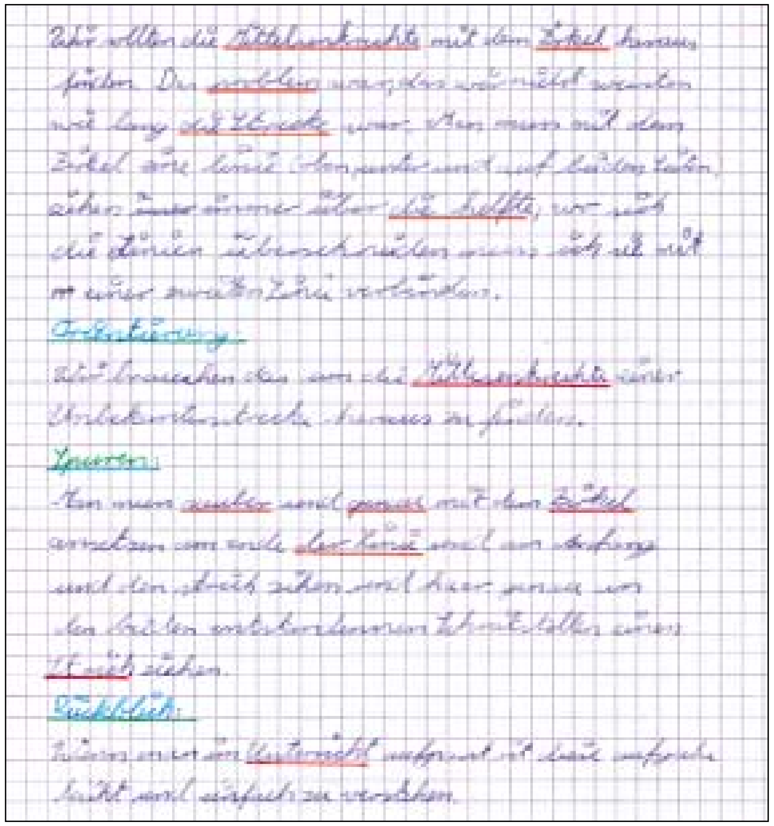
Zur Unterrichtsstunde:

Die Problemstellung, mit der sich der hier abgedruckte Auszug aus dem Lerntagebuch einer Schülerin beschäftigt, lautete: »Konstruiere den Mittelpunkt einer beliebig langen Strecke!«

In den vorhergehenden Stunden hatten die Schüler die Möglichkeit, spielerisch Vorerfahrungen zum Thema zu sammeln. Auf diese Weise wurde die Grundlage zur selbstständigen Lösung des gestellten Problems »Konstruktion der Mittelsenkrechten« geschaffen. Der Begriff »Mittelsenkrechte« war den Schülern an dieser Stelle noch nicht bekannt.

Schülerarbeit





Die Schülerin beschreibt sehr schön den Problemlösungsprozess in Form eines suchenden Experimentierens mit den Werkzeugen Zirkel, Lineal und Bleistift. Sie bedient sich dabei einer zwar wenig fachgerechten, einfachen, trotzdem aber eindrucksvollen Schülersprache. So verwendet sie das Wort »Linie« zum einen für den Begriff der Kreislinie und zum anderen als Synonym für den Begriff der Mittelsenkrechten. Sie ignoriert auch den Umstand, dass beide Kreise denselben Radius besitzen müssen. Trotzdem gelingt es ihr in bemerkenswerter Weise, den für sie offenbar zentralen Punkt herauszustellen, dass der Radius der beiden Kreise größer als die Hälfte der Strecke [AB] sein muss, um diese zu halbieren. Der bei dem Mädchen abgelaufene Denkvorgang wird so für die Lehrkraft transparent.

Erste Erfahrungen bei der Arbeit mit dem Lerntagebuch

Erste Erfahrungen mit dem Lerntagebuch

Es gestaltete sich nicht ganz einfach, die Schüler der 8. Jahrgangsstufe einer Hauptschule an das Führen eines Lerntagebuches zu gewöhnen. Vor allem die mathematisch gut begabten Schüler zeigten Bereitschaft, sich hier zu engagieren. Bei den übrigen Schülern waren Barrieren vorhanden, sich sprachlich mit mathematischen Sachverhalten auseinander zu setzen.

Dafür könnte es verschiedene Gründe geben. Zum einen haben viele Schüler Angst vor dem Fach Mathematik, Angst etwas Falsches zu sagen. Sie getrauen sich aufgrund schlechter Erfahrungen nicht, Gedankengänge zu verbalisieren.

Hier ist es Aufgabe des Lehrers, immer wieder zum Sprechen und Schreiben zu ermuntern, zudem fehlerhafte Gedankengänge nicht als Katastrophe darzustellen, sondern den Schülerfehler als Lerngelegenheit zu rehabilitieren. Eine vertrauensvolle, angstfreie Atmosphäre im Mathematikunterricht bildet die Voraussetzung für das spielerische Jonglieren mit Gedankengängen, das Beschreiten von Wegen, Irrwegen und deren Korrektur, also für Vorgänge, die kreative Lösungen erst ermöglichen. Der Lehrer kann diesen Prozess optimal begleiten und unterstützen, wenn er ihn versprachlichen lässt. Auf diese Weise wird der Lehrkraft durch das Lerntagebuch ein Einblick in die Denkwelt des Schülers gewährt.

Am Ende steht der Dialog zwischen Lehrendem und Lernendem: Ein »Austausch zwischen Ungleichen« (Gallin).

Umgang mit Fehlern

Beiträge **Jürgen Brendel, Ingrid Gärtner, Christa Garlichs, Karl Haubner, Rolf Herold, Jürgen Knorz, Sonja Meyer, Eduard Nalepa, Günter Piechatzek, Walter Sailer, Anne Saxinger, Dagmar Schwärzler, Joachim Warmus, Sonja Weber**
Redaktionelle Bearbeitung **Sonja Meyer, Walter Sailer**

In diesem Kapitel geht es einerseits um Präventivmaßnahmen zur Fehlervermeidung, andererseits um die Nutzung von Fehlern als Lerngelegenheiten. Während Fehler in Leistungssituationen vermieden werden müssen, sollten sie in Lernsituationen produktiv genutzt werden: Wenn falsche Lösungsstrategien (systematische Fehler) aufgedeckt werden, kann davon nicht nur der betroffene Schüler, sondern die ganze Klasse profitieren.
Daher ist die *Trennung von Lern- und Leistungssituationen* von entscheidender Bedeutung. Nur wenn dies gelingt, kann sich die angstfreie Atmosphäre entwickeln, die Voraussetzung dafür ist, dass sich die Lernenden auf den Weg machen und eigene Lösungsversuche wagen.

1. Die Fehlerprävention in der Lernsituation

Die fachdidaktische Forschung nutzen

Nutzung fachdidaktischer Forschung

Lehrer sollten sich die fachdidaktische Forschung zunutze machen und sich darüber informieren, an welchen Stellen des Unterrichts besonders mit Schülerfehlern zu rechnen ist. Unter Berücksichtigung von Ergebnissen der Fehlerforschung kann die Aufmerksamkeit auf die zu erwartenden Problemfelder gerichtet, Unterricht entsprechend geplant und präventiv Strategien zur Vermeidung typischer prozessualer Fehler (Fehler während der Erarbeitung eines Lernziels) eingesetzt werden.

Beispiel:

Aufgabe: Ergänze zur Billion: 350 000 000 000
Schülerfehler: 750 000 000 000
mögliche Strategien zur Fehlervermeidung:
→ Verwendung von kleinen Zahlen: Ergänze 35 zum Hunderter. Ergänze 350 zum Tausender.
→ Rückgriff auf das Zahlenstrahlmodell (Veranschaulichung)

In folgender Tabelle sind Literaturhinweise zu häufigen Fehlern in bestimmten mathematischen Teilbereichen zusammengestellt:

Prozentrechnen Zinsrechen	Berger, R. : **Prozent- und Zinsrechnen in der Hauptschule**, Regensburg 1989
Bruchrechnen	Padberg, F. : **Didaktik der Bruchrechnung**, Heidelberg 1995
Geometrie	Hänle, G. : **Schwierigkeiten bei der Raumanschauung und Berechnung von Körpern. In: Mathematische Unterrichtspraxis**, IV. Quartal 1983 Lörcher, G. A. : **Schülerleistungen in Geometrie am Ende der Hauptschulzeit. In: Mathematik lehren**, Heft 36, 1989 Ottmann, A. : **Kenntnisse von Hauptschulabgängern bei der Längen-, Flächen- und Volumenberechnung. In: Mathematische Unterrichtspraxis**, II. Quartal 1984
Algebra	Lörcher, G. A. : **Diagnose algebraischer Schwierigkeiten im 8. Schuljahr (RS). In: Mathematiklehrer 3-1982**
Sachaufgaben	Radatz/Schipper 1983, S. 137/138 (Ursachen bzw. Fehler beim Sachrechnen) Vollrath, H. J. (Hrsg.): **Sachrechnen**, Stuttgart 1980 (Schwierigkeiten im Prozess des Lösens von Sachaufgaben)

Konsequenzen

Konsequenzen für den Unterricht

Sensibilisierung für Fehler
Durch ausführliches Eingehen auf prozessuale Fehler während des Unterrichts können Schüler für solche Fehler sensibilisiert werden. Dies kann auch durch Fehlersuche in vorgegebenen, fehlerhaft gelösten Aufgaben erreicht werden.

Beispiel:

Wer findet den Fehler der Woche?
Was hat der Rechner falsch gemacht?
Wie könnte der Fehler entstanden sein?
Rechne richtig!

Ein Gebrauchtwagenhändler kauft einen Kleintransporter für 6 000 € und einen Personenwagen für 3 300 €. Den Kleintransporter, für den keine weiteren Kosten anfielen, konnte er bereits nach 2 Tagen für 6 720 € verkaufen. Auf wie viel Prozent vom Einkaufspreis belief sich der Gewinn des Händlers?

Schülerlösung:	6 720 €	≙	100 %
	1 €	≙	Δ
	720 €	≙	10,71 %

Genauso gut kann man auch von Schülern fehlerhafte Rechnungen anfertigen lassen, die dann den Mitschülern zur Fehlersuche vorgelegt werden.
Besonders motivierend ist die Beschäftigung mit Zeitungsartikeln, in die sich Fehler eingeschlichen haben.

Beispiel:

Neue Westfälische vom 17.10.1991
Frauen in traditionell männlichen Berufen
... So steigerte sich die Zahl der weiblichen Auszubildenden von 1975 bis 1990 um 7,9 Prozent. 1991 verdienten in Ostdeutschland immerhin schon mehr als ein Fünftel der berufstätigen Frauen ihr Geld in traditionell männlichen Berufen. In Westdeutschland waren es mit 26,5 Prozent kaum weniger.

Dabei sollte darauf geachtet werden, dass den »Suchenden« auch der hinter dem Fehler steckende Gedankengang verständlich wird. Die Konfrontation mit Fehlern und das Analysieren der falschen Gedankengänge baut bei den Schülern ein »Widerstandsniveau« auf, das ihnen hilft, diese Fehler in Prüfungssituationen zu vermeiden.

Selbstkontrolle

Möglichkeiten der Selbstkontrolle
Übungsphasen sollten so konzipiert sein, dass Schüler die Möglichkeit haben, ihre Ergebnisse selbst zu kontrollieren, z. B. mit
→ Arbeitsblättern, auf denen die Ergebnisse angegeben sind
→ Hilfekärtchen, die bei der Lösung einer Aufgabe weiterhelfen
→ einer Hausaufgabenfolie, auf der Fehler markiert werden.

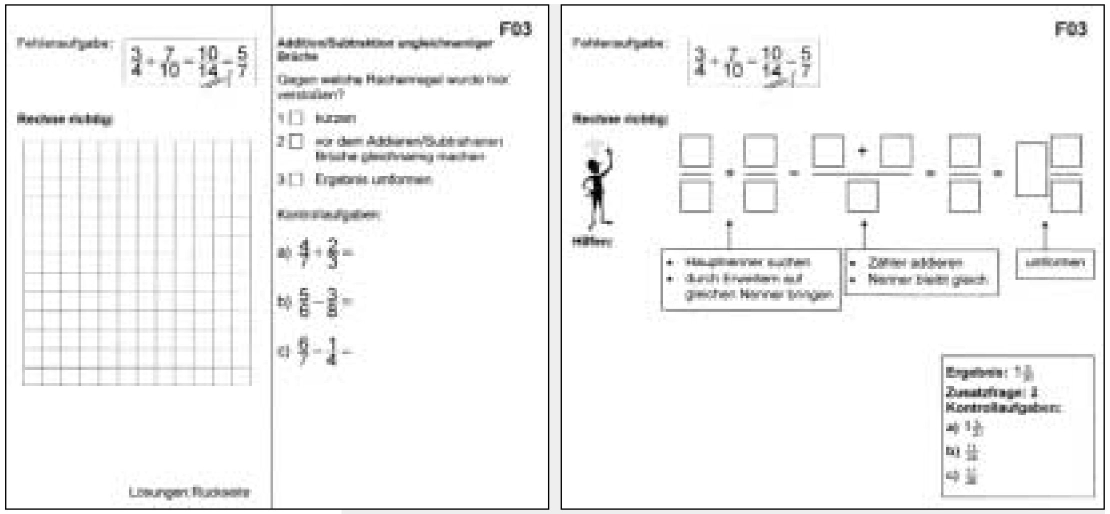
→ ***Seite 55: Aufgabenlösen mit Hilfekarten***
→ ***Seite 95: Hausaufgabenfolie***

Innerhalb einer Unterrichtssequenz hat die präventive Fehlerarbeit vor allem in der Phase der operativen Durcharbeitung ihren Platz. Die Schüler haben bereits Kenntnisse über einen bestimmten Lerngegenstand erworben. Sie sind somit in der Lage, Fehler in Aufgaben zu erkennen.

2. Fehlerkarten

Fehlerkarten

Bei der Verbesserung von Probearbeiten, in Freiarbeitsstunden und bei der regelmäßigen Wiederholung hat sich der Einsatz von *Fehlerkarten* bewährt. Die folgende Abbildung zeigt eine derartige Karte: Auf der Vorderseite ist ein typischer Fehler bei der Bearbeitung einer Aufgabe rot markiert. Außerdem werden Hilfen (Regeln, Veranschaulichung, ...) zur richtigen Lösung der Aufgabe angeboten. Schließlich sollen Kontrollaufgaben dem Schüler eine Überprüfung seines Lernerfolgs ermöglichen.
Auf der Rückseite werden die Rechenschritte in Worten formuliert und die Ergebnisse zur Selbstkontrolle angegeben.



Vorderseite *Rückseite*

3. Diagnosebögen zur gezielten Arbeit an Fehlerschwerpunkten

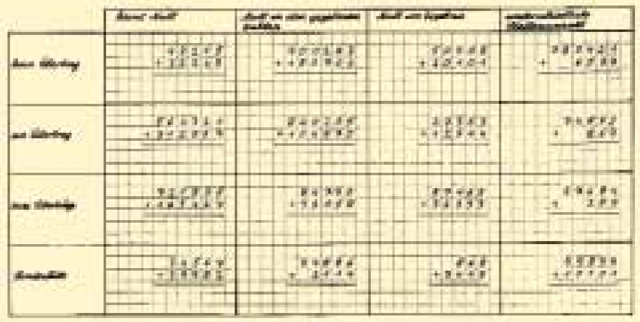
Diagnosebögen

Die Grundrechenarten werden in der Grundschule eingeführt und geübt. Im Mathematikunterricht der 5. Klasse müssen die Schüler Gelegenheit haben, das in der Grundschule Erlernte zu sichern und zu vertiefen. Die Diagnosebögen ermöglichen eine Bestandsaufnahme und zeigen Fehlerschwerpunkte, auf die die Lehrkraft dann bei der Wiederholung und Neubearbeitung besonders intensiv eingehen kann.

Beispiele:

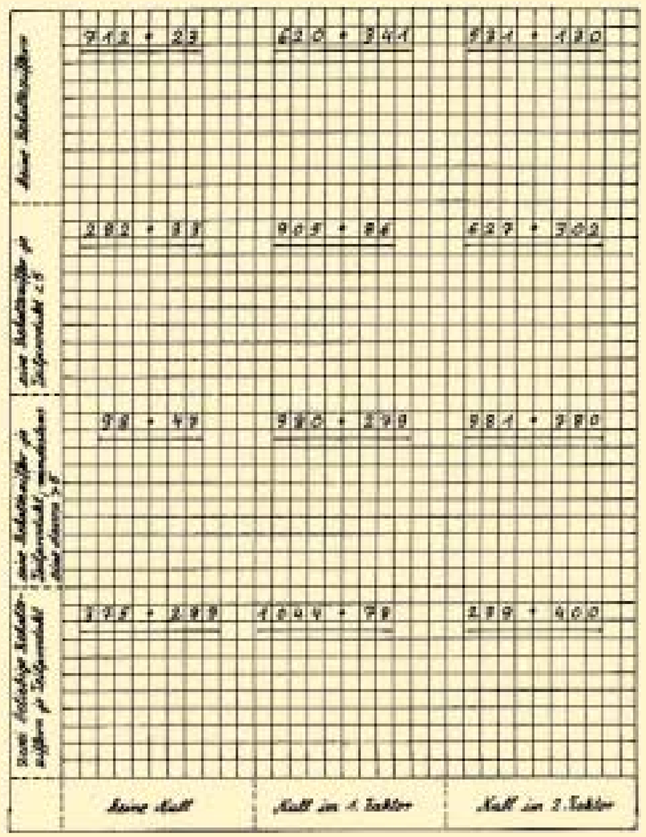
Addition

Schriftliche Addition



Multiplikation

Schriftliche Multiplikation



4. Prüfungen

Ein neuer Ansatz (A- und B-Probearbeiten)

A- und B- Probearbeiten

Fehler in Prüfungsarbeiten führen zu schlechten Bewertungen. Lernfortschritte durch Korrektur und Besprechung kommen zu spät. Dies kann dadurch abgemildert werden, dass man den Schülern die Möglichkeit einer Notenverbesserung in einer zweiten (evtl. verkürzten) Probearbeit (»B-Probe«) einräumt.

Ausschnitt A-Probe

Mathematik 5	Name:	Punkte:	Note:

1.) Berechne: (Punkte: 5)

a) 88 657 + 90 489 + 2 985 + 19 104
b) 231 708 − 87 416 − 54 592
c) 528 · 108
d) 3 648 : 12 =
e) 556 800 : 126 =

2.) Berechne die Zahl, die du jeweils in die Leerstelle einsetzen kannst. (4)

a) 513 095 + ______ = 708 418
b) ______ · 47 = 1 059
c) ______ · 6 840 = 4 928 · 8

3.) Stelle jeweils nur den Rechenausdruck auf. (3)

a) Die Summe der Zahlen 212 und 421 ______
b) Das Produkt von 187 und 17 ______
c) Dividiere 4 216 durch 4 ______
d) Die Differenz der Zahlen 1 256 und 732 ______
e) Addiere die Zahlen 398 und 12 408 ______
f) Bilde den Quotienten aus 3 486 und 498 ______

Ausschnitt B-Probe

1.) Berechne: (Punkte: 5)

a) 124 705 + 9 472 + 912 + 66 837
b) 328 054 − 97 961 − 74 138
c) 473 · 207
d) 6 591 : 13 =
e) 635 100 : 146 =

2.) Berechne die Zahl, die du jeweils in die Leerstelle einsetzen kannst. (4)

a) ______ + 200 765 = 840 961
c) 1 378 · ______ = 89 570
b) 8 063 · ______ = 21 987 : 9

3.) Stelle jeweils nur den Rechenausdruck auf. (3)

a) Multipliziere 212 und 87 ______
b) Subtrahiere 387 von 5 109 ______
c) Die Summe aus 538 und 782 ______
d) Das Produkt aus 37 und 28 ______
e) Bilde den Quotienten aus 7 923 und 3 ______
f) Die Differenz der Zahlen 4 378 und 959 ______

Fehlerarbeit nach A-Probe

Fehlerarbeit nach der A-Probearbeit

Im bayerischen Hauptschulset wurden verschiedene Ansätze der Fehlerverbesserung nach einer geschriebenen Klassenarbeit getestet. Die folgenden Abschnitte beschreiben gerafft die einzelnen Ansätze, am Ende erfolgt eine erste Wertung.

Fehleranalyse

Die klassische Fehleranalyse

Der Lehrer untersucht, welche Fehler besonders häufig aufgetreten sind bzw. welcher Typus von Aufgaben am meisten Schwierigkeiten bereitete. In der anschließenden Übungsphase wird auf diese Problemstellen eingegangen.

Fehlerarbeit in Gruppen

Fehlerarbeit in homogenen Fehlergruppen

Der Lehrer untersucht die Probearbeiten der Schüler auf Fehlerschwerpunkte hin und weist jeden Schüler einer bestimmten Fehlergruppe zu. Die Schüler widmen sich in diesen Gruppen ihren individuellen Schwierigkeiten. In einer Art Stationentraining können – z. B. mit Hilfekärtchen – die fehlerhaft bearbeiteten Aufgaben verbessert werden. Gute Schüler stehen an den Stationen als Experten zur Verfügung und können ihre Mitschüler bei der Arbeit unterstützen.

Individuelle Fehlerarbeit

Individuelle Fehlerarbeit (mit häuslicher Vorbereitung auf die B-Probe)

Im Folgenden wird die Vorgehensweise in einer 5. Jahrgangsstufe am Ende des mathematischen Lernbereichs »Grundrechenarten« skizziert:

❶ *Probearbeit A am Ende des Themenbereichs »Grundrechenarten« mit Wiederholungsteil*

Anmerkung zum Wiederholungsteil:
In jede Klassenarbeit wurden Wiederholungsaufgaben zum Grundwissen bereits früher behandelter Lerninhalte eingebaut. Dieses Grundwissen wurde im täglichen Unterricht immer wieder aufgegriffen. Am Jahresende beinhaltete die letzte Probearbeit Aufgaben zum Grundwissen des gesamten Schuljahres.

❷ *Korrektur und Bewertung durch die Lehrkraft*

❸ *Rückgabe der Probearbeit*

➔ keine gemeinsame Verbesserung
➔ Ausgabe einer Musterlösung mit Hinweisen auf Möglichkeiten zur individuellen Arbeit bei einzelnen Aufgaben (Zeitrahmen: 1 Woche)
➔ Lehrer, Mitschüler und Eltern als mögliche Ansprechpartner bei Problemen
➔ Ankündigung der B-Probe und Hinweis auf deren Gewichtung (A : B = 2 : 1)

❹ *Probearbeit B*

➔ analoger Aufbau wie bei Probearbeit A
➔ gleiche Bearbeitungszeit
➔ gleicher Bewertungsschlüssel

❺ *Korrektur und Bewertung*

Probearbeit zum Jahresstoff

Probearbeit über den Jahresstoff

Am Ende der 5. Jahrgangsstufe wurde eine Arbeit abgehalten, die den gesamten Jahresstoff zum Inhalt hatte. Der Probe gingen drei Wiederholungsstunden voraus. Umfang, Bearbeitungszeit, Bepunk-

tung und Bewertung der Probearbeit orientierten sich an den vorausgegangen Arbeiten des Schuljahres.
Die Ergebnisse wurden mit den Noten im Jahreszeugnis verglichen.

Übersicht über die Jahresprobe

	Klasse 5 a	Klasse 5 b	Klasse 5 c
Ø Noten Jahresprobe	3,46	2,48	2,77
Ø Noten Jahreszeugnis	3,50	2,88	2,85
Note in Jahresprobe *besser* als Zeugnisnote	3	10	6
Note in Jahresprobe wie Zeugnisnote	19	15	16
Note in Jahresprobe *schlechter* als Zeugnisnote	2	0	4

Die Übersicht zeigt, dass die Noten der Jahresprobe nicht – wie vermutet – schlechter waren als die im Jahreszeugnis. Vielmehr korrelierten die Noten ausgesprochen stark. Viele Schüler erreichten sogar in der Jahresprobe eine bessere Note als im Zeugnis. Bleibt zu hoffen, dass diese erfreulichen Ergebnisse auf die permanente Wiederholung und die individuelle Fehlerarbeit zurückzuführen sind.

Erste Wertung

Erste Wertung
Zur individuellen Fehlerarbeit und zur Probearbeit über den Jahresstoff wurde eine Evaluation durchgeführt.
Dabei ergaben sich folgende Ergebnisse:
Barrieren bei den Schülern
Schüler haben Schwierigkeiten, sich auf fehlerhafte Gedankengänge einzulassen, sie zu analysieren und die Ursachen der Fehler zu erkennen. Dafür könnten einerseits fehlende Übung und andererseits Bequemlichkeit der Schüler Gründe sein. Vielen Schülern ist es unangenehm, sich mit ihren Fehlern auseinander zu setzen und dabei mit den eigenen Schwächen konfrontiert zu werden.

Spürbare Verbesserungen für das Mittelfeld – Schwache profitieren kaum
Nach Erfahrungen des Hauptschulsets profitieren vor allem Schüler, die sich leistungsmäßig im Mittelfeld befinden, von der Fehlerarbeit. Sie können ihre Note in der B-Probe häufig um ein bis zwei Notenstufen verbessern.
Schwache Schüler profitieren von der Arbeit an Fehlern leider am wenigsten. Sie sind oft mit der Suche nach eigenen oder fremden Fehlern überfordert. Der Lehrer wird ihnen am besten gerecht, wenn er sie in einer Kleingruppe bei der Lösung von Aufgaben persönlich unterstützt und betreut.

5. Effektive Besprechung von Prüfungsaufgaben

Im Realschulset wurden zwei Möglichkeiten der Schulaufgabenverbesserung mit dem Ziel »Lernen aus den eigenen Fehlern« erprobt.

Selbstständige Schulaufgabenverbesserung mit Hilfe einer Musterlösung

Selbstständige Verbesserung mit Musterlösung

Unmittelbar nach einer Schulaufgabe können Schüler ihre Fehler besonders leicht erkennen. Um diese Phase optimal zu nutzen, wurde folgende Vereinbarung getroffen: Alle Schüler müssen zu Hause die Schulaufgabe möglichst am gleichen Nachmittag noch einmal schreiben. Mit den korrigierten Prüfungsarbeiten wird dann eine Musterlösung verteilt. Besondere Auffälligkeiten werden bei der Rückgabe der Arbeiten in maximal fünf Minuten besprochen. Die Schüler erhalten anschließend eine Woche Zeit, sich selbstständig mit ihren Fehlern und Problemen zu beschäftigen. Musterlösung und eigene Arbeit können in Ruhe verglichen werden. Etliche der unmittelbar nach der Schulaufgabe erkannten Fehler werden beim zweiten Lösungsversuch nicht mehr gemacht. Bleiben noch Fragen offen, werden sie im Einzelgespräch geklärt.

Fehlersuche bei falsch gelösten Aufgaben

Fehlersuche in Gruppen

Bei dem im Folgenden beschriebenen Verfahren sollen sich die Schüler mit typischen Fehlern auseinander setzen und bei der Fehlerarbeit gegenseitig unterstützen. Während der Korrektur der Schulaufgabe werden von der Lehrkraft die bedeutenden Fehler notiert. Anschließend wird ein Arbeitsblatt erstellt, das eine Auswahl der fehlerhaften Lösungen enthält (Beispiel siehe unten). Die Klasse wird in Gruppen zu je drei bis vier Schülern aufgeteilt. Ihr Arbeitsauftrag lautet: Markiert die Fehler in den Aufgaben farbig. Rechnet dann rechts neben der fehlerhaften Aufgabe richtig weiter. Besprecht miteinander, welcher Gedankengang zu diesem Fehler geführt haben könnte. Bestimmt einen Gruppensprecher, der die Ergebnisse anschließend präsentiert!

Beispiel:

Wir lernen aus Fehlern der Schulaufgabe! Streiche den Fehler / die Fehler farbig an! Rechne rechts neben der Aufgabe richtig weiter!

1) Löse nach y auf!

a)
$$\begin{aligned} 3x + y &= 6 \\ 3x &= 6 - y \\ 3x - 6 &= y \end{aligned}$$

b)
$$\begin{aligned} 3x + y &= 6 \\ 3x &= 6 - y \quad | -3 \\ x &= 3 - y \end{aligned}$$

2) Gleichungen der Umkehrrelation! Löse nach y auf!

a)
$$\begin{array}{llcll} \text{R:} & 3x + y & = & 6 & \\ \text{R-1:} & 3y + x & = & 6 & \mid -x \\ & 3y & = & 6 - x & \mid :3 \\ & y & = & 2 - x & \end{array}$$

b)
$$\begin{array}{llcll} \text{R-1:} & 2y + x & = & 4 & \\ & 2y & = & -x + 4 & \mid -4 \\ & 2y - 4 & = & x & \\ & x & = & 2y - 4 & \end{array}$$

3) Forme durch quadratische Ergänzung um! Suche auch nachfolgende Fehler!

a)
$$\begin{array}{lcl} A(x) & = & -4(x^2 - 2x - 8)\ \text{cm}^2 \\ & = & -4(x^2 - 2x - 1^2 + 1^2 - 8)\ \text{cm}^2 \\ & = & -4[(x-1)^2 - 7]\ \text{cm}^2 \end{array}$$

b)
$$\begin{array}{lcl} A(x) & = & (-4x^2 + 12x + 72)\ \text{cm}^2 \\ & = & -4\,(x^2 - 3x - 18)\ \text{cm}^2 \\ & = & -4(x^2 - 3x + 1{,}5^2 - 1{,}5^2 - 18)\ \text{cm}^2 \\ & = & -4\,[(x + 1{,}5)^2 - 20{,}25]\ \text{cm}^2 \\ & = & [-4\,(x + 1{,}5)^2 + 81]\ \text{cm}^2 \\ & \Rightarrow & A_{max} = 81 \quad \text{für} \quad x = -1{,}5 \end{array}$$

6. »Die Expertenrunde« – eine schülerorientierte Übungsform zur Fehlervermeidung

Grundgedanken zur Expertenrunde

Methodische Grundgedanken zur Expertenrunde

Um mathematische Inhalte zu festigen, sind Übungsstunden unverzichtbar. Hier gibt es eine Reihe methodischer Möglichkeiten. Eine Variante ist als »Expertenrunde« bekannt. Diese schülerorientierte Arbeitsform soll dazu beitragen, die Verantwortung für das eigene Lernen zu stärken: »Ich erkläre dir, wie das geht …« wird also in Übungsstunden zur Methode.

Vorarbeiten

Vorarbeiten

Aufgaben, die sich während der Unterrichtseinheit als »Problemaufgaben« herausstellen, werden auf ein Plakat geschrieben und gut sichtbar aufgehängt. Schüler können sich als »Experten« neben der Aufgabe eintragen, wenn sie einen richtigen Lösungsweg kennen.

Durchführung

Durchführung

Die Experten bieten »ihren Aufgabentyp« zur Besprechung in der Gruppe (2 oder 3 Schüler) an. Die geringe Gruppenstärke fördert konzentriertes Arbeiten und verhindert vorzeitiges »Aussteigen«. Jede Gruppe erhält den Auftrag, einen Lösungsplan zu ihrer Aufgabe zu erstellen und nachher der Klasse zu präsentieren. In dieser Phase sind gezieltes Nachfragen und Erklären unbedingt erforderlich. Großflächiges Arbeitspapier und mehrfarbige Stifte fordern dazu auf, Lösungsschritte zu fixieren und zu strukturieren. Im »Schülerjargon« werden Probleme klarer durchdrungen, zudem bekommt auch der Experte nebenbei noch einmal die Möglichkeit

zur Reflexion. Der Zwang, bei der Präsentation die Lösungsschritte in Worten auszudrücken, hat nicht nur für die Zuhörer, sondern auch für den referierenden Schüler klärende Funktion.
Es ist wichtig, dass die Lehrkraft hilft, diese Arbeitsphase reibungslos zu organisieren, sich ansonsten aber eher im Hintergrund hält, um Schülerinteraktionen genügend Raum zu geben und Erfolgserlebnisse zu ermöglichen.

Beispiel

Expertenrunde

Am Ende der Unterrichtseinheit zur Prozent- und Promillerechnung wurden Sachaufgaben in der Expertenrunde bearbeitet.
Ein Aufgabenbeispiel ist hier abgedruckt:

Aufgabenstellung

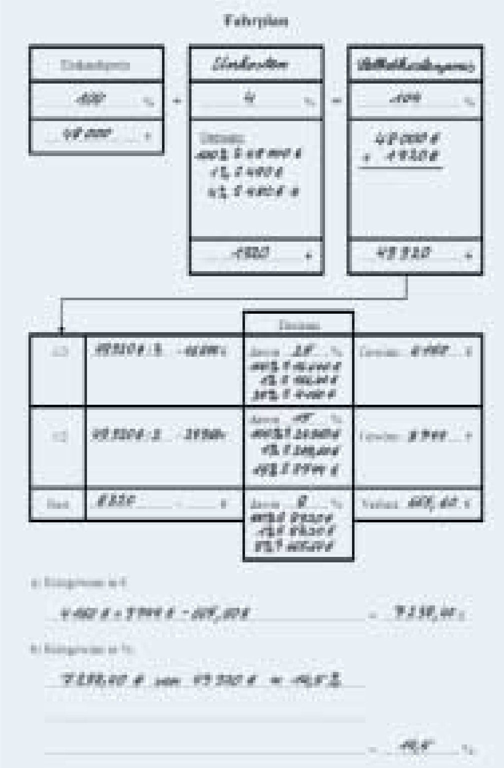
Eine Importfirma führt Südfrüchte im Wert von 48000 € ein.
Die Geschäftsunkosten verteuern die Ware um 4 % des Einkaufspreises. Ein Drittel der Ware kann sofort mit einem Gewinn von 25 %, die Hälfte der Ware mit einem Gewinn von 15 % abgesetzt werden. Den Rest der Ware muss die Firma mit einem Verlust von 8%
abgeben.

a) Wie hoch ist der Reingewinn in €?

b) Wie hoch ist der Reingewinn in Prozent?

Lösungsplan

Die Lösungsschritte wurden auf Folie geschrieben und der Klasse präsentiert.



Weiterentwicklung der Aufgabenkultur

Beiträge von **Waltraud Habelitz-Tkotz, Christoph Hammer, Angelika Maul, Bernhard Sauermann, Gerhard Steinbach, Dr. Burkhard Zühlke**
Redaktionelle Bearbeitung **Bernhard Sauermann**

Von einer Weiterentwicklung der Aufgabenkultur können vielversprechende Impulse für den Unterricht ausgehen. Das soll in diesem Kapitel an Hand einiger Beispiele erläutert werden.
Wenn hier von einer Weiterentwicklung gesprochen wird, so bedeutet dies nicht, dass der bisherige Weg abgewertet werden soll. Vielmehr ist an eine Ergänzung, an eine Bereicherung der bereits bestehenden und auch bewährten Aufgabenkultur gedacht.
»Die Expertise[1] geht davon aus, dass Aufgaben für die Motivierung des Lernens und für ein verständnisvolles Erschließen, Üben und Konsolidieren von Wissen eine zentrale Rolle spielen. Dementsprechend sieht sie in der Weiterentwicklung von Aufgabenstellungen und der Form ihrer Bearbeitung ein beträchtliches Potential zur Verbesserung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts.«[2]
Über mehr als zwei Jahre wurden zum einen *veränderte Aufgabenstellungen* und zum anderen *neuartige Methoden der Aufgabenbearbeitung* erprobt und dabei zum größten Teil sehr positive Erfahrungen gemacht.

1_BLK, **Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung**; Heft 60 (Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«)
2_Erläuterung zum Modul 1, S. 3 (**http://blk.mat.uni-bayreuth.de/material/ipn.html**)

1. Umgang mit Aufgaben

Viele der folgenden Aufgaben sind alte Bekannte – teilweise sind sie sogar aus Schulbüchern übernommen. Manchmal wurden sie ein wenig variiert, neu ist bei den Beispielen in diesem Abschnitt aber vor allem die Art und Weise des Einsatzes der Aufgaben im Unterricht.
Der herkömmliche Mathematikunterricht ist weitgehend durch das gemeinsame Erarbeiten von Aufgaben und die Präsentation eines Lösungsweges an der Tafel geprägt. Darauf wird bei den in diesem Abschnitt beschriebenen Vorgehensweisen ganz oder teilweise verzichtet.
Es entstehen *offene Unterrichtssituationen*, die unter anderem durch folgende Merkmale gekennzeichnet sein können:

Offene Unterrichtssituationen

- *Die Schüler sind eine begrenzte Zeit während des Unterrichts auf sich allein gestellt.*
- *Partnerarbeit und Austausch innerhalb der Klasse sind nicht nur erlaubt, sondern werden vom Lehrer angeregt.*
- *Es werden Aufgaben gestellt, die verschiedene Herangehensweisen ermöglichen (Probieren, Messen, Schätzen, Vermuten, ...).*
- *Die Aufgaben können durch Rückführung auf vorhandenes Wissen, das als Grundwissen zur Verfügung steht, gelöst werden.*
- *Schüler stellen ihre Lösungen selbst vor.*

> → *In der Hausaufgabe findet eine Variation der Aufgabe statt.*
> → *Das Aufgabenmaterial ist im Anspruchniveau differenziert (auch schwächere Schüler sollten Einstiegsmöglichkeiten haben).*

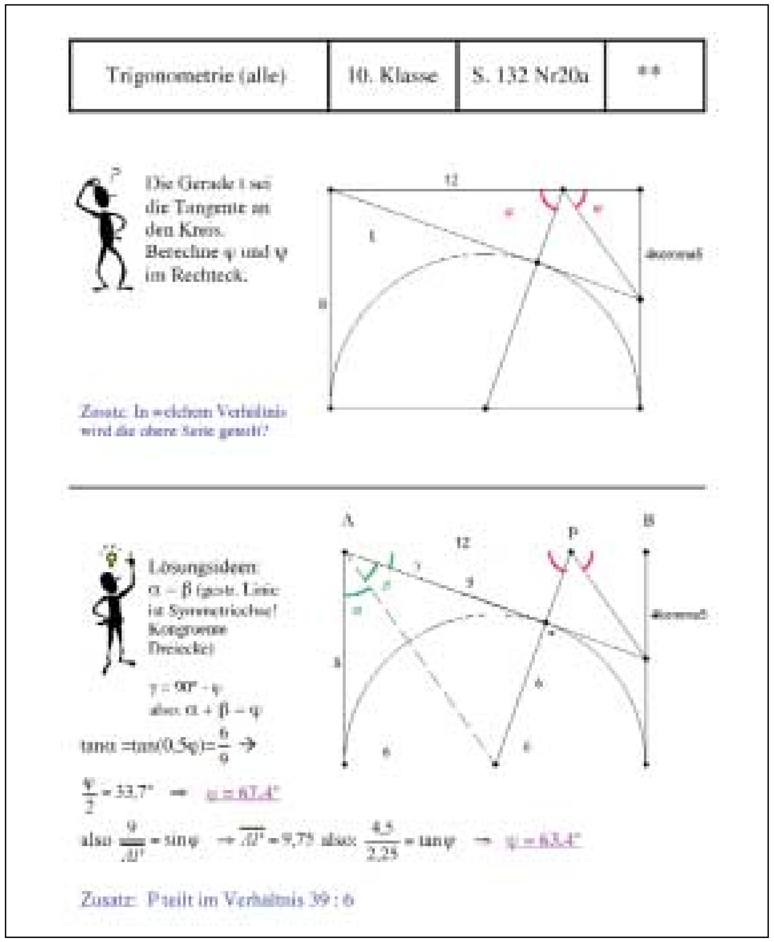
Die folgenden Beispiele sollen verdeutlichen, wie solche offenen Unterrichtssituationen geschaffen werden können.

Eigenverantwortliche Aufgabenbearbeitung

→ *Seite 50: Eigenverantwortliches Lernen*

Warum steht denn nichts an der Tafel?

Immer wieder wird der Ruf nach Eigenverantwortung laut. Aber Eigenverantwortung will auch gelernt sein. Bei der hier beschriebenen Art von Aufgabenbearbeitung werden die Schüler deshalb gezwungen, selbst Verantwortung für ihren Lernerfolg zu übernehmen. Der Lehrer greift nur dann helfend oder unterstützend ein, wenn er dazu aufgefordert wird.
Die folgende Aufgabe wurde unverändert aus dem eingeführten Lehrbuch übernommen. Allerdings wird nicht – wie bisher üblich – eine Lösung an der Tafel erarbeitet. Die Schüler müssen selbst aktiv werden.



Diese und weitere vier bis fünf zu selben Themenkreis gehörende Aufgaben werden mit vollständiger Lösung auf Karteikarten geschrieben und auf dem Pult ausgelegt (vorne die Aufgabenstellung, hinten die Lösung).
Die Schüler bearbeiten die Aufgaben in Kleingruppen. Wenn sie Hilfe benötigen, müssen sie mit der vorliegenden Lösung bzw. mit den Ratschlägen des Lehrers zurechtkommen. Für den Hefteintrag und die Vollständigkeit der Lösung sind sie selbst verantwortlich.
Im Gegensatz zum Arbeiten mit Hilfekarten müssen die Schüler hier im Bedarfsfall eine fertige Lösung analysieren und dann einen eigenen Lösungsweg erstellen. Gute Schüler, die keine Hilfestellung benötigen, können ihre Ergebnisse mit denen auf den Lösungskarten vergleichen und direkt zur nächsten Aufgabe übergehen, ohne auf die langsameren Schüler warten zu müssen.

→ *S.55: Aufgabenlösen mit Hilfekarten*

Natürlich wäre es einfach, die Lösung lediglich abzuschreiben, aber das ist bis jetzt noch *nie* passiert.
So überzeugend die positiven Effekte dieser Arbeitsweise sind, so problematisch können erste Versuche ausfallen. Auch die Schüler müssen sich an neue Arbeitsweisen gewöhnen. Wer nach vielen Jahren Frontalunterricht erwartet, dass sie wie von selbst mit dieser Arbeitsweise zurechtkommen, wird vermutlich zunächst enttäuscht werden.

»Können wir das auch so machen?« oder: Verschiedene Lösungswege[3]

Verschiedene Lösungswege

Es kann sinnvoll und bereichernd sein, mehrere Lösungswege erarbeiten zu lassen. Dazu müssen keine neuen Aufgaben erfunden werden. Oft genügt es, bekannte Aufgabenstellungen mit anderen Augen zu betrachten.
Ein derartiges Vorgehen ermöglicht den Schülern motivierende Erfahrungen, die mathematisches Denken und Problemlösung fördern: Sie können eigene Lösungswege entdecken und ihre Lösungsstrategien vor der Klasse präsentieren.
In einem anschließenden Gespräch können die Vorzüge der einzelnen Lösungswege dargestellt bzw. diskutiert werden. Wo nutzt der Alltagsverstand? Wann ist eine algebraische Lösung vorzuziehen oder wann geht es mit »Versuch und Irrtum« am schnellsten? Diese und ähnliche Fragen können hier behandelt werden.

3_**»Neue Schwerpunktsetzung in der Aufgabenkultur«**, Handreichung für den Mathematikunterricht am Gymnasium, ISB 2001, S.59 ff

Beispiel:

Im Dschungel

56 Geier, bekannt aus dem Dschungelbuch, haben gerade das Aas verspeist und sitzen gelangweilt auf drei Bäumen herum. »Was fangen wir an?« sagt einer. »Weiß nicht« gähnt ein anderer. Vor Langeweile fliegen 4 Geier vom ersten auf den zweiten und 9 vom zweiten auf den dritten Baum. Nun sind auf dem zweiten Baum doppelt so viele Geier wie auf dem ersten und auf dem dritten doppelt so viele wie auf dem zweiten.

Wie viele Geier saßen ursprünglich auf jedem Baum?

Die Aufgabe – so »normal« sie klingt – kann auf ganz verschiedene Arten gelöst werden. Dem Mathematiklehrer kommt wohl zunächst der Lösungsweg über Gleichungssysteme in den Sinn:

Lösungsweg 1

Weg ❶

x, y, z seien die ursprünglichen Anzahlen der Vögel auf den Bäumen 1, 2 bzw. 3.
Dann ergeben sich drei Gleichungen mit drei Unbekannten

I. $x + y + z = 56$
II. $2(x - 4) = y - 5$
III. $2(y - 5) = z + 9$

Bei diesem formal ablaufenden Weg ist das lineare Gleichungssystem zu lösen.

Ein anderer Weg kommt ohne Gleichungen aus. Er basiert – auch wenn Schüler das sicher nicht so formulieren – auf der Einsicht, dass die Anzahl der Geier invariant ist:

Lösungsweg 2

Weg ❷

x = Anzahl der Geier auf dem ersten Baum nach dem Geierflug
→ 2x = Anzahl der Geier auf dem zweiten Baum

→ 4x = Anzahl der Geier auf dem dritten Baum;
also ist die Gesamtzahl der Geier 7x.

Dieses Ergebnis lässt sich auch leicht anschaulich ohne Variable formulieren und begründen: Die Gesamtanzahl der Geier ist 7-mal so groß wie die Anzahl der Geier auf dem ersten Baum.
Die Anzahl der Geier ist vor und nach dem Flug gleich.
Wegen 56 : 7 = 8 sind es nach den Geierflug also 8 auf dem ersten, 16 auf dem zweiten und 32 auf dem dritten Baum. Zurückrechnen auf die Startsituation ergibt die Lösung der Aufgabe.

Warum sind viele Lehrkräfte nicht zufrieden, wenn Schüler über Schätzen und Nähern zum Ergebnis kommen? Oft wird beklagt, dass Schüler ihre Ergebnisse nicht richtig einordnen können, jedoch wird ihnen kaum Gelegenheit geboten, diese Fähigkeit zu trainieren. Eine in diesem Zusammenhang durchaus diskussionswürdige Alternative zeigt ein dritter Weg:

Weg ❸ *Lösungsweg 3*

Die Schüler starten mit einer groben Abschätzung, etwa 10, 20 und 26 und nähern sich dem tatsächlichen Ergebnis. Es ist jedoch nicht so einfach, einen guten Startwert zu finden. Reines Raten führt nur mühsam oder mit viel Glück zum Ziel.

Das abschließende Gespräch, welche Variante welche Vorzüge oder Nachteile mit sich bringt, wird mit Sicherheit sehr spannend und bereichernd für alle Beteiligten.

Ganz auf sich selbst gestellt

Entdecken von Lösungsstrategien

Eigentätigkeit und Entdecken von Lösungsstrategien steht bei dieser Unterrichtsform in Vordergrund. Die Schüler sollen ganz bewusst Lösungswege erproben. Im Vordergrund stehen dabei zunächst oft Verfahrensweisen wie Messen und Abschätzen, Vermuten und Verwerfen. Dass am Ende eine mathematische Überprüfung folgt, wird gerade von besseren Schülern meist mit der Frage gefordert: »Geht das immer oder war das nur Zufall?«
Wenn die Schüler Lösungswege und Methoden erforschen sollen, müssen sie zeitweise vollkommen selbstständig arbeiten. Der Lehrer hat die Aufgabe, Schülern weiterführende Tipps zu geben, oder Schüler, die sich hoffnungslos verirrt haben, wieder auf einen gangbaren Weg zu bringen.

Beispiel:

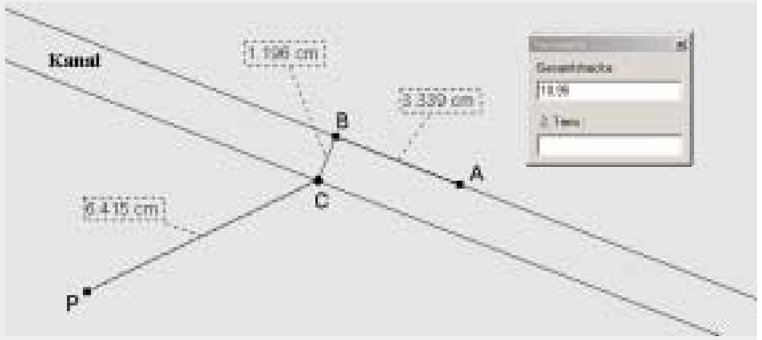
Aufgabenstellung

Die Kanalüberquerung[4]

Anton befindet sich zusammen mit Freunden im Punkt A. Sie möchten auf möglichst kurzem Weg ihren Freund Peter in P erreichen. Dazu müssen sie den abgebildeten Kanal (keine Strömung) mit ihrem selbstgebauten Floß überqueren. Da dieses Floß sehr unsicher ist, sollten sie unbedingt den kürzesten Weg übers Wasser nehmen, um die Gefahr des Kenterns möglichst gering zu halten.

Welcher Weg ist am kürzesten?

Zeichne die Punkte B und C ein, die in dieser Hinsicht optimal liegen. Begründe deine Antwort geometrisch.



Die Aufgabe wird den Schülern am Computer als Datei präsentiert, die auf dem Hintergrund einer dynamischen Geometriesoftware läuft. Dadurch wird es ihnen ermöglicht, selbst Veränderungen an der gegebenen Konstruktion vorzunehmen, d. h. Punkte zu verschieben (z. B. hier Punkt B), neue Objekte einzuzeichnen und Messungen von Streckenlängen und Winkeln durchzuführen.

Die Schüler können sich zunächst experimentell mit der Situation vertraut machen, an ihr »herumspielen«, eigene Vermutungen entwickeln und mit Nachbarn diskutieren.

Der Lehrer beobachtet währenddessen die Arbeitsfortschritte der Schüler. Zu gegebener Zeit kann er eine Lösungsdatei einspielen, die eine selbstständige Kontrolle ermöglicht.

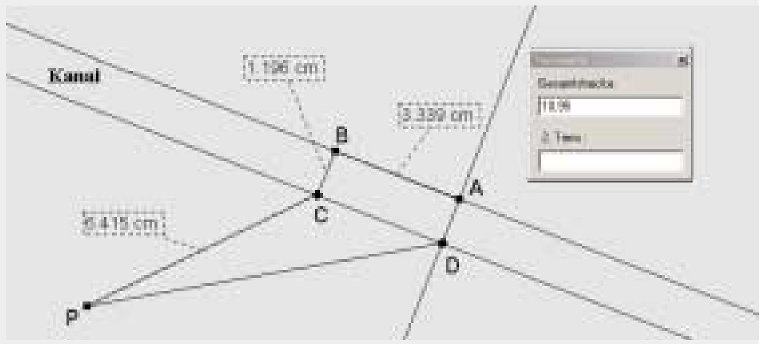
Lösung

ADP ist der kürzeste Weg!

Die Strecken [AB] und [DC] sowie [BC] und [AD] haben die gleiche Länge.

Also ist der Weg über ABCP ebenso lang wie der Weg über ADCP. Dieser Weg ist dann am kürzesten, wenn C und D zusammenfallen.

4_Siehe auch: **»Neue Schwerpunktsetzung in der Aufgabenkultur«**, Handreichung für den Mathematikunterricht am Gymnasium, ISB 2001, S. 82 f.



Im Anschluss daran wird die einfache Einstiegsaufgabe variiert und der Schwierigkeitsgrad schrittweise erhöht. Als nächstes Problem bietet sich z. B. an, den Startpunkt A nicht an das Kanalufer zu legen.

2. Veränderung der Aufgabenstellung

Lag bei den bisher vorgestellten Beispielen der Schwerpunkt auf der Art und Weise des Aufgabeneinsatzes im Unterricht, so geht es nun um die Aufgaben selbst.

Neue Aufgabenstellungen können durchaus von bekannten Problemen ausgehen. An dieser Stelle soll erläutert werden, wie man aus herkömmlichen »neue« Aufgaben entwickeln kann. Meist sind es nur kleine Schritte, die aber einer bestimmten Methode folgen.

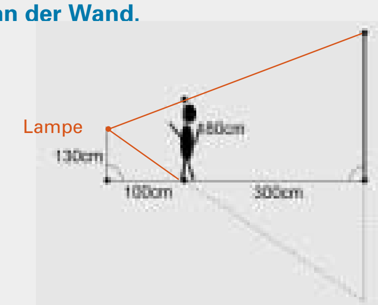
Aus verschiedenen Perspektiven beleuchten

Verschiedene Perspektiven

Lehrbuchaufgabe

Folgende Aufgabe stammt aus einem Lehrbuch:

→ Berechne mit Hilfe der angegebenen Maße die Höhe des Schattens an der Wand.



Natürlich wird zur Lösung üblicherweise der Strahlensatz verwendet. Aber hier gibt es auch andere Wege, die auch durchaus nebeneinander diskutiert werden können.
»Das geht doch mit dem Steigungsdreieck!« ruft plötzlich ein Schüler. »Auf einen Meter geht's 50 cm rauf, also ist der Schatten 3,3 m lang.«
Eigentlich schade, wenn jetzt schon alles vorbei ist.

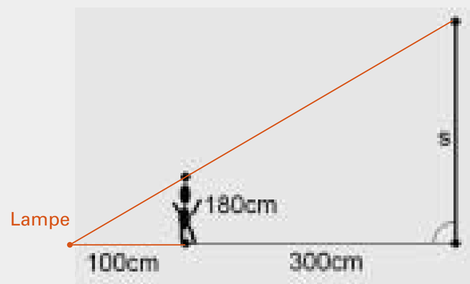
1. Variation

Denn nun kann wunderschön variiert werden.
→ Auf welcher Höhe müsste die Lampe installiert werden (wenn sie nur nach oben oder unten verschiebbar ist), damit der Schatten 30 cm länger wird? (Skizze!)

Dieses Problem geht über eine rein mechanische Behandlung des Strahlensatzes hinaus, denn es muss verstanden werden, dass der Kopf der Puppe zum neuen Zentrum wird, aber das Verhältnis von 1 zu 3 erhalten bleibt.

2. Variation

Oder:
→ Wie hoch wird der Schatten, wenn die Lampe am Boden befestigt wird?



Hier geht es noch einmal um das konstante Verhältnis 1 zu 3 oder auch den linearen Zusammenhang von Puppenhöhe und Schatten.

3. Variation

Wer immer noch dran bleiben will:
→ Wie lang wird der Schatten, wenn die Puppe in die Mitte (oder bis auf einen Meter an die Wand) zwischen Wand und Lampe gerückt wird?

Bei diesen Variationen bietet sich die Präsentation mit einem dynamischen Geometrieprogramm an.

»What-if-not« – Aufgabenvariation

Variieren von Aufgaben

Durch Verändern oder Weglassen einzelner Angaben können altbekannte Aufgaben Gewinn bringend abgewandelt werden. Dies soll im folgenden Beispiel anhand des Irrationalitätsbeweises von $\sqrt{2}$ dargestellt werden. »Der Irrationalitätsbeweis für $\sqrt{2}$ bleibt angelernt und isoliert, wenn er nicht durch Variation ausgedehnt wird. Weiterdenken nach einem Ergebnis statt Übergehen zur nächsten Aufgabe macht oftmals den neuen Sachverhalt und mehr noch dessen Bedeutung und Grenzen erst wirklich einsichtig.«[5]
Die im Folgenden vorgeschlagene Ausarbeitung dieser Idee kann leicht nach eigenen Vorstellungen abgewandelt werden.

5_Hans Schupp: **»Aufgabenvariationen im Mathematikunterricht«**, S. 13 **(http://blk.mat.uni-bayreuth.de/material/mathe.html)**

Ausgehend vom geometrischen Problem der Verdopplung der Fläche eines Einheitsquadrats wird $\sqrt{2}$ eingeführt. Mit Hilfe des üblichen Verfahrens der Intervallschachtelung verschafft man sich einige Dezimalen dieser Zahl. Es stellt sich die Frage, ob diese Dezimalbruchentwicklung periodisch wird oder nicht:

Aufgabe ❶: Ist $\sqrt{2}$ eine rationale oder irrationale Zahl?
Für den Nachweis, dass $\sqrt{2}$ irrational ist, wird eine Beweisvariante gewählt, die sich leicht variieren lässt.
Beweis (durch Widerspruch): Wir nehmen an, dass $\sqrt{2}$ eine Bruchzahl ist. Dann lässt sie sich als Quotient zweier natürlicher Zahlen schreiben: $\sqrt{2} = \frac{n}{m}$
wobei n und m natürliche Zahlen sind.
Durch Quadrieren und Umformen folgt sofort die Gleichung $n^2 = 2m^2$. In der Primfaktorenzerlegung einer Quadratzahl kann der Primfaktor 2 nur in gerader Anzahl auftreten. Also ist in n^2 der Primfaktor 2 in gerader Anzahl enthalten, in $2m^2$ dagegen in ungerader Anzahl. Widerspruch! Das bedeutet, dass $\sqrt{2}$ eine irrationale Zahl sein muss, also ihr Dezimalteil nicht-periodisch und unendlich ist.

Ausgangspunkt ist eine **Initiaaufgabe**, mit der eine typische Strategie erarbeitet wird, die als Grundlage für die weiteren Arbeiten an ähnlichen Problemstellungen dient.

Eine nahe liegende Variation der Aufgabe ❶ ist es nun, statt des Radikanden 2 die Nachfolgerzahlen 3 oder 4 zu untersuchen.
Aufgabe ❷: Ist $\sqrt{3}$ eine rationale oder irrationale Zahl?
Der Beweis kann von den Schülern selbstständig analog zu Aufgabe 1 durchgeführt werden. Geometrische Veranschaulichung: $\sqrt{2}$ ist die Diagonale im Einheitsquadrat, $\sqrt{3}$ ist die Raumdiagonale im Einheitswürfel.
Aufgabe ❸: Ist $\sqrt{4}$ eine rationale oder irrationale Zahl?
Hier liegt die Antwort auf der Hand. $\sqrt{4}$ ist natürlich gleich 2 und

Nun wird **»gewackelt«**, d. h. es werden geringfügige Änderungen vorgenommen. Die Strategie bleibt aber im Wesentlichen erhalten.

Nun werden Bedingungen weggelassen. Damit lässt sich auf einer neuen Ebene arbeiten – es wird **verallgemeinert**.

damit rational. Aber die Schüler sollen untersuchen, warum der Beweis für die Irrationalität hier versagt.

Wir variieren die Aufgabe ❶ durch Verallgemeinern.

Aufgabe ❹: Ist $\sqrt{p}$, p Primzahl, eine rationale oder irrationale Zahl?

Durch **Analogisieren** entsteht ein variiertes Problem, das auch so gelöst werden kann.

Aufgabe ❺: Ist $\sqrt{q}$, q Nichtquadratzahl, eine rationale oder irrationale Zahl?

Wir variieren nun den Exponenten:

Aufgabe ❺: Ist $\sqrt[3]{2}$ eine rationale oder irrationale Zahl?

Schließlich können weitere Variationen gefunden werden, indem man die vorgestellten Arbeitsschritte miteinander **kombiniert**.

Diese Fragestellung ergibt sich auch, wenn man das eingangs gestellte Problem »Verdopple die Fläche des Einheitsquadrats« variiert zu »Verdopple das Volumen des Einheitswürfels«, also von zwei auf drei Dimensionen übergeht. Man landet bei einem der drei klassischen Probleme, die bekanntlich nicht mit Zirkel und Lineal konstruktiv lösbar sind: Der Dreiteilung des Winkels, der Würfelverdoppelung und der Quadratur des Kreises.

Offene Problemstellung

Von einer kleinschrittigen zur offenen Problemstellung

Im Gegensatz zu vollkommen fremdbestimmten und bis ins kleinste Detail ausgeklügelten Arbeitsanweisungen bei Schülerexperimenten (etwa: Baue den Schaltplan nach – schließe den Schalter – beobachte das Amperemeter – trage die Werte ein – usw.) werden die Schüler mit einer offenen Problemstellung konfrontiert. Diese ist so formuliert, dass eine Lösungsstrategie zunächst nicht ersichtlich ist.

Beispiel: Schülerübung zur Induktionsspannung

Die Schüler haben in einem Vorversuch bereits herausgefunden, dass ein bewegter Stabmagnet in einer Spule Spannung erzeugt. Nun bekommen sie 4 Spulen (mit unterschiedlichen Windungszahlen), 4 Eisenkerne, einen Stabmagnet, ein Messgerät zur Spannungsmessung und ein paar Kabel. Die Aufgabe lautet nun:

Erzeuge eine möglichst große Induktionsspannung und dokumentiere dein Vorgehen (Schaltskizzen und kurze Beschreibungen).

Jetzt sind die Schüler auf sich selbst gestellt!

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass eine enge Beziehung zwischen den Unterrichtsmethoden und der Aufgabenkultur besteht. Wie an diesem Beispiel ersichtlich, fordert eine veränderte Aufgabenstellung oft auch eine andere Arbeitsweise und eine andere Methodik im Unterricht.

Fehler suchen

Warum nicht einmal umgekehrt?

Der Alltag vieler Schüler ist geprägt durch Lösungssuche und eine anschließende Bewertung. Um die Situation einmal umzukehren bekommen die Schüler Lösungen und müssen deren Tragfähigkeit beurteilen. Oder sie werden sogar bewusst auf Fehlersuche geschickt.

➔ *Seite 68: Umgang mit Fehlern*

Kommafehler suchen

Beispiel aus der Chemie:

In die folgende Tabelle mit Siedetemperaturen verschiedener Stoffe haben sich vier Kommafehler eingeschlichen. Verbessere diese und gib den jeweiligen Wechselwirkungstyp zwischen den Teilchen an.

Stoff	Wasserstoff-fluorid	Aluminium-oxid	Stickstoff	Natrium Chlorid	Wasserstoff-chlorid	Sauerstoff	Wasserstoff-bromid
Formel	HF	Al_2O_3	N_2	NaCl	HCl	O_2	HBr
Siedetemp.	292,0 K	357,3 K	77,1 K	173,8 K	188,0 K	900 K	2,06 K

Und dies sollen die Schüler herausfinden:

Siedetemp.	292,0 K	357,3 K **3573 K**	77,1 K	173,8 K **1738 K**	188,0 K	900 K **90 K**	2,06 K **206 K**
		Das muss man wissen.		*Sonst wäre unser Tafelsalz nicht fest.*		*Dann wäre unser Sauerstoff flüssig oder fest.*	*Hier braucht man Chemiekenntnisse.*

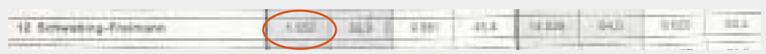
Druckfehler suchen

Beispiel zur Prozentrechnung:

Im oben abgedruckten Ausschnitt aus einer Zeitung befindet sich ein Druckfehler. In der Aufgabe geht es um die Ergebnisse der OB-Wahl 1999. Dir fällt bestimmt auf, dass eine der Angaben falsch sein muss.

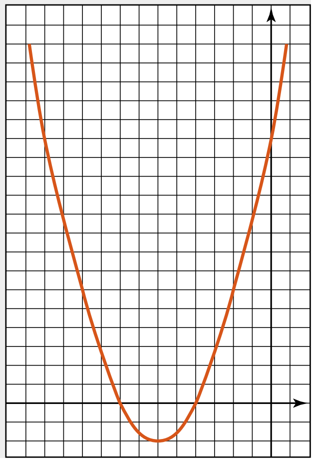
a) Welche der Zahlen ist falsch? **b) Berechne die richtige Zahl!**

Hier sollen die Schüler wieder Ergebnisse bewerten. Kann es sein, dass in Schwabing 1552 Stimmen 33,9% und 14239 Stimmen etwa dem Doppelten, nämlich 64% entsprechen?



Beschriftung eines Koordinatensystems

Beispiel zur quadratischen Funktion:
Warum sollen Schüler immer Graphen einzeichnen? Es geht auch umgekehrt: Die Schüler erhalten einen Graphen und dessen Funktionsterm und müssen nun das Koordinatensystem so beschriften, dass es sowohl zum Term als auch zum Graphen passt:
Beschrifte die Achsen so, dass die Parabel mit der Funktionsgleichung $y = 5x^2 + 20x + 10$ dargestellt wird.

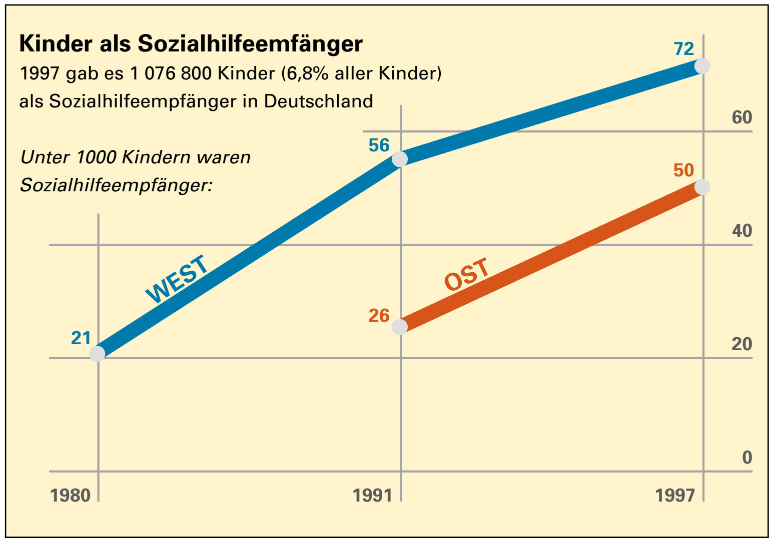


Mathematik im Alltag

Das »echte« Leben

Als Mathematiklehrer wird man immer wieder mit dem Vorwurf konfrontiert, man vermittle weltfremden Unterrichtsstoff, der im richtigen Leben nicht zu gebrauchen ist. Die Schüler empfinden viele Aufgabenstellungen als reine Beschäftigungstherapie. Es ist auch durchaus einleuchtend, dass lineare Funktionen mit den Problemen der Jugendlichen mitten in der Pubertät nichts zu tun haben.
Die Einbindung aktueller Themen aus der Zeitung oder dem Alltag kann die Motivation, sich mit bestimmten mathematischen Inhalten zu beschäftigen, deutlich erhöhen.
Mit folgendem Beispiel sehen die Schüler direkt ein, wie wichtig es ist, graphische Darstellungen kritisch zu prüfen. In einer überregionalen Tageszeitung war eine Graphik abgedruckt, die hier sinngemäß wiedergegeben wird:

Fehler im Diagramm



Und hier die Aufgabe:
Wie viele Kinder waren 1984 in Westdeutschland Sozialhilfeempfänger und welche Prognose lässt sich für das Jahr 2002 ableiten?

Ausgangspunkt ist die abgebildete Graphik. Diese soll zunächst mit den vorhandenen Daten neu erstellt werden. Beim Zeichnen des stückweise linearen Graphen halten viele Schüler plötzlich inne und vermuten, dass sie einen Fehler gemacht haben. Der oben abgebildete Knick existiert nämlich bei üblicher Zeichengenauigkeit überhaupt nicht.
Aber woran liegt es, dass die Graphik aus der Zeitung diesen Knick erhält?

Im Anschluss an eine Diskussion dieser Frage können z. B. weitere Fragen zur Prozentrechnung oder das Problem der lineare Näherungen thematisiert werden.

Fazit

Fazit

Unsere Erfahrung hat gezeigt, dass die beschriebenen Methoden des Aufgabeneinsatzes den Unterricht bereichern können. Viele Schüler reagieren sehr positiv, wenn sie selbst Fehler finden, wenn sie Aufgaben erstellen dürfen oder wenn sie bemerken, dass Mathematik und Naturwissenschaften nicht nur in der Schule stattfinden.
Dazu braucht man Werkzeuge. Wer nicht Prozentrechnen kann, wer den Umgang mit Geradengleichungen nicht beherrscht, der wird auch zu den eigentlichen Problemstellungen nicht durchdringen. Deshalb steht für uns auch die Notwendigkeit des Übens und Routinisierens außerhalb jeder Debatte[6].
Allerdings gilt hier: Mit einem Ziel vor Augen bzw. auf der Suche nach der Lösung eines interessanten Problems werden sich die Schüler bestimmte Hilfsmittel eher aneignen, als wenn sie den Hinweis bekommen, dass diese Inhalte in ein paar Jahren einmal wichtig sein werden.

➔ *Seite 36: Sichern von Grundwissen*

6_Viele Anregungen dazu bietet die Handreichung des ISB **»Neue Schwerpunktsetzung in der Aufgabenkultur«**. Dort beschäftigen sich die ersten 60 Seiten mit genau diesem Thema.

Effektive Hausaufgaben

Beiträge **Siegfried Burek, Margit Felscher, Dr. Werner Lorbeer, Günter Maier, Sonja Weber**
Redaktionelle Bearbeitung **Siegfried Burek**

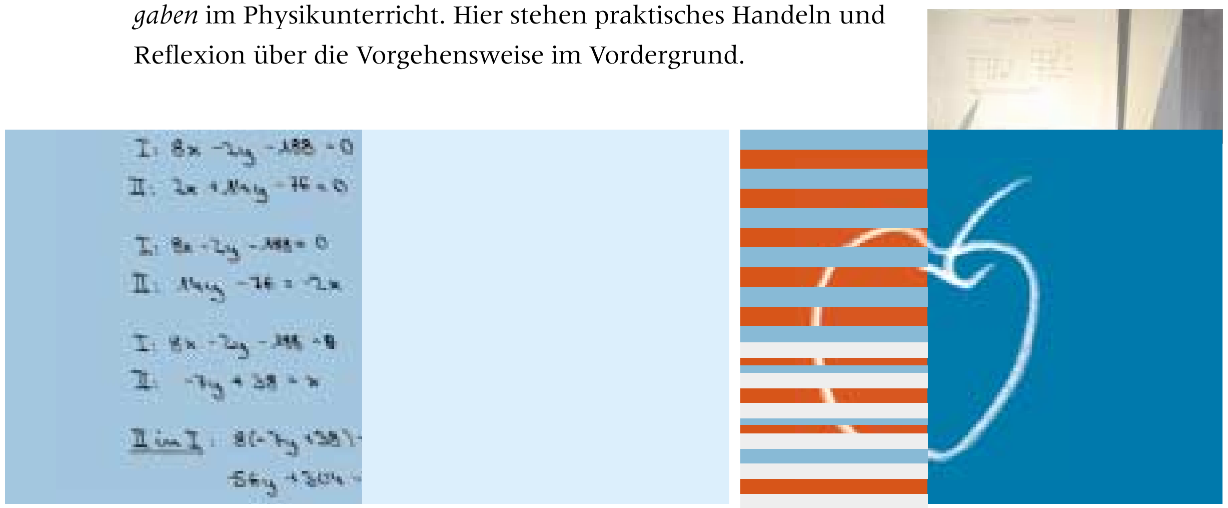
»... und Hausaufgabe ist Seite 47, Nummer 2 a) – d) und Nummer 4 c) d) ...«

Weshalb werden Hausaufgaben gestellt? In erster Linie, weil man sich erhofft, dadurch Lernfortschritte und eine Erweiterung bestimmter Kompetenzen der Schüler zu bewirken. Mit Hausaufgaben ist auch immer ein erzieherischer Aspekt verbunden, so dienen sie zum Beispiel zur Förderung des selbstständigen und eigenverantwortlichen Arbeitens. Und nicht zuletzt ermöglichen Hausaufgaben den Schülern eine Einschätzung des eigenen Leistungsstandes, zeigen Lücken auf oder geben positive Rückmeldung und tragen auf diese Weise zur Stärkung des Selbstvertrauens bei.

Entsprechend den vielfältigen Zielsetzungen, die mit Hausaufgaben verfolgt werden, reicht das Spektrum möglicher Hausaufgaben sehr weit: Vom bloßen Auswendiglernen über das Einüben bestimmter Fähigkeiten und Fertigkeiten bis hin zum selbstständigen Erarbeiten neuer Lerninhalte oder zum Vorbereiten von Referaten, was die Informationsbeschaffung und -aufbereitung einschließt. Selbstverständlich müssen Hausaufgaben stets auf Inhalte und Methoden des Unterrichts abgestimmt sein. Sind etwa bei einer Aufgabe bestimmte Arbeitsmethoden erforderlich, die den Schülern nicht aus dem Unterricht vertraut sind, werden die meisten von ihnen daran scheitern. Für Lehrer und Schüler ist das gleichermaßen unbefriedigend. Entsprechendes gilt für Aufgaben, die selbstständiges und kreatives Problemlösen erfordern. Wird im Unterricht immer sehr zielgerichtet eine bestimmte Lösung erarbeitet und gibt es keine Gelegenheit anderen Lösungsvorschlägen – die möglicherweise nicht sofort zum Ziel führen – nachzugehen, so werden auch zu Hause kaum eigene Lösungsideen entwickelt.

→ ***Seite 80: Weiterentwicklung der Aufgabenkultur***

Durch Bezugnahme auf die Hausaufgabe und ihre Bedeutung im weiteren Unterricht kann den Schülern vermittelt werden, dass es sich nicht um ein »Beschäftigungsprogramm« handelt.
Auf den folgenden Seiten finden sich Beispiele aus der Arbeit der bayerischen Schulsets, die sich mit dem Thema Hausaufgabe befassen. Natürlich wird diese Thematik damit nicht erschöpfend behandelt. Es wird aber auf einige wichtige Aspekte von Hausaufgaben eingegangen und es werden Verfahren vorgestellt, die ohne großen Aufwand ausprobiert werden können.
Im ersten Teil dieses Kapitels wird das Konzept *»Hausaufgabenfolie«* vorgestellt, bei dem die Besprechung der Hausaufgaben im Unterricht von Schülern übernommen wird.
Der zweite Abschnitt beschäftigt sich mit *experimentellen Hausaufgaben* im Physikunterricht. Hier stehen praktisches Handeln und Reflexion über die Vorgehensweise im Vordergrund.



1. Hausaufgabenfolie

Das Konzept

Konzept

An der Leopold-Ullstein-Realschule Fürth wird seit mehreren Jahren die Besprechung und Verbesserung der Mathematikhausaufgaben in die Hände der Schüler gelegt. Dies geschieht folgendermaßen:

- → Ein Schüler überträgt die Hausaufgabe zusätzlich auf eine Folie.
- → In der nächsten Mathematikstunde wird diese Hausaufgabe mit Hilfe der Folie präsentiert und mit der Klasse besprochen, wobei am Anfang eine kurze Stoffzusammenfassung der letzten Stunde stehen kann. Die Lehrkraft sitzt auf dem Schülerplatz und korrigiert den Hefteintrag.
- → Auf Fragen aus der Klasse muss der vortragende Schüler eingehen.

➔ Werden auf der Folie Fehler festgestellt, ist die gesamte Klasse gefordert, an deren Verbesserung mitzuarbeiten.
➔ Mit Hilfe eines Bewertungsbogens wird die Qualität der Hausaufgabenbesprechung mit der Klasse kurz diskutiert.

Zeitbedarf

Zum Zeitbedarf:
In der Anfangsphase dauert die Hausaufgabenbesprechung manchmal recht lang. Mit zunehmender Routine und Sicherheit der Schüler verringert sich der Zeitbedarf.
Da mit der vorgestellten Methode bei der Hausaufgabenbesprechung zugleich Fähigkeiten wie das Herausarbeiten des Wesentlichen, das Verbalisieren oder das Präsentieren mathematischer Inhalte geschult und die Schüler zu ordentlichem und eigenverantwortlichem Arbeiten angeregt werden, kann der anfängliche »Zeitverlust« in Kauf genommen werden.

Erfahrungen

Erfahrungen mit der Hausaufgabenfolie

Natürlich läuft die Hausaufgabenbesprechung mit der Hausaufgabenfolie nicht in jeder Klasse gleich gut. In den allermeisten Fällen konnten damit aber sehr positive Erfahrungen gemacht werden:

➔ Die Hausaufgabenfolie wird in der Regel sehr zuverlässig angefertigt. Die Schüler, die mit der Präsentation an der Reihe sind, beschäftigen sich sehr intensiv mit dem Stoff.
➔ Bei der Hausaufgabenbesprechung kann sowohl auf die einzelnen Rechen- bzw. Konstruktionsschritte als auch auf Fehlerquellen direkt eingegangen werden.
➔ Auch langsamere Schüler können gut folgen und eventuelle Fehler im Heft schnell finden.
➔ Mühsames und zeitraubendes Vorrechnen an der Tafel entfällt und die Lehrkraft wird entlastet.
➔ Die Schüler werden mit zunehmender Übung deutlich selbstsicherer und souveräner. Sie lernen insbesondere
– mit dem Tageslichtprojektor umzugehen
– vor der Klasse aufzutreten
– mathematische Zusammenhänge zu formulieren
– auf Sauberkeit bei der Ausführung zu achten
– die Diskussionsleitung bei Gesprächen in der Gruppe zu übernehmen
– zu argumentieren, insbesondere wenn Fragen oder Fehler auftreten
– dass ein Mangel an Zuverlässigkeit (etwa bei Nichtanfertigen der Folie) die Arbeit der ganzen Klasse behindert.

➔ Das eigenverantwortliche Lernen wird angeregt durch
– Rückfragen bei guten Mitschülern
– Nachschlagen in früheren Hefteinträgen
➔ Die Lehrkraft lernt dabei, sich zurückzunehmen und nicht ständig korrigierend einzugreifen.

Auswertung eines Fragebogens zur Hausaufgabenfolie

Schülerbewertung der Methode

In einigen Klassen, in denen die Hausaufgabenfolie zum Standard wurde, fand hierzu eine Evaluation in Form eines Fragebogens statt. Die Auswertung der von den Schülern frei formulierten Antworten lieferte eine Reihe beachtenswerter Ergebnisse. Hier nur ein Auszug der Antworten:

Welche Schwierigkeiten gab es für dich beim Präsentieren?
– Aufregung, freies Sprechen
– Was man nicht kann, kann man nicht vortragen.

Was hast du beim Vorbereiten gelernt?
– Saubere, ordentliche Arbeitsweise
– auch saubere Hefteinträge

Was hast du beim Vortragen gelernt?
– Abbau von Angst
– lautes, deutliches, langsames und freies Sprechen
– Umgang mit dem Tageslichtprojektor
– Umgang mit Fragen

Inwiefern hat dir die Folie das Vergleichen der Hausaufgabe erleichtert?
– Vorteil: hören und sehen
– schneller Überblick richtig/falsch (Fehler finden)

Möchtest du das System der Hausaufgabenfolie beibehalten?
Ja: 93%

Bericht zur Einführung der Hausaufgabenfolie in einer 5. Klasse

Erfahrungsbericht

Nach ermutigenden Erfahrungsberichten zum Einsatz der Hausaufgabenfolie in den Jahrgangsstufen 8 und 9 beschloss ich, diese Methode in meiner 5. Klasse zu erproben. Obwohl ich zum ersten Mal in Jahrgangsstufe 5 eingesetzt war und noch keine Erfahrungen im Umgang mit Schülern dieses Alters hatte und obwohl manche Kollegen Bedenken äußerten, in diesem Alter seien die Kinder damit überfordert, wollte ich einen Versuch mit der »Folie« wagen.

Bei der Besprechung der Hausaufgaben auf herkömmliche Art wurde mir sehr schnell bewusst, welche Probleme manche Schüler in dieser Altersstufe im Umgang mit ihren Fehlern haben. Ein Teil der Kinder will zunächst seine Fehler nicht vor der Klasse offen legen und darüber diskutieren lassen. Sie wollen sich keine Blöße geben und behaupten trotz fehlerhafter Hausaufgabe, die Aufgaben richtig gelöst zu haben. Dies ändert sich aber mit der Zeit, wenn sich die Kinder untereinander besser kennen und auch zur Lehrkraft Vertrauen gefunden haben.

Einstiegsphase

Einstiegsphase
Zwei Wochen lang wurde die Hausaufgabe von mir selbst auf Folie geschrieben und zwar so wie ich es später von den Schülern erwartete, d. h. mit Datum, Seite, Nummer der jeweiligen Aufgabe, großer Schrift und übersichtlich gegliedert. Manchmal streute ich gezielt Fehler ein.
In jeder Stunde bereitete ein anderer Schüler den Tageslichtprojektor vor und durfte die Lösungsschritte auf meiner Folie aufdecken. Die Kinder fanden erstaunlich schnell die eingebauten Fehler und stritten sich förmlich darum, wer sie mit Rotstift korrigieren darf. Es ist bemerkenswert, wie motiviert die Kinder mitarbeiteten. Manche meldeten sich und sagten, sie hätten den gleichen Fehler wie auf der Folie gemacht. Sehr schnell verschwanden die anfänglichen Hemmungen.

Nach einiger Zeit fragte eine Schülerin, ob ich nicht einmal ein Aufgabenblatt zur Fehlersuche als Hausaufgabe geben könnte. Sie würde dann gerne das Arbeitsblatt auf Folie abschreiben und die Fehler mit einem roten Stift korrigieren.
In der nächsten Mathematikstunde legte die Schülerin ihre Folie auf den Tageslichtprojektor und erklärte völlig unaufgeregt, wo sie Fehler gefunden hatte. Zwischen der Klasse und dieser Schülerin entwickelte sich eine muntere Diskussion, bei der ich als Lehrer mehrere Minuten lang kein Wort gesagt habe.

Etablierung der Folie

Etablierung der Folie
Diese Art von Fehlersuche mit Präsentation der gefundenen Fehler am Tageslichtprojektor wiederholten wir mehrere Male und gingen dazu über, auch andere Hausaufgaben mit Folie zu besprechen. Die Kinder stritten sich fast darum, wer drankommt. Nur ein paar Schüchterne waren zunächst noch etwas zurückhaltend.

Die Präsentation der Hausaufgabe läuft jetzt im Allgemeinen nach folgendem Muster ab:
→ Wer mit der Folienpräsentation »dran ist«, richtet auch den Tageslichtprojektor her.
→ Die einzelnen Lösungsschritte werden sukzessive aufgedeckt.
→ Viele Kinder kommentieren bei der Präsentation ihrer Folie die

Lösungsschritte von sich aus fast nicht sondern warten auf Fragen. Diese Fragen versuchen sie aber dann im Rahmen ihrer Möglichkeiten zu beantworten.
→ Die Mitschüler sagen, was ihnen an der Folie gut und was ihnen weniger gut gefällt und machen gegebenenfalls Verbesserungsvorschläge.

Fazit

Fazit
Die Hausaufgabenbesprechung mit der Hausaufgabenfolie ist nach meiner bisherigen Erfahrung schon in der 5. Jahrgangsstufe möglich, wenn die Lehrkraft die Präsentation durch Fragen unterstützt, welche die Kinder nicht verunsichern, sondern dazu anregen, ihre Aufgaben zu kommentieren. Es handelt sich dabei um ein geeignetes Mittel, das Selbstbewusstsein der Kinder zu stärken und eigenverantwortliches Arbeiten zu fördern.

2. Experimente als Hausaufgabe

Oftmals haben Schüler das Gefühl, dass sich Physik nur im Physiksaal abspielt. Inhalte des Physikunterrichts und Erfahrungen oder Erlebnisse aus der eigenen Lebenswelt werden als zwei getrennte Bereiche wahrgenommen, obwohl ihnen physikalische Inhalte ständig im Alltag begegnen.
Bei bestimmten Themen des Physikunterrichts ist es möglich, Beobachtungen ohne spezielle Hilfsmittel anzustellen und Experimente mit Haushaltsgegenständen durchzuführen. Durch diese Kombination von schulischen Inhalten mit Gegenständen aus der persönlichen Umgebung wird die Integration von Lerninhalten in die Lebenswelt der Schüler gefördert.

Heimversuch:

Die Dichte eines Apfels

Heimexperiment

Vorgehensweise

Vorgehensweise
Im Unterricht wurden Definition, Einheit und Bedeutung der Dichte erarbeitet und es wurde auch auf den Wert der Dichte von Wasser eingegangen. Die Klasse erhielt dann als Hausaufgabe den Auftrag, die Dichte eines Apfels zu bestimmen und das eigene Vorgehen zu beschreiben (allein oder in Teamarbeit).

Erwartungen

Erwartungen

Mit diesem Heimversuch wollte ich unter anderem Folgendes bezwecken:

→ Einüben naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen

→ Erkennen von Teilproblemen durch die selbstständige Beschäftigung mit der Aufgabe

→ intensive Auseinandersetzung mit Inhalten und Arbeitsmethoden beim Bearbeiten der Teilprobleme

→ Stärkung des Selbstvertrauens durch selbstständiges Problemlösen

→ Erkennen, dass Fehler bei der Konzeption oder Durchführung des Experiments nichts Schlimmes, sondern ganz natürliche Bestandteile des Lernprozesses sind, der zur Lösung des Problems führt.

Durch die relativ offene Aufgabenstellung wird den Schülern Spielraum gegeben, das Problem nach ihren Vorstellungen anzugehen und auch eigene Konzepte zur Dokumentation der Vorgehensweise zu entwickeln.

Erfahrungen

Erfahrungen

Die Klasse ging im Unterricht gut auf das Thema »Dichte« ein. Bereits in der Einführungsstunde wurde von der Klasse ein wichtiger Aspekt des Zahlenwertes der Dichte erkannt: Durch Betrachtung einer Tabelle im Schulbuch (Dichte für verschiedene Stoffe) konnte der Zusammenhang zwischen dem Wert der Dichte und dem Verhalten des Körpers in Wasser (sinken oder schwimmen bzw. steigen) hergestellt werden. Nach der Hausaufgabenstellung blieb noch Zeit, die wesentlichen Schritte des Versuchs gemeinsam durchzugehen.

Die Besprechung der Hausaufgabe in der Folgestunde verlief recht gut. Wenn einzelne Schüler ihre Version vorlasen, hörten die anderen konzentriert zu und konnten den Inhalt kommentieren (»... hat gefehlt«, »... war nicht nötig«, ...). Nicht alle Arbeiten waren so gut wie das unten abgebildete Beispiel, aber die meisten ließen erkennen, dass sich die Schüler mit der Aufgabe intensiv auseinander gesetzt und sich bemüht hatten, ihr Vorgehen korrekt zu beschreiben.

In einer anderen 8. Klasse habe ich mit Heimversuchen ganz andere Erfahrungen gemacht. Hier hatten viele Schüler die Hausaufgabe nicht. Andere hatten das Beschreiben ihres Vorgehens und damit einen wesentlichen Teil der Aufgabe weggelassen und sich

auf das Einsetzen von Werten in die Formel und das Berechnen beschränkt. Bei der Besprechung der Arbeiten setzten sich die wenigsten mit den Versuchsbeschreibungen ihrer Mitschüler auseinander.

Szene aus dem Unterricht

Unterrichtsszene

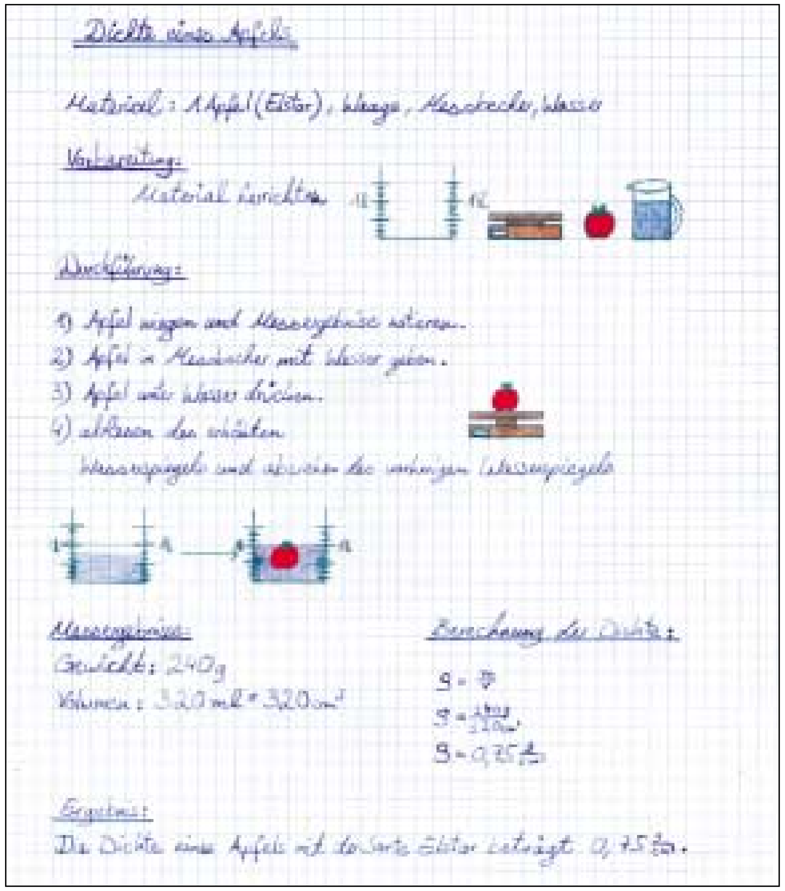
Bei der Besprechung der Hausaufgabe ergab sich folgende Szene, bei der deutlich wird, dass sich einige der Schüler wirklich intensiv mit den Problemen befasst und sie auch durchdrungen haben. Besonders gut hat mir gefallen, wie die Schüler miteinander diskutierten und wie sie gegenseitig auf ihre Ideen eingingen. Ich war hier nur stummer und begeisterter Beobachter.

Schüler lesen ihre Versuchbeschreibungen, Messwerte und Ergebnisse vor

KARIN: *(beschreibt ihren Versuch, kann aber keine Messwerte angeben)* **... der Apfel hat nicht in den Messbecher reingepasst.**	*Problem*
BERND: **Du hättest ihn ja durchschneiden können.**	*Lösungsidee*
ERIKA: **Das darf man – glaube ich – nicht, denn der Apfel kann ja das Wasser aufsaugen oder der Saft geht in das Wasser und dann krieg ich einen anderen Wasserspiegel. Dann ist das Volumen falsch.**	*sehr weit gedacht und überlegt*
Man kann doch einfach einen großen Topf nehmen, in den der Apfel reinpasst.	*neue Lösungsidee*
STEFAN: **Und wie kriegst du dann das Volumen, ohne Skala?**	
KLASSE: *(...)*	
STEFFI: **Das geht schon. Ich muss ihn ganz volllaufen lassen, tauche den Apfel hinein und das übergelaufene Wasser hat das gleiche Volumen wie der Apfel.**	*Ausbau der Idee*
ERIKA: **... und das Wasser lässt man in eine Schüssel fließen und gießt es dann in den Messbecher.**	*Problem gelöst*
STEFAN: *(meinte wohl eher scherzhaft)* **Und was mache ich, wenn ich überhaupt keinen Messbecher habe?**	*Neues Problem*
KLASSE: *(lacht ...)*	
ROLF: **... dann berechne ich das Wasservolumen eben. Ich weiß ja von Wasser die Dichte: 1 g/cm³, also 1 g entspricht 1 cm³.** **...** **Und das übergelaufene Wasser kann ich wiegen: z. B. 200 g entsprechen dann 200 cm³, das ist das Volumen vom Wasser und vom Apfel.**	*hat die Bedeutung der Dichte erfasst und kann damit umgehen*
KLASSE: *(...)*	
STEFAN: **Ja, aber wiegen kannst du nur mit dem Glas oder mit dem Becher zusammen.**	
BERND: **Naja, dann wiege ich eben noch mal nur den leeren Becher, ziehe das von den Gramm mit Wasser ab und hab die Gramm vom Wasser und auch die cm³.**	*Problem gelöst*
HEIDI: *(bezieht sich wohl auf Rolf - s.o.)* **... dann brauche ich ja das Wasser und den Messbecher überhaupt nicht: Wenn der Apfel 200 g wiegt, hab ich ja auch das Volumen 200 cm³ ...**	*Fehlvorstellung*
STEFAN: **... ja, 1 g entspricht 1 cm³, das ist aber nur bei Wasser so.** **Vom Apfel kennst du ja die Dichte nicht ...**	*Richtigstellung*

Schülerarbeit zu dem Thema
Hier ist eine inhaltlich und formal sehr gute Arbeit mit hilfreichen Skizzen abgedruckt. Das Vorgehen ist klar in Teilabschnitte untergliedert und sauber, übersichtlich und nachvollziehbar dargestellt.

Schülerarbeit



3. Laborbuch

Dokumentationsform

Die Idee, das Laborbuch als Dokumentationstechnik für experimentelle Hausaufgaben einzuführen kam mir, als ich in der Süddeutschen Zeitung eine Abbildung aus den täglichen Aufzeichnungen des Nobelpreisträgers Gerd Binnig (1986) studierte. Dort sah man eine schnell hingeworfene Skizze eines neuen Geräts, des Raster-Tunnel-Mikroskops. Die Skizze war datiert und mit einigen Anmerkungen versehen. Ich weiß nicht, wie groß der zeitliche Abstand zwischen der Anfertigung dieser Skizze und der Realisierung eines ersten funktionsfähigen Prototyps war. Aber die dahinter stehende Dokumentationsform hat mich stark angesprochen.

Das Laborbuch hat den enormen Vorteil der Authentizität und Spontaneität. In ihm kann man die Entwicklung von Gedanken, das Ausschalten von Fehlern, beiläufige Beobachtungen und ein Protokoll der Vorgehensweise finden. Das Interessante ist gerade die Mischung aus graphischer Darstellung, Messreihe, Versuchsbeschreibung, beschreibendem Text, Erklärungsversuchen, verworfenen und verfolgten Hypothesen.
Ich habe mir die Führung eines Laborbuches spontan zur Aufgabe gemacht. Die wichtigste Voraussetzung ist ein fester Einband, dem man ansieht, dass das Büchlein nicht zum Wegwerfen gemacht wird. Zu jedem Eintrag sollten gewissenhaft das Datum und die Arbeitsumstände notiert werden. Alles andere findet sich im Fluss des Arbeitens von selbst. Ich bin seitdem ein Freund von Buntstiften geworden, weil ich gemerkt habe, dass mir das bloße Schreibzeug nicht genügend Ebenen zur Strukturierung des niederzulegenden Gedankenstroms bietet.

Grundsätzliches zum Einsatz des Laborbuches im Unterricht

Laborbuch im Physikunterricht

Folgende Erfahrungen bewogen mich dazu, neue Wege zu erproben:

- Viele Versuche, Schüler experimentieren zu lassen, enden unbefriedigend. Die Schüler führen Versuche durch, füllen in der Regel ein Arbeitsblatt aus, erwerben dabei aber kein Verständnis.
- Auf offene Fragestellungen gehen die Schüler häufig nicht ein, sondern warten ab, bis der »richtige Unterricht« beginnt.
- Die Lehrkraft betätigt sich während des Unterrichts in ständigen Kriseninterventionen und verliert dabei die Übersicht über die Entwicklung der Kenntnisse in der Klasse.

Durch den Einsatz des Laborbuches zur Dokumentation von Heimexperimenten kann teilweise Abhilfe geschafft werden. Die Schüler werden angewiesen, im Laborbuch Protokoll über ihre Gedanken und ihre Tätigkeiten zu führen. Dabei muss in jedem Fall auf folgende Punkte eingegangen werden:

→ *Seite 26: Lerntagebücher im Physikunterricht*

→ *Seite 59: Lerntagebücher*

- *Arbeitsdatum*
- *Mitglieder der Arbeitsgruppe*
- *Arbeitsumstände*
- *Fragestellung*
- *Konstruktion des Experiments*
- *Erfassung der Messgrößen*
- *Würdigung der Ergebnisse, Fehler etc.*

Großer Wert wird auf die Dokumentation der Beobachtungen und Ergebnisse gelegt. Es wird eine saubere Darstellung gefordert, Computerausdrucke, Fotos oder Scans sind gerne gesehen. Bei der Durchführung der Heimexperimente ist Gruppenarbeit erwünscht, denn so sprechen die Schüler auch im privaten Bereich über Technik und Physik. Es ist wichtig, ihnen zum Experimentieren und Dokumentieren genügend Zeit zu lassen, damit Verabredungen möglich sind, Fotos entwickelt werden können und so weiter. In der Praxis kann man die Methode wohl nicht häufiger als zwei Mal pro Schulhalbjahr einsetzen, da die Schüler dabei einen großen Aufwand betreiben.

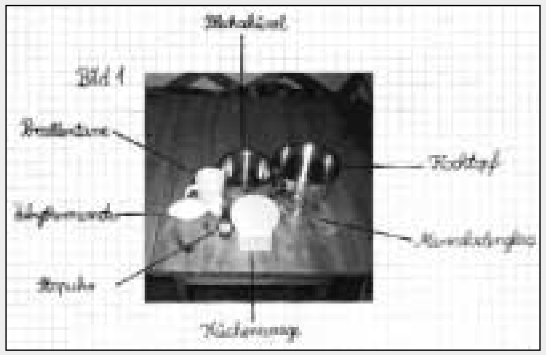
Das Laborbuch hat den Charme, die Schüler zur Einübung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen zu bringen und zugleich dem Lehrer ein Dokument für die Bewertung der Arbeit und zum Einstieg in eine Diskussion mit den Schülern zu bieten. Das Führen eines Laborbuchs macht den Schülern Spaß und zeigt der Lehrkraft unvermutete Fähigkeiten von Schülern auf, ermöglicht einen anderen Zugang zur Denkweise des jeweiligen Schülers.

Beispiel

Beispiel: Kalter Kaffee – Untersuchung des Abkühlvorgangs von Wasser

Die Schüler erhielten den Auftrag, ein Küchenexperiment[1] zur Untersuchung des Abkühlvorgangs von Wasser durchzuführen. Bei der nebenstehenden Abbildung handelt es sich um einen Ausschnitt des Laborbucheintrags einer Schülergruppe. Auf dem Foto sind die verwendeten Arbeitsmaterialien dargestellt.

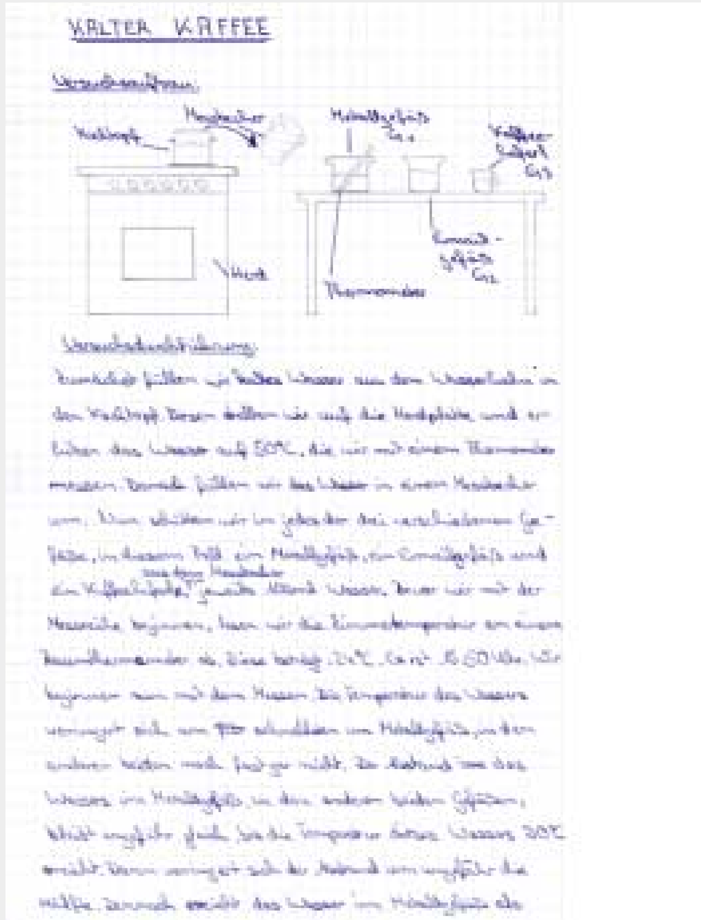
Auszug Laborbuch

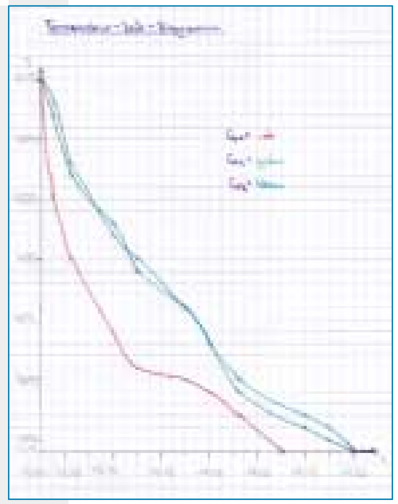


Die folgende Abbildung zeigt eine typische Seite eines Laborbucheintrages zur Durchführung des Experiments. Die Schülergruppe ging recht sorgfältig vor und erhob eine ganze Reihe von Daten.

1_Ein Experiment, das sich mit Versuchsmaterialien durchführen lässt, die in jeder Küche bzw. in jedem Haushalt vorhanden sind.

Auszug Laborbuch





Die meisten Schülergruppen stießen bei der Auswertung des Experiments zu einer graphischen Darstellung der Messwerte vor. Die Abbildung zeigt ein Beispiel. Interessant ist, dass keine Glättung der Messkurven versucht wurde. Auch wurde nicht versucht, einen funktionalen Zusammenhang zwischen den Daten herzustellen, obwohl der parallel laufende Mathematikstoff der 10. Klassenstufe doch dazu einlädt.
Die Arbeitsgruppe, von der diese Graphik stammt, kommt nach ihren Messungen zu folgendem Resümee:

»An den Messungen erkennt man deutlich, dass sich das Wasser umso schneller abkühlt, je weiter seine Temperatur von der des Zimmers entfernt ist. Dies hängt sicherlich vom Material und der Form des Gefäßes ab, in dem sich das Wasser befindet. Das Wasser erreicht etwa zum gleichen Zeitpunkt Zimmertemperatur«.

Kumulatives Lernen

Beiträge **Thomas Freiman, Waltraud Habelitz-Tkotz, Werner Layritz, Willibald Mößel, Dr. Burkhard Zühlke**
Redaktionelle Bearbeitung **Waltraud Habelitz-Tkotz**

Lernprozesse werden als *kumulativ* bezeichnet, wenn neue Lerninhalte im bestehenden Wissensfundament verankert und systematisch mit bereits vorhandenem Wissen verknüpft werden. Neben einer *soliden Wissensbasis* erfordern kumulativ verlaufende Lernprozesse vor allem die *Vernetzung*, d. h. das Herstellen von sinnstiftenden Verknüpfungen zwischen den einzelnen Wissenselementen.

➔ ***Seite 30: Sichern von Grundwissen***

In der Expertise zur Vorbereitung des BLK-Programms SINUS[1] wird auf folgende Defizite hingewiesen, die kumulatives Lernen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht erschweren:

1_BLK, **Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung**; Heft 60 (Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«)

➔ Unzureichende *vertikale Vernetzung*: Aufeinander aufbauende Konzepte und inhaltliche Verzahnungen werden innerhalb der Einzelfächer zu wenig herausgestellt.
➔ Zu geringe *horizontale Vernetzung*: Die wechselseitige Zulieferfunktion der naturwissenschaftlichen Fächer und der Mathematik untereinander wird durch mangelhafte Synchronisation und fehlende konzeptuelle Gemeinsamkeiten erschwert. Überfachliche Perspektiven kommen zu kurz.
➔ Unzureichend entwickelte *fachspezifische Denkkonzepte* begrenzen bei den Lernenden das Einordnen von Fakten in größere Zusammenhänge und blockieren die naturwissenschaftliche Interpretation von Alltagsphänomenen.
➔ *Vorunterrichtliche Vorstellungen* werden zu wenig berücksichtigt und erschweren die Übernahme von naturwissenschaftlichen Denkweisen.
➔ Viele Schüler verfügen nicht über das für kumulatives Lernen erforderliche sicher verfügbare, gut organisierte und anschlussfähige *Basiswissen*. Ihr Wissen ist eher »inselartig« und zufällig.

Im Folgenden werden einige Maßnahmen vorgestellt, die zur Förderung des kumulativen Lernens im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht beitragen sollen.

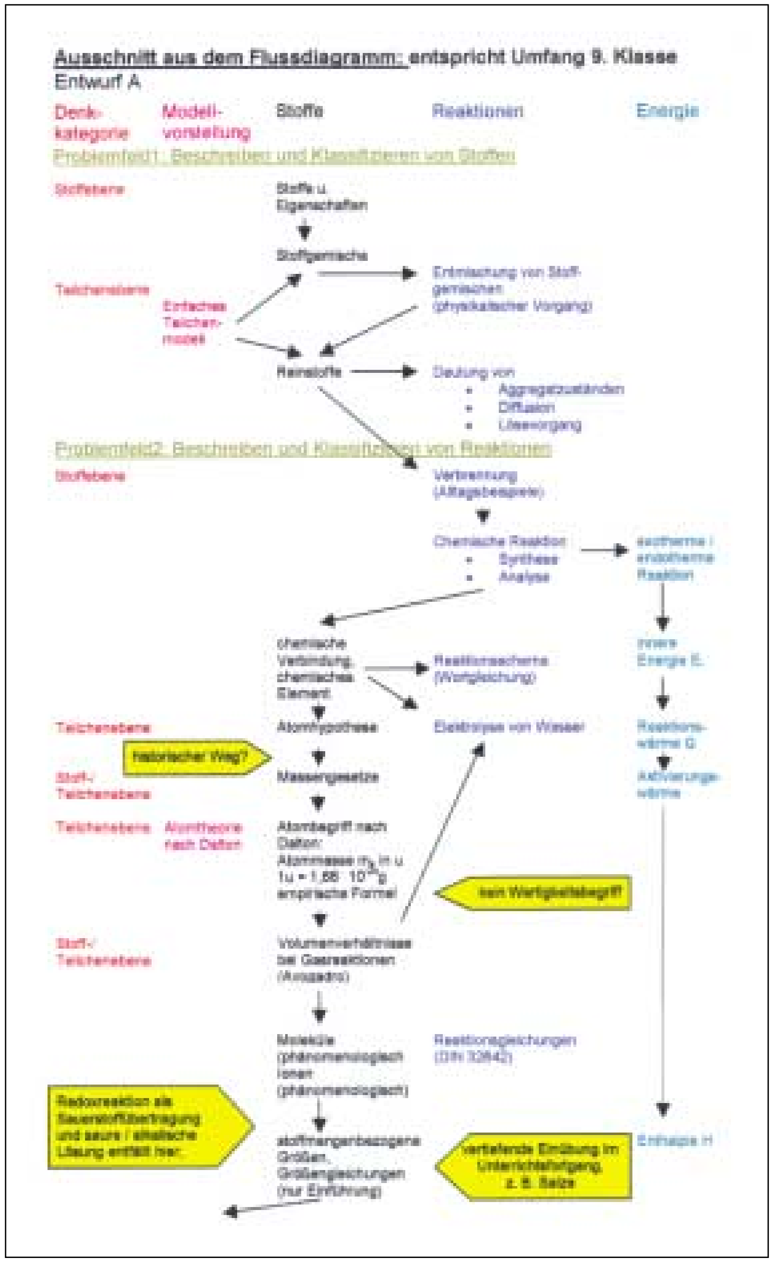
1. Basiskonzepte im Chemieunterricht

Basiskonzepte

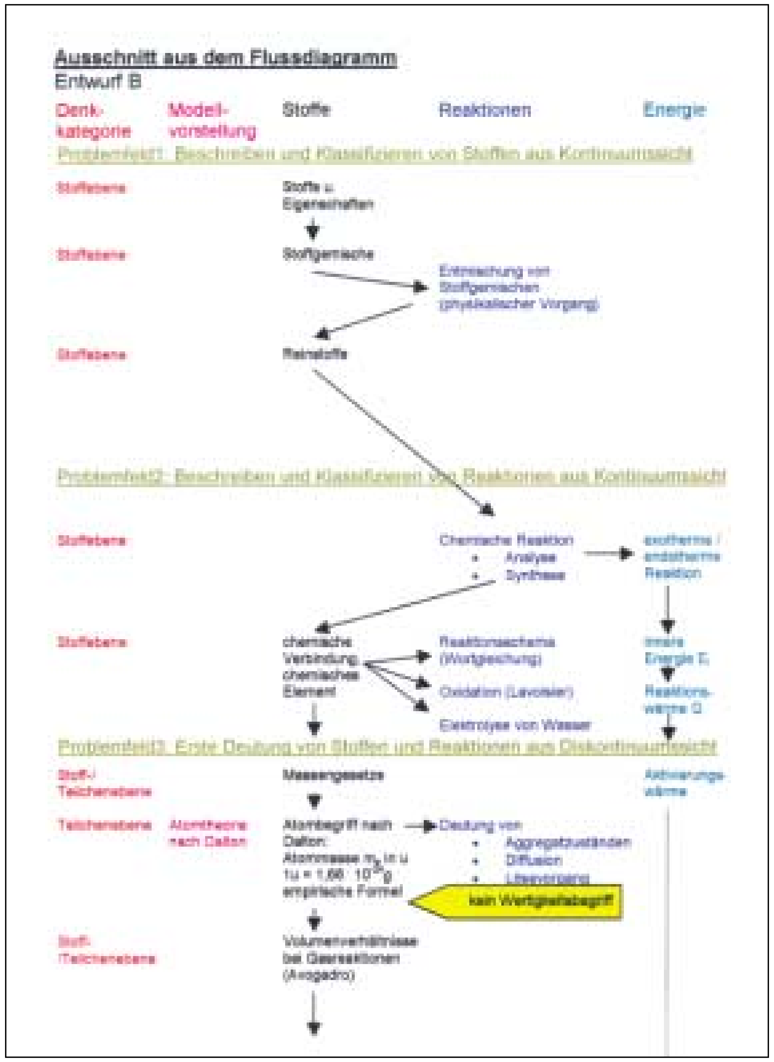
Die in diesem Abschnitt beschriebenen Maßnahmen sollen zum Aufbau geordneter und vernetzter Wissensstrukturen im Fach Chemie beitragen. Neben dem Herausarbeiten von Verbindungen zwischen den Lerninhalten wird der Betonung folgender grundlegender Denkkonzepte (hier als *Basiskonzepte* bezeichnet) besondere Bedeutung beigemessen:
❶ *Stoff-Teilchen-Konzept*
❷ *Konzept der Struktur-Eigenschafts-Beziehung*
❸ *Donator-Akzeptor-Konzept*
❹ *Energiekonzept*
Von der Arbeitsgruppe Chemie in Schulset 4 wurden – als »roter Faden« durch einen auf kumulatives Lernen angelegten Chemieunterricht – zwei Flussdiagramme entwickelt, die unter besonderer

Berücksichtigung der vier Basiskonzepte die Vernetzung der Unterrichtsinhalte darstellen. In Entwurf A wird dem Vorwissen der Lernenden (das Teilchenmodell ist Lerninhalt im Heimat- und Sachkundeunterricht in der 4. Jahrgangstufe der Grundschule) Rechnung getragen und die Teilchenvorstellung früh aufgegriffen und anschließend ausgeschärft. In Entwurf B dominiert der naturwissenschaftliche Weg des Erkenntnisgewinns, was zu einer gemeinsamen Einführung von Teilchen- und Atommodell führt. Aus Sicht der Arbeitsgruppe sind beide Wege denkbar.
Aus Platzgründen ist hier keine vollständige Wiedergabe der beiden Flussdiagramme möglich.

Flussdiagramm Entwurf A



Flussdiagramm Entwurf B



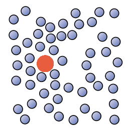
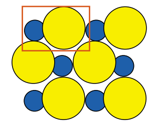
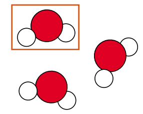
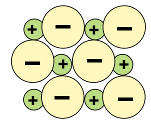
Das Stoff-Teilchen-Konzept im Flussdiagramm

Stoff-Teilchen-Konzept

Das grundlegende Denkkonzept der Chemie ist die Unterscheidung der beiden Kategorien *»Kontinuum«* (Stoffebene, Phänomenebene) und *»Diskontinuum«* (Teilchenebene, Deutungsebene). Es wird häufig als »Stoff-Teilchen-Konzept« bezeichnet und im Gutachten zur Vorbereitung des BLK-Programms SINUS[2] folgendermaßen beschrieben: *»Kennzeichnend für das Vorgehen der Wissenschaft Chemie ist die Deutung bestimmter makroskopisch oder mikroskopisch beobachtbarer Phänomene durch eine modellhafte Beschreibung auf submikroskopischer Ebene, das heißt durch die Vorstellung vom diskontinuierlichen Aufbau der Materie bzw. von der Existenz kleinster Teilchen, in deren Verbänden die Eigenschaften*

2_BLK, **Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung**; Heft 60 (Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«), S. 52 f.

der Stoffe angelegt sind.« Fachdidaktische Untersuchungen zeigen, dass Schüler Schwierigkeiten haben, dieses Denkkonzept zu übernehmen. Das Vermischen von Teilchen- und Kontinuums-vorstellung[3] ist Ursache für viele Verständnisschwierigkeiten im Unterrichtsfortgang. Die sorgfältige Unterscheidung der beiden Denkkategorien Stoffebene/Teilchenebene bzw. Kontinuum/Diskontinuum ist deshalb im gesamten Chemieunterricht von zentraler Bedeutung. Das verständnisvolle Lernen chemischer Zusammenhänge kann den Schülern wesentlich erleichtert werden, wenn stets klar gestellt wird, auf welcher der beiden Betrachtungsebenen man sich gerade befindet und jegliche Vermischung der Ebenen in Sprache (Wasser ≠ Wassermolekül) und Schrift (Formeln sind keine Abkürzungen für Stoffe, sondern beschreiben die Verhältnisse auf Teilchenebene) vermieden werden.
Die folgende Tabelle veranschaulicht, wie mit Hilfe kumulativer Lernprozesse die Übernahme dieses Denkkonzeptes im Anfangsunterricht angebahnt werden kann. Sie orientiert sich an Entwurf A des Flussdiagramms.

Themenbereich / Frage	**Modellvorstellung**	**Modellgrenzen**	**Symbolische Darstellung der Teilchen**	
Reinstoffe/Stoffgemische Woraus sind Stoffe aufgebaut? Was wirkt hinter den Phänomenen?	Einfaches Teilchenmodell (»Basismodell«)	Wir wissen noch nichts über Größe, Gestalt, Aussehen, Aufbau der kleinsten Teilchen.	Reinstoff (Einstoff)	Stoffgemisch 
Chemische Reaktion Warum verschwinden bei chemischen Reaktionen Stoffe und neue tauchen auf?	Stoffänderungen sind Teilchenumgruppierungen.	Wir wissen noch nicht, wie die chemische Bindung zwischen den Teilchen zustande kommt, was mit den Teilchen dabei passiert.	+ ⇄ oder + ⇄ +	oder ...
Satz von der Erhaltung der Masse Was bleibt bei chemischen Reaktionen erhalten?	Einfaches Atommodell Hypothese: Atomarten als Basisteilchen Es gibt so viele Elemente, wie es Atomarten gibt.	Wir wissen noch nichts über die Atomzahlenverhältnisse in den Element- oder Verbindungsteilchen (=»Teilchenpaketen«).	Element A Element B eine Atomart in Element-Teilchen	Verbindung A und B mehrere Atomarten in Verbindungs-Teilchen
Massen-/Volumengesetze Wie können wir etwas über das Atomzahlenverhältnis innerhalb eines »Teilchenpaketes« herausfinden?	Verhältnisformeln und Molekülformeln zur symbolischen Darstellung der Verhältnisse auf Teilchenebene	Wir wissen noch nicht, weshalb es salzartige und molekulare Verbindungen gibt.	salzartige Verbindungen *»Teilchenpaket« = Formeleinheit*  Verhältnisformel, z. B. NaCl	Molekulare Stoffe *»Teilchenpaket« = Molekül*  Molekülformel, z. B. H_2O
Ionen (phänomenologisch über elektrische Leitfähigkeit und Ionenwanderung) Wie kommen chemische Bindungen zustande?	Atome werden bei chemischen Reaktionen »verändert« => chemische Bindung	Wir wissen noch nichts über den Feinbau der Atome und die Bildung von Ionen oder Molekülen.	Ionengitter 	

3_Häußler u. a., **Naturwissenschaftsdidaktische Forschung »Perspektiven für die Unterrichtspraxis«**, IPN, Kiel, 1998, S. 178 f

Die Grundfragen der Chemie

Grundfragen der Chemie

Aufbauend auf dem Stoff-Teilchen-Konzept setzt sich die Chemie mit den folgenden Grundfragen auseinander:

→ Wie sind die Stoffe aufgebaut? (Struktur-Eigenschafts-Beziehung)

→ Wie lassen sich Reaktionen (Stoffumbildungen) deuten? (Donator-Akzeptor-Prinzip)

→ Welche Rolle spielt dabei die Energie? (Energie-(Entropie)-Konzept)

Diese Grundfragen liefern die übergreifenden Leitlinien für die Betrachtung vieler chemischer Lerninhalte, hinter ihnen stehen weitere Basiskonzepte. Sie wurden deshalb als Gliederungspunkte im Flussdiagramm verwendet.
Im hier dargestellten Unterrichtsgang wird auf »Hilfskonstruktionen«, wie z. B. die Wertigkeit, die für die Schüler auf Grund des bis dahin erreichten Kenntnisstandes logisch nicht erklärbar sind, und »schuleigene«, historisch bedingte Erklärungen, wie z. B. die Redox-Reaktion als Sauerstoffübertragung, verzichtet. Die jeweils mögliche Ausdifferenzierung der Deutung eines beobachteten Phänomens ergibt sich aus den bis dahin eingeführten Modellvorstellungen, denen deshalb ebenfalls eine Spalte im Flussdiagramm zugestanden wurde.

2. Erschließungsfelder im Biologieunterricht

Durch einen Unterricht, der von Beginn an konsequent an fachwissenschaftlichen Schlüsselkonzepten (hier als *Erschließungsfelder* bezeichnet) orientiert ist, ermöglicht man den Schülern hinter der immensen Fülle verschiedenartiger biologischer Phänomene ein System erklärender und ordnender Denkmöglichkeiten zu entdecken. Als Erschließungsfelder eignen sich fachwissenschaftlich relevante Konzepte, die eine Strukturierung der Inhalte aus Sicht der Fachsystematik ermöglichen, ohne dabei die vielfältigen Aspekte der Erfahrungswelt zu vernachlässigen. In folgender Abbildung sind mögliche Erschließungsfelder dargestellt:

Arbeiten mit Erschließungsfeldern

Wie kann man mit den Erschließungsfeldern im Unterricht arbeiten?

Die Erschließungsfelder können an geeigneten Beispielen sukzessive oder abschnittweise in den ersten beiden Jahren des Biologieunterrichts eingeführt werden. Sie können z. B. als Lernplakat im Biologieraum präsent sein, oder die Schüler übernehmen ein entsprechendes Schema in ihr Heft. Die Erschließungsfelder helfen dabei, biologische Phänomene aus verschiedenen Perspektiven zu interpretieren. Bei jedem Objekt oder Prozess, sei es der Organismus Hund, seine Temperaturregulation, das Ökosystem Wald oder ein Virus, stellt sich die Frage nach der Struktur. Immer stellt sich die Frage nach der Angepasstheit, nach der Organisationsebene, auf der man diese Struktur betrachtet. Man kann untersuchen, aus welchen Stoffen ein Objekt besteht, woher die erforderliche Energie stammt, wenn es sich aktiv bewegt, welche Wechselwirkungen auf welcher Organisationsebene stattfinden und wo, in welcher Form und in welcher Weise die notwendigen Informationen zum Aufbau oder zu ablaufenden Prozessen vorhanden beziehungsweise regelnd oder steuernd wirksam sind.

Wenn die Erschließungsfelder eingeführt und im Unterricht systematisch wiederkehrend verwendet werden, können sie die Entwicklung von fachspezifisch konzeptuellem Verständnis fördern. Der folgende Abschnitt zeigt, wie man mit Hilfe eines Erschliessungsfeldes die im Biologieunterricht zu behandelnden Inhalte auf kumulative Vernetzungsmöglichkeiten hin untersuchen und entsprechende Unterrichtskonzepte entwickeln kann.

Kumulatives Lernen im Biologieunterricht mit dem Erschließungsfeld Stoffe – Teilchen

Erschließungsfeld Stoffe-Teilchen

Die Vorstellung, dass alles Stoffliche aus Teilchen besteht, die sich zu wahrnehmbaren Strukturen zusammenlagern, ist ein fundamentales Verständnismodell der modernen Naturwissenschaften. Das Teilchenmodell besitzt hohe Erklärungskraft für außerordentlich viele Phänomene, es fordert und fördert abstraktes und konzeptuelles Denken und kann daher als wesentlicher Bildungsinhalt des naturwissenschaftlichen Unterrichts gelten. Auch der Biologieunterricht nutzt von Anfang an Teilchenvorstellungen. So werden beispielsweise bei der Atmung Sauerstoff-, bzw. Kohlenstoffdioxidmoleküle in der Regel durch farbige Punkte symbolisiert. Die Thematik wird aber nicht explizit behandelt, es wird wohl selten über das zugrunde liegende Modell gesprochen.

Das hier vorgestellte Unterrichtskonzept greift – beginnend mit der 5. Jahrgangsstufe des Gymnasiums – das Teilchenmodell immer wieder bewusst auf, integriert es, ohne »chemisieren« zu wollen in den Biologieunterricht. Es versucht unter Berücksichtigung des Vorwissens, der Vorerfahrungen und der Verstehensmöglichkeiten der Schüler in spielerisch behutsamer Weise, biologische Phänomene zu beschreiben und zu interpretieren. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass das Denken in Teilchen, also konkreten, spezifischen, abzähl- und damit vorstellbaren Mengen oder Einheiten, das Verständnis vieler biologischer Phänomene erleichtert. So ist es bereits für Schüler der 5. Jahrgangsstufe möglich, mit Hilfe von Modellen Vermutungen darüber zu entwickeln, wie aus körperfremden Stoffen körpereigene Stoffe aufgebaut werden, wie sich Stoffe im Raum verteilen, wie Stoffe Hindernisse wie z. B. Zellwände durchdringen, im Organismus verteilt werden oder wie man sich den Übergang vom festen in den flüssigen Zustand erklären kann.

Aus Platzgründen können hier die einzelnen Unterrichtsideen nur in sehr knapper tabellarischer Form vorgestellt werden. Detaillierte, für die Unterrichtspraxis taugliche Ausarbeitungen sind für eine nachfolgende Veröffentlichung auf CD-ROM vorgesehen.

THEMENBEREICH	ZIELE AUS SICHT DES ERSCHLIESSUNGSFELDES STOFFE/TEILCHEN	INHALTE UND UNTERRICHTLICHE UMSETZUNG
Kennzeichen von Lebewesen	Einfacher naturwissenschaftlicher Stoffbegriff	Stoffliche Zusammensetzung von Lebewesen (Wasser, Proteine....) Stoffe als Material mit bestimmten Eigenschaften (Geruch, Farbe, man kann sie wiegen, ...) Experimente
Riechen – Schmecken	Teilchenmodell 1 (»Basismodell«)	Stoffe bestehen aus Teilchen Deutung der Aggregatzustände Riechvorgang als Wechselwirkung
Stoffaufnahme/-abgabe (Ernährung)	Teilchenmodell 2: Organisationsebenen von T./Teilchenkombinationen	»Basisteilchen« = Atomarten, »Teilchenpakete« Sauerstoff, Wasser, Kohlenstoffdioxid, Traubenzucker – Stärke, Aminosäuren – Proteine, Modelle (Legosteine), Darstellung mit einfachen Symbolen Verknüpfung mit dem Erschließungsfeld **Wachstum**
	Stoffänderungen sind Teilchenumgruppierungen	»Verwandlung« von tierischem oder pflanzlichem Protein in körpereigenes Protein Arbeiten mit Modellen (Lego), Experimente (Stärke—> Doppelzucker/Enzymwirkung) Verknüpfung mit dem Erschließungsfeld **Energie**
Energiefreisetzung-Stoffabbau Atmung	Stoffe bzw.Teilchen als Energieträger	Experimente (Kerze/Nachweise) Arbeit mit Modellen (Lego), Nachspielen Verknüpfung mit dem Erschließungsfeld **Struktur** Oberflächenvergrößerung
Geruchsinn Hund	Teilchenmodell (Wiederholung)	Riechvorgang als Wechselwirkung Teilchen – Sinneszelle, Riechleistung hängt von der Zahl der Zellen/Oberfläche ab
Pflanzenfresser (z. B. Rind)	Organisationsebenen von T./Teilchenkombinationen, Stoffänderungen als Teilchenumgruppierung, Stoffe bzw. Teilchen als Energieträger	Aufbau von Cellulose aus Traubenzucker Zerlegen von Zellulose durch Mikroorganismen (passende Enzyme), Arbeit mit Modellen Darstellung mit Symbolen Verknüpfung mit dem Erschließungsfeld **Wechselwirkung**
Photosynthese	Organisationsebenen von T./Teilchenkombinationen, Stoffänderungen als Teilchenumgruppierung, Masse geht nicht »verloren«, Stoffe bzw.Teilchenkombinationen als Energieträger	Bildung von Traubenzucker Aufbau von Stärke aus Traubenzucker Versuche von v. Helmont Arbeit mit Modellen, Darstellung mit Symbolen Verknüpfung mit dem Erschließungsfeld **Energie**
Stoffkreislauf	Organisationsebenen von T./Teilchenkombinationen, Stoffänderungen als Teilchenumgruppierung Stoffe bzw.Teilchenkombinationen als Energieträger	Kohlenstoffkreislauf, Abbau von Zellulose durch Pilze, »fleischfressende« Pflanzen Arbeit mit Modellen, Darstellung mit Symbolen Experimente
Osmose	Stoffströme durch Teilchenbewegung und -umgruppierung	Diffusion, Osmotischer Druck, Quellung durch Stärkeabbau, Arbeit mit Modellen, Darstellung mit Symbolen, Experimente Verknüpfung mit dem Erschließungsfeld **Struktur**
Viren Hormone	Stoffe/Teilchen als Informationsträger	Proteinsynthese bei Virenvermehrung Hormonwirkung als Wechselwirkung Teilchen-Rezeptor Arbeit mit Modellen, Darstellung mit Symbolen

3. Vernetzungsmatrizen

Fächerübergreifende Verknüpfungen

In einem auf kumulatives Lernen angelegten mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht kommt dem Herstellen fächerübergreifender (horizontaler) Verknüpfungen hohe Bedeutung zu. Die wechselseitigen Bezüge zwischen den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern lassen sich besonders gut mit Hilfe von *Vernetzungsmatrizen* darstellen.

Beispiel:

Ausschnitt aus einer Vernetzungsmatrix mit dem Leitthema »geometrische Abbildungen«

Geometrische Abbildung	Symmetrie und Figuren	Mathematik	Physik	Chemie	Biologie	Kunst
• Punktspiegelung	• Punktsymmetrische regelmäßige n-Ecke (7) • Punktsymmetrische Vierecke (8)	• Graphen von Sinus- und Tangensfunktion (10) • Punktsymmetrische Funktionsgraphen (11)	• Orbitale (12) • Reflexion am optisch dichten Medium	• Struktur des Kochsalzkristalls (12) • Orbitale (12)	• Blütenbau, speziell Kreuzblättler (6) • Radiärsymmetrische Tiere (9) • Wurzelleitbündel (7)	• Ornamentale Darstellungen von Naturformen mit geometrischen Hilfsmitteln, S. E. Haeckel: »Kunstformen der Natur« (1904) • Konstruktion von Mandalas nach Vorlagen oder eigenen Ideen (7) • Flächengliederung im Rastersystem mit einer vorgegebenen Grundfigur und Anwendung geometrischer Abbildungen (12)
• Drehung	• Regelmäßige n-Ecke (7) • Drehsymmetrische Figuren (10, K12)	• Einführung von rotationssymmetrischen Körpern (10) Zylinder, Kegel, Kugel (10) • Die Kreisteilungsgleichung in C (11)	• Drehbewegungen (11), z. B. Winkelgeschwindigkeit, Foucaultsches Pendel, Keplersche Gesetze • Phasendiagramme von Wechselströmen (12) • Bewegung von Ladungen im homogenen Magnetfeld (10,12) • Der Drehspiegelversuch (12) Polarisation (12) Orbitale (13)	• Drehsymmetrien im Atombau(9) • Orbitale (K12)	• Spezielle Algenarten, z. B. Volvox (9) • Eughena (9)	• Die Darstellung von Bewegungsabläufen durch Momentbilder (7) • Kinetische Objekte, Windmühlen, Windräder • Flächengliederung im Rastersystem mit einer vorgegebenen Grundfigur und Anwendung geometrischer Abbildungen (12) • Konstruktion von Mandalas nach Vorlagen oder eigenen Ideen (7)

Für Lehrer stellt die Vernetzungsmatrix eine Art »mind map« dar, an der sie sich bei der Unterrichtsvorbereitung, insbesondere bei der Erstellung von anwendungsbezogenen und vernetzenden Aufgaben, orientieren können. Die Ausführung der Matrix als Plakat mit Bildelementen ist für den Einsatz im Klassenzimmer vorgesehen. Sie macht den fachübergreifenden Gedanken für die Schüler lebendig. Sie werden an bekannte Lerninhalte aus den verschiedenen mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern erinnert und lernen, dass mathematische Gesetze auch in den anderen Naturwissenschaften Bedeutung haben. Die leere Matrix kann als Grundlage für Projektunterricht dienen. Hier erhalten die Schüler den Arbeitsauftrag, jeweils nach ihrem Kenntnisstand selbst gezeichnete Bilder, Photographien oder geometrische Konstruktionen mitzubringen und den jeweiligen Matrixfeldern zuzuordnen.

Die Abbildung **»Die Drehung«** ist ein Ausschnitt einer ausführlichen Matrix.

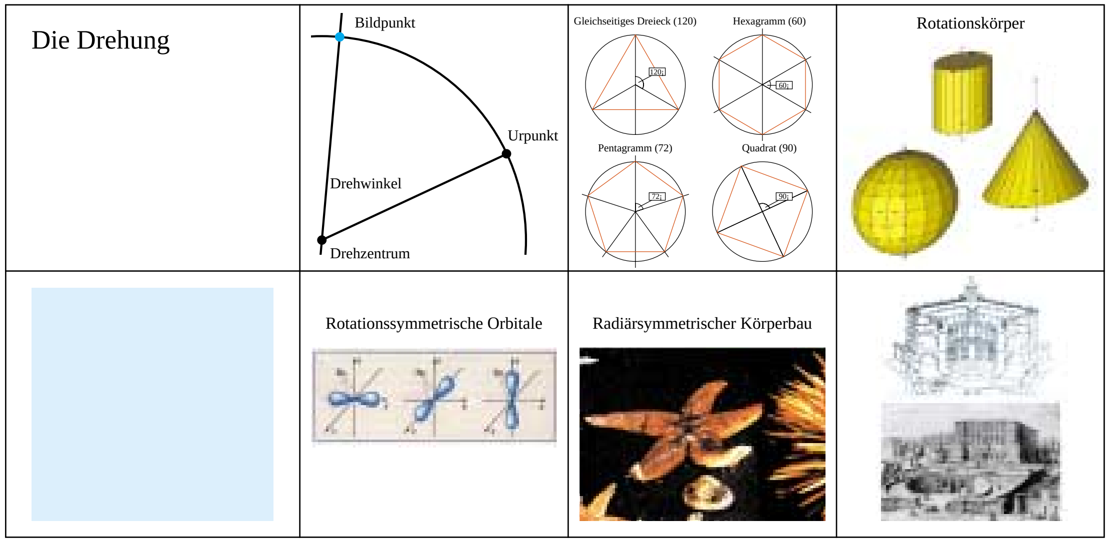


Abb.: (Reihe unten v. l.) Wilfried Kuhn, Physik Band I, G.Westermann Verlag, Brauschweig 1975, Seite A16, Abb. 16.1; Amann, Anton, Deißenberger, Grundkurs Chemie 1 (1. Auflage), C.C.Buchner, Bamberg 1996, Seite 6, Bild 6.5; Karl Daumer, Biologie 9G (2. Auflage), bsv München 1992, Seite 64, Abb. 3; W. Nerdinger, Elemente künstlerischer Gestaltung – Eine Kunstgeschichte in Einzelinterpretationen (1. Auflage), Verlag Martin Lurz, München 1986, Seite 85

4. Strukturierende Schemata

Strukturierende Darstellungsformen eignen sich besonders gut, um vertikale und horizontale Verknüpfungen von Unterrichtsinhalten darzustellen. Sollen Differenzierungsprozesse – vom Globalen zum Einzelnen – ausgelöst werden, so bietet sich der Einsatz von Strukturdiagrammen an. Begriffsnetze sind ein geeignetes Methodenwerkzeug[4] zur Festigung und vertikalen Vernetzung von Grundbegriffen, bei denen Integrationsprozesse im Vordergrund stehen.

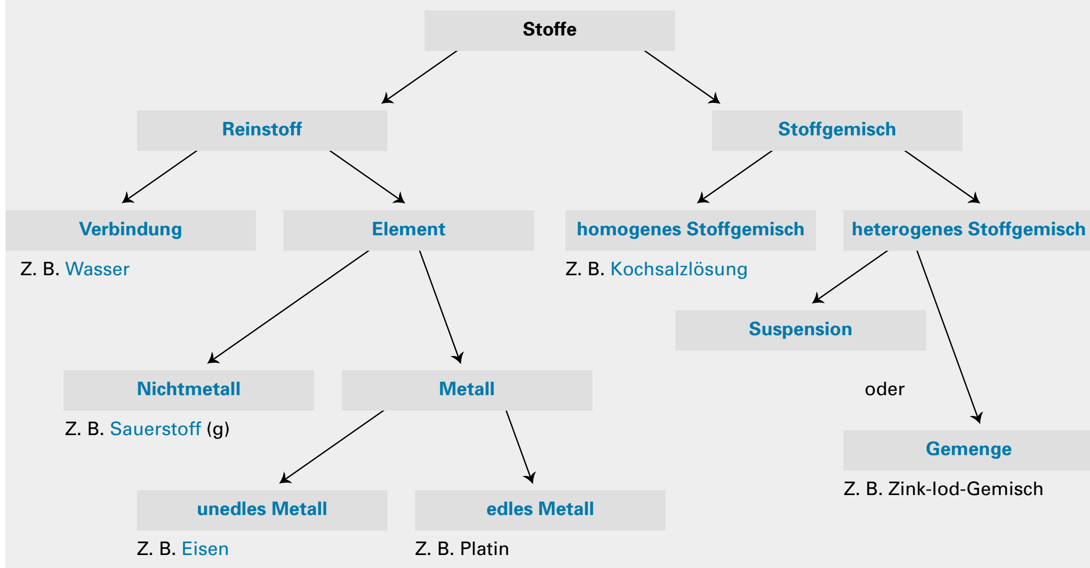
4_Ausführliche Methodenhinweise in **Methoden-Handbuch DFU**, Varus-Verlag und NiU Chemie, 12, 2001, Nr. 64/65

Beispiel eines Strukturdiagramms (Begriffshierarchien)

Beriffshierarchien

Die folgende Aufgabe wurde in einer Chemie-Schulaufgabe in Jahrgangsstufe 9 gestellt:

Vervollständige das folgende Strukturdiagramm zur Einteilung von Stoffen chemisch korrekt.



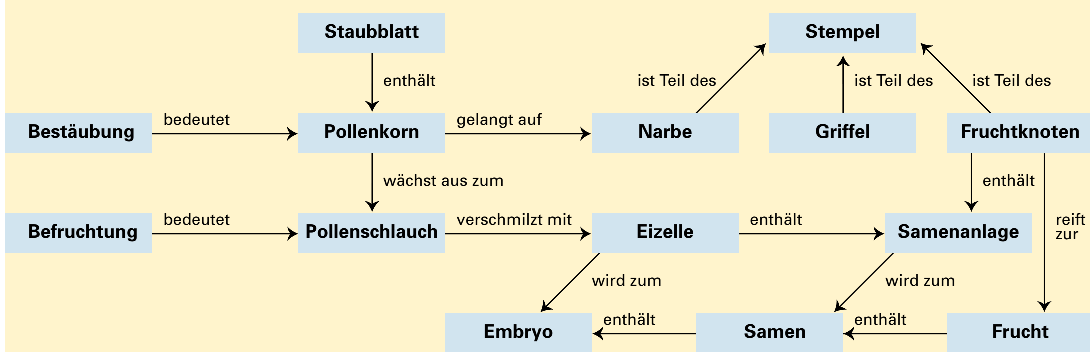
Alle hier blau gedruckten Begriffe waren von den Schülern einzufügen.

Beispiel eines Begriffnetzes (Concept-Map)

Concept-Map

Prinzip: Den Schülern werden Fachbegriffe ungeordnet angegeben. Die Aufgabe besteht darin, die Begriffe zu sortieren, anzuordnen und mittels beschrifteter Pfeile Beziehungen zwischen den Begriffen festzulegen.

Begriffsnetz »Fortpflanzung bei Samenpflanzen«



5. Vernetzende Aufgaben

Vertikale Vernetzung: Mathematik

Beispiel 1: Vertikal vernetzende Mathematik-Aufgabe

Die Aufgabe, die im Zentrum der im Folgenden beschriebenen Unterrichtsstunde steht, dient dazu, im Mathematikunterricht der 7. Jahrgangsstufe die Lerninhalte »Anwendungsaufgaben zu linearen Gleichungen und Ungleichungen« und »Prozentrechnung« zu vernetzen.

Lernziel

Lernziel: Die Schüler lernen das Umsetzen von Texten aus einem bekannten Sachzusammenhang in lineare Gleichungen und Ungleichungen. In der Angabe sind Prozentangaben enthalten, die richtig interpretiert und danach als Dezimalbruch in den x-Ansatz eingefügt werden müssen. Ergebnisse werden ebenfalls als Prozentsatz angegeben.

Grundwissen

Benötigtes Grundwissen:
Berechnung von Prozentwert,
Prozentsatz und Grundwert (Jgst. 6)
Rechnen mit Brüchen in Dezimalschreibweise (Jgst. 6)

Unterrichtsthema

Unterrichtsthema: Lineare Gleichungen und Ungleichungen

Unterrichtsablauf

Unterrichtsverlauf:
❶ Motivation: Eine bekannte Telefon-Gesellschaft wirbt mit dem Slogan »-8,4%« (Kopie eines Werbeprospektes). Die Schüler berichten aus ihren Erfahrungen über Gründe, warum das Telefonieren immer billiger wird.
❷ Bereitstellung von Grundwissen
In dieser ersten Phase werden die Grundlagen der Prozentrechnung wiederholt. Dies kann z. B. mit Hilfe eines Arbeitsblatts geschehen.
❸ Bearbeitung einer Sachaufgabe zu linearen Gleichungen und Ungleichungen:

Aufgabe

Familie Gruber überlegt, ob sie die Telefongesellschaft wechseln soll. Bei ihrem bisherigen Anbieter A mussten sie eine monatliche Grundgebühr von 22,50 DM und 0,12 DM pro Einheit bezahlen. Die Telefongesellschaft B verlangt zwar 41,20 DM Grundgebühr, jedoch nur 0,08 DM pro Einheit.

Familie Gruber erhofft sich durch den Wechsel eine monatliche Einsparung von mindestens 20% der Telefonkosten.
a) Wie viele Einheiten muss sie dafür monatlich mindestens verbrauchen? Stelle eine Ungleichung auf.
b) Wie viel Prozent beträgt die Ersparnis bei der doppelten Anzahl von Einheiten? Runde auf eine Dezimalstelle.
c) Kann die Telefongesellschaft B ihre Versprechung: »–50%« einhalten?

Horizontale Vernetzung: Mathematik und Biologie

Beispiel 2: Aufgaben zur horizontalen Vernetzung zwischen Mathematik und Biologie

Die folgenden Aufgaben können im Zusammenhang mit dem Erstellen und Auswerten von Termen im Mathematikunterricht der Jahrgangsstufe 7 eingesetzt werden.

Das Idealgewicht

Jedes übermäßig verzehrte Gramm Fett wird für Notzeiten im Körper gespeichert. Über Jahrmillionen war eine solche Fettreserve auch sinnvoll, da die Menschen immer wieder Hungerperioden zu überstehen hatten. Heute, im Zeitalter voller Kühlschränke und zahlreicher Fastfood-Ketten essen viele von uns zu viel und zu fettreich. Dies führt zu dem Problem, dass viele Menschen in den Industrienationen Übergewicht haben.

1. Eine alte Faustregel für die Bestimmung der idealen Körpermasse in kg lautet:

a) *für Männer:* **Körpermasse (in kg) = Körpergröße (in cm) – 100**
b) *für Frauen:* **Körpermasse (in kg) = [Körpergröße (in cm) – 100] abzüglich 10% davon**

→ **Aufgabe ❶**: Stelle für beide einen Term auf! *Aufgabenteil 1*

→ **Aufgabe ❷**: Bestimme für Jungen und Mädchen der Liste das Idealgewicht und stelle deine Daten tabellarisch in einem geeignet gewählten Gitternetz auf Millimeterpapier dar! *Aufgabenteil 2*

Ein Zehnjähriger	misst	etwa	1,45 m	Körpergröße
ein Elfjähriger	"	"	1,50 m	"
ein Zwölfjähriger	"	"	1,60 m	"
ein Dreizehnjähriger	"	"	1,65 m	"
ein Vierzehnjähriger	"	"	1,75 m	"
ein Zwanzigjähriger	"	"	1,80 m	"

2. In der internationalen Forschung hat man heute für die Erfassung des Übergewichts ein neues Maß entwickelt, den »body mass index« (kurz BMI). Er wird wie folgt berechnet:

$$\text{BMI} = \frac{\textbf{Körpermasse in kg}}{\textbf{Körpergröße in m} \times \textbf{Körpergröße in m}}$$

Der BMI soll zwischen 20 und 25 liegen.

Aufgabenteil 3

→ **Aufgabe ❸**: Berechne jetzt nach dem BMI die Grenzen, innerhalb derer sich das Idealgewicht für die obengenannten Personen befindet.
Trage die Grenzpunkte in das Gitternetz von Aufgabe 2 ein.
Überprüfe, ob die Gitterpunkte aus der Faustregel innerhalb der Grenzen des BMI liegen!

Aufgabenteil 4

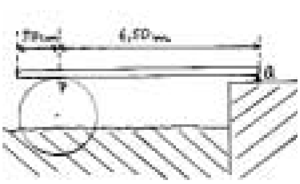
→ **Aufgabe ❹**: Berechne die Idealgewichte bzw. die Grenzwerte für den BMI für die Körpergrößen von 1,10 m bis 2 m im Abstand von 10 cm, trage sie, soweit nicht schon vorhanden, in die Graphik von Aufgabe 2 ein und verbinde die zusammengehörigen Werte!
Stelle für die Berechnung der oberen und unteren Grenzen der Körpermasse mittels des BMI entsprechende Terme auf!
Ab welcher Körpergröße wird die Faustregel nach dem BMI sinnlos?
Ermittle dies aus der Tabelle und dem Gitternetz!

Anmerkung: Aufgabe 4 führt bereits zur Schnittpunktbestimmung von linearen und quadratischen Funktionen.

Horizotale Vernetzung: Mathematik und Physik

Beispiel 3: Aufgabe zur horizontalen Vernetzung zwischen Mathematik und Physik

Die Aufgabe ist für den Einsatz im Mathematikunterricht der 10. Jahrgangsstufe vorgesehen und vernetzt die Inhalte Hebel, Kräfte, Auftrieb (Physik 8); Winkelfunktionen, Volumen von Rotationskörpern, Bogenmaß (Geometrie 10).



Am Ufer eines Gewässers schwimmt auf einem zylinderförmigen Fass (Radius 50 cm, Höhe 1,50 m, Masse 10 kg) ein Landesteg für Boote. Der Steg hat einen rechteckigen Grundriss und ist aus hölzernen Dielen gefertigt (Masse 200 kg, Schwerpunkt in der Mitte).
Wie tief taucht das Fass ins Wasser ein?

Lernen von der Schweiz? – Lernen von Deutschland?

Eindrücke von gegenseitigen Schulbesuchen mit Beobachtungen in den Fächern Mathematik und Physik

Hans Peter Dreyer, Rainer Koch, Gaudenz Pellizzari und Daniel Simonet (Kantonsschule Wattwil), Christoph Hammer, Rudolf Herbst, Susanne Holleitner, Erich Kollmann und Eckart Werner-Forster Max-Born-Gymnasium, Germering), Brigitte Kuhn und Jürgen Schläpfer (Sekundarschule Risi, Wattwil), Hubert Scheuerecker (Gymnasium Olching)

A. Vorbemerkungen

Durch die Ergebnisse der TIMS-Studie ist das Nachbarland Schweiz insbesondere bei den am BLK-Programm SINUS beteiligten Schulen in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Wie konnte es der Schweiz gelingen, der Phalanx der südostasiatischen Staaten Japan, Südkorea und Singapur Paroli zu bieten, während sich Deutschland mit einem Platz im Mittelfeld begnügen musste?

Das Max-Born-Gymnasium Germering als eine der Pilotschulen des BLK-Programms SINUS erhielt den Auftrag und die Mittel, dieser Frage einmal vor Ort auf der Ebene der Schulen nachzugehen. So kam es im Juli 2000 zu einem vorbereitenden Treffen des Netzwerkkoordinators Rudolf Herbst mit den beteiligten Kolleginnen und Kollegen in Wattwil/SG, dem Ende Oktober 2000 der Besuch einer Gruppe von fünf Germeringer Lehrerinnen und Lehrern sowie eines Kollegen des Gymnasiums Olching in Wattwil/SG und Wetzikon/ZH folgte. Der Gegenbesuch der Schweizer Kolleginnen und Kollegen in Germering fand dann im Februar 2001 statt. Eindrücke, vergleichende Anmerkungen und mögliche Folgerungen aus diesen Begegnungen mit den »fremden« Schulsystemen werden im Folgenden geschildert.

Die Eindrücke, die die deutsche Kollegin und die Kollegen in der Schweiz gesammelt haben, finden sich in Abschnitt B. Dieser Teil ist vor allem deshalb am umfangreichsten, weil hier auch Informationen über die Gegebenheiten des schweizerischen Schulsystems enthalten sind. Diese sind deswegen ausführlicher gehalten, weil die vorliegende Publikation vorwiegend in Deutschland ge-

lesen werden wird. Das Wissen über die Schullandschaft der Schweiz – wie auch aller anderen Nachbarländer – bewegt sich in Deutschland im Bereich von Null, ein Zustand, den dieser Artikel positiv verändern soll.
Abschnitt C fasst die Bemerkungen zusammen, die die schweizerischen Kollegen zum mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht am Germeringer Max-Born-Gymnasium – das hier einmal stellvertretend für »deutsche Verhältnisse« stehen soll – formuliert haben.
In Abschnitt D setzt sich Hans Peter Dreyer speziell mit dem Physikunterricht in Deutschland und der Schweiz auseinander. Brigitte Kuhn beleuchtet in Abschnitt E die Situation der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer im Kanton St. Gallen auf der Sekundarstufe I.
Die Ergebnisse einer Befragung deutscher und schweizerischer Lehrer zum Thema: »Bei der TIMS-Studie hat die Schweiz deutlich besser abgeschnitten als Deutschland. Meiner Ansicht nach hatte dies u. a. folgende Gründe...« werden im Abschnitt F aufgeführt.
Abschnitt G schließlich enthält den Versuch einer zusammenfassenden Wertung, angereichert durch Gedanken, die auf mögliche Folgerungen zielen, die sich aus den Beobachtungen im jeweiligen Nachbarland ergeben.

B. Notizen während des deutschen Besuchs in der Schweiz

1. Die Schullaufbahn in den deutschsprachigen Kantonen

Die Schüler besuchen in den meisten Kantonen nach sechs Jahren Primarschule obligatorisch drei Jahre lang die Sekundarschule; die leistungsstärkeren Schüler treten für zwei Jahre in die Vorbereitungsstufe der Maturitätsabteilung ein. Etwa 60 % der Bewerberinnen und Bewerber bestehen dann die Aufnahmeprüfung in die »Mittelschule«, die vier Jahre dauert und etwa der deutschen Oberstufe entspricht. Die Mittelschule wird auch Kantonsschule, Gymnasium oder Maturitätsschule genannt. Die Aufnahmeprüfung besteht aus Prüfungen in den Fächern Deutsch, Französisch und Mathematik[1]. Bemerkenswert ist, dass die Mathematiknote mit 50 % in das Endergebnis eingeht. Diese hohe Gewichtung allein bedingt wohl, dass die Schüler dieses Fach in der Vorbereitungsphase besonders ernst nehmen. Vermutlich ist schon allein diese Tatsache ein beträchtlicher Teil der Erklärung für das gute Abschneiden der Schweiz bei TIMSS.
Nach zwölf Schuljahren wird das Abitur, die »Matura«, abgelegt. Rund 20 % eines Jahrgangs schließen mit der Matura ab. Bemerkenswert ist auch, dass es in der Maturitätsabteilung wenig Repetenten gibt, sondern dass schon vorher bei Leistungsschwäche ein »freiwilliger« Rücktritt erfolgt.

1_Die Prüfungsfragen der letzten vier Jahre können im Internet abgerufen werden unter **www.ksbg.ch.**

2. Die Schüler

Allgemeines

Die Schüler haben zwischen 33 und 37 Wochenstunden Unterricht, in Wattwil oft auch samstags. Die Schulen sind als Ganztagesschulen konzipiert. In Zwischenstunden arbeiten die Schüler selbstständig in der Bibliothek, im Computerraum oder einfach in den geräumigen Gängen. Infolge der hohen Wochenstundenzahl und der Belastung durch Hausaufgaben und Unterrichts-Nachbereitung (siehe die folgenden Interviews) kommt es nicht oft vor, dass schweizerische Schüler Jobs zum Geldverdienen nachgehen. Ihr Hauptberuf ist die Schule.

Erfahrungen aus einem Interview mit zwei schweizerischen Neuntklässlerinnen

Frage: »Wie sollte ein guter Lehrer sein?« – Antworten: »Sein Unterricht sollte gut strukturiert sein!« – »Lehrer sollen freundlich sein, aber lieber nicht zu nett, sonst plaudern sie zu viel und bringen uns nichts bei.«
Frage: »Wann macht Ihr Hausaufgaben und warum macht Ihr sie?« Antwort: »Die Hausaufgaben machen wir meist erst nach Schulschluss, d. h. an drei der sechs Schultage erst nach 17 Uhr. Warum sollten wir sie nicht machen, wir wollen doch etwas lernen!«

Erfahrungen aus einem Interview mit drei schweizerischen Elftklässlerinnen

Nach einer Unterrichtsstunde im Fach Mathematik, die nach unserer Einschätzung ein sehr hohes Anspruchsniveau zeigte: Frage: »Haben Sie in dieser Mathematikstunde alles verstanden?« – Antwort: »Nein, aber wir werden es dann zu Hause nacharbeiten, denn wir brauchen es ja!«
Bei allen Antworten war eine sehr selbstverständlich wirkende Eigenverantwortung für das eigene Lernen zu spüren. Nicht dem Lehrer wurde von den Elftklässlerinnen die Schuld in irgendeiner Form zugeschoben, sondern es wurde – mit viel Selbstvertrauen – darauf gesetzt, man werde sich den Stoff mit geeigneten Hilfsmitteln wie Büchern, dem Stundenskript oder mit Hilfe von Klassenkameraden schon aneignen können.

3. Die Lehrerinnen und Lehrer

Die wöchentliche Arbeitszeit beträgt in der Regel 23 Lektionen[2]; an einem Tag sind bis zu zehn Lektionen möglich. Für etwa 900 Schüler an der Kantonsschule Wattwil gibt es etwa 100 Lehrerinnen und Lehrer.
Nach unserem Eindruck unterhalten die schweizerischen Kollegen ein eher distanziertes Verhältnis zu ihren Schülern, private Dinge interessieren sie kaum. Ihrer Aussage nach wissen sie auch wenig über ihre Schüler, was sie aber auch nicht als Manko empfinden.
Die Betreuung des Materials in den Fachräumen – z. B. der Physik – übernimmt ein fest angestellter Assistent, der auch für den Aufbau von Experimenten zur Verfügung steht.
Im Erziehungs- und Unterrichtsbereich kennt die Schweiz kein Beamtentum. Die Lehrerinnen und Lehrer an der Mittelschule

2_Beschrieben wird hier die Situation der Gymnasial-Lehrkräfte; die Sekundarlehrer haben nicht nur mehr Pflichtlektionen (28); sie verdienen auch um einiges weniger. Auch haben sie einen anderen Ausbildungsweg.

sind besonders in der Mathematik Ein-Fach-Lehrer. D. h. ein Mathematik-Kollege ist in der Regel ein Diplom-Mathematiker, der sich in zusätzlichen Vorlesungen für das Lehramt qualifiziert hat. In einem Praktikum muss er in 24 Lektionen hospitieren und 24 Lektionen selbst unterrichten. Zwei Prüfungen und zwei Prüfungslektionen sind als Befähigungsnachweis vorgesehen. (Anmerkung: Auf Grund aktueller Bestrebungen soll die Zusatzausbildung verlängert werden.)
Es gibt drei Einstellungs- bzw. Beförderungsebenen. Ein »frischer« Lehrer verdient etwa 70 000 Franken, ein »gestandener« 140 000 Franken. Davon gehen ca. 20 % für Altersvorsorge etc. ab. Um einen besseren Vergleich zu ermöglichen: Die Steuern sind in der Schweiz niedriger als in Deutschland, die Lebenshaltungskosten höher. So kostet eine 100 m²- Wohnung auf dem Land etwa 2 000 Franken Monatsmiete und die Krankenkasse für eine vierköpfige Familie etwa 1 000 Franken.
Die Schweizer Kolleginnen und Kollegen am Gymnasium erhalten als Hauptlehrer nach insgesamt mindestens 10 Dienstjahren, also etwa im Alter von 40 Jahren, die Möglichkeit, sich für ein halbes Jahr bei vollen Bezügen fortzubilden. So haben zwei der schweizerischen Kollegen, die an unserem Austausch beteiligt sind, dieses halbe Jahr jeweils zu einem Forschungsaufenthalt an amerikanischen Universitäten genutzt.
An der Sekundarschule gibt es einmal im Monat einen »Konvent«, bei dem beispielsweise darüber diskutiert wird, ob an der Schule mehr oder weniger Projekte durchgeführt werden sollen. Ein Dauerthema ist die Fortentwicklung des eigenen Leitbilds. So kommt es vor, dass das Kollegium sich auch einmal für ein Wochenende zurückzieht, um konzeptionelle Schwerpunktsetzungen zu besprechen. Generell – so ist unser Eindruck – genießt das Gespräch unter Kollegen in der Schweiz einen höheren Stellenwert.
Intensive Gesprächsrunden finden auch statt, um die sehr allgemein gehaltenen kantonalen Lehrpläne für die einzelne Schule umzusetzen. Vor allem im Fach Mathematik hat die Tatsache, dass jede Schule eigene Schwerpunkte setzt, zur Folge, dass jede Lehrkraft ihr eigenes detailliertes und umfangreiches Skript erstellt, das dann auch (so z. B. an der Sekundarschule Risi in Form von Theorie- oder Arbeitsblättern) an die Schüler ausgegeben wird. Teilweise sind in diesen Skripten auch bereits die Lösungen der Aufgaben abgedruckt.
Die Verwendung eines Lehrbuchs ist also die Ausnahme. Im Übrigen unterliegen die Lehrbücher in der Schweiz keinerlei Zulassungsverfahren; die Auswahl ist allein in die Verantwortung des Lehrers gestellt (Zitat eines schweizerischen Kollegen: »Schließlich sind wir Profis!«).
Üblich ist dagegen – auch und gerade im Fach Physik – die Beschaffung von Aufgabensammlungen durch die Schüler.
Es gibt also auch an einer Schule keine einheitlichen Lehrmittel für ein bestimmtes Fach. Viele Lehrer an größeren Gymnasien wissen noch nicht einmal, mit welchen Unterrichtsmaterialien der Kollege unterrichtet. Allerdings sucht man in der Schweiz als Folge der offen gehaltenen Lehrpläne eher nach Orientierung und findet sie z. T. in den deutschen Lehrbüchern. Spöttisch und mahnend wird die Deutschschweiz denn auch schon einmal als »Klettgau« bezeichnet.

4. Die Schulleitung der Kantonsschulen

Nach unseren Recherchen ist der Schulleiter einer Mittelschule sehr frei in seinen Entscheidungen. Er ist nur der Kantonsbehörde verpflichtet, die alle Schulangelegenheiten regelt einschließlich Lehrerbesoldung, Lehrplan und Aufgaben für das Aufnahmeverfahren. Lehrerstellen werden ausgeschrieben; die Einstellung erfolgt durch den Schulleiter. Dabei wird neben der fachlichen Qualifikation – so der Schulleiter der Kantonsschule Wattwil – insbesondere auch darauf geachtet, ob der neue Kollege oder die neue Kollegin auch zum bestehenden Kollegium »passt«. Als Konsequenz scheint in den schweizerischen Kollegien in viel höherem Maße als das in deutschen Kollegien der Fall ist, Konsens zu herrschen, was wohl auch in vielen Fällen die Entscheidungsfindung erleichtert.
Bemerkenswert erscheint auch eine Facette der Antwort, die uns der Schulleiter auf die Frage nach der Bedeutung von Quality Management an seiner Schule gab: »Bei QM geht es uns auch darum, für die Lehrerinnen und Lehrer Lebensqualität an der Schule zu schaffen.«
Der Chef bestimmt auch weitgehend das Schulprofil und die Zielsetzungen seiner Schule. So werden in Wattwil vom jährlichen Kontingent in Höhe von 19 Millionen Franken immerhin 1,8 Millionen Franken schwerpunktmäßig dem Fach Musik gewidmet. Dafür finden sich an der Schule renommierte Musik-Pädagogen, an die 20 Musik-Übungsräume; Chor und Orchester unternehmen Auslandsreisen auch in andere Kontinente... Nicht zuletzt wurde die kleine Delegation von Mathematikern und Physikern aus Deutschland mit einem Ständchen begrüßt ...

5. Die Schulgebäude

Beim Gang durch die Schulgebäude fällt das im Vergleich zu Deutschland viel großzügigere Platzangebot auf. Schon dadurch werden z. B. Rempeleien zwischen Schülern so gut wie nie beobachtet. An vielen Stellen im Schulhaus finden sich Sitzecken und Arbeitsmöglichkeiten. Die Klassenzimmer werden nicht abgesperrt. Die Pausenbereiche sind flächenmäßig sehr großzügig gestaltet. Es gibt keine Pausenaufsichten; auch beim Mittagessen in der Mensa gibt es keine Aufsicht; dennoch geht es absolut friedlich zu; der »Lärmpegel« erinnert eher an ein gepflegtes Restaurant. Die Schüler lassen die Esstische sauber und aufgeräumt zurück und werfen auch nichts auf den Boden. Das Schulhaus ist den ganzen Tag über sauber, ohne dass eine Putzfirma »eingreift«. Erst abends tritt ein Putzdienst in Aktion. Kaugummi kauen im Unterricht, Trinken oder Essen während des Unterrichts ist nicht erlaubt. Man sieht dort auch keine Nahrungsmittel oder zurückgelassene leere Flaschen. Gegessen und getrunken wird nur in der Schulhalle beim Eingang. Pausenverkauf findet nur während der Pause oder in der Mensa in der Mittagszeit statt.
Rauchen ist im Schulhaus untersagt. Vor dem Schulgebäude darf geraucht werden.

6. Der Unterricht

Nach unseren Beobachtungen während etwa zwölf Lektionen Mathematik und Physik ist die vorherrschende Unterrichtsmethode Frontalunterricht, zumindest im ersten Teil einer Schulstunde. Nur Schüler, die sich melden (das waren etwa fünf pro Unterrichtsstunde) werden auch aufgerufen. Alle anderen kommen nicht zu Wort und wollen auch nicht zu Wort kommen.
Während der Lehrer oder die Schüler sprechen, ist es sehr ruhig im Klassenzimmer; die Aussagen werden von den Zuhörenden nicht kommentiert, auch wird sehr selten eine Zwischenfrage gestellt oder einfach hineingerufen. Nach unserem Eindruck werden in der Schweiz mehr echte Fragen gestellt, in Bayern mehr unechte.
Daher kommt es in der Schweiz auch häufiger vor, dass die Lehrerfrage erst nach einigen Minuten Schweigen beantwortet wird.
Die Tafelbilder sind häufig sehr sparsam, theoretische Teile werden zuweilen nur mündlich vorgetragen, was eine außergewöhnliche Konzentration der Schüler erfordert, die diese aber augenscheinlich aufzubringen vermögen. Verständnis- und Fertigkeitsdefizite werden wie selbstverständlich und meist auch ohne Murren zu Hause so weit wie möglich ausgebügelt.
Nach der Darstellung des neuen Stoffes bekommen die Schüler Aufgaben gestellt, die sie selbstständig bearbeiten. Der Lehrer geht herum, um Einzelfragen zu klären. Die Schüler verwenden ihre Bücher, Hefte und die Formelsammlung, die stets griffbereit auf den Tischen liegen, um die Lösung zu finden. Laut Aussage der Schüler ist es auch selbstverständlich, dass die alten Hefte aus den Vorjahren aufgehoben werden, um gegebenenfalls den Stoff nachschauen zu können. Auch können sich die Schüler mit ihren Nachbarn leise über die Lösungsstrategie der Aufgaben unterhalten. Insgesamt ist der Unterricht geprägt von einer ausgesprochenen Arbeitsatmosphäre.
Diese Arbeitsatmosphäre wird nach unseren Beobachtungen auch dadurch gefördert, dass zwischen allen Unterrichtsstunden eine mindestens fünf Minuten dauernde Pause liegt[3]. So ist ein pünktlicher Stundenbeginn, der die optimale Ausnutzung der Unterrichtszeit ermöglicht, jederzeit gewährleistet. In der Fünf-Minuten-Pause können die Schüler problemlos Raumwechsel vornehmen, auch wenn sich Fachräume in entlegenen Teilen des Schulgebäudes befinden. Der Gong, der das Ende der Pause markiert, ist das selbstverständlich von allen akzeptierte und respektierte Zeichen zum Unterrichtsbeginn. Die zum Unterricht benötigten Materialien liegen griffbereit auf dem Tisch, die Gespräche sind verstummt, der interessierte Blick ist mehrheitlich der Lehrerin oder dem Lehrer zugewandt.
Vor Klausuren wird im Allgemeinen keine Wiederholungs- und Fragestunde vorgeschaltet.
Aufgaben sind meist praxisbezogen. Aber es wird insbesondere auch Wert auf die Beherrschung von Grundaufgaben und Grundkenntnissen gelegt.
In den von uns besuchten Mathematik-Stunden wurden keine Lehrbücher verwendet. Es ist in Wattwil und Wetzikon üblich, dass die Mathematik-Lehrkräfte ihre eigenen Skripte verfassen, die sie bereits zu Schuljahresbeginn an die Schüler herausgeben und die damit die Grundlage des Unterrichts bilden. Einer der Vorteile dieses Verfahrens ist, dass langwieriges Übertragen von Formeln und Texten von der Tafel in das Heft überflüssig wird. Entscheidend scheint uns aber zu sein, dass die Schüler in ihr eigenes Skript hineinschreiben und wichtige Passagen markieren können und so dieses Skript von einem zunächst fremden Text zu ihrer eigenen Dokumentation des Stoffes mutiert, sie also nach und nach von diesem Text quasi Besitz ergreifen.
Die Kantone leisten sich kleine Klassen: »Bei mehr als 25 Schülern in einer Klasse würde ich meinen Job hinschmeißen!«, so ein schweizerischer Kollege. Die typische Schülerzahl in den von uns besuchten Klassen lag zwischen 17 und 23; die Atmosphäre war entsprechend familiär, ein »Verstecken in der letzten Reihe« gab es in keinem Fall. Hier, in der Zahl der Schüler pro Klasse, liegt sicher auch eine der Ursachen für den Erfolg des schweizerischen Gymnasiums.
Das Selbstverständnis der schweizerischen Mathematiklehrer beleuchtet auch das folgende Zitat eines schweizerischen Kollegen: »Unser Ziel ist es, die Schüler zu selbstständigem Arbeiten anzuleiten. Sie sollen in der Lage sein, selbstständig verschiedene Hilfsmittel zum Lösen von Aufgaben und Problemstellungen einzusetzen, etwa Taschenrechner, Formelsammlung, zusätzliche Literatur. Die Schüler sollen verschiedene Methoden zum Lösen von Problemen vermittelt bekommen oder sich selbst erarbeiten. Die Mathematiklehrer der Kanti Wattwil verwenden als Unterrichtsstil vor allem (und dies auch raumbedingt) den Frontalunterricht, versehen mit relativ langen Übungsphasen. In diesen Übungsphasen gehen sie auf die individuellen Probleme von Schülern ein.«
Auf die Frage, was die Schüler denn am Ende beherrschen sollen, sagt er: »Bei dem Ziel, das wir erreichen wollen, geht es nicht um Wissen *oder* Fertigkeiten, sondern um Wissen *und* Fertigkeiten.«
Aus der »Küche« der Kantonsschule Zürcher Oberland in Wetzikon stammen drei im Literaturanhang aufgeführte Publikationen der Autoren Peter Gallin und Urs Ruf, die die dortige Grundhaltung beim Unterrichten von Mathematik verdeutlichen. Die Idee der »Lerntagebücher« hat ja inzwischen auch diesseits des Rheins einige Verbreitung gefunden, so auch – mit offensichtlichem Erfolg und mit zunehmendem Enthusiasmus seitens der involvierten Lehrkräfte – an den SINUS-Schulen unseres Sets.

3_Auch Untersuchungen der neueren Hirnforschung zeigen, dass das Gehirn, soll es sich hintereinander mit ganz verschiedenen Dingen – in diesem Fall Unterrichtsfächer – beschäftigen, eine Anpassungszeit benötigt. Dies gilt umso mehr, je faszinierender die vorangegangene Unterrichtsstunde war. (Reinhold Miller, persönliche Mitteilung).

7. Leistungserhebungen

Schon Albert Einstein – der ja bekanntlich von München nach Aarau umzog – hat sich über die damaligen Schulsysteme der beiden Länder geäußert, wobei er für die Schweiz nur lobende Worte fand, insbesondere was den Umgang mit Noten anging[4]. Es werden etwa so viele Schulaufgaben pro Semester geschrieben wie Schulstunden pro Woche existieren. Für die mündlichen Noten gibt es keine genaue Regelung. Die Schulordnung besagt sinngemäß lediglich: Die mündlichen Leistungen sind zu berücksichtigen. In Wattwil gibt es kaum einen Mathematiklehrer, der mündliche Noten macht (»Zu viel Stress für Schüler und Lehrer«, »Das tu ich mir nicht an«) im Gegensatz zu Wetzikon.

4_Friedrich Herneck: **Einstein und sein Weltbild**, Buchverlag Der Morgen, Berlin (1976)

8. Mathematik – ein konkretes Stundenbeispiel

Einführung der Potenzen und Rechnen mit Potenzen

10. Klasse Diplommittelschule (Abschluss erlaubt den Zugang zur Fachhochschule)

Stundenverlauf	Bemerkungen
Der Lehrer definiert die Begriffe Basis, Exponent, Potenz Die Schüler lesen im Skript mit: $a \cdot a \cdot a \cdot \ldots \cdot a = a^n$ (n Faktoren)	*Start mit Definition und Begriffen. Skripte sind absolut gebräuchlich in Mathematik; in Physik eher das Lehrbuch.*
1. Beispiel: Der Lehrer erinnert daran, dass die Schüler Potenzen schon kennen. Schüler schweigen. Er erinnert an die Physik. Ein Schüler nennt den Vorsatz kilo. Der Lehrer erfragt die zugehörige Zehnerpotenz 10^3. Dasselbe mit Mega, dezi, centi.	*Querverweis zu anderen Fächern*
2. Beispiel: Der Lehrer zeichnet vier Platzhalter an die Tafel. ( )( )( )( ) Sie sollen mit zwei Buchstaben 0 und 1 belegt werden. Wie viel solche »Wörter« kann man schreiben? Nach einigen Sekunden Schweigen: 2^4 Er notiert $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2$ unter die Kästchen.	*Offensichtlich denken die Schüler angestrengt mit. Es gibt keine Herleitung.*
3. Beispiel: Dasselbe mit 3 Buchstaben -1, 0, 1.	*Viele Schüler erfassen dies jetzt. Erneut keine Herleitung.*
4. Beispiel: Acht Kästchen, die ersten vier mit 0, 1 zu belegen, die letzten vier mit -1, 0, 1. Ein Schüler: 2^4 und 3^4 Der Lehrer: Ich schreibe, was du sagst: $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 + 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3$. Der Schüler verbessert sich: Nein, mal. Der Lehrer verbessert den Anschrieb.	*Ohne Erklärung.*

➔ ***Dauer: ca. 10 min***

Beispielaufgaben Der Lehrer liest einige Beispielrechnungen zur Behandlung von Minuszeichen, zur Addition von Potenzen usw. aus dem Skript vor z. B. $(-5)^3$. Die Schüler markieren den Text.	*Es wird nichts gemeinsam erarbeitet oder errechnet. Es ist halt so. Es muss nur gelernt werden.*
Der Lehrer fordert auf, eine Potenz mit dem Taschenrechner zu errechnen. Die Schüler helfen sich gegenseitig, die richtige Taste y^x zu finden. Der Lehrer weist darauf hin, dass die x^2 Taste nicht hilft.	*Eifriges Herumprobieren und -schauen, ob der Nachbar schon etwas weiß und helfen kann.*
Der Lehrer lässt weitere Beispielaufgaben durchlesen.	*Die Schüler lesen konzentriert.*

➔ ***Dauer: wenige Minuten***

Übungsphase Der Lehrer lässt anspruchsvolle Aufgaben aus dem Skript rechnen, die z. T. über den besprochenen Stoff und die Beispielaufgaben hinausgehen.	*Das Anforderungsniveau im Vergleich zum vermittelten Stoff erscheint uns oft sehr hoch.*
Die Schüler rechnen engagiert. Sie besprechen mit Nachbarn den Rechenweg. Sie gehen umständliche Rechenwege. Sie kontrollieren ihr Ergebnis mit einem Lösungsblatt, das keinen Rechenweg enthält und überprüfen bei Fehlern ihren Rechenweg.	*Die Schüler setzen sich sehr ein. Sie suchen sich Hilfe. Sie arbeiten eigenständig. Sie kontrollieren sich selbst.*
Sie greifen auf Vorwissen aus der 6. Klasse zurück. (z. B. $(-abc)^6 = a^6b^6c^6$ auf meine Nachfrage: Minus fällt weg wegen des geraden Exponenten. Warum nicht $(abc)^6$? Das haben wir in der 6. gelernt.) Sie setzen den Taschenrechner ein. (z. B. $x^7 + x^7 + x^7 + x^7$ es wird 2 für x eingesetzt und erstes Ergebnis x^{28} falsifiziert, das richtige Ergebnis erschlossen). Der Lehrer geht herum und gibt individuelle Hilfestellungen.	*Sie suchen sich Informationen selbst aus Beispielaufgaben, Skript, Formelsammlung, Büchern, Lexika.*
Stundenabschluss Der Lehrer stellt die Frage, ob $5^2 + 7^2 = (5 + 7)^2$ und beantwortet sie selbst durch Nachrechnen. Dann teilt er mit: $7^2 \cdot 5^2 = (7 \cdot 5)^2$ ist erlaubt.	*Kein Beweis!*
Hausaufgabe Es gibt viele Hausaufgaben.	*Besprochen werden nur die Hausaufgaben, bei denen die Schüler zu Stundenbeginn Fragen äußern.*

➔ ***Dauer: ca. 20 min***

Zusammenfassung typischer Muster aus dieser und anderen Unterrichtsstunden

➔ Die Schüler arbeiten sehr eigenständig. Sie begreifen die Schule als Chance, die sie nutzen wollen. Sie gehen davon aus, dass sie sich Inhalte erarbeiten müssen, sie erwarten nicht, dass sie ihnen (womöglich kleinschrittig argumentierend) dargeboten werden. Haben sie im Unterricht etwas nicht erfasst, begreifen sie es als ihre Hausaufgabe, dies nachzulernen.

➔ Die Schüler verfügen über zahlreiche Hilfsmittel, um selbstständig Aufgaben zu lösen: Taschenrechner, Buch, Skript, Beispielaufgaben, Rückgriff auf frühere Jahre (auch »alte« Schulhefte), Formelsammlung, Lexikon, Klassenkameraden, Lösungsblatt (an Hand der Lösung wird der Lösungsweg rekonstruiert), ... und nutzen diese Hilfsmittel gezielt. Die Frage an den Lehrer spielt eine ganz untergeordnete Rolle, sie ist eher ultima ratio.

➔ Die Schüler antworten meist in kompletten deutschen Sätzen.

➔ Für uns mit der auffälligste Unterschied zwischen »deutschem« und »schweizerischem« Unterricht: Neue Inhalte werden in der Schweiz nicht kleinschrittig erläutert.

➔ Es dominieren anspruchsvolle Fragen, die zum Überlegen zwingen. Der Lehrer gibt erst nach längerer Nachdenkzeit Lösungshilfen.

➔ Wo immer möglich, gibt es Querverweise zu anderen Fächern; Präkonzepte werden aktiviert.

➔ Der Übungsteil nimmt breiten Raum ein (ca. 2/3 der Zeit).

➔ Im Übungsteil erarbeiten sich die Schüler neue Lerninhalte »nebenbei«.

➔ Die Schüler kontrollieren ihre Ergebnisse selbst (Ergebnis im Skript angegeben, Vergleich mit dem Nachbarn).

➔ Das fachliche Niveau ist hoch (»Förderung durch Forderung«). Nach Aussagen der Kollegin von der Sekundarschule trifft dies aber erst für die Mittelschule zu. In der Primar- und Sekundarschule ist das Anspruchsniveau deutlich niedriger, allerdings findet dort gezieltes Methodentraining statt.

Von daher kommt wohl auch die von uns beobachtete Selbstständigkeit der Schüler.

➔ Auf den ersten Blick erscheint die Methodik der schweizerischen Kollegen nicht sehr abwechslungsreich, bei genauerem Hinsehen stellt man jedoch fest, dass ein häufiger Wechsel zwischen lehrerzentrierten und echt schülerzentrierten Phasen stattfindet. Unser tradierter Unterrichtsstil ist nur scheinbar ähnlich: die schülerzentrierten Phasen beschränken sich auf sehr kurze Aufträge (Fragen) und/oder wenige bzw. einzelne Schüler.

Soweit eine Beurteilung nach den wenigen besuchten Unterrichtsstunden und der geringen Zahl der dabei begutachteten Klassen möglich ist, stellen wir übereinstimmend fest: Der Lernerfolg, der bei den schweizerischen Schülern zu beobachten ist, ist ausgesprochen gut.

Unsere Fragen nach der selbstverständlichen Disziplin und dennoch lockeren Atmosphäre in den Klassen wird von den schweizerischen Kollegen so beantwortet: »Das erste halbe Jahr, wenn sie zu uns kommen, sind wir schon auch mal mit disziplinarischen Maßnahmen beschäftigt.« Immerhin gibt es durchaus auch Absenzenprobleme mit einzelnen Schülern im letzten Jahr vor der Matura.

9. Beobachtungen aus dem Physikunterricht

Die für uns wichtigste Feststellung aus dem Mathematik-Unterricht gilt in gleichem Maße auch für den Unterricht im Fach Physik und soll daher hier als Punkt eins wiederholt werden:

➔ Die Schüler arbeiten sehr eigenständig. Sie begreifen die Schule als Chance, die sie nutzen wollen. Sie gehen davon aus, dass sie sich Inhalte erarbeiten müssen; sie erwarten nicht, dass sie ihnen (womöglich

kleinschrittig argumentierend) dargeboten werden. Haben sie im Unterricht etwas nicht erfasst, begreifen sie es als ihre selbstverständliche Hausaufgabe, dies nachzulernen.

➔ Die Schüler verfügen über zahlreiche Hilfsmittel, um selbstständig Aufgaben zu lösen: Taschenrechner, Buch, Skript, Beispielaufgaben, Rückgriff auf frühere Jahre (auch »alte« Schulhefte), Formelsammlung, Lexikon, Klassenkameraden, Lösungsblatt (an Hand der Lösung wird der Lösungsweg rekonstruiert), ... und nutzen diese Hilfsmittel gezielt. Die Frage an den Lehrer spielt eine untergeordnete Rolle.

➔ Wo der Lehrer aktiv ist, gibt er zahlreiche Querverweise (z. B. als die Geschwindigkeit 340 m/s auftritt, wird die Schallgeschwindigkeit zitiert, die nichts mit der Aufgabe zu tun hat), zahlreiche technische Modelle machen die Runde, historische Einordnung, Verweis auf die Chemie, Fotos, intensive Nutzung von Buch oder Skript.

➔ Es werden sehr anspruchsvolle Fragen gestellt (z. B. gegeben ist eine Wand mit Fläche A, Dicke d, Wärmeleitzahl λ, Temperaturunterschied T_2 zu T_1. Stellen Sie eine Formel auf, die angibt, wie die fließende Wärmemenge von diesen Größen abhängt). Der Lehrer lässt viel Zeit, die Schüler überlegen intensiv und diskutieren darüber...; erst nach langer Zeit gibt der Lehrer Hilfestellungen für alle.

➔ Die Schüler übernehmen Verantwortung für den Unterricht. Z. B. beobachteten wir einen »Postenlauf«, bei dem je zwei Schüler ein vom Lehrer aufgebautes Experiment anhand einer (relativ kleinschrittigen) Anleitung durchführten. Die zweite Hälfte der Klasse löste derweilen einige Aufgaben außerhalb des Übungsraumes. Für die nächste Stunde war ein 5-minütiger Vortrag vorzubereiten, mit dem alle Schüler über das Experiment und die Ergebnisse informiert werden sollten. Die Schüler der zweite Hälfte experimentierten in der zweiten Stunde (Doppelstunde), sie hatten ein handout ihres Versuches für alle Mitschüler zu erstellen.

➔ Für uns der auffälligste Unterschied zwischen »deutschem« und »schweizerischem« Unterricht: Neue Inhalte werden in der Schweiz nicht kleinschrittig erläutert.

➔ Es dominieren anspruchsvolle Fragen, die zum Überlegen zwingen. Der Lehrer gibt erst nach längerer Zeit Lösungshilfen.

➔ Eigenständiges Arbeiten kann auch durch scheinbare Kleinigkeiten gefördert werden: Als ein Schüler in einer 9. Klasse das - hier nicht angebrachte - Stichwort »Hygrometer« in die Diskussion einbrachte, fragte der Lehrer zurück, was denn ein Hygrometer sei. Der Schüler konnte keine Erklärung liefern und erhielt sogleich den Auftrag, sich im Lexikon zu informieren und fünf Minuten später die Klasse über das Ergebnis zu unterrichten. Bemerkenswert: In jedem Physiksaal steht ein solches Lexikon griffbereit, eine Idee, die wir – nach Deutschland zurückgekehrt – sogleich an der eigenen Schule realisiert haben.

Wie beim Mathematik-Unterricht gilt auch hier: Nach unserem Eindruck ist der Lernerfolg bei den Schülern gut.

10. Selbstständiges Arbeiten im Physikpraktikum

In welch intensiver Weise das eigenverantwortliche Arbeiten gefördert werden kann, zeigt der von der Kantonsschule Wattwil stammende Auszug aus der

Anleitung zum Physik-Praktikum Teil II

Zielsetzung: Erforsche selber etwas (Kleines)

»Forschen« meint eigentlich, »etwas Unbekanntes erkunden«. Im engen Rahmen eines Mittelschulpraktikums ist also keine echte Forschung möglich. (...)
Mit der Dauer des Praktikums muss Eure Selbstständigkeit zu- und meine Leitung abnehmen. Aus organisatorischen Gründen (vorhandenes Material, beschränkte Zeit für Beratung) gebe ich Euch für die selbstständige Arbeit eine begrenzte Reihe von Themen mit stichwortartigen Teilzielen vor. Sie ist nach Schwierigkeit gegliedert.
Im Gegensatz zum ersten Teil des Praktikums schreibe ich Euch nicht vor, was Ihr tun sollt. Ihr müsst also selber sinnvolle Fragestellungen finden. Selbstverständlich stehe ich für Auskünfte zur Verfügung. Ich erwarte aber, dass Ihr zuerst Eure Physikbücher und weitere Informationsquellen benützt. Zu allen Themen gibt es auch Informationen in den Medien. Hilfreicher als Radio und Fernsehen sind das Internet, Bücher und Zeitschriften, aus denen Ihr Artikel kopieren und in Eurer Laborjournal kleben könnt.
Es geht auch darum zu lernen, selbstständig die Zeit zu planen. Daher die Vorbereitungsaufgaben! Eine selbstständige Arbeit ist im Laborjournal besonders gut zu dokumentieren. Als Zusammenfassung und Bilanz für Euch und mich dient der Schlussbericht.

Das Laborjournal

Im Laborjounal (Tagebuch, daher mit Datumsangabe) ist möglichst alles festgehalten, was Ihr an einem bestimmten Tag gearbeitet habt. Wie der Name sagt, ist es ein Heft, keine Loseblattsammlung! Es beginnt mit einer Kopie des Arbeitsplans der Vorbereitungsaufgaben.
Sehr wichtig ist es, die Versuchsaufbauten so zu dokumentieren (z. B. durch das Schaltschema mit Angabe 6V/0,5A bei einer Glühlampe), dass Ihr das Experiment im nächsten Praktikum, zwei Wochen später – oder sogar erst nach den Ferien – fortsetzen und im Zweifelsfall sogar nach Monaten rekonstruieren könnt. Natürlich schreibt Ihr die Messwerte unverfälscht ins Journal. Bleistift ist zweckmäßig. Deshalb braucht und kann das Journal nicht druckreif auszusehen. Schreibt auf, was Ihr untersuchen wollt und was Ihr erwartet. Kommentiert unbedingt Ergebnisse, die Ihr nicht erwartet habt. Versuchsanleitungen, technische Unterlagen vom Gerätehersteller usw. ergänzen das Journal.
Führt es abwechslungsweise, damit Ihr sowohl das Experimentieren als auch das Dokumentieren übt! Radiert nicht, damit keine Information verschwindet. Etwas Falsches könnt Ihr durchstreichen. Sollte sich eine Information später doch als nützlich erweisen, ist sie immer noch da. Das Journal dient als Grundlage für die Abfassung des Praktikumsberichts. Ihr gebt es mit dem Praktikumsbericht ab.

Der Praktikumsbericht

Im Praktikumsbericht gebt Ihr Euch selber und mir (und anderen) Rechenschaft über die geleistete Arbeit. Dabei soll nicht bloß die Frage: »Was haben wir getan?«, sondern auch Fragen wie »Was wollten wir erreichen?«, »Wie erfolgreich sind wir gewesen?« beantwortet werden. Demnach besteht der Bericht aus folgenden Teilen:

1. Einleitung	Zur Klarlegung des äußeren Rahmens (Personen, Zeit, Material, Vorkenntnisse usw.).
2. Hauptteil	
2.1 Abstract	In Englisch auf 4 bis maximal 6 Zeilen eine Zusammenfassung liefern.
2.2 Zielsetzung	Was für ein Ziel setzte sich die ForscherInnen-Gruppe, respektive welches Ziel wurde von wem vorgegeben? Ergänzungen, beispielsweise über die Anwendungsmöglichkeiten der untersuchten Schaltung in der Technik, sind erwünscht.
2.3 Ergebnisse	Sie bilden das Zentrum des Berichts. Sie sollen in zweckmäßiger Weise vom Laborjournal aufgearbeitet werden. Beispielsweise können lange Tabellen zu einer Graphik zusammengefasst werden. Offensichtliche Fehler müsst Ihr hier nicht mehr darlegen. Jedoch: Die Geschichte der Wissenschaften zeigt, dass immer wieder Beobachtungen, die von den Wunschergebnissen abgewichen sind, Anlass zu Neuentdeckungen und wissenschaftlichem Fortschritt gaben!
2.4 Auswertung	Wie kann man die Ergebnisse verstehen? Wie gut bestätigen sie eine allenfalls gemachte Arbeitshypothese? Welche Fragen blieben eventuell unbeantwortet? Aus technischen, intellektuellen oder aus Zeitgründen?
2.5 Ausblick	Vergleicht mit Eurem Arbeitsplan! Sollen in Zukunft gewisse Veränderungen in der Aufgabenstellung, beim Material oder in der Anleitung vorgesehen werden? Gibt es Vorschläge für ergänzende oder neuartige Fragestellungen, die sich auf Grund der geleisteten Arbeit ergeben? ForscherInnentätigkeit beantwortet nicht nur Fragen, sondern wirft auch noch neue auf! (...)
3. Dank	An der Hochschule und später ist es üblich, den verschiedenen Personen zu danken, die durch praktische Hilfe, Auskünfte, Anregungen und Kritik zum Schlussprodukt beigetragen haben.
4. Quellen	Hier schreibt Ihr Bücher, Internetadressen, persönliche Mitteilungen usw., die Ihr in Eurer praktischen Arbeit benützt und/oder im Schlussbericht herangezogen habt, auf. (...)

C. Notizen während des schweizerischen Besuchs in Deutschland

Seit Montesquieus »Lettres persanes« ist es zwingend, dem Blick auf andere Länder auch den Blick auf das eigene Land folgen zu lassen. Wer könnte diese Rolle besser übernehmen als die »Besuchten«? So kam es im Februar 2001 zur Gegenvisite der schweizerischen Lehrkräfte in Germering.

1. Der Unterricht

Die schweizerische Kollegin und die Kollegen haben insgesamt etwa sieben Unterrichtsstunden besucht. Kritisch wird gesehen, dass die Unterrichtsstunden keinen »Beginn« haben. »Es geht einfach so über von der Pause zum Unterrícht.« Sie vermissen die konzentrierte Zuwendung zum Lehrer hin, die sie von zu Hause her gewohnt sind.
Der Unterricht selbst wird als sehr theoriebezogen eingeschätzt; es gibt weniger Anwendungen durch Übungen als in der Schweiz. Das fachliche Niveau liegt am Max-Born-Gymnasium eher höher, ebenso der Lärmpegel in den Unterrichtsstunden. Letzteres wird auch positiv gesehen: Die deutschen Schüler zeichnen sich durch viel Spontaneität aus.
In der 6. Jahrgangsstufe werden zahlreiche intelligente Fragen gestellt; in höheren Klassen deutlich weniger. Nach Meinung der schweizerischen Kollegin und der Kollegen ist bei den in Deutschland üblichen Klassenstärken von bis zu 33 Schülern Unterforderung und Überforderung zwangsläufig.
So wird eine Situation als häufig empfunden, in der Schüler der Unterstufe mit der richtigen Antwort in den Unterricht »hineinplatzten« und anschließend störten.
Nach Einschätzung der schweizerischen Kollegin und der Kollegen ist bei den in Deutschland vorherrschenden Klassengrößen eine Individualisierung des Unterrichts geradezu unmöglich.
Der deutsche Mathematikunterricht erscheint als sehr systematisch aufgebaut; die Gestaltungsfreiheit in der Schweiz ist höher und wird auch wahrgenommen.
Als Hauptursache für die unterschiedliche Philosophie bei der Systematisierung wird das Zentralabitur ausgemacht.

2. Die Schüler

Die Schüler sind lebhafter als in der Schweiz, im positiven wie im negativen Sinn. Das Verhalten im Unterricht wird allerdings von einigen schweizerischen Kollegen sehr kritisch gesehen: »Da herrschen teilweise Zustände, da könnte ich nicht unterrichten; da müssen vier bis fünf Schüler raus. Man geht da einfach drüber weg. Man muss den Leuten doch klarmachen können, dass sie freiwillig da sind.« Dazu ist zu sagen, dass es sich bei den besuchten Klassen keineswegs um auffällige Gruppen handelt. Diese Äußerungen sind nur verständlich vor dem Hintergrund der oben geschilderten »schweizerischen Verhältnisse«.

3. Das Programm SINUS

Das in Deutschland als Folge des »TIMSS-Schocks« initiierte BLK-Programm SINUS wird von der schweizerischen Kollegin und den Kollegen als vorbildlich eingestuft.
Ein vergleichbarer Handlungsbedarf wird durchaus auch für die Schweiz gesehen (siehe dazu insbesondere den Abschnitt D).
Besonders hervorgehoben und gelobt wird die Tatsache, dass die für SINUS zur Verfügung stehenden Mittel zu einem großen Teil zu den Lehrkräften selbst gelangen.

4. Das Schulsystem

Die Regelungsdichte in Deutschland wird generell als zu hoch eingeschätzt. Insbesondere sollte die in Deutschland übliche lange Ausbildungszeit für Lehrerinnen und Lehrer nicht zu so eng gefassten Lehrplänen führen.
Die Tatsache, dass deutsche Schüler in der Regel neun Jahre an derselben Schule verbringen, wird positiv gesehen und als Chance dafür betrachtet, eine Beziehung zu ihnen aufzubauen. Dies vor allem im Vergleich zur schweizerischen Sekundarschule, die gerade die leistungsfähigen Schüler nach zwei Jahren Richtung Mittelschule wieder verlassen. So bedeute die lange Verweilzeit von neun Jahren am deutschen Gymnasium auch eine viel größere Verantwortung für die dort unterrichtenden Lehrerinnen und Lehrer. Diese Verantwortung wird in der Schweiz wieder auf ganz andere Art wahrgenommen: Die Mittelschullehrer behalten ihre Schüler durchgehend für die Dauer von vier Jahren. Der in Deutschland gern gebrauchte Hinweis auf die Versäumnisse der Kollegen der vergangenen Schuljahre kann dort nicht greifen.
Von schweizerischer Seite wird auch auf die Vorteile hingewiesen, wenn ein Wechsel der Schulstufe auch mit einem Wechsel des Schulgebäudes verbunden ist: Den Schülern wird der damit vollzogene Schritt stärker ins Bewusstsein gerückt. Durch die Art der Aufnahmeprüfung und den Wechsel in ein anderes Schulgebäude empfinden die schweizerischen Schüler das Lernen in der Oberstufe eher als Privileg.

5. Die Lehrkräfte

Für die an selbstständiges und eigenverantwortliches Handeln gewohnten Gäste aus der Eidgenossenschaft ist es überraschend, dass die bayerischen Lehrkräfte die Abituraufgaben nicht nur zentral gestellt bekommen, sondern dass es auch einen Zweitkorrektor und in Einzelfällen sogar einen Drittkorrektor gibt: »Was soll das?« – »Wir sind doch Profis!« – »Wozu absolvieren wir denn eine jahrelange Ausbildung?«, waren die Kommentare. Und in uns keimt der Gedanke, ob sich von der augenscheinlichen Souveränität und Unabhängigkeit der schweizerischen Kolleginnen und Kollegen nicht vielleicht doch etwas auf die Schülerinnen und Schüler überträgt ...
Man ist auch sehr erstaunt darüber, dass ausgebildete Lehrkräfte mit schlichten Aufsichtsfunktionen (Pause) betraut sind.

D. Physikunterricht in Deutschland und der Schweiz – Versuch eines Vergleichs und einer Bilanz aus schweizerischer Sicht

1. Einschränkung vorweg

Das schweizerische Bildungswesen ist in einem sehr raschen und unkontrollierten Umbruch. Zudem zeichnet sich die Volksschulstufe (1. bis 9. Schuljahr) durch extremen Föderalismus aus. Hier wird nur die neuere Situation in der deutschen Schweiz angesprochen.

2. Primarstufe (KG bis 6)

Kindergarten

Mehrheitlich unterschwellig herrscht in der Schweiz die Ansicht vor, man solle die Kinder nicht zu früh mit schulischem Lernen belästigen. Dementsprechend ist die Einschulung spät und der Kindergarten stark auf Sozialisierung ausgerichtet. Die zur Verfügung stehenden Spielgeräte sind mehrheitlich aus Holz und oft noch an der Ideologie der Schweiz als einer Agrarnation orientiert. Kunststoff und Metall und erst recht Metallbau- oder Experimentierkästen sind verpönt. Übernimmt man von Pestalozzi nur »Herz« und »Hand«?

Es ist nicht überraschend, dass in einer Zeit mit zunehmendem Glauben an perfekte Marktmechanismen 1) eine merklich frühere Einschulung erfolgt, 2) die Begabtenförderung so wichtig wird wie die Sozialisierung und 3) Computer und andere technische Geräte und Spielzeuge ohne didaktische Konzepte in den Kindergarten eindringen.

Unterstufe

In der sogenannten Unterstufe (1 bis 3) gibt es in vielen Kantonen den Lernbereich »Mensch und Umwelt«. In seinem Rahmen werden Natur und Technik oft unter dem Aspekt des Umweltschutzes thematisiert und handlungsorientiert bearbeitet. Dabei werden meist Lehrmittel vom WWF oder von Greenpeace benützt. Es besteht die Hoffnung, dass die neuen Mathematiklehrmittel, die jetzt nach dem Abebben der Struktur-orientierten »modernen Mathematik« entstehen, vermehrt Realitätsbezüge über Längenmessungen usw. ins Spiel bringen.

Mittelstufe

In der sogenannten Mittelstufe (4 bis 6) ist die Situation ähnlich wie in der Unterstufe. Leider wird das Interesse der Knaben und der Mädchen für die Realien, die seit gut 10 Jahren nicht mehr als solche in den Lehrplänen existieren, nicht voll genutzt und gefördert. Gelegentlich werden die Jugendlichen – und manchmal auch die Lehrkräfte – mit Themen wie »Treibhauseffekt« intellektuell und psychisch überfordert. Für Lehrmittel und Lehrplan gilt das Gleiche wie für die Unterstufe. Mehr Beschäftigung mit Realien könnte durch die neuen Mathematiklehrmittel initiiert werden. Allerdings hat momentan die Einführung von Frühenglisch/Frühfranzösisch volle Priorität. Diese zusätzliche Aufgabe wird politisch viel Geld und in der Schule viel Energie der Lehrkräfte absorbieren.

3. Sekundarstufe I (7 bis 9)

Realschule, Sekundarschule, Progymnasium

Meist wird in den Lehrplänen integrierte Naturwissenschaft vorgesehen. In der Praxis gibt es oft die Abfolge Biologie–Chemie–Physik.

Unter dem Titel »Anfangs[-Physik-]unterricht in der Schweiz – Zumindest das Wenige wirklich verstehen«[5] berichtet Urban Fraefel, Fachdidaktiker für die Sekundarstufe I an der Universität Zürich über die Situation in der deutschsprachigen Schweiz. Ich vermag seine optimistische Sicht, wie sie insbesondere im »Fazit« zum Ausdruck kommt, nicht zu teilen.

Subjektives

Die Voraussetzungen für naturkundlichen oder gar speziell physikalischen Unterricht sind meines Erachtens auf der Sekundarstufe I in der Deutschschweiz nicht gut:

- → Die Lektionszahl mit typisch 2 Wochenstunden (für alle drei Fächer zusammen) ungenügend.
- → Die Lehrpläne sind häufig so offen abgefasst, dass Beliebiges möglich wird.
- → Oft wird Naturkundeunterricht vollständig durch Umwelterziehung ersetzt.
- → Es gibt kein systematisches Angebot an Lehrmitteln, dank welcher viele Schülern die hochstehenden Lernziele erreichen könnten.
- → Die Ausbildung der Lehrkräfte ist sehr breit, so dass kaum Platz für eine fundierte Physikdidaktik bleibt.
- → Biologische Themen stoßen bei den Schülern auf größeres Interesse und sind vielen Lehrkräften besser vertraut, also dominieren sie den nicht fachgegliederten Unterricht.
- → Sehr viel Energie muss neuerdings für Gewaltprävention verwendet werden. (Besonders in der sog. Realschule, dem intellektuell weniger anspruchsvollen Zug der Sekundarstufe I)

Objektives

Umfangreiche Befragungen von im 9. Schuljahr neu ins Gymnasium eintretenden Schülern zeigen:

- → die Physikkenntnisse sind äußerst unterschiedlich und im Durchschnitt unbefriedigend.
- → das Fach Physik ist unter denjenigen, die nicht den naturwissenschaftlichen Schwerpunkt wählen, und dort insbesondere unter den Mädchen das unbeliebteste Fach. Es gilt (vor seinem Start!) als stark mathematisiert und alltagsfern.
- → auch die Lehrkräfte in den technischen Berufsschulen sind mit den Vorkenntnissen im Durchschnitt nicht zufrieden.

Interessant ist die Analyse der TIMS-Studie für die Sekundarstufe I:[6]

Vorbemerkung: Die TIMSS-Befunde dürfen keinesfalls überbewertet werden. Die schweizerische Version des Naturwissenschaftstests umfasste mehr einfache Aufgaben (S. 54); kein Wunder, dass die Fähigkeit im Problemlösen leicht überdurchschnittlich war (S. 64). Die Studie zeigt, dass die Schweizer/innen sogar schwächer abschneiden als die USA (S. 30), vermutlich eine

5_Urban Fraefel: **Anfangsunterricht in der Schweiz – Zumindest das Wenige wirklich verstehen.** Unterricht Physik 11 (2000) Nr. 60 S. 37-39

6_Urs Moser u. a.: **Schule auf dem Prüfstand – Eine Evaluation der Sekundarstufe I auf der Grundlage der TIMSS Nationales Forschungsprogramm 33 – Wirksamkeit der Bildungssysteme.** Rüegger Chur 1997

Folge der geringen Unterrichtsdauer. Im direkten Vergleich schneiden die Deutschschweizer in Physik nur unwesentlich besser ab als ihre Kollegen in Deutschland (S. 37), wobei die Kommentatoren einschränken, »dass die Schüler der Schweiz in diesem Vergleich zu alt sind.« (S. 38). Deutlich tritt hingegen hervor, dass in keinem Land das Verhältnis von Unterrichtszeit für Naturwissenschaften im Vergleich zur Mathematik so ungünstig ist. (S. 67). Das ist ein Abbild der unterschiedlichen Wertschätzung (S. 90). Dass das Schulsystem der Sek I auch nicht in anderen Aspekten glänzt, zeigt die Unbeliebtheit der Physik (S. 140), die eine weltweit einmalige Geschlechterdifferenzierung aufweist (S. 141).

4. Sekundarstufe II

Berufsschulen

Spezifisch für das schweizerische Bildungswesen ist, dass die Mehrheit der Jugendlichen eine Berufslehre absolviert. Zur Auswirkung des Physikunterrichts auf diese Stufe und zum Physikunterricht für die technischen Berufe sollen hier keine Wertungen vorgenommen werden. Die TIMS-Studie (Fußnote 7, S. 70) sagt, dass die besten Berufsmaturanden gleich gut sind wie naturwissenschaftliche Maturanden.

Gymnasium

Das Gymnasium ist durch die Verkürzung auf 12 Schuljahre und eine neue Maturitätsregelung MAR geprägt. Sie verlangt Physikunterricht als Teil eines Fachs »Naturwissenschaften« und von allen eine Maturitätsarbeit (= größere, selbstständige Arbeit). Sie bietet ein Ergänzungswahlfach Physik und einen Schwerpunkt »Physik und Anwendungen der Mathematik«. Die kantonalen Umsetzungen führten zu einer »neuen Unübersichtlichkeit«, was die Lehrmittelherstellung erschwert. Typisch sind als obligatorisches Minimum 6 Jahreswochenstunden in den Klassen 9 bis 11 und zusätzliche 4 Lektionen im 12. Schuljahr für das Ergänzungswahlfach und 6 Lektionen für diejenigen im Schwerpunktsfach. Unklar ist, ob die hohen Durchfallquoten in den propädeutischen Examina (40 bis 50 % für Ingenieure und Informatiker an der ETH Zürich) auf ungenügende Vorbereitung oder auf unrealistische Anforderungen zurückgehen.

Eigentliche Lehrpläne sind mit dem MAR nicht in Kraft getreten. Die schönen Rahmenlehrpläne[7] geben eigentlich nur Leitgedanken und Dispositonsziele. »Neue« Stoffkataloge entstehen aus den alten und den »geheimen Curricula« der Hochschulen; operationalisierte Lernziele gibt es keine ausformulierten, sie lassen sich aus den – nicht zentralisierten! – Maturitätsprüfungen der einzelnen Schulen ableiten.

Die TIMS-Studie für Sekundarstufe II ist aufschlussreich:[8]

Beachte: Getestet wurden Schüler, die noch gemäss alter Maturitätsregelung

7_http://www.edk.ch

8_Erich Ramseier u. a.: **Bilanz Bildung – Eine Evaluation am Ende der Sekundarstufe II auf der Grundlage der TIMSS. Nationales Forschungsprogramm 33 – Wirksamkeit der Bildungssysteme.** Rüegger Chur 1999

unterrichtet worden sind. Die Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Grundbildung sind in der Schweiz nicht wesentlich besser als in Deutschland (S. 51), obwohl die Autoren den Unterschied als signifikant einstufen.

Ein Signal für die Problematik der bei TIMSS vorgenommenen Eichungen resp. Korrekturen ist die gymnasiale Physik im internationalen Vergleich (S. 139): dort rangiert D unter CH, obwohl die angegebenen Mittelwerte eindeutig eine Umkehrung der Reihenfolge rechtfertigen würden. Signifikant ist, dass die Schweizer in Physik nicht so gut sind, wie in Mathematik (S. 149).

In der Schweiz ist der Unterschied in den Physikleistungen zwischen Frauen und Männern auf einer weltweit (negativen) Spitzenposition. (S. 220).

Kurz und schlecht: Die Physikbildung an schweizerischen Gymnasien ist nicht besonders gut!

E. Situation der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer im Kanton St. Gallen auf der Sekundarstufe I

Die Sekundarschule im Kanton St. Gallen umfasst die letzten drei Volksschuljahre und unterrichtet ca. 60 % aller Schüler eines Jahrgangs. Sie ist eine Leistungsschule. Die restlichen 40 % der Schülerschaft eines Jahrgangs der Volksschule besuchen die Realschule.

In den ersten zwei Sekundarschuljahren stehen fünf reinen mathematischen Wochenlektionen (Rechnen und Geometrie) elf rein sprachliche Lektionen (Deutsch, Französisch und Englisch) gegenüber. Natur und Technik, eher mathematisch ausgerichtet, und Räume und Zeiten, eher sprachlich ausgerichtet, halten sich mit je zwei Lektionen die Waage. Noch vor fünf Jahren war das Verhältnis der Wochenlektionen Mathematik zu Sprachen 6 Lektionen zu 8 Lektionen, resp. 10 Lektionen und 12 Lektionen inkl. »Räume und Zeiten« und »Natur und Technik«

Es hat also eindeutig eine Verschiebung zu Gunsten der sprachlichen Fächer stattgefunden, allgemein aber ein Abbau in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern. Die Auswirkungen spürten vor allem die weiterführenden Schulen wie z. B. die Mittelschulen. Da im St. Galler Bildungssystem nach zwei Jahren, eigentlich nach anderthalb Jahren Sekundarstufe eine Aufnahmeprüfung ins Gymnasium gemacht wird, ist es schwieriger geworden, im Prüfungsfach Mathematik geeigneten Stoff zu finden. Wenn früher in Geometrie noch Kreiswinkel und Kreiskonstruktionen oder in der Mathematik noch Zuordnungen und Textgleichungen geprüft werden konnten, sind es heute zur Hauptsache nur noch Abbildungen, Konstruktionen und Berechnungen von Drei- und Vierecken oder Umgang mit Verknüpfungen im Bereich der natürlichen und der Bruchzahlen und formale Gleichungen.

Diese Aufnahmeprüfung ist natürlich, auch wenn von den Lehrkräften nicht gerne gesehen, ein Gradmesser für das Niveau der Sekundarklassen und ein heimlicher Lehrplan. Obwohl im Kanton St. Gallen der Lehrplan der Volksschule eigentlich immer auf

drei Jahre ausgerichtet ist, bestimmt so indirekt eine höhere Schule mindestens die Reihenfolge des Stoffplans in den Prüfungsfächern in den ersten zwei Jahren.
In den naturwissenschaftlichen Fächern hat allgemein ein großer Wandel auf der Sekundarstufe stattgefunden. Mit einem Wechsel der Unterrichtsmethoden wird versucht, in Physik, Chemie und Biologie einen besseren Bezug zum Alltag herzustellen und das vernetzte Denken vermehrt zu fördern. Mit erweiterten Lernformen wie Werkstattunterricht, Freiwahlarbeiten, Projektorientiertes Lernen usw. wird aber die Anzahl der Themen, die man auf der Sekundarstufe bearbeiten kann, stark eingeschränkt. Eine Folge dieser Unterrichtsphilosophie ist auch die neue Benennung der Fächer. Chemie, Physik und Biologie sind seit 1998 im Fach Natur und Technik zusammengefasst.
Ein solches Arbeiten mit erweiterten Lernformen in den naturwissenschaftlichen Fächern verlangt auch einen gewissen Reifegrad des Schülers. So liegen auf der Sekundarstufe die Lektionen in Natur und Technik vor allem in der 3. Klasse, nämlich vier Lektionen. In der 1. und 2. Klasse sind es nur zwei Lektionen, in denen vor allem etwas Grundwissen vermittelt werden kann. Dies hat auch zur Folge, dass die Mittelschulen (Gymnasien) die Schüler der Sekundarschule mit minimalem Wissen im Bereich Naturwissenschaften übernehmen. Erschwert wird die Situation noch dadurch, dass jede Sekundarschule die Themen frei wählen kann und so die Mittelschule in den Naturwissenschaften praktisch einen Neuanfang machen muss.
Die Sekundarschule selber kann den Rückstand in den Naturwissenschaften der ersten zwei Jahre im 3. Jahr mit den vier Wochenlektionen etwas aufholen. Aber diese Schüler besuchen später u. a. Lehren, evtl. Berufsmittelschulen, Diplommittelschulen, Wirtschaftsmittelschulen, aber seltener Gymnasien.
Die Sekundarschule im Kanton St. Gallen nimmt für sich nicht in Anspruch, eine gute Schule zu sein, sofern es diese überhaupt gibt. Sie ist im Umbruch und auf der Suche nach der besseren Schule. Unter den Lehrkräften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer, wird mit großer Skepsis beobachtet, wie »ihre« Fächer zu Gunsten anderer wie Englisch, Individuum und Gemeinschaft, Arbeitsstunde usw. abgebaut werden. Die Sekundarschule ist sich andererseits auch bewusst, dass sie vor allem Schlüsselqualifikationen wie Problemlösungsfähigkeit, Kommunikation in Fremdsprachen, vernetztes Denken usw. vermitteln muss. Andererseits steht sie auch wieder mit 33 Pflichtlektionen im europäischen Vergleich sehr weit oben. Ob dies gut oder schlecht ist, können nur internationale Vergleiche zeigen. Deshalb hat der Kanton St. Gallen an einem OECD-Projekt mitgemacht, bei dem 15-Jährige über ihren Wissensstand und ihre Kenntnisse in folgenden Bereichen geprüft und mit anderen Ländern und Kantonen verglichen werden: Lesen, Mathematik, Naturwissenschaften, Kommunikationsfähigkeit, Selbstbewusstsein, Problemlösungsfähigkeit, Toleranz, Werthaltungen, Bereitschaft zur Weiterbildung, Umgang mit Informationsmedien usw., also auch Schlüsselqualifikationen. Der Kanton St. Gallen wartet gespannt auf die Ergebnisse, da sie eine umfassende Beurteilung der Leistungen der Volksschule zulassen werden.

F. Befragung

Zusammenfassung der Befragung schweizerischer und deutscher Kollegen zum Thema: »Bei der TIMS-Studie hat die Schweiz deutlich besser abgeschnitten als Deutschland. Meiner Ansicht nach hatte dies u. a. folgende Gründe: ...«. Die Reihenfolge entspricht der Häufigkeit, mit der das entsprechende Item genannt wurde.

	Vor der Kooperation	**Nach den Besuchen**
01	Höherer Anspruch	**Eigeninitiative und Eigenverantwortlichkeit der Schüler ist selbstverständlich.**
02	Höhere Wertschätzung von Bildung	**Unterrichts- und Lernerfolg wird nicht vorwiegend als Verantwortung des Lehrers verstanden.**
03	Mehr Entscheidungsfreiheit für Lehrer	**Auslese! Bei uns gelten eigentlich nicht für das Gymnasium geeignete Schüler zu stark als förderungswürdig**
04	Lokale Festlegung der Lehrpläne	**Klassenstärken (typisch: 18 bis 20)**
05	Wissenssicherung spielt eine größere Rolle	**Lokale Festlegung der Lehrpläne**
06	Sinnvollere Strukturen	**Höhere Wertschätzung von Bildung**
07	Höhere Leistungsbereitschaft	**Hoher Anwendungsbezug des Unterrichts und der Aufgaben**
08	Einstellung der Schüler	**Verpflichtende Aufnahmeprüfung**
09	Offenere Unterrichtsformen	**Bessere Stundenausstattung**
10	Eliteförderung ist nicht verpönt	**Chef bestimmt Schulprofil; er entscheidet eigenverantwortlich über den Etat.**
11	Lehrpläne mehr auf Verständnis ausgelegt	**Natürliches Selbstbewusstsein der Schüler**
12	Verpflichtende Aufnahmeprüfung	**Ordnung und Disziplin im Klassenzimmer**
13	Einstellung der Eltern	**Höherer Anspruch**
14	Einstellung der Lehrkräfte	**Gesellschaftliche Randbedingungen**
15	Intensive Diskussion über Schule und Lehrpläne in der Bevölkerung	**Lehrer erstellen eigenes Skript incl. Aufgabenlösungen.**
16	Studierfähigkeit stärker im Vordergrund	**Nebenher jobben gibt es so gut wie nicht.**
17	Geringere Stofffülle	**Mehr Platz in den Klassräumen und Pausenbereichen, breitere Schultische**
18	Klassenstärken	**Mehr Entscheidungsfreiheit für Lehrer**
19	Kollegialität	
20	Förderung der Eigentätigkeit der Schüler	
21	Bessere oder keine Schulbücher	
22	Bessere Stundenausstattung	
23	Schulleiter wählen Lehrer aus	

G. Fazit und Folgerungen

»Die« gute Unterrichtsstunde gibt es nicht. Aber es gibt guten und erfolgreichen Unterricht. Unsere ursprüngliche Idee, nach den Erfolgen der Schweiz bei der TIMS-Studie müsse man nur in die Schweiz reisen, den Unterricht dort besuchen und das Gesehene und Gehörte in Deutschland anwenden, erwies sich doch als etwas schlicht.
»Die« gute Unterrichtsstunde haben wir auch in der Schweiz nicht gesehen. Aber wir haben eine Vielzahl von Eindrücken gesammelt, die als Mosaiksteinchen zusammengesetzt uns ein neues Bild und damit neue Maßstäbe für guten Unterricht und gute Schule in die Hand gegeben haben.
Für uns alle hat sich etwas verändert nach den Besuchen im Nachbarland. Unser Unterricht und unser Lehrerverhalten sind nicht mehr die gleichen wie vorher. Eine Folgerung haben wir für uns alle gezogen: Unser Maßstab für guten Unterricht und gute Schule muss hinterfragt werden. Die Diskussion hierüber ist noch nicht abgeschlossen - wird es wohl auch nie sein. Daher werden einige unserer Gedanken im Folgenden auch nur als Fragestellungen formuliert.
Unsere doch recht positive Sicht der schweizerischen Verhältnisse soll jedoch ganz bewusst an dieser Stelle durch einen schweizerischen Kollegen relativiert werden, der diese so kommentierte: »Ihr schildert die Situation der schweizerischen Schulen als »Heidiland-Idylle«. Unsere Schüler sind aber nicht anders als eure. Auch bei uns ist das Unterrichten eine harte Tätigkeit!«
So sind denn auch die geschilderten Eindrücke auf beiden Seiten naturgemäß subjektiv und punktuell zu sehen; Verallgemeinerungen sind behutsam vorzunehmen, sie sind dennoch von den Autoren gewünscht.

Gegenseitiges Lernen für den Unterricht:

Schweizer Vorschläge

- **Auf der Sekundarstufe I sollte die Schweiz das Zeitbudget, die präziseren Lehrpläne und die lehrplankonformen Lehrmittel aus D als Vorbild nehmen;**
- **Auf der Sekundarstufe I sollte Deutschland den handlungsorientierten, an den Lernenden – und nicht an der Fachsystematik – orientierten Unterricht fördern.**
- **Auf der Sekundarstufe II kann die Schweiz von den Erfahrungen in Deutschland mit Seminararbeiten und Schwerpunktkursen, von der Begabtenförderung und – wie schon bisher in großem Umfang – den systematischen Lehrmitteln profitieren.**
- **Auf der Sekundarstufe II kann Deutschland von den Erfahrungen in der Schweiz mit realitätsbezogenen Aufgaben, den schülerzentrierten Unterrichtsformen und den problemorientierten Lehrmitteln profitieren und den Lehrpersonen durch weniger zentralisierte Maturitätsprüfungen mehr Freiheit und Verantwortung übertragen.**
- **Die zu geringe Stundenzahl im Fach Physik stellt ein gemeinsames Problem dar.**
- **Generell sollte im Schulwesen die Schweiz sich weiter von der Professionalisierung in Deutschland anregen lassen.**
- **Generell sollte Deutschland von der Durchreglementierung und dem Beamtentum abgehen.**
- **Die Schweiz sollte die guten Erfahrungen, die mit Astronomie als hochmotivierendem eigenständigen Fach in Bayern und Baden-Württemberg gemacht werden, nutzen.**
- **Die aktuelle Schulsituation ist gekennzeichnet durch permanente Innovation und zu wenig Evaluation.**
- **Gemeinsam sollten wir der Gefahr begegnen, dass Reformen übers Knie gebrochen werden, vor allem im Bereich Informatik.**

Deutsche Vorschläge

- **Im Fach Physik sollte in Deutschland – ähnlich wie in der Schweiz – mehr auf die Schülerinnen und Schüler geachtet werden, die nicht Physik studieren.**
- **Bemerkenswert ist, dass mit der Schweiz und Japan zwei Länder in der TIMSS-Spitzengruppe zu finden sind, die für den Übertritt in die Oberstufe eine Aufnahmeprüfung verlangen. Ist darin ein Motivations-schub zu sehen, der unseren Schülern fehlt?**
- **In Bayern besteht die Gefahr, dass in den Zeiten der Budgetierung die Möglichkeit, Klassen mit hohen Schülerzahlen (z. B. 33) für die Physik-Übungen zu teilen, künftig immer mehr beschnitten wird. Warum können in die jetzt zu erstellenden neuen bayerischen Lehrpläne nicht Sätze eingefügt werden, die sich so im Lehrplan für die Gymnasien des Kantons St. Gallen[9] finden: »Da sich physikalische Erkenntnis vor allem auf Experimente stützt, setzt experimentelles Arbeiten frühzeitig ein. Dafür stehen die Praktika in Halbklassen zur Verfügung, in welchen selbstständiges Arbeiten und Arbeiten im Team gefördert und gefordert werden.«**
- **In Deutschland sollte die Erziehung zu eigenständigem und eigenverantwortlichem Arbeiten eines der Hauptziele des Unterrichts werden. Als erste Konsequenz wird sich das bayerische Set 3 im BLK-Programm SINUS künftig schwerpunktmäßig auch dem Modul 9 (»Verantwortung für das eigene Lernen stärken«) widmen. Hierbei soll geprüft und erprobt werden, welche Gelegenheiten im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht besonders für selbstverantwortliches und selbstgesteuertes Lernen geeignet sind und wie dieser Prozess der allmählich wachsenden Übernahme von Verantwortung altersadäquat unterstützt werden kann.**
- **Die Analyse des schweizerischen Erfolgs bei TIMSS lässt es im Nachhinein für unser SINUS-Set sehr fragwürdig erscheinen, ob es sinnvoll war, sich im Rahmen des BLK-Programms SINUS einzelne Module herauszugreifen, um damit eine Verbesserung des Unterrichts und des Lernerfolgs der Schüler zu erreichen.**
- **Lernen am Problem, wie bei den Lerntagebüchern von Gallin oder den ETH-Fallstudien und Leitprogrammen, sollte mehr Raum gewinnen.**
- **Der Versuch, innerhalb eines Kollegiums einen stärkeren Konsens herbeizuführen, sollte auch in deutschen Kollegien unternommen werden.**
- **Die Fähigkeit der Kinder, Dinge von verschiedenen Seiten zu sehen, ist zu kultivieren.**
- **Die Fähigkeit der Kinder, bei Problemlösungen eigene Wege zu gehen, ist zu fördern. Dies kann z. B. durch eine größere Zahl offener Aufgabenstellungen gelingen.**
- **Die Konzentrationsfähigkeit der Schüler ist u. a. dadurch zu fördern, dass alle Unterrichtsstunden durch Fünf-Minuten-Pausen getrennt werden. Diese Maßnahme führt auch insgesamt zu einer besseren Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit.**
- **Beim üblichen Schüleraustausch mit Frankreich, Großbritannien oder den USA sollte auch einmal der Mathematik- oder Physiklehrer als Begleiter fungieren. Wie wichtig das Kennenlernen anderer Maßstäbe und anderer Auffassungen von Unterricht sind, hat dieser Lehreraustausch gezeigt.**
- **Keine verschmierten Bahnunterführungen, keine Abfälle überall im Schulhaus nach der großen Pause, kein Müll auf den Straßen, etc ... Die schweizerischen Kollegen führen das vor allem auch auf die Arbeit der Schule zurück. Entsprechend fallen die Fragen aus, die sie an uns stellen. Ist unsere Erziehungsarbeit in diesem Bereich zu nachlässig?**
- **Günstig erscheint uns die Konstruktion, dass die Didaktiker eines Faches – wie in der Schweiz – gleichzeitig an Schule und Hochschule unterrichten. Der Praxisbezug ist dadurch sicherer gewährleistet.**

9_Lehrplan für die Gymnasien des Kantons St. Gallen; St. Gallen (1998)

Ergänzende Thesen

1. Die Schweiz ist ein kleines Land; daher interessieren sich die Schweizer natürlicherweise für Schulsysteme im internationalen Rahmen; sie lernen bereitwillig aus den gewonnenen Erkenntnissen. Die Schüler ahnen früher als in Deutschland, dass sie sich im internationalen Rahmen behaupten müssen.

2. Die schweizerischen Schüler sehen ihre Rolle im Lernprozess grundlegend anders als die deutschen, die – teilweise von der Öffentlichkeit, den Medien, den Eltern, aber auch von uns Lehrern unterstützt – die Schule und die Lehrkräfte für ihren eigenen Erfolg oder vor allem Misserfolg verantwortlich machen.

3. Das eigenverantwortliche Lernen muss vorbereitet werden. Nach übereinstimmender Aussage der Schweizer Kolleginnen und Kollegen geschieht diese Förderung nicht vorwiegend im Gymnasium, sondern bereits in der Primarschule (Grundschule). Zitat: »Wir bekommen sie schon so!«.

Als Fortsetzung dieser Untersuchung ist daher nach unserer Überzeugung eine Analyse der schweizerischen Primarschulen vorrangig.

Die schweizerischen Schüler scheinen sich nach unseren Beobachtungen – mutmaßlich ohne sich selbst Rechenschaft darüber ablegen zu können – auf selbstverständlichere Art und Weise
als die deutschen auf der Ebene der Metakognition bewegen zu können. Unter Metakognition ist hier das Wissen und Denken über das eigene kognitive System zu verstehen sowie die Fähigkeit, dieses System zu steuern und zu kontrollieren. Einerseits werden Lernen, Speichern, Erinnern, Verstehen, Denken und Wissen zum Gegenstand des Nachdenkens, andererseits werden eigene geistige Aktivitäten in bewusster Weise geplant und überwacht. Mehr zu diesem Thema findet sich bei Weinert[10] und Sjuts[11].

Unsere öffentlichen Gymnasien müssen die Chance erhalten, mit den entsprechenden Einrichtungen im Ausland zu konkurrieren. Maßnahmen, die sich aus unseren Beobachtungen im Zusammenhang mit dem Schweizer Schulsystem ergeben, sind sinnvollerweise nur im Einklang mit einer großen Zahl weiterer Analysen ausländischer Schulsysteme einzuleiten. Unsere Initiative konnte hier nur ein erster Schritt in ein unserer Meinung nach über Jahrzehnte hinweg vernachlässigtes Terrain sein. Bemerkenswert ist doch, dass gerade die bei der TIMS-Studie erfolgreichen Länder offenbar ständig sich im Ausland über neue Entwicklungen im Bereich Schulsysteme, Didaktik und Methodik informieren. So war im November 2000 eine 20-köpfige Lehrergruppe aus Japan in Deutschland[12]. Die Lehrerinnen und Lehrer kamen aus ganz Japan und waren auf einer Weltreise, die ihnen die japanische Schulbehörde als Dankeschön für gute Leistungen spendiert hat. Im Mai 2001 besuchte eine Gruppe von südkoreanischen Professoren aus dem Bereich Erziehungswissenschaften das Germeringer Max-Born-Gymnasium. Hier ist nicht der Platz, um die Ergebnisse dieser Begegnungen darzustellen; es geht nur darum, mögliche Defizite im Bereich Information aufzuzeigen.

Auch andere Länder haben noch nicht den Stein der Weisen gefunden. Wir sollten die Probleme anpacken, aber mit Selbstbewusstsein. Vom Ausland wird uns immer wieder attestiert, dass hier zu Lande reichlich didaktisch-methodische Phantasie entwickelt wird. Dennoch: Die Fähigkeit unserer Kinder, selbstständig etwas zu erforschen, selbstständig zu urteilen und sich selbst auszudrücken können wir gar nicht genug fördern.

Interessant erscheint in unserem Zusammenhang ein Austausch Deutschland-Schweiz auf Schülerebene. Über das Büro der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Bundesrepublik Deutschland hat das Max-Born-Gymnasium einen solchen Austausch beantragt und auch bereits die Zusage erhalten, dass diese Maßnahme von schweizerischer Seite aus bezuschusst werden wird.

Vielleicht ist für uns deutsche Lehrerinnen und Lehrer ja die Maxime beherzigenswert, mit der zur Zeit eine große schweizerische Bank in Deutschland wirbt[13]: »Etwas mehr Schweiz könnte Ihrem Leben nicht schaden«.

10_Weinert, Franz E. & Kluwe, Rainer H. (Hrsg.), **Metakognition, Motivation und Lernen**; Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz (1983)

11_Sjuts, Johann; Metakognition beim Mathematiklernen: das Denken über das Denken als Hilfe zur Selbsthilfe in: **Der Mathematikunterricht**, Jahrgang 47, Heft 1 (2001)

12_Diese Information verdanke ich Herrn Reimund Albers, Universität Bremen.

13_**Capital** Heft 18 (2001), S. 33

H. Dank

Für die Bereitstellung der Mittel, die diesen Lehreraustausch Deutschland/Schweiz möglich machten, bedanken wir uns beim Programmträger des BLK-Programms SINUS.
Ein besonderer Dank gilt unseren schweizerischen Kolleginnen und Kollegen an der Kantonsschule Wattwil/SG, an der Sekundarschule Risi, Wattwil/SG und an der Kantonsschule Wetzikon/ZH, die sich mit uns auf dieses Abenteuer des Austauschs eingelassen haben, für die Geduld, mit der sie alle unsere Fragen beantwortet haben und die freundschaftliche und gastfreundliche Art, mit der sie uns aufgenommen haben.

Beteiligte Schulen

Schweiz: Kantonsschule Wattwil/SG; Sekundarschule Risi, Wattwil/SG; Kantonsschule Wetzikon/ZH

Deutschland: Max-Born-Gymnasium, Germering; Gymnasium Olching

Text

Textfassung: **Rudolf Herbst**, Abschnitt D: **Hans Peter Dreyer** und Abschnitt E: **Brigitte Kuhn**

Das Protokoll der Mathematik-Stunde wurde von **Eckart Werner-Forster** erstellt.

Internetseiten der Fachdidaktik Physik an der ETH Zürich

http://www.phys.ethz.ch/fachdidaktik

Dort finden sich Hinweise zu Fachdidaktik-Veranstaltungen (Experiment im Physikunterricht, Übungen im Physikunterricht, Unterrichtspraktikum), Werkstattunterricht zum Thema »Physik und Musik« sowie zu den sog. Leitprogrammen (Themen: »Strom aus Licht – Photovoltaik«, »Überlagerung von Geschwindigkeiten«, »Radioaktivität«, »Treibhaus Erde«, »Kreisbewegung«).

Weitere Literatur

Dreyer, H. P. u. a.: **Phänomena – Aspekte der Realität in Physikaufgaben**, Zürich, Sabe-Verlag (1999); dazu ist eine CD-ROM mit 300 zusätzlichen, editierbaren Aufgaben erschienen; Zürich, Sabe-Verlag (2000)

Labudde, P.: **Reaktionen auf TIMSS in der Schweiz**, NiU Physik, Heft 54 (12/1999)

Moser, U.; Ramseier, E.; Keller, C.; Huber, M.: **Schule auf dem Prüfstand – Eine Evaluation der Sekundarstufe I auf der Grundlage der »Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)«**; Rüegger-Verlag, Chur (1997)
Informationen dazu auch von den selben Autoren im Schulforum Schweiz: **www.schulforum.ch/5schweiz/timss/timssch.html**

Boenicke, R. u.a.: **Blick über den Zaun – Mathematikunterricht in der Schweiz**; Pro Schule, Heft 3/2000

Labudde, P.: **Erlebniswelt Physik**, Dümmler-Verlag, Bonn (1993)

Gallin, P. und Ruf, U.: **Sprache und Mathematik in der Schule** (Auf eigenen Wegen zur Fachkompetenz), Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung, Seelze (1998)

Ruf, U. und Gallin, P.: **Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik (Band 1)**, Austausch unter Ungleichen, Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung, Seelze (1999)

Ruf, U. und Gallin, P.: **Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik (Band 2)**, Spuren legen – Spuren lesen, Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung, Seelze (1999)

Bezugsadresse des Rahmenlehrplans für die Schweizer Maturitätsschulen

http://edkwww.unibe.ch/de/framesets/Aktuellmain.html

Adressen

1. **Max-Born-Gymnasium**, Joh.-Seb.-Bach-Str. 8, D-82110 Germering, Tel.(089)843111, Fax (089)845790, http://www.mbg-germering.de; Email für Fragen und Anregungen die diesen Bericht betreffen: rudolf.herbst@mbg-germering.de

2. **Kantonsschule Wattwil**, Näppisueli-Straße 11, CH-9630 Wattwil, Tel. (071)9876727, Fax (071)9876737

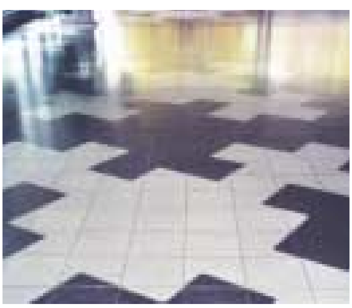
3. **Hans Peter Dreyer**, Dipl.-Phys. ETH, Kantonsschule Wattwil und ETH Zürich, E-mail dreyer@phys.ethz.ch ; http://www.phys.ethz.ch/fachdidaktik

4. **Fachdidaktik Physik**, HPZ F 9.1, ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich, Tel. (01)6332631

5. **Sekundarschule Risi**, CH-9630 Wattwil, Tel. (071)9881633

6. **Kantonsschule Zürcher Oberland**, Bühlstr. 36, CH-8630 Wetzikon, Tel. (01)9330811; http://www.kzo.ch

7. **Gymnasium Olching**, Georgenstr. 2, D-82140 Olching, Tel. (08142)18045, Fax (08142)41679



In der Kantonsschule Wetzikon ist der Fußboden der Pausenhalle mit vier Plattensorten belegt, wie obiges Foto und die Titelgrafik (S.121) dieses Kapitels zeigen. Mit dem dargestellten Ornament lässt sich ohne Rechnung der Lehrsatz des Pythagoras beweisen.

Februar 2001
Ursula Krammer *Max-Born-Gymnasium, Germering*; Daniel Simonet, Rainer Koch *Kantonsschule Wattwil*; Bernhard Sauermann (verdeckt), Susanne Holleitner (Fotos) *MBG, Germering*; Gaudenz Pellizzari, Hans Peter Dreyer *Kantonsschule Wattwil*; Christoph Hammer, Christine Kellner, Rudolf Herbst *MBG, Germering*; Hubert Scheuerecker *Gymnasium Olching*; Nikolaus Hanowski *DLR Oberpfaffenhofen*

Internetadressen

Programmserver:
http://blk.mat.uni-bayreuth.de/

Staatsministerium für Unterricht und Kultus:
www.km.bayern.de

Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung: **www.isb.bayern.de**

Leibniz-Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften: **www.ipn.uni-kiel.de**

Lehrstuhl für Mathematik und ihre Didaktik der Universität Bayreuth:
http://did.mat.uni-bayreuth.de/

Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung: **www.blk-bonn.de**

Max-Planck-Institut für Bildungsforschung (TIMSS, PISA): **www.mpib-berlin.mpg.de**

Pilotschule des Hauptschulsets:
http://home.t-online.de/home/hauptschule-altenstadt/

Pilotschule des Realschulsets:
www.ullstein-realschule-fuerth.de

Pilotschule des südbayerischen Gymnasialsets:
www.mbg-germering.de

Pilotschule des nordbayerischen Gymnasialsets:
www.evbg.de