



# Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissen- schaftlichen 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



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 Altstadt 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	6
Anliegen	8
Einführung	10
Naturwissenschaftliches Arbeiten	24
Beiträge von <b>Christoph Hammer, Rudolf Schweiger, Johann Winter, Rolf Herold</b> Redaktionelle Bearbeitung: <b>Rolf Herold</b>	
Sichern von Grundwissen	36
Beiträge von <b>Siegfried Burek, German Hacker, Rolf Herold, Manfred Hummel, Heiner Kilian, Wolfgang Kuntsch, Dr. Johannes Novotny, Sonja Weber, Dr. Burkhard Zühlke</b> Redaktionelle Bearbeitung: <b>Dr. Johannes Novotny</b>	
Eigenverantwortliches Lernen	50
Beiträge von <b>Hermann Haas, Wolfgang Bernegger, Karlheinz Repscher, Franz Anneser, Sonja Meyer</b> Redaktionelle Bearbeitung: <b>Christoph Hammer</b>	
Umgang mit Fehlern	68
Beiträge von <b>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</b> Redaktionelle Bearbeitung: <b>Sonja Meyer, Walter Sailer</b>	
Weiterentwicklung der Aufgabenkultur	80
Beiträge von <b>Waltraud Habelitz-Tkotz, Christoph Hammer, Angelika Maul, Bernhard Sauermann, Gerhard Steinbach, Dr. Burkhard Zühlke</b> Redaktionelle Bearbeitung: <b>Bernhard Sauermann</b>	
Effektive Hausaufgaben	94
Beiträge <b>Siegfried Burek, Margit Felscher, Dr. Werner Lorbeer, Günter Maier, Sonja Weber</b> Redaktionelle Bearbeitung <b>Siegfried Burek</b>	
Kumulatives Lernen	106
Beiträge von <b>Thomas Freiman, Waltraud Habelitz-Tkotz, Werner Layritz, Willibald Mößel, Dr. Burkhard Zühlke</b> Redaktionelle Bearbeitung: <b>Waltraud Habelitz-Tkotz</b>	
Lernen von der Schweiz?	121
Internetadressen	147



## 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 »Pro-

gramm 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 aufgenommenen öffentlichen Debatte über Schule und Bildung – in Medienberichten ebenso wie in Stammtischgesprächen – vornehmlich 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.

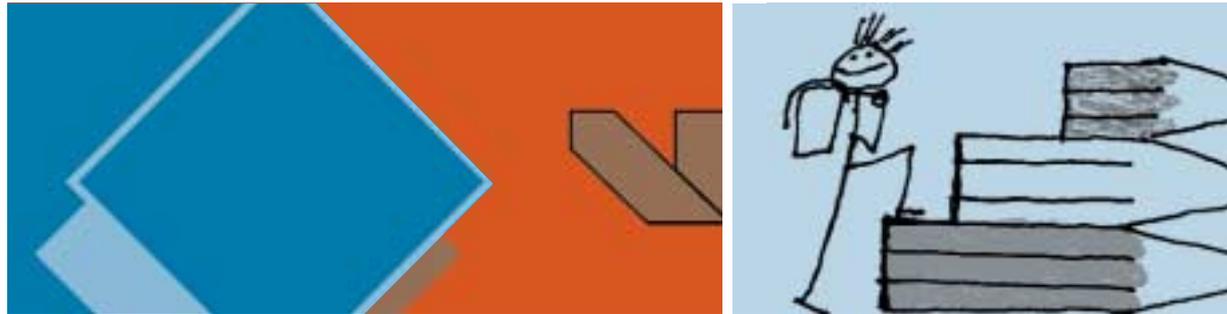
Nach einer kurzen Einführung in Hintergründe und Zielsetzungen des Modellversuchsprogramms werden konkrete Maßnahmen der bayerischen SINUS-Schulen vorgestellt. Sehr viele der beteiligten Lehrkräfte unterrichten Mathematik, daher sind die Anregungen zum Mathematikunterricht in dieser Broschüre in

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](http://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<sup>1</sup>. 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.

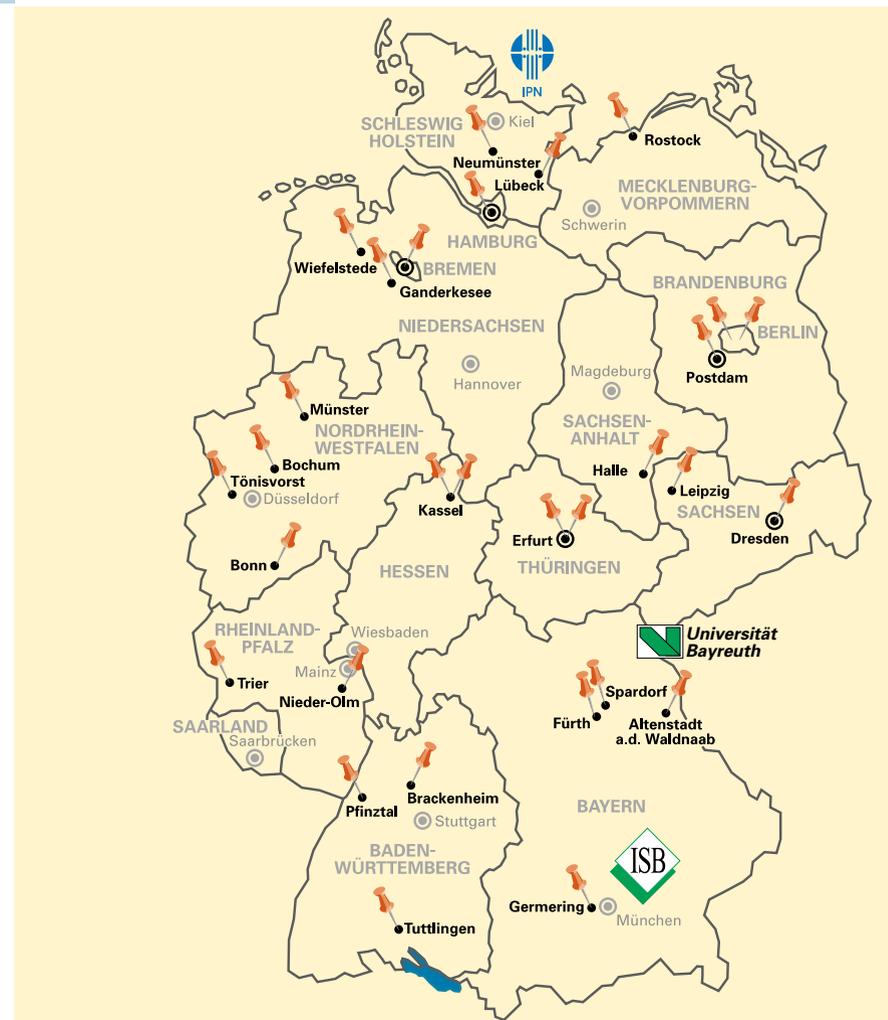
<sup>1</sup>BLK, *Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung*; Heft 60 (Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«)

**Beteiligte Schularten:**  
 Hauptschulen  
 Realschulen  
 Gymnasien  
 Gesamtschulen

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.

## 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):

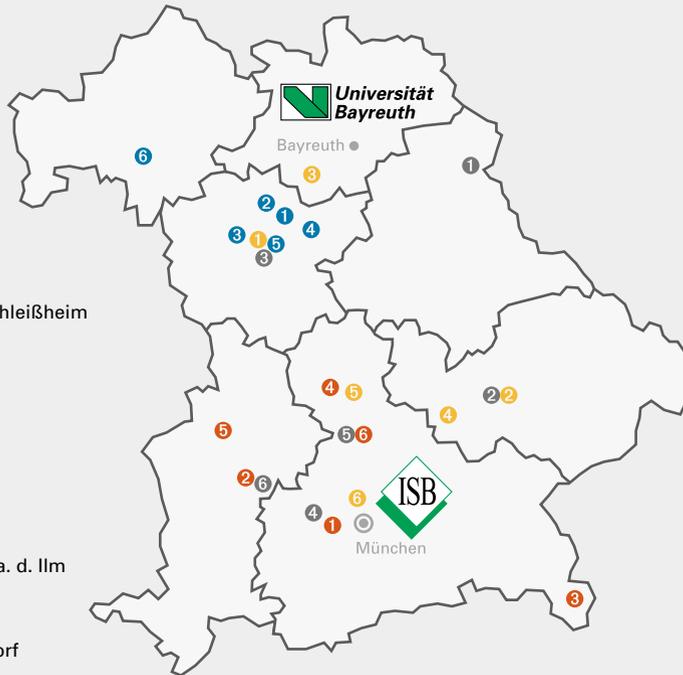
- 1 Leopold-Ullstein-Realschule, Fürth (Pilotschule)
- 2 Staatliche Realschule Dingolfing
- 3 Staatliche Realschule Forchheim
- 4 Staatliche Realschule Landshut
- 5 Staatliche Realschule Geisenfeld
- 6 Therese-Giehse-Realschule, Unterschleißheim

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.«<sup>2</sup>

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.«<sup>3</sup>

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 Stoffes. 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.«<sup>4</sup>

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

<sup>4</sup> 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.«<sup>5</sup>

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.

<sup>5</sup> 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.«<sup>6</sup>

## 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 Ansatzpunkte 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.

<sup>6</sup> 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 anspruchsvollen 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 Fehlervorstellungen 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 abgestuftes 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.«<sup>7</sup>*

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.

<sup>7</sup>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.