

SINUS Bayern

Beiträge zur Weiterentwicklung des
mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts



Das Modellversuchsprogramm SINUS-Transfer wurde 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 (StMUK) am Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB) erstellt.

Redaktion: Doris Drexl, Harald Haidl, Emmeram Zebhauser, Monika Zebhauser
Leitung: Christoph Hammer

Gestaltung: Agentur2 GmbH, München
Bildnachweis: Daniel Biskup, erysipel/Pixelio (S. 78), Frans Stoppelman/Voller Ernst (S. 64), Stockxpert (S. 35), privat
Druck: Erhardi, Regensburg
Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus

Dank gilt für hilfreiche Unterstützung:
Dieter Götzl (StMUK)
Thomas Schäfer (StMUK)
Dr. Hans-Werner Thum (ISB)
Friedrich Schrägle (ISB)

Die Links geben den Stand vom Oktober 2007 wieder. Für den Inhalt der Links wird keine Verantwortung übernommen.

Stand: November 2007

Inhalt

| | |
|--|-----|
| Einführung | |
| Das Programm SINUS-Transfer | 6 |
| Anmerkungen zu dieser Broschüre | 10 |
| Zur Effektivität des naturwissenschaftlichen Unterrichts am Beispiel der Fächer Biologie und Chemie | 11 |
| Vorstellungen aufbauen | |
| Vorstellungen als Schlüssel für das Verständnis | 16 |
| Anregungen für eine handlungsorientierte Schulung des räumlichen Vorstellungsvermögens | 30 |
| Lernerfolge langfristig sichern | |
| Von Grundwissenskatalogen zu Basiskonzepten | 40 |
| Wissen auf unterschiedlichen Verständnisebenen entwickeln | 51 |
| Eigenverantwortung stärken | |
| Ansätze dialogischen Lernens | 62 |
| Reflexion des Lernfortschritts mit dem Mathetagebuch | 66 |
| Methodenvielfalt praktizieren | |
| Von der Lehrerdominanz zur methodischen Vielfalt | 72 |
| Aufgabenstellungen zur Förderung der Schüleraktivität | 86 |
| Physik erlebbar machen | 94 |
| Aufgaben weiterentwickeln | |
| Kompetenzen entwickeln anhand neuer Aufgaben | 98 |
| Durch Aufgaben gesteuerter Mathematikunterricht | 110 |
| Erfahrungen | |
| Ergebnisse der prozessbegleitenden Evaluation | 116 |
| Erfahrungsbericht von Lehrkräften | 121 |
| Erfahrungen eines Hauptschultandems | 123 |
| Ausblick: SINUS Bayern | 126 |

Vorwort

Ein kurzer Blick in die Tagespresse genügt: Die Frage nach der Qualität unserer Schulen ist ein vielbeachtetes und kontrovers diskutiertes Thema in den Medien geworden – zu Recht! Denn die Qualität der Unterrichts- und Erziehungsarbeit an unseren Schulen ist der entscheidende Faktor, wenn es darum geht, alle Talente der jungen Menschen bestmöglich zu fördern. Deshalb freut es mich besonders, dass an den Schulen in Bayern bereits vielfältige und erfolgreiche Anstrengungen aller Beteiligten unternommen werden, die Schulqualität systematisch weiterzuentwickeln.

Im Zentrum der Bemühungen steht dabei der Unterricht. Unser Ziel muss es sein, die Ansätze moderner Didaktik und Methodik mit der unterrichtspraktischen Erfahrung zu verbinden, um so unseren Kindern und Jugendlichen zu einer bestmöglichen Bildung zu verhelfen. Im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich zeigen die SINUS-Programme dafür erfolgreiche Wege auf. Bayern nimmt seit Beginn – also seit dem Jahr 1998 – an diesen bundesweiten Programmen teil. Wir sind von ihrem großen Erfolg überzeugt und führen die Arbeit deshalb nunmehr mit dem Programm SINUS Bayern fort.

Die vorliegende Broschüre richtet sich an die Lehrerinnen und Lehrer der 400 bayerischen SINUS-Schulen ebenso wie an Lehrkräfte, die bisher noch nicht mit dem Programm in Berührung gekommen sind. Sie bietet eine Vielzahl von Ideen für die Weiterentwicklung ihres Unterrichts in einem langfristig angelegten Prozess. Ich würde mich freuen, wenn sie dazu beiträgt, den Unterricht an unseren Schulen mit ihrer Ideenvielfalt zu inspirieren und zu bereichern. Lassen Sie sich also von den Impulsen anregen! Versuchen Sie, das eine oder andere im eigenen Unterricht umzusetzen!

Tauschen Sie sich im Kollegium über Ihre Erfahrungen aus und helfen Sie dadurch aktiv dabei mit, die Qualität des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts an unseren bayerischen Schulen weiterzuentwickeln. Ich wünsche Ihnen bei der Umsetzung der in der Broschüre gegebenen Anregungen viel Freude und Erfolg!

München, im Dezember 2007

Siegfried Schneider
 Bayerischer Staatsminister für Unterricht und Kultus
 Ratsvorsitzender der Stiftung Bildungspakt Bayern



Einführung



Das Programm SINUS-Transfer

Überblick

Als Reaktion auf die unbefriedigenden Ergebnisse bei der TIMS-Studie 1997 initiierte die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) das Modellversuchsprogramm zur „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (SINUS). Grundlage dieses Programms war ein Gutachten¹, das von einer Expertengruppe unter Leitung von Prof. Dr. Jürgen Baumert (Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin) erarbeitet wurde. Dieses Gutachten enthält sowohl einen Überblick über die Defizite des herkömmlichen Unterrichts aus Sicht der Lehr-Lernforschung als auch Ansatzpunkte für deren Überwindung.

In Deutschland haben zunächst 180 Schulen mit Sekundarstufe I am BLK-Programm SINUS (1998–2003) teilgenommen. Dabei stellte sich heraus, dass die in dem Gutachten vorgeschlagene Konzeption nachhaltige Unterrichtsentwicklungsprozesse auslösen kann. In Bayern beteiligten sich 6 Hauptschulen, 6 Realschulen und 12 Gymnasien.

¹BLK: Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung; Heft 60 (Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“)

In der ab 2003 beginnenden Phase wurde im BLK-Programm SINUS-Transfer untersucht, wie die an den wenigen SINUS-Schulen gewonnenen Erfahrungen und Ergebnisse an möglichst viele Schulen weitergegeben werden können. Dabei wurden deutschlandweit über 1800 Schulen und in Bayern mehr als 400 Schulen erreicht. SINUS-Transfer endete im Juli 2007; für die weitere Verbreitung sind nun die Länder zuständig. In Bayern kann ein Fortbildungsangebot gestaltet werden, das hohen qualitativen Ansprüchen genügt und sehr viele Schulen erreichen wird.

Zusätzlich wurde im August 2004 das auf 5 Jahre angelegte Programm SINUS-Grundschule mit 120 Schulen (Bayern: 20) gestartet, das zum Schuljahr 2007/08 auf die doppelte Anzahl von Schulen (240/40) ausgeweitet wurde.

Konzeption

SINUS geht aus von der Kompetenz und Erfahrung der Lehrkräfte vor Ort, die selbst über Ziele und Wege der Verbesserung des Unterrichts entscheiden. Dabei handelt es sich nicht um punktuelle Bemühungen, sondern um den Einstieg in einen Prozess, der die Unterrichtsqualität nachhaltig verbessert.

Im oben genannten BLK-Gutachten wurden Module definiert, die wichtige Handlungsfelder beschreiben und einen Orientierungsrahmen bieten:

- M1: Weiterentwicklung der Aufgabenkultur
- M2: Naturwissenschaftliches Arbeiten
- M3: Aus Fehlern lernen
- M4: Sicherung von Basiswissen – Verständnisvolles Lernen auf unterschiedlichen Niveaus
- M5: Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen – Kumulatives Lernen
- M6: Fächergrenzen erfahrbar machen: Fächerübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten
- M7: Förderung von Mädchen und Jungen
- M8: Entwicklung von Aufgaben für die Kooperation von Schülern
- M9: Verantwortung für das eigene Lernen stärken
- M10: Prüfen und Rückmelden von Kompetenzzuwachs
- M11: Qualitätssicherung innerhalb der Schule und Entwicklung schulübergreifender Standards

Beteiligte Schularten:
Hauptschulen
Realschulen
Gymnasien

*Entwicklung auf
Schulebene*

Eine ausführliche Beschreibung der Module findet sich im BLK-Gutachten und in der Broschüre „Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“².

Kollegiale Kooperation in Netzwerken

Eine weitere Voraussetzung für den Erfolg der SINUS-Programme ist, dass den Lehrkräften ein Rahmen für kollegiale Kooperation geboten wird. Dabei geht es um mehr als um Absprachen im Lehrerzimmer und Austausch von Prüfungsaufgaben. Vielmehr wird Unterricht gemeinsam geplant und reflektiert. Dies geschieht nicht nur innerhalb der Schulen, sondern auch in schulübergreifenden Gruppen und wird immer wieder als besonders gewinnbringend bezeichnet.

So verstandene Kooperation wird als Entlastung empfunden und trägt zur Verbesserung der Berufszufriedenheit bei.

Materialien für den Unterricht

Bei der Frage, wie man Unterricht effektiv und nachhaltig weiterentwickeln kann, ist das häufigste Missverständnis, man bräuchte nur bessere Materialien einzusetzen. Immer wieder tritt man an beteiligte Lehrkräfte mit der Bitte heran: „Gebt uns euer Material, dann machen wir auch SINUS-Unterricht“.

Dahinter steckt ein massiver Irrtum: Abgesehen davon, dass es keinen SINUS-Unterricht, sondern mehr oder weniger erfolgreichen Unterricht gibt, liegt es nicht am Material, das es ohnehin in großem Umfang und in hoher Qualität schon lange gibt.

Es geht vielmehr um Einstellungen, um Professionswissen, um den Blick auf den eigenen Unterricht und dazu braucht es nicht so sehr Materialien, sondern Unterstützung, Teamarbeit und praxisnahe Umsetzung guter fachdidaktischer Konzepte.

Um die weitere SINUS-Arbeit zu unterstützen und allen Interessenten einen Einblick zu ermöglichen, sind deshalb die Beispiele in dieser Veröffentlichung mit ausführlichen Erläuterungen versehen. So sollen die zugrundeliegenden Überlegungen und Konzeptionen sichtbar werden.

² Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus: Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts - Erfahrungsbericht zum BLK-Programm SINUS in Bayern; München 2002

Umsetzung

Erfahrene SINUS-Lehrkräfte betreuen in Tandems über einen längeren Zeitraum die in Gruppen zusammengefassten Schulen. Dabei ist es von Vorteil, wenn sich der Großteil eines (Fach-)Kollegiums beteiligt.

Das Angebot der Tandems umfasst in der Regel die Gestaltung von vier Nachmittagen und einer ganztägigen Veranstaltung pro Schuljahr. Während der Nachmittage geben die Tandems didaktisch-methodische Anregungen, mit denen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer dann in Gruppenarbeit ihren eigenen Unterricht planen. Die so konzipierten Unterrichtseinheiten werden daraufhin umgesetzt und erprobt, sodass die nächste Veranstaltung mit Berichten und Reflexionen über die dabei gemachten Erfahrungen beginnen kann. Nach und nach wird eine vielfältige Palette zu den oben genannten Modulen angeboten, diskutiert und dann unmittelbar im Unterricht erprobt. Darüber hinaus werden immer wieder aktuelle Themen aus dem Unterricht und schulartspezifische Entwicklungen aufgegriffen. Die ganztägigen Veranstaltungen dienen dem Austausch zwischen den Lehrkräften aller Schulen, die von einem Tandem betreut werden. Dabei werden neben den von den Teilnehmern vorbereiteten Workshops unterrichtsbezogene Vorträge von renommierten Fachdidaktikern angeboten.

Die SINUS-Koordinatoren arbeiten direkt an den Schulen und greifen Erfahrungen aus dem Unterrichtsgeschehen unmittelbar auf. Sie unterstützen die Lehrkräfte kontinuierlich bei der Weiterentwicklung ihres Unterrichts.

Eine unverzichtbare Voraussetzung für die Bildung von funktionsfähigen Netzwerken und für die Bereitschaft, sich auf den Unterrichtsentwicklungsprozess einzulassen, ist die freiwillige Teilnahme. Die Bereitschaft, Unterricht zu verändern, lässt sich durch Fortbildung nicht erzwingen.

Schon jetzt ist eine positive Ausstrahlung der durch SINUS initiierten Unterrichtsentwicklung auf andere Fachbereiche zu beobachten. Bisher wurden jedoch in dieser Richtung keine gezielten Anstrengungen unternommen, da sich der enge Bezug zu den Fächern als eine Stärke von SINUS erwiesen hat. Dennoch sind professionelle Kooperation in Netzwerken und Orientierung an Modulen Konzepte, die für Unterrichtsentwicklung unabhängig vom Fach tragfähig sind. Daher könnte darüber nachgedacht werden, wie die SINUS-Konzeption auf andere Fächer übertragen werden kann.

Kontinuierliche Betreuung



Modell für Lehrerfortbildung

Vielfältige neue Herausforderungen, denen sich Lehrkräfte zu stellen haben, wie etwa die Einführung von Lehrplänen mit erweitertem Gestaltungsspielraum, die Weiterentwicklung zentraler Abschlussprüfungen und Tests oder die Einführung der Bildungsstandards³ erhöhen den Fortbildungsbedarf.

Diese Entwicklungen haben mit SINUS das bedeutende Ziel gemeinsam, den Unterricht zunehmend kompetenzorientiert zu gestalten. Es kann künftig nicht mehr allein darum gehen, was die Lehrkräfte im Unterricht behandelt haben. Vielmehr stehen die Kompetenzentwicklung und das eigenverantwortliche und selbständige Arbeiten der Schülerinnen und Schüler im Mittelpunkt.

[3_www.kmk.org/schul/home1.htm](http://www.kmk.org/schul/home1.htm)

Anmerkungen zu dieser Broschüre

Allgemeines

Die Beiträge der vorliegenden Veröffentlichung zeigen die Vielfalt der Arbeit in den verschiedenen Schularten, Schulgruppen und Fächern. Sie stammen von zahlreichen Autoren, deren individueller Stil auch jeweils zum Ausdruck kommt. Die Redaktion hat bewusst auf eine weitergehende sprachliche Vereinheitlichung der Texte verzichtet, damit die Vielfalt sichtbar bleibt, die auch eine Stärke von SINUS ist.

Die Fächer

Zwar beziehen sich die meisten Beiträge auf einzelne Fächer, doch sind viele Ideen und Konzepte auf andere Fächer übertragbar. So kann etwa die Grundidee eines Beispiels aus der Biologie auch die Mathematiklehrkraft überzeugen, die diese dann für ihren Unterricht anpassen und umsetzen kann.

Im BLK-Gutachten¹ und in der Broschüre „Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“² sind die Problembereiche des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts ausführlich beschrieben. Daher wird in der vorliegenden Veröffentlichung auf deren explizite Darstellung verzichtet.

Eine Gruppe von Lehrerinnen und Lehrern der Fächer Biologie und Chemie hat sich mit der Frage auseinandergesetzt, welche Hindernisse einem effektiveren Unterricht in diesen Fächern im Weg ste-

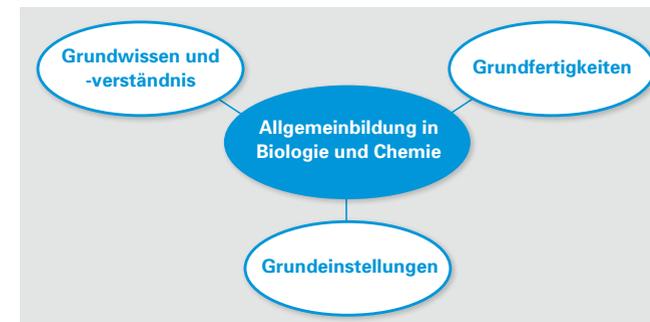
¹ BLK: **Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung**; Heft 60 (Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“)
² Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus: **Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts – Erfahrungsbericht zum BLK-Programm SINUS in Bayern**; München 2002

hen. Im folgenden Abschnitt sind die wichtigsten Gedanken dieser Lehrkräfte und allgemeine Lösungsansätze zusammengestellt.

Zur Effektivität des naturwissenschaftlichen Unterrichts am Beispiel der Fächer Biologie und Chemie

Ziele eines effektiven Unterrichts in den Fächern Biologie und Chemie

Die Vorbereitung auf ein Hochschulstudium und die Entwicklung einer die Schulzeit überdauernden Allgemeinbildung gehören zum Kern des Bildungsauftrags des Gymnasiums. Bedenkt man, dass sogar von Aspiranten eines naturwissenschaftlichen Studienganges kaum fachliche Details als Voraussetzung erwartet werden, müssen vor allem grundlegendes Wissen und Verständnis sowie Grundfertigkeiten und -einstellungen entwickelt und langfristig verankert werden. Effektivität im Unterricht bedeutet daher nicht, möglichst viel Detailwissen in eine ohnehin knapp bemessene Unterrichtszeit zu pressen.



Diese Intentionen kommen auch in den Bildungsstandards¹ zum Ausdruck, die seit 2005 verbindlich vorgegeben sind. Danach müssen Schülerinnen und Schüler am Ende der 10. Jahrgangsstufe Kompetenzen erworben haben, die neben den Fachinhalten auch die Handlungsdimension mit den Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung berücksichtigen. Die inhaltlichen Aspekte, die durch die Basiskonzepte (siehe Fachprofile im Lehrplan) beschrieben sind, finden sich in obiger Abbildung als

Von Dieter Fiedler und Johann Staudinger unter Mitarbeit von Karl Bögler, Stefan Grabe, Martin Jochner, Axel Kisters, Wolf Kraus, Claudia Schneider

[1_www.kmk.org/schul/home1.htm](http://www.kmk.org/schul/home1.htm)

Grundwissen und -verständnis, die Handlungsdimension ist durch die Grundfertigkeiten und Grundeinstellungen abgedeckt.

Probleme für einen effektiven Unterricht in Biologie und Chemie

Um die wesentlichen Problemzonen zu identifizieren, beschäftigten sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu Beginn der Arbeit im Rahmen von SINUS-Transfer mit folgenden Fragen zur Unterrichtseffektivität in den beiden Fächern:

- „Was stört uns am meisten?“ (gelbe Karten)
- „Was tun wir bereits dagegen?“ (grüne Karten)

Dabei kristallisierten sich **drei Bereiche** heraus:



Mangelndes Grundwissen

Übereinstimmend wurde das unzureichende Grundwissen bei den Schülerinnen und Schülern als Problembereich angeführt. Dies deckt sich auch mit den Erfahrungen, die viele Biologie- und Chemielehrkräfte im Lauf ihres Berufslebens machen, wenn es beispielsweise Schülerinnen und Schülern in der Oberstufe nicht gelingt, auf grundlegende Unterrichtsinhalte aus unteren Jahrgangsstufen zurückzugreifen, oder wenn Lernende zwar noch Einzelbegriffe parat haben, diese aber nicht in einen größeren Zusammenhang einordnen können.

Als weitere wichtige Störfaktoren wurden die Passivität vieler Schülerinnen und Schüler und deren mangelhafte Arbeitshaltung genannt. Sie erwarten offensichtlich von der Lehrkraft, dass diese den Lernstoff in attraktiv verpackten Häppchen serviert, die bequem konsumiert werden können.

Einig waren sich die Lehrkräfte auch darin, dass häufig ungünstige Rahmenbedingungen wie die Klassengröße in Verbindung mit einer unzulänglichen räumlichen und materiellen Ausstattung einer größeren Effektivität des Unterrichts entgegenstehen.

Offensichtlich spielt auch der niedrige Stellenwert, der den Fächern Biologie und Chemie in der Öffentlichkeit beigemessen wird, eine Rolle.

Angebot des SINUS-Programms

Die ersten beiden Problemkreise werden durch SINUS-Module abgedeckt, nämlich „Sicherung von Basiswissen – Verständnisvolles Lernen auf unterschiedlichen Niveaus“, „Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen – Kumulatives Lernen“, „Verantwortung für das eigene Lernen stärken“ und „Weiterentwicklung der Aufgabekultur“.

Wie die Erfahrungen zeigen, lernen Schülerinnen und Schüler die Fächer Biologie und Chemie häufig als eine Ansammlung von Wissens-elementen kennen, die kurzzeitig gelernt und anschließend wieder vergessen werden. Ziel muss aber mehr als bisher sein, ihr Augenmerk auf das Wesentliche zu lenken und dafür Sorge zu tragen, dass dieses dauerhaft verankert wird.

Wenn Schülerinnen und Schüler ihren Kompetenzzuwachs erfahren können, entwickeln sie besondere Motivation. Dazu muss ihr Lernen kumulativ sein, d. h. sie müssen erfassen, wie die einzelnen Lerninhalte aufeinander aufbauen und zusammenhängen. Zugleich ist kumulatives Lernen auch die Grundlage für das Verständnis komplexer Sachverhalte.

Der Erfolg der Bemühungen um eine Weiterentwicklung des Unterrichts hängt in erheblichem Maß davon ab, inwieweit es gelingt, bei den Schülerinnen und Schülern die Bereitschaft und die Fähigkeit zu stärken, Verantwortung für das eigene Lernen zu übernehmen und dabei wirksame Strategien zu erlernen. Dazu gehört auch, dass

Geringe Schüleraktivität

Ungünstige Rahmenbedingungen

Kumulatives Lernen, Sicherung von Basiswissen

Eigenverantwortliches Lernen

die Schülerinnen und Schüler verschiedene Methoden der Informationsaufnahme und -darstellung erwerben und darüber im Sinn von Grundfertigkeiten langfristig verfügen können. Dies führt weg vom lehrerdominierten Unterricht hin zu methodischer Vielfalt.

Weiterentwicklung der Aufgabenkultur

Aufgaben spielen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht eine zentrale Rolle. Ihre Bedeutung reicht von der Motivierung zum Lernen über die Unterstützung des verständnisvollen Erschließens neuen Lernstoffs hin zum Üben, Anwenden und Sichern des erworbenen Wissens. In der Weiterentwicklung der Aufgabenkultur liegt ein beträchtliches Potential zur Verbesserung des Unterrichts.

Vorschläge für die Umsetzung in der Fachschaft

Die Maßnahmen, die sich nach 9 Jahren Erfahrungen in den SINUS-Programmen als wirkungsvoll erwiesen haben, setzen einen Prozess innerhalb der Fachschaft voraus, an dem möglichst alle ihrer Mitglieder beteiligt sind. Dabei können die Fachschaften Unterstützung durch die SINUS-Tandems erhalten.

1. Schritt: **Anregung**

Am Beginn des Prozesses kann die Erfassung und Analyse der Probleme stehen, die im eigenen Unterricht stören.

2. Schritt: **Zielklärung**

Daran sollte sich eine Diskussion über die Ziele und deren Umsetzbarkeit innerhalb der Fachschaft anschließen. Hierbei ist es wichtig, sich zumindest über einen Minimalkonsens einig zu werden.

3. Schritt: **Arbeitsphase**

An die Diskussion schließt die Arbeitsphase an, bei der z. B. die Erstellung von Grundwissenskatalogen oder die Erarbeitung von konkreten Unterrichtsvorhaben im Vordergrund steht.

4. Schritt: **Umsetzung**

Letzter Schritt ist die Umsetzung der Ziele im Unterricht.

Im Hauptteil dieses Heftes werden dazu vielfältige inhaltliche Anregungen gegeben.

