

Martin Wellenreuther



Schneider Verlag
Hohengehren

Forschungsbasierte Schulpädagogik



**Anleitungen zur Nutzung
empirischer Forschung für die Schulpraxis**



Martin Wellenreuther

Forschungsbasierte Schulpädagogik

Anleitungen zur Nutzung empirischer
Forschung für die Schulpraxis

6. vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage



Schneider Verlag Hohengehren GmbH

Umschlagfoto: © Monkey Business – adobe-stock.com

Leider ist es uns nicht gelungen, die Rechteinhaber aller Texte und Abbildungen zu ermitteln bzw. mit ihnen in Kontakt zu kommen.

Berechtigte Ansprüche werden selbstverständlich im Rahmen der üblichen Vereinbarungen abgegolten.

Gedruckt auf umweltfreundlichem Papier (chlor- und säurefrei hergestellt).

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-8340-2005-5

Schneider Verlag Hohengehren, Wilhelmstr. 13, 73666 Baltmannsweiler

Homepage: www.paedagogik.de

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlanges. Hinweis zu § 52 a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne vorherige schriftliche Einwilligung des Verlages öffentlich zugänglich gemacht werden. Dies gilt auch bei einer entsprechenden Nutzung für Unterrichtszwecke!

© Schneider Verlag Hohengehren, 73666 Baltmannsweiler 2019

Printed in Germany – WolfMediaPress, Korb

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	IX
1. TIMSS, PISA und die deutsche Lernkultur	1
1.1 Einführung	1
1.2 Die TIMS-Studie	2
1.3 Erklärungsversuche für das schlechte Abschneiden der deutschen Schüler	3
1.4 Zusammenfassung	7
2. Lernen und die Begrenztheit des Arbeitsgedächtnisses	14
2.1 Die Architektur des Gedächtnisses	14
2.1.1 Das Arbeitsgedächtnis	14
2.1.2 Talent und Übung	18
2.2 Schulisches Lernen beim Erwerb komplexen Wissens	20
2.2.1 Die Überlasttheorie („cognitive load theory“)	20
2.3 Die Anwendung der Überlasttheorie auf schulisches Lernen	22
2.3.1 Der Effekt von ausgearbeiteten Lösungsbeispielen	22
2.4 Der Aufmerksamkeitsteilungseffekt	28
2.5 Der Redundanzeffekt	29
2.6 Schulisches Lernen und das Nadelöhr Arbeitsgedächtnis	30
3. Die Verankerung von Wissen im Langzeitgedächtnis	32
3.1 Langzeitgedächtnis und Problemlösen	32
3.1.1 Von der Informationsaufnahme zum nachhaltigen Lernen	32
3.1.2 Informationsarten und Vergessen	33

3.2	Übungsmethoden	33
3.2.1	Die Automatisierung von Schemata – eine Voraussetzung für Transfer . . .	33
3.2.2	Verteilte oder massierte Übungen	35
3.2.3	Vermischen von Inhalten	38
3.2.4	Der Testeffekt	39
3.3	Hausaufgaben – was ist mit ihnen zu erreichen?	42
3.4	Üben von Inhalten in der Schule	49
3.4.1	Wiederholungen und Zusammenfassungen	49
3.4.2	Zusammenfassung	50
4.	Die horizontale und vertikale Verarbeitung von Informationen	52
4.1	Die horizontale Verarbeitung	52
4.2	Die vertikale Verarbeitung von Inhalten	54
5.	Verständlich erklären	59
5.1	Mündliches Erklären	59
5.2	Schriftliches Erklären	61
5.2.1	Die Lesbarkeitsforschung	62
5.2.2	Das Hamburger Verständlichkeitskonzept	63
5.2.3	Das des Textverstehens von Kintsch & van Dijk	66
5.3	Empirische Studien zur Theorie des Textverstehens	69
5.4	Zusammenfassung: Erklären und Lernen	76
6.	Klassenmanagement	78
6.1	Der traditionelle Ansatz: Belehren und Bestrafen	78
6.2	„Moderne“ Ansätze zum Klassenmanagement	83
6.2.1	Techniken der Klassenführung – der Ansatz von Kounin	83
6.2.2	Klassenmanagement als vorausplanendes Handeln – Der Ansatz von C. Evertson	87
6.2.3	Das Trainingsexperiment von Evertson et al. (1983)	91
6.2.4	Der Umgang mit andauernden Verhaltensproblemen	92

7. Leistungsbewertung	96
7.1 Merkmal einer guten Leistungsdiagnostik in der Schule	96
7.2 Leistungsdiagnostik im Dienst einer wirksamen Förderung	99
7.3 Zusammenfassung der Ergebnisse	101
7.4 Praktische Konsequenzen	104
8. Motivieren	105
8.1 Einführung	105
8.2 Motivierungstechniken	105
8.3 Möglichkeiten und Grenzen von Motivierungstechniken im Unterricht	117
9. Direkte Instruktion	119
9.1 Was ist direkte Instruktion?	119
9.2 Empirische Belege der Wirksamkeit direkter Instruktion	122
9.3 Ein Beispiel für gut geplanten Grammatikunterricht	135
9.4 Durch Aktivierungsmethoden Verständnis fördern	138
9.5 Werkstattunterricht als Stationenlernen – eine „innovative“ Methode?	141
9.6 Anwendung und Transfer: Exkursionen	144
9.7 Zusammenfassung und Ausblick	146
10. Förderung durch Gruppenarbeit	150
10.1 Probleme traditioneller Gruppenarbeit	150
10.2 Empirisch geprüfte Formen der Gruppenarbeit	152
10.2.1 Die Gruppenrallye	152
10.2.2 Das Gruppenpuzzle	157
10.2.3 Die Wirksamkeit kooperativer Methoden	160
10.3 Offene Probleme der Gruppenarbeit	162
10.4 Zusammenfassung: Effektive Gruppenarbeit	164

11. Effektive Förderarbeit	166
11.1 Einleitung	166
11.2 Bedingungen effektiver Förderarbeit	166
11.3 Fazit	173
Literaturverzeichnis	175
Stichwortregister	189

Vorwort

Als ich vor nunmehr 16 Jahren einen Verlag zu meinem Buch „Lehren und Lernen – aber wie?“ suchte, erhielt ich vor allem Absagen. Zu weit war mein Buch von dem entfernt, was unter Schulpädagogik gemeinhin verstanden wurde. Experimentelle Forschung und Schulpädagogik, das passte einfach nicht zusammen. Kinder durften nicht zu Objekten gemacht werden - dass sie im Unterricht aber tagaus tagein zu Objekten gemacht wurden, übersah man. Offene Unterrichtsmethoden wie Werkstattunterricht und Stationsarbeit, die von Schulpädagogen wie Hilbert Meyer und Herbert Gudjons empfohlen wurden, und die zum Zeitgeist passten, waren angesagt, auch wenn diese Methoden empirisch nicht streng hinsichtlich ihrer Wirksamkeit überprüft wurden. Der Glauben an diese offenen Methoden bröckelte erst, als durch die internationalen Vergleichsstudien TIMSS und Pisa offensichtlich wurde, dass Deutschland im Bildungsbereich ein Problem hatte. Diese Erfahrung erst erhöhte die Bereitschaft, nach empirischen Belegen für die Wirksamkeit von Methoden zu fragen. Eine forschungsbasierte Schulpädagogik musste stärker reflektieren, unter welchen Voraussetzungen eine Methode wirksam ist. Nun ist „Lehren und Lernen“ – aber wie? in der 10. Auflage erschienen, und der kleine Bruder von „Lehren und Lernen“, die „Forschungsbasierte Schulpädagogik“ erscheint nun in überarbeiteter und aktualisierter Form 2019 in sechster Auflage.

Drei Grundideen sind in der alten und neuen forschungsbasierten Schulpädagogik zielführend: Ein Buch zu den Lehr-Lernprozessen muss vor allem neuere Forschungen

- (1) zum Arbeits- und Langzeitgedächtnis (Kapitel 2 und 3),
- (2) zur Wissensstrukturierung (Kapitel 4, 5, und 9) sowie
- (3) zum Klassenmanagement berücksichtigen (Kapitel 6 und 8).

Der Fokus der „Forschungsbasierten Schulpädagogik“ hat sich noch mehr auf die Anwendung experimenteller Forschung auf schulische Lernprozesse verlagert. Dabei habe ich mich bemüht, neuere experimentelle Forschungen zu berücksichtigen.

Beim Abfassen des Buchs wurde ich durch viele Personen tatkräftig unterstützt. Dabei möchte ich vor allem Karin Nölle, Daniela Thide sowie Götz Thiele für ihre kritischen Kommentare danken. Auch Mira S. Lambertz, Linnart Ebel, Jennifer Rydelek, Johanna Klein, Heike Schneider sowie Nicole Wenzel haben mir wichtige Anregungen gegeben, die mich motiviert haben, Inhalte klarer und verständlicher darzustellen.

1. TIMSS¹, PISA und die deutsche Lernkultur

In einer internationalen Studie zum Kenntnisstand in Mathematik erreichen deutsche Schüler, insbesondere Schüler aus bildungsfernen Schichten, nur mäßige Leistungen. In kaum einem anderen Land ist der Zusammenhang zwischen sozialer Herkunft und Schulabschluss so stark wie in Deutschland. Für ein hoch industrialisiertes Land ist dies nicht befriedigend. In Japan gelingt es hingegen, einen weit größeren Anteil von Schülern mit sehr hohem Kompetenzniveau heranzubilden, während gleichzeitig der Anteil von Schülern mit minimalen Kenntnissen in Mathematik deutlich niedriger ist.

Der Hauptteil des Kapitels widmet sich der Frage, warum diese großen Kompetenzunterschiede zwischen Deutschland und Japan bestehen. Dabei wird gezeigt, dass stereotype Vorstellungen über das Lernen in asiatischen Ländern wie Japan stark ergänzungsbedürftig sind.

1.1 Einführung

In Politik und Pädagogik hielt man sich hierzulande bisher an ein bewährtes Muster: Augen zu und durch. Sollte man sich wegen einer internationalen Vergleichsstudie zum Kenntnisstand in Mathematik und Naturwissenschaften (TIMSS) beunruhigen lassen?

Als die Ergebnisse der TIMS-Studie längst vergessen waren, kam die Diskussion um die *Green Card*. Plötzlich stellte man fest, dass Deutschland nicht genügend Informatiker ausbildet und deshalb die Einreise ausländischer Computerspezialisten erleichtern muss. Man blickte neidisch nach Indien, wo ein Überschuss an Computerspezialisten produziert wird. Und man erinnerte sich plötzlich, dass schon TIMSS auf Defizite in der mathematisch-naturwissenschaftlichen Ausbildung in Deutschland hingewiesen hatte.

Der dritte Tiefschlag, den das „Land der Dichter und Denker“ zu verkraften hatte, war *PISA*. Die ersten Ergebnisse der Studie bezogen sich auf die Lesekompetenz. Hier rutschte Deutschland abgeschlagen auf einen der hinteren Plätze. Nun konnte man die Probleme nicht mehr einfach „aussitzen“ und die Augen schließen. Konnte es tatsächlich sein, dass Länder wie Kanada, Finnland, Island, Japan und Korea Schüler aus bildungsfernen Schichten weit besser förderten, ohne dass gleichzeitig die Eliteförderung darunter litt?

In der PISA-Studie stand:

„Einige Länder [zeigen], dass eine hohe durchschnittliche Bildungsqualität mit einer ausgewogenen Verteilung der Bildungserträge einhergehen kann: In Kanada, Finnland, Island, Japan, Korea und Schweden liegt das Leistungsniveau der Schülerinnen und Schüler auf der Gesamtskala Lesekompetenz über dem Durchschnitt, während die Effekte des wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Status auf die Schülerleistungen zugleich unterdurchschnittlich stark ausgeprägt sind. Umgekehrt liegen die durchschnittlichen Ergebnisse der Schüler auf der Gesamtskala Lesekompetenz in der Tschechischen Republik, Deutschland, Ungarn und Luxemburg deutlich unter dem OECD-Durchschnitt, während die Leistungsunterschiede zwischen in sozioökonomischer Hinsicht privilegierten und benachteiligten Schülern dort zugleich überdurchschnittlich groß sind.“ (OECD 2001, S. 251f.)

¹ TIMSS bedeutet **T**hird **I**nternational **M**athematics and **S**cience **S**tudy.

Im Jahr 2007, also zehn Jahre nach Veröffentlichung der TIMS-Studie, beklagt die Industrie erneut einen Fachkräftemangel, den man nur durch Anwerben ausländischer Spezialisten beheben zu können meint. Gesucht werden Ingenieure im Elektronik- und Maschinenbaubereich.

TIMSS und PISA haben positive Entwicklungen angestoßen, z. B. im Bereich der Frühförderung und der sprachlichen Förderung von Migranten. Für die Schulen konzentrierten sich die Reformen auf die Festlegung neuer Standards, die externe Evaluation der Schulen, z. B. durch Schulinspektionen, und die Durchführung externer Tests zur Überprüfung des Erreichens der festgelegten Standards. Die Vorstellung scheint zu sein, man müsse nur die richtigen verbindlichen Standards festlegen und zugehörige Tests durchführen, um das Bildungssystem Deutschlands nach vorne zu bringen. Die Frage ist jedoch: *Verändern die eingeleiteten Reformen überhaupt den Kern unseres Bildungssystems, die Qualität des Unterrichts?*

Es ist an der Zeit, einmal genauer hinzusehen und die Hintergründe zu analysieren. Es begann mit TIMSS.

1.2 Die TIMS-Studie

Wichtigstes Ziel der TIMS-Studie, an der 45 Staaten teilnahmen, ist die präzise *Beschreibung* des Kenntnisstandes der Schüler in Mathematik und Naturwissenschaften im internationalen Vergleich.

Stichprobe: Die TIMS-Hauptstudie begann in der BRD im Frühjahr 1994 zum Ende der 7. Klasse. Zum ersten Messzeitpunkt 1994 wurden 3.286 Schüler der 7. Jahrgangsstufe, zum zweiten Messzeitpunkt nochmals 3.464 Schüler der 7. Jahrgangsstufe und 3.419 Schüler der 8. Jahrgangsstufe ausgewählt. In Deutschland war die Untersuchung längsschnittlich angelegt, in den anderen Ländern querschnittlich (vgl. Baumert, Lehmann et al. 1997, S. 45/46).

Ergebnisse von TIMSS im internationalen Vergleich: Die Gesamtheit der deutschen Schüler der 8. Klasse (Alter 14,8 Jahre) erreicht einen durchschnittlichen Punktwert von 509 Punkten. Dieser Wert liegt fast exakt beim internationalen Mittelwert von 513 Punkten. Ähnliche Werte erreichen angelsächsische Länder wie England, Schottland, Irland, Australien, Kanada und die USA. Die deutschen Hauptschüler der 8. Klasse erreichen im Mittel einen Wert von 446, Realschüler von 504, Gymnasiasten von 573. Die Spitzenwerte werden von den asiatischen Ländern erreicht: Singapur: 643 Punkte, Korea: 607 Punkte und Japan: 605 Punkte. Auch in der deutschsprachigen Schweiz wird mit 590 Punkten im Mittel ein Wert erreicht, der noch über dem Durchschnittsniveau der deutschen Gymnasiasten liegt. Die Schüler des gymnasialen Bildungsgangs (8. Klasse) erreichen somit im Mittel nicht das durchschnittliche Leistungsniveau des gesamten unausgelesenen Jahrgangs der deutschsprachigen Schweiz, geschweige denn das Niveau aller Achtklässler in den asiatischen Staaten (vgl. Baumert, Lehmann et al. 1997, S. 90). Die Mathematikleistungen, die in Deutschland eine Leistungsspitze von 5% des Jahrgangs erzielt, erreichen

in Japan gut 30% der im Durchschnitt sogar jüngeren Achtklässler (vgl. Baumert, Lehmann et al. 1997, S. 220).²

Vergleicht man die Testwerte deutscher und japanischer Schüler anhand des Leistungszuwachses, der in einem Schuljahr erzielt wird, so beträgt der Leistungsunterschied im Fach Mathematik gut drei Jahre, und zwar gleichmäßig über alle Leistungsgruppen hinweg (vgl. Baumert, Lehmann et al. 1997, S. 220).

Unterschiede zwischen den Bundesländern: Auch die Unterschiede zwischen den Bundesländern sind beträchtlich. Bei einem Vergleich von zwei großen Bundesländern (Bayern und Nordrhein-Westfalen) zeigte sich, dass die Schüler in Bayern den Schülern in Nordrhein-Westfalen um 1 1/2 Jahre voraus sind. Dieser Unterschied ist statistisch abgesichert, also nicht durch Zufall zu erklären.

1.3 Erklärungsversuche für das schlechte Abschneiden der deutschen Schüler

Schon am Anfang ihres Kommentars zur Studie gehen Baumert, Lehmann et al. (1997) kritisch auf bestimmte, in der bundesdeutschen Diskussion beliebte, Erklärungsansätze ein. Sie schreiben:

„Ob ein Schulsystem zentral oder dezentral verwaltet wird, ob es die Halb- oder die Ganztagschule präferiert, ob es gegliedert oder integriert organisiert ist, hat- wie die Befunde von TIMSS zeigen werden – offensichtlich für die Ertragslage des mathematisch – naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Mittelstufe keine eigenständige Bedeutung. Die Muster der deskriptiven Ergebnisse sprechen dafür, systematische Erklärungen für substantielle Leistungsunterschiede in der die Schule tragenden Kultur – der generellen Wertschätzung schulischem Lernens und der Bereitschaft zu Anstrengung und spezifischen Unterstützungsleistungen – sowie in der Gestaltung des Fachunterrichts selbst zu suchen.“ (vgl. Baumert, Lehmann et al. 1997, S. 18/19)

Durch TIMSS kann nicht geklärt werden, welche Ursachen für die Leistungsunterschiede zwischen den Ländern verantwortlich sind. Für die Erklärung der guten Schulleistungen japanischer (bzw. asiatischer) Schüler kommen folgende Bedingungen in Betracht:

- (1) *Rahmenbedingungen des Lernens* (Klassenfrequenz, Unterrichtszeit, Nachhilfesschulen, hohe Wertschätzung von Fleiß)
- (2) *Unterrichtliche Bedingungen* (verschiedene Unterrichtsskripte, kein fachfremder Unterricht, empirisch sorgfältig erprobte Schulbücher)

² In neueren Studien hat Japan etwas schlechter abgeschnitten. Es ist aber unbestritten, dass die Bildungssysteme ostasiatische Länder wie Singapur, Shanghai (China), Korea und Japan im Vergleich zu westlichen Staaten immer Spitzenleistungen erbracht haben. Dennoch sind diese Staaten mit ihren Bildungssystemen ziemlich unzufrieden und bemühen sich deshalb um Reformen, die den Spaß am Entdecken, das Kommunizieren über Inhalte, Teamarbeit und metakognitives Denken betonen. Während z. B. die USA die Kontrollen im Bildungssystem durch externe Tests verschärfen, kann in den ostasiatischen Staaten ein Abbau solcher Kontrollen festgestellt werden (vgl. Zhao 2015).

Zu 1: Rahmenbedingungen des Lernens

Unter den *äußeren Unterrichtsbedingungen* kommt die *Klassenfrequenz* als entscheidender Faktor nicht in Betracht, weil

- a) in Japan höhere Klassenfrequenzen die Regel sind und
- b) empirische Forschungen eine deutliche Wirkung der Klassenfrequenz auf die Kompetenzentwicklung nicht bestätigen.

Auch das *Schulsystem* scheidet als wesentlicher Faktor aus, weil sowohl Staaten mit einem noch stärker differenzierenden Schulsystem als auch Staaten mit einem geringer differenzierenden Schulsystem hohe Kompetenzen erreichen (z. B. Singapur und Japan).

Die *Anzahl der Unterrichtsstunden* könnte ein wichtiger Faktor sein. Gestützt auf Analysen von Stevenson, Lee & Stigler (1986), schreiben Helmke und Hesse (2002):

Bezüglich der Ferien und Stundenplangestaltung „ergab ein Vergleich (...), dass die amerikanischen Kinder die Schule im Durchschnitt an 178 Tagen pro Jahr, die chinesischen und japanischen Kinder dagegen an 240 Tagen pro Jahr besuchen. Der durchschnittliche Schultag ist bei japanischen Schülern um eine Stunde ... länger als der Schultag in den USA. Summiert man dies, dann ergibt das enorme Unterschiede in der Jahresunterrichtszeit. So kommen die Kinder in Japan während der ersten neun Schuljahre auf 14.490 Schulstunden, die deutschen dagegen lediglich auf 9.450 (...). Außerdem wird der Mathematikunterricht in Japan nur von Fachlehrern durchgeführt, und diese Mathematiklehrer haben ein deutlich niedrigeres Stundendeputat als ihre deutschen Kollegen (etwa 20 Stunden pro Woche).³

Zudem besuchen viele japanische Schüler nach dem Unterricht noch Nachhilfesschulen, in der sie fit für die Aufnahmeprüfungen gemacht werden sollen. Ito (1997, S. 454 ff.) schreibt darüber:

„Das Bildungssystem... besteht aus zwei Elementen: Während die öffentlichen Schulen die kooperative Harmonie als 'kollektive Erwartung an die egalitäre uniforme Erziehung' verkörpern, vertreten die privatwirtschaftlich geführten Vor- und Nachbereitungsschulen, so genannte 'Juku', die Konkurrenz als 'individuelle Erwartung an die beschäftigungsvermittelnde Erziehung'. Zahlreiche Schüler führen in Japan ein Doppelleben. Tagsüber werden sie in den Schulen in einer harmonischen Atmosphäre unterrichtet; abends werden sie in den Vor- und Nachbereitungsschulen, die sie zum Bestehen der Aufnahmeprüfungen fakultativ besuchen, so unterrichtet, dass sie in den Examen mehr Punkte als ihre Rivalen erzielen können.“⁴

Zu 2: Unterrichtliche Bedingungen

Einiges spricht für *eine andere Art des Unterrichtens* als wichtigste Ursache der höheren Kompetenz japanischer Schüler. Diese Art des Unterrichtens wird durch eine andere Lernphilosophie sowie eine andere Konzeption von Unterrichtsmaterialien unterstützt. Im Kern geht es dabei um einen instruierenden, fragend-entwickelnden Unterricht, in

³ Da japanische Lehrer im Durchschnitt Klassen mit 34 Schülern (im Vergleich zu etwa 24 in Deutschland) unterrichten, sind die Ausgaben für Lehrer nicht höher.

⁴ In den deutschen Forschungen zur Unterrichtsqualität werden diese zusätzlichen Lernzeiten durch Nachhilfesschulen (Cram-Schulen) meist nicht berücksichtigt. Vielleicht ermöglichen diese Nachhilfesschulen in Japan aber erst, dass sich der Unterricht an öffentlichen Schulen auf Begründungs- und Verständniswissen stärker konzentrieren kann.

dem Schüler in den Prozess der Entwicklung eines Gegenstandes aktiv einbezogen werden. Über diese andere Art des Unterrichtens schreiben Stigler & Hiebert (1999, S. 49):

„Wir sehen Lehrer, die vor der Klasse über ein Thema dozieren oder den Schülern erzählen, wie sie eine Aufgabe lösen können oder die Schüler auffordern, Eigenschaften oder Fakten durch wiederholtes Rezitieren zu memorieren. Es ist besonders interessant, dass diese Aktivitäten häufig in Verbindung mit Schüleraktivitäten des Problemlösens und des Austauschs von Lösungsmethoden unter Schülern auftreten.“

Diese Art des Unterrichtens durch vielfältige massive Hilfen und ausführliche Erklärungen ist nach allem, was wir durch empirische Forschung wissen, sehr lernwirksam (vgl. dazu Kap. 3 und Kap. 9). Allerdings sind solche Verständnishilfen schwer mit bestimmten konstruktivistischen und reformpädagogischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen vereinbar. Offensichtlich wird im japanischen Unterricht sowohl direkt instruiert als auch selbständig allein oder in Gruppen nach Lösungen gesucht. So behaupten Klieme, Schümer und Knoll (2001, S. 48), dass im japanischen Unterricht verständnisorientierte Unterrichtsskripte eine wichtige Rolle spielen:

Skript des reformorientierten japanischen Mathematikunterrichts

1. Sicherung der Wissensvoraussetzungen (Wiederholung wichtiger Sätze per Arbeitsblatt, Übung im Klassenverband, Lehrervortrag oder Tafelbild).
2. Vorstellung eines neuen, darauf aufbauenden Problems.
3. Einzelarbeit, eventuell mit Unterstützung des Lehrers.
4. Gruppenarbeit, Lehrer beobachtet die Gruppe und notiert Lösungen.
5. Präsentation und Diskussion der Gruppenlösungen in einer vom Lehrer bestimmten Reihenfolge.
6. Zusammenfassung durch den Lehrer.

Auch die Qualität des Erklärens dürfte eine wesentliche Rolle für das Erreichen eines hohen Kompetenzniveaus spielen. Auch hier gibt es nur indirekte Belege (vgl. Ma 1999; Seyd 2005). So sind nur 20% der Mathematiklehrer an Grundschulen in Deutschland und den USA in der Lage, verständnis- und prozessorientiert korrekte Erklärungen zu Standardproblemen der Grundschulmathematik zu entwickeln. Diese Fähigkeit ist bei chinesischen und damit vermutlich auch bei japanischen Mathematiklehrern in weit höherem Maße gegeben⁵ (vgl. Ma 1999).

Vermutlich wird die höhere Erklärkompetenz durch die „Lesson Study“ sowie durch die höhere Qualität der Unterrichtsmaterialien gefördert. Jeder Lehrer hat im Rahmen dieser

⁵ Hier könnte eine Rolle spielen, dass japanische und chinesische Lehrer eher auf Mathematikschulbücher und dazu entwickelte Lehrerhandbücher zur Unterrichtsvorbereitung zurückgreifen können, welche die Lernschwierigkeiten der Schüler stärker als die westlichen Unterrichtsmaterialien berücksichtigen (vgl. Ma 1999). Ein weiterer Punkt ist: Den asiatischen Mathematiklehrern bleibt mehr Zeit zur Unterrichtsvorbereitung, da sie oft nur ein Fach, und dieses in zwei Klassenstufen in mehreren Parallelklassen unterrichten (z. B. Mathematik in Klasse 3a und 3b sowie in Klasse 4a und 4b).

Lesson-Study etwa ein- bis zweimal im Schuljahr seinen Unterricht anderen Lehrern vorzustellen. Dazu wird in Kooperation mit anderen Lehrern ein schriftlicher Unterrichtsentswurf ausgearbeitet, der dann im Unterricht erprobt und aufgrund der gemachten Erfahrungen und der vorgetragenen Kritik sorgfältig überarbeitet wird. Auf diese Weise ist in China und Japan eine Form lebenslanger unterrichtsnaher Weiterbildung von Lehrern fest im Bildungssystem verankert.

Eine höhere *Qualität der Unterrichtsmaterialien* ist eine wesentliche Voraussetzung für eine höhere Unterrichtsqualität, da Unterrichtsmaterialien in doppelter Weise das Lernen der Schüler beeinflussen:

- a) Direkt, da die Schüler mit Hilfe von verständlichen Schulbüchern eher in Eigenarbeit lernen können als mit Schulbüchern, die Erklärungen von Lehrern voraussetzen.
- b) Indirekt, da verständliche Schulbucheklärungen Lehrern die Durchführung eines lernwirksamen Unterrichts erleichtern.

In der Forschungsliteratur gibt es noch keine direkten Belege, dass Schulbücher für die Erklärung der Kompetenzunterschiede bedeutsam sein könnten. Unbestritten ist, dass Schulbücher eine wesentliche Grundlage für den Unterricht sind. So schreiben Stevenson und Stigler (1992, 213):

„Übungsbücher und Lehrerhandbücher bilden zusammen mit den Schulbüchern den Kern eines Großteils des Unterrichts (...). Viel zu wenig Aufmerksamkeit ist [in westlichen Ländern] auf die Entwicklung dieser Werkzeuge des Unterrichts verwandt worden. Genauso wie beim Unterrichten wissen wir genug, um gute Schulbücher und Lehrerhandbücher herstellen zu können; es gelingt uns nur nicht, das, was wir wissen, in die Praxis umzusetzen.“

Zwar zeigt eine deskriptive Studie, dass Erklärsequenzen japanischer Mathematikschulbücher eher bestimmten Qualitätskriterien genügen als US-amerikanische Schulbücher (vgl. Mayer, Sims & Tajika 1995). Damit ist aber nicht geklärt,

- (1) ob deutsche Mathematikschulbücher ähnlich wie US-amerikanische Schulbücher strukturiert sind, und
- (2) ob die bestehenden Unterschiede zwischen den Schulbüchern Kompetenzunterschiede erklären können.

Es gibt noch einen weiteren Unterschied zwischen japanischen und deutschen Mathematik-Schulbüchern: Japanische Mathematik-Schulbücher werden in jahrelanger Entwicklungsarbeit in Forschungsschulen entwickelt und erprobt. Vor einer Zulassung unterliegen sie danach einer strengen Qualitätskontrolle durch das Bildungs- und Erziehungsministerium. Demgegenüber liegt die Entwicklung neuer Mathematik-Schulbücher in Deutschland weitgehend in der Hand eines Teams von Mathematikdidaktikern und besonders qualifizierten Lehrern. Eine *empirische Prüfung der methodischen Qualität* hat in Deutschland einen weit geringeren Stellenwert als in Japan oder Singapur. Stillschweigend wird in Deutschland davon ausgegangen, dass die mit der Schulbuchentwicklung betrauten Experten am besten in der Lage sind, gute Schulbücher zu entwickeln.

Doch vielleicht liegt gerade hier das Problem! Mehrere experimentelle Studien belegen die These vom „*Fluch des Wissens*“: Danach sind Experten aufgrund ihres Experten-

wissens nicht in der Lage, sich in die Lernsituation von Schülern („Novizen“) hinein zu versetzen und unterschätzen die Schwierigkeit von Aufgaben. Für die Einschätzung der Lernschwierigkeiten von Novizen wählen sie sich selbst zum Modell. Einem Experten fallen die Aufgaben leicht! Wenn Schüler dann Schwierigkeiten haben, dann haben sie sich nicht genügend angestrengt! So glaubten nach Hinds (1999) Experten, Novizen könnten in 13 Minuten eine bestimmte Aufgabe lösen. Tatsächlich benötigten sie für die Aufgabe jedoch 33 Minuten! (vgl. Fischhoff 1975; Newton 1990; Hinds 1999; Hinds, Patterson, Pfeffer 2001).⁶

1.4 Zusammenfassung

Da die Entwicklung von Kompetenzen vor allem im Unterricht erfolgt, liegt die Vermutung nahe, in der Art des durchgeführten Unterrichts die entscheidende Ursache für die zwischen Japan und Deutschland bestehenden Unterschiede anzusehen. Auf diese mögliche Erklärung haben schon Stevenson und Stigler (1992) aufmerksam gemacht. Vermutlich werden die herausragenden Leistungen in Japan durch drei Faktoren unterstützt:

- Längere „time on task“ (weniger Ferien, zusätzlicher Besuch von Nachhilfeschulen),
- die Institution der „Lesson Study“, die für eine lebenslange Lehrerfortbildung sorgt, und
- die Verfügbarkeit von *Mathematikschulbüchern*, die aufgrund ihrer Konzeption den Lehrern einen an hohen Standards orientierten Unterricht ermöglichen.

In Deutschland sowie in den USA gehen wir davon aus, man könne Lehrer in einer relativ kurzen Zeit ausbilden. Doch nach fünf Jahren Ausbildung haben wir noch nicht den fertig ausgebildeten Lehrer. Jeder Lehrer benötigt im Rahmen der „Lesson Study“ Unterstützung durch intensive lebenslange Kooperation mit anderen Lehrern sowie durch qualitätsgeprüfte Schulbücher. Die Ausbildung zum Experten erfordert mindestens zehn Jahre „*deliberate practice*“ (vgl. Ericsson 2008; Ericsson, Krampe, Tesch-Römer 1993). Deliberate Practice ist nicht irgend ein unsystematisches Sammeln von Erfahrungen im Rahmen langjähriger Unterrichtspraxis, sondern entspricht genau dem, was im Rahmen der Lesson Study in asiatischen Staaten getan wird: Unterricht wird sorgfältig geplant, der Entwurf wird von Expertenlehrern kritisiert und überarbeitet, danach im Unterricht erprobt, und aufgrund der gemeinsamen Erfahrungen weiter verbessert. Die Lesson Study hat eine qualitätserhöhende Wirkung, weil Lehrer, die nachweislich ihre Schüler zu einer hohen Kompetenz führen, einen entsprechend großen Einfluss auf das Diskussionsergebnis der Lesson Study haben.

⁶ Auch im Rahmen einer solchen Auffassung von Schulbuchentwicklung sind fachliche und fachdidaktische Expertise notwendig. Zusätzlich kann die Schulbuchentwicklung jedoch auch von der Mitarbeit von Psychologen („Experten des Textverstehens“) sowie von strengeren empirischen Erprobungen profitieren.

Anhang zu Kapitel 1

In diesem Anhang werden jeweils zwei Schulbuchseiten gegenübergestellt, die erste Schulbuchseite ist aus einem asiatischen Schulbuch (Japan oder Singapur), die zweite aus einem deutschen Schulbuch für das Gymnasium. Thema ist jeweils das Teilen von Brüchen durch eine ganze Zahl.

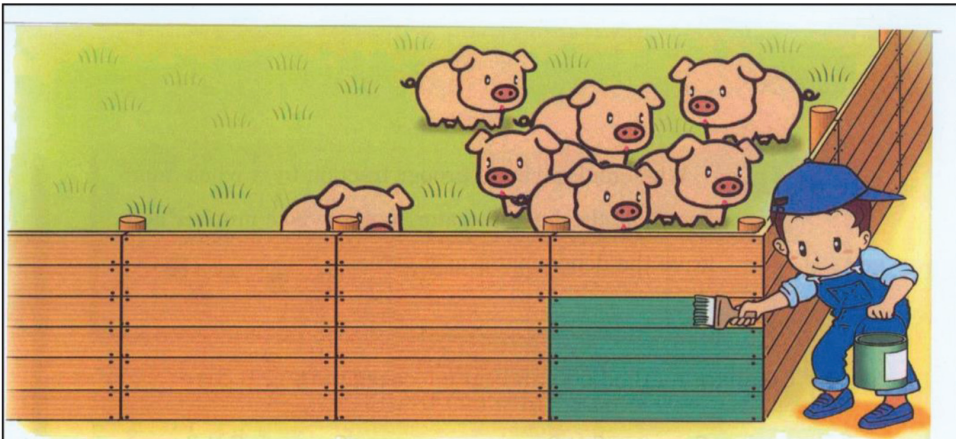
- Zuerst wird eine Erklärseite aus einem japanischen Schulbuch vorgestellt („Study with Your Friends. Mathematics for Elementary Schools 6.2“, S. 6). Auf der gegenüberliegenden Seite steht das Beispiel aus dem deutschen Schulbuch (Mathematikschulbuch für Gymnasien, Griesel, Postel & Suhr 2004, 6. Klassenstufe, S. 21 und 22).
- Danach folgen zwei Übungsseiten, die erste aus einem Schulbuch aus Singapur, die zweite aus einem deutschen Schulbuch (Griesel, Postel, Suhr 2004, S. 25)

Fragen zu den beiden Erklärseiten:

- a) Welche Erklärung ist verständlicher? Begründen Sie dies!
- b) Um die ganze deutsche Erklärung zu lesen, muss man nach einer halben Seite umblättern (s. Strich). Wie dürfte sich dies auf das Verstehen der Erklärung auswirken? (→ Aufmerksamkeitsteilungseffekt)
- c) Welche Erklärung ist einfacher? (Dividieren eines Bruchs durch Vervielfachen des Nenners oder durch Erweitern und danach Teilen des Zählers)
- d) In der deutschen Erklärung steht links die ikonische Verdeutlichung, rechts wird diese Verdeutlichung erläutert. In der japanischen Erklärung steht links die verbale Beschreibung, rechts die ikonische Verdeutlichung. Welche Reihenfolge ist für ein Verstehen günstiger?
- e) In der japanischen Erklärung wird vom Schüler die Beantwortung von Fragen beim Durcharbeiten der Erklärung erwartet, in der deutschen wird nur erklärt. Welche Vorgehensweise ist für das Lernen günstiger?

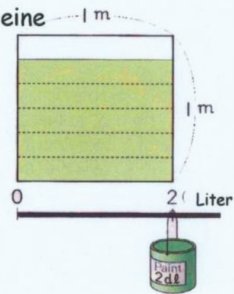
Fragen zu den beiden Übungsseiten (Übungsseite Singapur, Schulbuch 5A, S. 55; Griesel, Postel & Suhr, 2004, S. 25):

1. Welche Übungsseite ist insgesamt im Hinblick auf eine gute Gliederung-Ordnung strukturiert? (vgl. Hamburger Verständlichkeitskonzept, Kap. 5).
2. Wenn sie sich eine Fortsetzung der Übungsseite vorstellen: Welche Übungsseite lässt mehr Raum für ein verteiltes Üben? (Verteiltes Üben, s. Kapitel 3)
3. Was steht im Vordergrund: Übungen mit kleinen Nennern oder mit großen Nennern?
4. Wie sieht auf den zwei Übungsseiten das Verhältnis von reinen Rechenaufgaben zu Sachaufgaben aus?
5. Welche Schulbuchseite vermittelt eher das Gefühl: „Die Aufgaben zu diesem Inhalt kann ich lösen?“



2 Berechnung von „Brüchen ÷ Ganze Zahlen“

1 Bei dieser Wand genügen 2 Liter Farbe für eine Fläche von $\frac{5}{6} m^2$. Wie viele m^2 können mit jedem 1 Liter Farbe gemalt werden?

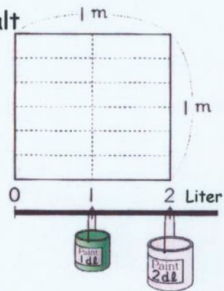


① Schreibe eine Rechnung.

÷

Bemalte Fläche Menge der Farbe (Liter)

② Wie viele m^2 können mit 1 Liter Farbe gemalt werden? Finde die Antwort, in dem du die Zeichnung rechts färbst.



Es gibt 5 Stücke von $\frac{1}{6} m^2$. Die Hälfte davon ist ...



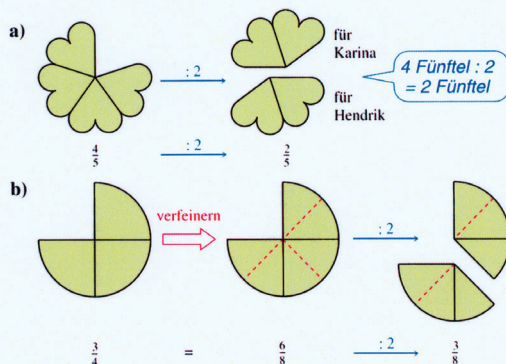
Denke über Situationen nach, in denen du Brüche durch ganze Zahlen teilst und wie du das berechnest.

1.3.2 Teilen von Bruchzahlen

Aufgabe 1

- a) Mutter hat zum Kaffee am Sonntagnachmittag Waffeln gebacken. Es sind noch $\frac{4}{5}$ einer Waffel (also $\frac{4}{5}$ einer Waffel) übrig. Die beiden Geschwister Karina und Hendrik wollen sich die Herzen teilen. Wie viel erhält jeder? Schreibe dazu einen Quotienten mit einem Bruch.
- b) Am Abend gibt es Pizza. Es ist noch $\frac{3}{4}$ einer Pizza vorhanden. Wieder wollen sich Karina und Hendrik das Reststück teilen. Wie viel erhält jeder? Schreibe dazu auch einen Quotienten mit einem Bruch.

Lösung



Wir schreiben: $\frac{4}{5} : 2 = \frac{2}{5}$

Ergebnis: Jedes Kind erhält $\frac{2}{5}$ einer ganzen Waffel.

Damit gerecht verteilt werden kann, wird jedes Viertel in 2 gleich große Teile zerlegt. Das bedeutet: Der Bruch $\frac{3}{4}$ wird mit 2 erweitert. Dann kannst du wie in Teilaufgabe a) vorgehen.

$$\frac{3}{4} : 2 = \frac{6}{8} : 2 = \frac{3}{8}$$

Ergebnis: Jedes Kind erhält $\frac{3}{8}$ einer ganzen Pizza.

Seitenumbruch im Schulbuch

Information

Regeln für das Dividieren einer Bruchzahl durch eine natürliche Zahl

Zur Lösung der Aufgabe $\frac{3}{4} : 2 = \frac{3}{8}$ kannst du auch folgende Überlegungen durchführen:

$\frac{3}{4}$ Pizza stehen zur Verfügung. Jedes Viertel wird an 2 Kinder verteilt. Jedes Kind bekommt dann von jedem Viertel die Hälfte, also 1 Achtel, insgesamt $3 \cdot 1$ Achtel.

Du erhältst also das Ergebnis $\frac{3}{8}$ durch Multiplikation des Nenners mit 2.

Zwei Fälle bei der Division einer Bruchzahl durch eine natürliche Zahl

1. Möglichkeit: Nur anwendbar, wenn der Zähler durch die natürliche Zahl teilbar ist

Der Zähler des Bruches wird durch die natürliche Zahl dividiert.

Der Nenner bleibt erhalten.

$$\text{Beispiel: } \frac{15}{19} : 5 = \frac{15:5}{19} = \frac{3}{19}$$

2. Möglichkeit: Immer anwendbar

Der Nenner des Bruches wird mit der natürlichen Zahl multipliziert.

Der Zähler bleibt erhalten.

$$\text{Beispiel: } \frac{12}{7} : 5 = \frac{12}{7 \cdot 5} = \frac{12}{35}$$

Weiterführende Aufgaben

2. Unterschied zwischen Dividieren und Kürzen

- a) Dividiere $\frac{6}{9}$ durch 3. Kürze dann $\frac{6}{9}$ mit 3. Vergleiche.
- b) Worin besteht der Unterschied zwischen Dividieren und Kürzen?

Übungsseite Schulbuch 5A, Singapur (S. 55):

Finde den Wert zu jedem der folgenden Ausdrücke in seiner einfachsten Form!

- | (a) | (b) | (c) |
|----------------------|-------------------|--------------------|
| 1. $\frac{1}{3} : 3$ | $\frac{5}{6} : 3$ | $\frac{9}{10} : 3$ |
| 2. $\frac{3}{4} : 5$ | $\frac{1}{5} : 4$ | $\frac{8}{9} : 6$ |
| 3. $\frac{2}{5} : 3$ | $\frac{5}{9} : 5$ | $\frac{5}{6} : 10$ |
4. Ein $\frac{4}{5}m$ langes Seil wird in zwei gleichlange Teile geteilt. Wie lang ist jeder Teil?
5. $\frac{4}{5}$ des bei einem Flohmarkt verdienten Geldes wurde auf vier Parteien aufgeteilt. Welchen Bruchteil des Geldes hat jede Partei bekommen?
6. 6 Kekspackungen wiegen $\frac{3}{10}$ kg. Finde das Gewicht jeder dieser Packungen.
7. Sarah verteilt $\frac{2}{5}l$ Fruchtsaft gleichmäßig auf vier Becher. Wie viel Fruchtsaft ist in jedem Becher?
8. Der Umfang eines quadratischen Blumenbeets beträgt $\frac{3}{4}m$. Finde die Länge jeder Seite in Meter.
9. Frau Schmidt teilte $\frac{3}{4}kg$ Weintrauben gleichmäßig unter ihren 6 Kindern auf. Wie viel kg erhielt jedes Kind?

Vervielfachen und Teilen von Bruchzahlen 23

7. Berechne.

a) $\frac{1}{6} : 4$ b) $\frac{15}{7} : 8$ c) $\frac{7}{8} : 3$ d) $\frac{7}{8} : 5$ e) $\frac{3}{17} : 5$ f) $\frac{5}{43} : 7$ g) $\frac{6}{7} : 5$ h) $\frac{8}{9} : 7$
 $\frac{7}{8} : 3$ $\frac{3}{4} : 3$ $\frac{4}{5} : 7$ $\frac{6}{7} : 9$ $\frac{8}{15} : 5$ $\frac{7}{41} : 5$ $\frac{7}{23} : 8$ $\frac{9}{37} : 8$

8. a) Erläutere die Rechenwege von Dennis und Diana. Vergleiche sie.

Zerlege geschick!

Dennis	Diana
$6\frac{1}{4} : 3$	$6\frac{1}{4} : 3$
$= \frac{25}{4} : 3$	$= 6 : 3 + \frac{1}{4} : 3$
$= \frac{25}{4 \cdot 3}$	$= 2 + \frac{1}{4 \cdot 3}$
$= \frac{25}{12}$	$= 2 + \frac{1}{12}$
$= 2\frac{1}{12}$	$= 2\frac{1}{12}$

b) Berechne günstig.

(1) $2\frac{4}{7} : 3$ (2) $4\frac{2}{5} : 5$ (3) $48\frac{1}{4} : 12$ (4) $9\frac{1}{5} : 4$
 $3\frac{4}{5} : 3$ $12\frac{3}{4} : 6$ $75\frac{1}{2} : 15$ $4\frac{3}{5} : 5$
 $1\frac{6}{7} : 3$ $27\frac{7}{8} : 9$ $9\frac{4}{5} : 10$ $8\frac{5}{7} : 7$
 $6\frac{7}{8} : 3$ $7\frac{2}{3} : 10$ $4\frac{2}{3} : 3$ $7\frac{5}{6} : 8$

9. Setze im Heft für \square eine passende natürliche Zahl ein.

a) $\frac{1}{4} : \square = \frac{1}{12}$ c) $\frac{7}{8} : \square = \frac{7}{32}$ e) $\frac{7}{\square} : 6 = \frac{7}{48}$ g) $\frac{8}{\square} : 10 = \frac{4}{15}$ i) $1\frac{2}{7} : \square = \frac{9}{28}$
 b) $\frac{3}{5} : \square = \frac{3}{20}$ d) $\frac{4}{\square} : 5 = \frac{4}{15}$ f) $\frac{9}{\square} : 8 = \frac{9}{56}$ h) $\frac{10}{\square} : 7 = \frac{5}{14}$ j) $1\frac{5}{8} : \square = \frac{13}{56}$

10. In einer Flasche sind $\frac{3}{4}$ l Apfelsaft. Vier Kinder teilen sich den Saft. Wie viel l bekommt jedes Kind?

Pfund.
alte Gewichtseinheit
1 Pfund = $\frac{1}{2}$ kg

11. Janina möchte das nebenstehende Fruchtsaftgetränk für sich und ihre Freundin Karina zubereiten. Wie viel benötigt sie von den einzelnen Zutaten?

Peppermint Petty
Zutaten für 4 Personen:

- $\frac{8}{4}$ l Minzeblätter
- $\frac{3}{4}$ l Zitronensaft
- $\frac{1}{4}$ l heißes Wasser
- $\frac{1}{2}$ Pfund Johannisbeeren
- $\frac{3}{8}$ l Orangensaft
- $\frac{1}{20}$ l Mineralwasser

12. a) $\frac{16}{21} \cdot 28$ b) $\frac{12}{15} : 20$ c) $\frac{3}{7} \cdot 14$ d) $\frac{34}{85} : 17$ e) $\frac{138}{92} \cdot 23$ f) $\frac{57}{38} : 19$
 $\frac{16}{21} : 28$ $\frac{12}{15} \cdot 20$ $\frac{3}{7} : 14$ $\frac{34}{85} \cdot 17$ $\frac{138}{92} : 23$ $\frac{57}{38} \cdot 19$

Vermischte Übungen

13. Berechne

- a) den 3. Teil von einer halben Tafel Schokolade; c) den 6. Teil von $1\frac{1}{2}$ Stunden;
 b) den 5. Teil von $\frac{3}{4}$ l Milch; d) die Hälfte von $1\frac{3}{4}$ l Saft.



14. a) Eine Flasche enthält 0,75 l Mineralwasser. Wie viel l Mineralwasser sind in 12 Flaschen? Vergleiche die Rechnungen von Jonas und Linda. Nimm dazu Stellung.
 b) Berechne mit einem Verfahren, das deiner Meinung nach besonders geeignet ist.

Jonas:
 $0,75 \text{ l sind } \frac{3}{4} \text{ l}$
 $12 \cdot \frac{3}{4} \text{ l sind } 9 \text{ l}$

Linda:
 $0,75 \cdot 12$
 $\frac{75}{100} \cdot 12$
 $\frac{75 \cdot 12}{100}$
 $\frac{900}{100}$
 $9,00$

- (1) Im Keller stehen 15 Mineralwasserflaschen. Jede Flasche enthält 0,7 l.
 (2) Das Backrezept für einen Kuchen sieht $\frac{3}{8}$ l Sahne vor. Für die Hochzeitsfeier will Franziska vier Kuchen backen.

2. Lernen und die Begrenztheit des Arbeitsgedächtnisses

In diesem Kapitel stehen die Prozesse der Aneignung neuen komplexen Wissens im Mittelpunkt. Eine solche Aneignung ist nur möglich, wenn eine Überlastung des Arbeitsgedächtnisses durch geeignete Methoden vermieden wird. Eine wichtige Methode zur Reduktion der Arbeitsgedächtnisbelastung ist die Verwendung von Lösungsbeispielen. Diese Lösungsbeispiele erlauben eine Konzentration auf die zu lernenden Elemente. Bei der Nutzung von Lösungsbeispielen sind jedoch einige Bedingungen zu beachten ...

2.1 Die Architektur des Gedächtnisses

Eine genaue Kenntnis der in unserem Gehirn ablaufenden Lernprozesse bei der Aufnahme und Verarbeitung von Informationen ist die wichtigste Grundlage didaktischer Überlegungen. Beim Lernen können grob zwei Phasen unterschieden werden:

- die Phase der ersten Aneignung von Wissen (Kap. 2) und
- die Phase der Verfestigung und Konsolidierung (Kap. 3).

Phase der Aneignung neuen Wissens: Das Arbeitsgedächtnis ist wie ein Flaschenhals, weil seine Kapazität auf maximal sieben Einheiten begrenzt ist⁷. Wird das Arbeitsgedächtnis durch zu viele Informationen überlastet, kann nicht gelernt werden. Nur wenn durch geeignete Methoden eine Überlastung vermieden wird, ist eine Konzentration auf die zu lernenden Elemente möglich. Die eingehenden Informationen können dann in bestimmter Weise aufbereitet, vernetzt, wiederholt und erinnert werden. Dadurch werden Gedächtnisspuren im Langzeitgedächtnis angelegt.

Phase der Verfestigung und Automatisierung von Wissen; Wenn das einmal Gelernte wiederholt geübt und mit dem übrigen Wissen vernetzt wird, erhöht sich die Chance, dass dieses Wissen längerfristig verfügbar ist. Im Langzeitgedächtnis verankertes Wissen belastet das Arbeitsgedächtnis nicht mehr. Erst wenn Wissen durch Bildung neuer Synapsen im Langzeitgedächtnis verankert wurde, wurde etwas gelernt.

2.1.1 Das Arbeitsgedächtnis

Nichts geht mehr!

Jeder hat es schon erlebt: Wir sind in einer großen, unbekanntem Stadt und fragen nach dem Weg. „... die Straße runter, an der ersten Ampel links, an der nächsten rechts ist die U-Bahn-Station X- Platz, dann in die Linie 4 Richtung ... bis ...“ Spätestens an dieser Stelle merken Sie, dass Sie vollkommen überfordert sind. An einem gewissen Punkt gibt man auf und schaltet ab. Wenn zu viele neue Informationen auf die Sinne einströmen, kommt es zu einer Überlastung. Es geht gar nichts mehr. Wenn wir uns mit diesen Informationen aktiv auseinandersetzen, also zum Beispiel der Beschreibung in Gedanken

⁷ Neuere Forschungen deuten darauf hin, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses auf fünf Einheiten begrenzt ist (vgl. Cowan 2001).