

Eckhard Klieme

Was ist guter Unterricht? Ergebnisse der TIMSS-Videostudie im Fach Mathematik.

Die öffentliche Diskussion der TIMSS-Mittelstufenstudie (BAUMERT/LEHMANN et al. 1997) ist sehr stark dadurch beeinflusst worden, dass nicht nur Testleistungen untersucht und begleitende Fragebögen eingesetzt wurden, sondern dass Deutschland gemeinsam mit Japan und den Vereinigten Staaten an einer begleitenden Videostudie teilgenommen hat, die von einem US-Team koordiniert wurde (STIGLER et al. 1996). Besonders der anschauliche Vergleich zwischen deutschen und japanischen Unterrichtsstunden hat bei vielen Fachtagungen zu anregenden Diskussionen geführt.

Im Folgenden sollen einige Ergebnisse der weiterführenden Auswertungen des Videomaterials vorgestellt werden, die am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung erarbeitet worden sind:

- Erkenntnisse zur „Aufgabenkultur“ und zur „Dramaturgie“ eines problemorientierten Mathematikunterrichts im Vergleich zwischen deutschen und japanischen Stunden, sowie
- Untersuchungen über grundlegende Dimensionen der Unterrichtsqualität und deren Zusammenhang mit Leistungs- und Motivationsentwicklung.

„Aufgabenkultur“ und „Dramaturgie“ des problemlösenden Unterrichts im internationalen Vergleich

Die vergleichende Beschreibung und Bewertung deutscher, japanischer und US-amerikanischer Unterrichtspraxis durch die Arbeitsgruppe um James Stigler hat deutliche Kontraste zwischen den drei Ländern aufgezeigt (vgl. STIGLER et al. 1999):

- Erstens sind dem Urteil von Mathematikern und Didaktikern zufolge die mathematischen Inhalte japanischer Unterrichtsstunden im Durchschnitt komplexer als in Deutschland und hier wiederum anspruchsvoller als in den USA,
- zweitens werden in Einzel-, Partner- und Gruppenarbeitsphasen in Japan vergleichsweise häufig Problemlöse- und Denkaufgaben gestellt, die in Deutschland nur sehr selten und in den USA gar nicht zu verzeichnen waren. Eine Besonderheit Japans ist auch, dass häufiger als in den beiden anderen Ländern alternative Lösungsansätze vorgestellt und in der Klasse diskutiert werden.
- In einem wichtigen Punkt zeigte sich eine Gemeinsamkeit zwischen Deutschland und Japan: Neue mathematische Konzepte werden in beiden Ländern im Unterrichtsgespräch zwischen Schülern und Lehrern *entwickelt*, während sie in den USA zumeist nur durch den Lehrer *vorgeführt* und anschließend in Übungsphasen von den Schülern reproduziert und angewandt werden.

Fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch in deutschen Klassen

Der letztgenannte Befund wurde in einer Dissertation am Max-Planck-Institut (KNOLL, in Vorbereitung) aufgegriffen. Dass neue Konzepte im Unterrichtsgespräch entwickelt werden, sagt noch nichts darüber, wie aktiv die Schüler an diesen Einführungsphasen beteiligt sind. Im Detail wurde daher untersucht, welche Fragen und Aufgabenstellungen der Lehrer während einer Einführungsphase an die Schüler richtet. Alle Anforderungen und Aufgaben

im weitesten Sinne, die während der Einführung eines neuen Themas formuliert werden, wurden mittels eines differenzierten Kategoriensystems erfasst.

Vor allem in Deutschland wurde sehr häufig ein Phänomen beobachtet, das etwas salopp als „Kleinarbeiten komplexer Anforderungen“ beschrieben werden kann: Der Lehrer beginnt seine Ausführungen mit einer relativ komplexen, anspruchsvollen Aufgabenstellung, die womöglich verschiedene Repräsentationsformate (graphische Darstellungen, Tabellen, Formeln, verbale Formulierungen) verknüpft und einen Anwendungsbezug herstellt. Diese Aufgabe wird aber nicht von den Schülern in ihrer Komplexität bearbeitet, sondern im Unterrichtsgespräch, unter starker Steuerung durch den Lehrer, Schritt für Schritt bearbeitet. Die Teilleistungen, die dabei von den Schülern erwartet werden, sind dann meist nur noch von elementarer Art. Die Schüler müssen Definitionen und Regeln, die sie früher gelernt haben, reproduzieren, sie müssen geometrische Objekte oder Terme, die an der Tafel entstanden sind, benennen, oder sie müssen einfache Teiloperationen, Rechenschritte, algebraische Umformungen usw. ausführen. Auf diese Weise wird eine komplexe, offene Problemstellung umgeformt in eine Serie wenig anspruchsvoller, geschlossener Aufgaben. Die Fragen, die der Lehrer im Einzelnen stellt, sind überwiegend konvergent, das heißt, sie zielen auf eine ganz bestimmte Antwort ab - auf den einen Baustein, der in das „Puzzle“ der Problemlösung passt.

Viele mathematikdidaktische Fallstudien haben nahegelegt, dass eine solche enge „fragend-entwickelnde“ Gesprächsführung typisch ist für deutschen Mathematikunterricht (vgl. etwa MAIER/VOIGT 1994). Die Problematik dieses Unterrichtsmusters lässt sich – thesenartig zugespitzt - folgendermaßen charakterisieren.


1. Der Lehrer hat in dieser Art des Unterrichts die gleichsam paradoxe Aufgabe, den Fluss der Gedanken bzw. Problemlöseschritte auf ein intendiertes (den Schülern oft sogar verborgenes) Resultat hin zu steuern, und gleichzeitig für Ideen der Schüler offen zu sein.
2. Die Schüler stehen vor der ebenso paradoxen Aufgabe, Teilschritte eines Problemlösungsprozesses formulieren zu müssen, dessen Ziel sie nicht kennen.
3. Es ist dem Lehrer nicht möglich, die im Unterrichtsgespräch aufkommenden Beiträge sinnvoll auszuwählen und anzuordnen. Er ist darauf angewiesen, aus zufälligen Äußerungen die passenden aufzugreifen.
4. Lehrer und Schüler haben im schnellen Wechsel des Dialogs wenig Zeit zum Nachdenken; gleichzeitig wird ihnen ein hohes Konzentrationsniveau abgefordert.
5. Zu den problematischen Konsequenzen gehört,
 - dass der Lehrer seine Fragen/Teilaufgaben offen und vage formuliert, gleichzeitig aber enge Erwartungen bezüglich der Antwort hat,
 - dass Schüler häufig rein assoziative Einwürfe machen,
 - dass Schüleräußerungen oft unbeachtet und ohne Feedback bleiben,
 - dass weiterführende Beiträge verworfen werden, weil sie „zum falschen Zeitpunkt“ geäußert werden,
 - dass alternative Lösungswege nicht geprüft werden.
6. Das Unterrichtsgespräch verliert dadurch den intendierten argumentativen und logisch stringenten Charakter. Es wird unübersichtlich, teilweise zirkulär oder „mäandernd“. Problemlöseprozesse werden verhindert oder abgebrochen. Stattdessen operieren die Schüler auf der Ebene der bloßen Reproduktion von Wissens-elementen oder mit trial-and-error-Verhalten.

Das grundlegende Problem eines solchen Unterrichtsstils ist nicht - um ein populäres Thema didaktischer Diskussionen aufzugreifen – die zu starke „Lehrerzentrierung“ und zu geringe „Schülerorientierung“. Die Lehrform des „fragend-entwickelnden“ Unterrichtsgesprächs ist vielmehr - in ihrer Idealform - ein Versuch, beides auszubalancieren, d. h. eine gewisse Offenheit gegenüber Ideen der Schüler bei gleichzeitig zielorientierter Führung durch den Lehrer zu erreichen. Sie ist damit eine besonders anspruchsvolle Unterrichtsform (vgl. AEBLI 1983), die häufig misslingt. Die Problematik dieses Unterrichts liegt unseres Erachtens darin, dass die Schüler nicht auf der Ebene des eigentlichen komplexen Problemlöseprozesses kognitiv aktiviert werden, sondern auf der Ebene von Teilprozessen, im Sinne von Reproduktion, Assoziation und einfachen Operationen.

Die Bedeutung der TIMSS-Videostudie, insbesondere für die didaktische Diskussion in Deutschland, besteht darin, dass sie dieses Phänomen in einer repräsentativen Stichprobe dokumentiert hat. Die Analyse von Knoll (in Vorbereitung) verdeutlicht, dass das „Kleinarbeiten“ komplexer Aufgaben im deutschen Unterricht besonders stark verbreitet ist; sie zeigt aber auch, dass andere Typen des problemorientierten Unterrichts, insbesondere andere Arten der Gestaltung von Einführungsphasen möglich sind.

Ein japanischer Ansatz für Aufgabenkultur und Unterrichts-Dramaturgie

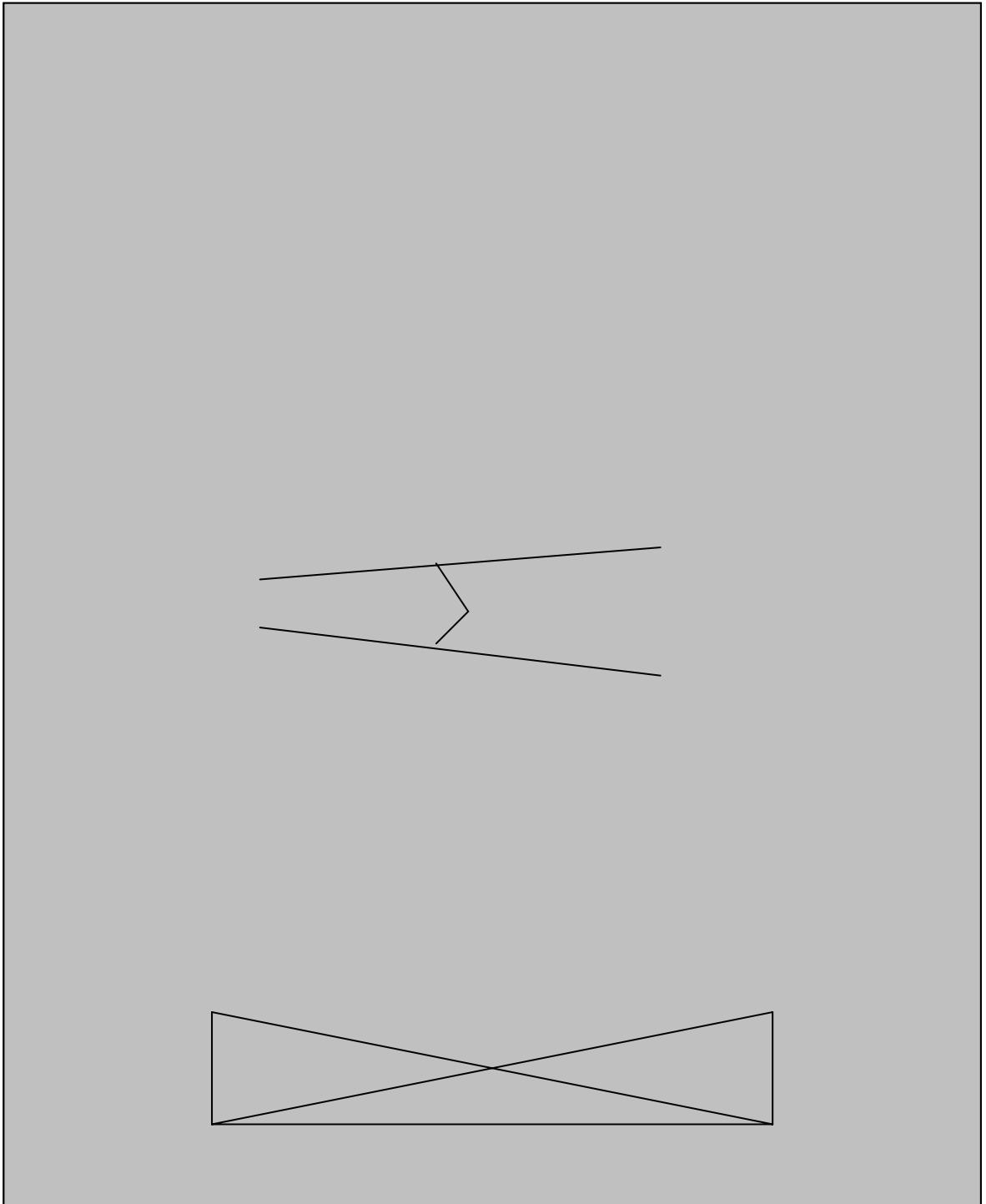
Insbesondere in den japanischen Stunden aus der TIMSS-Videostichprobe lässt sich ein alternatives Muster ablesen, das auf einem besonderen, auch im japanischen Zusammenhang durchaus innovativen Konzept beruht, dem des so genannten „open-ended problem solving“ (BECKER/SHIMADA 1997, NOHDA 1995, NEUBRAND/NEUBRAND 2000). Dieses Unterrichtskonzept ist seit ca. 20 Jahren, aufbauend auf reformpädagogischen und kognitionspsychologischen Impulsen aus dem westlichen Ausland, von Mathematik-Pädagogen in Japan entwickelt und über zahlreiche Lehrerweiterbildungen breit implementiert worden. Es ist auch – mit unterschiedlicher Stringenz – in einer größeren Zahl der TIMSS-Videos aus Japan realisiert. Konstitutiv für dieses Unterrichtskonzept sind drei Komponenten:

- eine auf breiter Basis eingeführte „Aufgabenkultur“, in deren Mittelpunkt eine Systematik von „offenen Problemstellungen“ steht, die in zahlreichen Beispielen umgesetzt wurde, auf die Lehrer zurückgreifen können,
- eine als kulturelles ript des reformorientierten japanischen Mathematikunterrichts beschreibbare „Dramaturgie“ des Unterrichtsablaufs, die Raum schafft für selbständiges Problemlösen der Schüler, für Gruppenarbeit, aber auch für klar strukturierende und fokussierende Aktivitäten des Lehrers, sowie
- ein in der professionellen Kultur der Mathematikpädagogen verankerter und durch intensive Lehrerweiterbildung – z.B. Ausarbeitung von Beispielstunden in Lehrerteams – gefestigter Satz von *Qualitätskriterien* für angemessenes Lehrerverhalten.

Im Folgenden gehe ich auf diese drei Komponenten näher ein.

Aufgabenkultur im „open-ended problem solving“

In einer der in Japan aufgezeichneten Stunden lösen die Schülerinnen und Schüler eine geometrische Transferaufgabe (Berechnung der Länge der Mittellinie eines Trapezes) auf sieben (!) unterschiedlichen Wegen. Ähnlich werden in einer Algebrastunde unterschiedlich abstrakte Lösungsansätze für lineare Gleichungssysteme genutzt und zwischen Lehrer und Schülern diskutiert. Solche Unterrichtssituationen setzen eine kluge Auswahl von Aufgaben voraus, die dem Wissensstand der Schüler angepasst sind, je nach individuellen Lernvoraussetzungen unterschiedlich angegangen werden können und mehrere erfolgreiche Wege zur Lösung zulassen. In der Tradition des „open-ended problem solving“ werden drei verschiedene Arten von offenen Aufgaben unterschieden (siehe Kasten).



Dramaturgie des Unterrichts

Nicht das Aufgabenmaterial allein garantiert einen Lehr-Lernprozess, der die Schüler tatsächlich kognitiv aktiviert; entscheidend ist hierfür die „Dramaturgie“ der Stunde. Typisch für die problemorientierten Stundenverläufe im japanischen Unterricht, die auf den TIMSS-Videos dokumentiert sind, ist folgender Ablauf:

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 der Gruppenlösungen in einer vom Lehrer bestimmten Reihenfolge.
6. Zusammenfassung durch den Lehrer.

Die Phasen 2 bis 5 können unter Umständen mehrmals innerhalb einer Unterrichtsstunde durchlaufen werden. Auch „fragend-entwickelnde“ Gespräche können eine wichtige Funktion haben, insbesondere in den Phasen 1 und 2. Entscheidend ist jedoch die Phase der Einzel- und anschließenden Gruppenarbeit, in der Schüler häufig mehrere qualitativ verschiedene Lösungen für ein Problem entwickeln. Der Lehrer hat diese Lösungen zu einem guten Teil antizipiert, hält den Lösungsprozess und die verschiedenen Resultate beobachtend fest, und kann so die abschließende Präsentation und Zusammenfassung systematisch aufbauen und gegebenenfalls zielgerichtet auf Fehler eingehen – anders als beim ausschließlich „fragend-entwickelnden“ Unterrichtsverlauf, wo er von Augenblick zu Augenblick auf passende Schülerbeiträge hoffen und auf Fehler ad hoc reagieren müsste.

Zudem ist hervorzuheben, dass auch offene Aufgaben von den Schülern nicht in unvermittelten „Schöpfungsakten“ gelöst werden können, sondern klug vorbereitet sein müssen. Der Lehrer der erwähnten Geometriestunde beispielsweise stellt die zwei Strahlensätze mitsamt Umkehrungen, die in der Stunde benutzt werden sollen, zu Beginn in einem systematischen Lehrervortrag vor. Die anschließende Beweisaufgabe verlangt eigentlich nicht mehr als die unmittelbare Anwendung. (Sie steht im klaren Kontrast zu den Beweisführungen, die wir im deutschen Geometrieunterricht beobachten: dort handelt es sich durchweg um ausführliche Beweise, die vom Lehrer selbst geführt werden, während in Japan kleinere Beweisaufgaben von den Schülern selbst bearbeitet werden.) Erst danach wird die offene Transferaufgabe gestellt, zu der – wie erwähnt – sieben Lösungswege gefunden werden.. – Generell sind im japanischen Unterricht die neuen Problemstellungen im Idealfall so genau austariert, dass sie keinen zu großen Erkenntnissprung verlangen,

wohl aber das selbständige Umstrukturieren einer Problemsituation und eine Anpassung der verfügbaren mathematischen Werkzeuge an die neue Aufgabensituation.

Zu vermuten ist, dass die vorgestellte „Aufgabenkultur“ und „Dramaturgie“ das selbständige Problemlösen wie auch die argumentative Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Lösungsvorschlägen ermöglichen, gleichzeitig aber Lehrer und Schüler entlasten, weil sie in entscheidenden Phasen die Unwägbarkeiten des „fragend-entwickelnden“ Gespräches vermeiden.

Kriterien guten Unterrichtens

Zu Realisierung des open-ended problem solving gehören schließlich bestimmte Qualitätskriterien, nach denen sich das Verhalten der Lehrer richten sollte. In Anlehnung an die japanische Literatur haben wir sie zu drei Merkmalen verdichtet:

1. Offenheit von Aufgabenstellungen und Lösungswegen – auch „lokal“, während der Problembearbeitungen im Unterricht:

- Schüler bearbeiten selbständig neuartige Aufgabenstellungen ohne vorherige Darstellung einer Musterlösung durch den Lehrer
- Schüler formulieren selbst Aufgabenstellungen
- verschiedene Lösungen sind möglich
- unterschiedliche Lösungswege werden gewünscht bzw. akzeptiert
- Skizzen und unabgeschlossene Lösungen werden akzeptiert
- umgangssprachliche Argumente werden akzeptiert (wertgeschätzt)

2. Lehrer als „Mediator“

- gibt den Schülern Zeit, Ideen zu entwickeln und Antworten zu finden
- ordnet Ideen der Schüler in den Kontext der Stunde ein
- bezieht Beiträge verschiedener Schüler aufeinander
- unterstützt bei der Ausformulierung bzw. Ausführung von Ideen
- fragt – ohne zu bewerten – nach, wenn ein Schüler unvollständige oder unklare Ideen formuliert
- korrigiert *nicht* sofort jeden Fehler

3. Fokussierung

- Die Stunde behandelt ein durchgehendes Thema
- Der Lehrer benennt Ziel/Thema/Fragestellung der Stunde explizit
- Aufgaben und Fragestellungen, die zu Beginn gestellt werden, werden im Laufe der Stunde vollständig bearbeitet
- Der Lehrer fasst die Stunde am Ende zusammen

Diese Kriterien beschreiben im Kern das, was die „Unterrichtskultur“ eines problemorientierten, kognitiv anspruchsvollen Mathematikunterrichts in dem hier vorgestellten japanischen „Modell“ ausmacht. Indem wir von einem „Modell“ sprechen, meinen wir nicht, dass „der“ japanische Unterricht in sich homogen sei, den Idealvorstellungen der Didaktiker voll entspreche und als eine Art Blaupause für den Mathematikunterricht in Deutschland verwendet werden könnte. Es geht uns vielmehr darum, eine vom bekannten Schema des fragend-entwickelnden Unterrichts abweichende Art der Unterrichtsführung vorzustellen, deren Adaptation und Erprobung in Deutschland dem problemlösenden Unterricht neue Chancen geben könnte.

Man kann die genannten Kriterien natürlich auch anwenden, um die Qualität vorfindlichen Unterrichts einzuschätzen. Wir haben hierzu ein Beurteilungsschema entwickelt und auf die deutschen Videos der TIMSS-Studie angewandt (KLIEME/CLAUSEN 1999). Offenheit ist demnach in unseren Klassen sehr selten realisiert, interessanterweise am ehesten noch in der Hauptschule. Ein an der „Mediator“-Rolle orientiertes Lehrerverhalten wird eher selten beobachtet, Fokussierungen hingegen relativ häufig. Diese Beobachtungen sind Teil eines mehrdimensionalen Zugangs zur Realität des deutschen Mathematikunterrichts, der im folgenden Abschnitt dargestellt werden soll.

Grunddimensionen der Unterrichtsqualität

Mit den Kategorien, die im internationalen Vergleich entwickelt wurden, sind nur Teilaspekte der Unterrichtsrealität erfasst. Unter Rückgriff auf Konzepte der Schulpädagogik und der empirischen Unterrichtsforschung haben wir in weiteren Studien am Max-Planck-Institut ein umfassendes, mehrdimensionales Modell der Qualität mathematischen Unterrichts entwickelt und empirisch validiert (KLIEME/BAUMERT/CLAUSEN, im Druck; CLAUSEN, im Druck; KLIEME/THUBBAS 2001). An einer entscheidenden Stelle ergänzt unser Modell allerdings – motiviert durch neuere „konstruktivistische“ Theorien des Lehrens und Lernens (STERN 1994, BAUMERT/KÖLLER 2000) – den Ansatz der herkömmlichen Unterrichtsforschung (vgl. EINSIEDLER 1997). Während bislang Aspekte eines geordneten, strukturierenden Lehrerhandelns einerseits und ein schülerbezogenes sozial-affektives Klima andererseits betont wurden, legen wir besonderen Wert auf das Ausmaß der kognitiven Aktivierung der Schüler in ihrer Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgegenstand und im Austausch von Argumenten.

Beobachtung von Qualitätsmerkmalen im Unterricht

Die nachfolgenden Analysen beziehen sich ausschließlich auf die repräsentativ ausgewählten deutschen Klassen, die im Rahmen der TIMSS-Videostudie untersucht wurden. Die nationale Erweiterung von TIMSS bietet wesentlich stärkere analytische Möglichkeiten als das internationale Design, weil Schüler und Lehrer umfassender befragt wurden und vor allem, weil die Erhebung in Deutschland längsschnittlich angelegt war, sodass sich Veränderungen über ein Schuljahr hinweg messen lassen.

Ausgangspunkt unserer Untersuchung ist ein Satz von Skalen zur Beschreibung von Aspekten der Unterrichtsqualität, die jeweils aus zwei bis fünf einzelnen Aussagen bestehen. Dieses Beschreibungssystem hat sich bei der Untersuchung von Unterricht aus Sicht der Schüler bewährt (GRUEHN 2000), und es wurde erfolgreich zur Einschätzung des Unterrichts durch trainierte Beobachter adaptiert (CLAUSEN, im Druck).

Eine Auswertung der Beobachter-Urteile¹ legt drei übergeordnete Faktoren zu Tage (vgl. im Einzelnen KLIEME/BAUMERT/CLAUSEN, im Druck):

- (1) einen Faktor „Unterrichts- und Klassenführung“, der klassische Merkmale der klaren, strukturierten, gut organisierten Instruktion zusammenfasst,
- (2) einen Faktor „Schülerorientierung“, der das Eingehen auf individuelle Lernpotenziale und Bedürfnisse der einzelnen Schüler beschreibt sowie
- (3) einen Faktor „Kognitive Aktivierung“, der die Komplexität von Aufgabenstellungen und Argumentationen und die Intensität des fachlichen Lernens widerspiegelt.

Tabelle 1 listet auf, aus welchen Skalen sich die drei Grunddimensionen zusammensetzen und gibt einige Beispielaussagen an. Jede einzelne Aussage wurde von den Beobachtern – nachdem sie die videographierte Stunde angeschaut hatten – auf einer vierstufigen Skala von „kommt überhaupt nicht vor“ bis „kommt sehr häufig vor“ eingeschätzt, und es wurden pro Klasse Mittelwerte für die drei Dimensionen gebildet.

Tabelle 1 Grunddimensionen der Unterrichtsqualität²

I: Unterrichts- und Klassenführung	II. Schülerorientierung	III. Kognitive Aktivierung
Effektive Behandlung von Unterrichtsstörungen: <i>„greift sofort ein, bevor Unruhe und Störungen überhaupt entstehen können“</i> Häufigkeit von Störungen (-) Zeitverschwendung (-) Sprunghaftigkeit des Lehrers (-) Regelklarheit Klarheit und Strukturiertheit des Unterrichts Monitoring Time on Task	Sozialorientierung: <i>„kümmert sich um die Probleme der Schüler“</i> Individuelle Bezugsnormorientierung <i>„lobt auch die schlechten Schüler, wenn er merkt, dass sie sich verbessern“</i> Diagnostische Kompetenz des Lehrers im Sozialbereich Interaktionstempo (-) Leistungsdruck (-)	Genetisch-sokratisches Vorgehen <i>„lässt die Schüler auch einmal mit ihren eigenen Vermutungen in die Irre gehen, bis sie es selbst merken.“</i> Anspruchsvolles Üben <i>„Unter den Übungsaufgaben sind oft Aufgaben, bei denen die Schüler wirklich sehen können, ob sie etwas verstanden haben.“</i> Repetitives Üben (-) Motivierungsfähigkeit des Lehrers <i>„kann auch trockenen Stoff wirklich interessant machen“</i>

Diese drei empirisch gewonnenen Faktoren können als Grunddimensionen der Unterrichtsqualität angesehen werden. Die Dimensionen sind in einzelnen Stunden bzw. einzelnen Schulklassen in unterschiedlichem Ausmaß realisiert. Ihr Muster spiegelt jedoch die

¹ Die hier mitgeteilten Analysen beziehen sich auf eine Teilmenge von 82 Unterrichtsstunden, für die vollständige Datensätze – einschließlich Lehrer- und Schülerfragebögen – vorliegen. Die Auswahl ist jedoch nicht verzerrt.

² Skalen, die mit (-) gekennzeichnet sind, gehen mit umgekehrter Polung in die Berechnung der Dimensionen ein. So ist z.B. nicht die Häufigkeit von Störungen, sondern deren Seltenheit (= Umkehrung der Skala „Häufigkeit“) mit guter Unterrichts- und Klassenführung assoziiert.

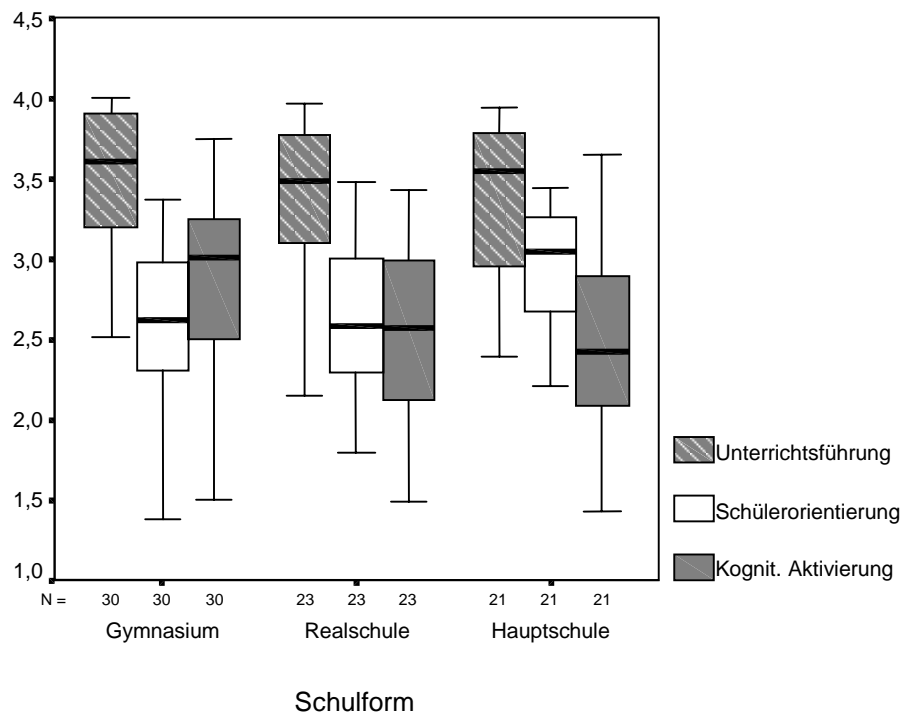
unverzichtbaren Grundbedingungen schulisch organisierten Lernens wider, wie sie Schultheoretiker seit langem formuliert haben (vgl. etwa DIEDRICH/TENORTH 1997). Aufgabe des Lehrers ist es, diese Bedingungen zu sichern und damit den Schülern Lernmöglichkeiten zu schaffen. Er sollte

- als Organisator und Moderator des institutionalisierten Lernens sicherstellen, dass Arbeitsabläufe weitgehend störungsfrei und in strukturierter Form stattfinden, um ein Mindestmaß an Aufmerksamkeit auf Seiten der Schüler zu ermöglichen,
- als Erzieher, der im Unterricht die soziale Leitungsrolle wahrnimmt, dafür Sorge tragen, dass die Schüler sich in die Gruppe integrieren und motiviert mitarbeiten, und schließlich
- als Vertreter eines Fachs und „Instrukteur“ die Lernumgebung so gestalten, dass den Schülern verständnisvolles Lernen und eine aktive kognitive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand ermöglicht wird.

Unterschiede im Qualitätsprofil zwischen und innerhalb der Schulformen

Jeder Unterricht muss im Prinzip diese drei Grundfunktionen erfüllen, kann aber unterschiedliche Schwerpunkte setzen. Sie sind schon beim Vergleich der Schulform deutlich (vgl. Abb. 2). Da alle Einschätzungen auf derselben Skala zwischen dem Wert 1 („Kommt überhaupt nicht vor“) bis 4 („Kommt sehr häufig vor“) vorgenommen wurden, sind die Ausprägungsgrade vergleichbar.

Abbildung 2 Verteilung der von Beobachtern eingeschätzten Qualitätsmerkmale nach Schulformen³



³ In den „Kästen“ liegen jeweils 50 Prozent der Fälle, die hervorgehobene Linie kennzeichnet den Median (Prozentrang 50). Einige einzelne Klassen aus sonstigen Schulformen sind hier nicht dargestellt.

Die Kriterien, nach denen wir die Effizienz der Unterrichts- und Klassenführung eingeschätzt haben, können demnach im Durchschnitt weitgehend als erfüllt gelten, auch wenn deutliche Schwankungen zwischen den einzelnen Klassen festzustellen waren. Schülerorientierung und kognitive Aktivierung sind in geringerem Ausmaß realisiert, mit klarem Schwerpunkt in den Schulformen: Die Hauptschule zeichnet sich durch größere Schülerorientierung aus, das Gymnasium hingegen durch stärkere kognitive Aktivierung. Solche Profil-Bildungen entsprechen durchaus der Tradition schulformspezifischer Didaktik und verdeutlichen, dass Schulformen in unserem Bildungssystem als differenzielle Entwicklungsumgebungen wirken (BAUMERT/KÖLLER/SCHNABEL 1999). Allerdings gibt es auch hier Unterschiede zwischen einzelnen Klassen. Kognitiv aktivierend lässt sich durchaus auch in Hauptschulen unterrichten. Dies ist ja nicht an den Schwierigkeitsgrad von Aufgaben, sondern an deren Gestaltung (z.B. ihre Offenheit) und an die Art der Behandlung gebunden.

Die Bedeutung der Grunddimensionen für die Wirkungen von Unterricht

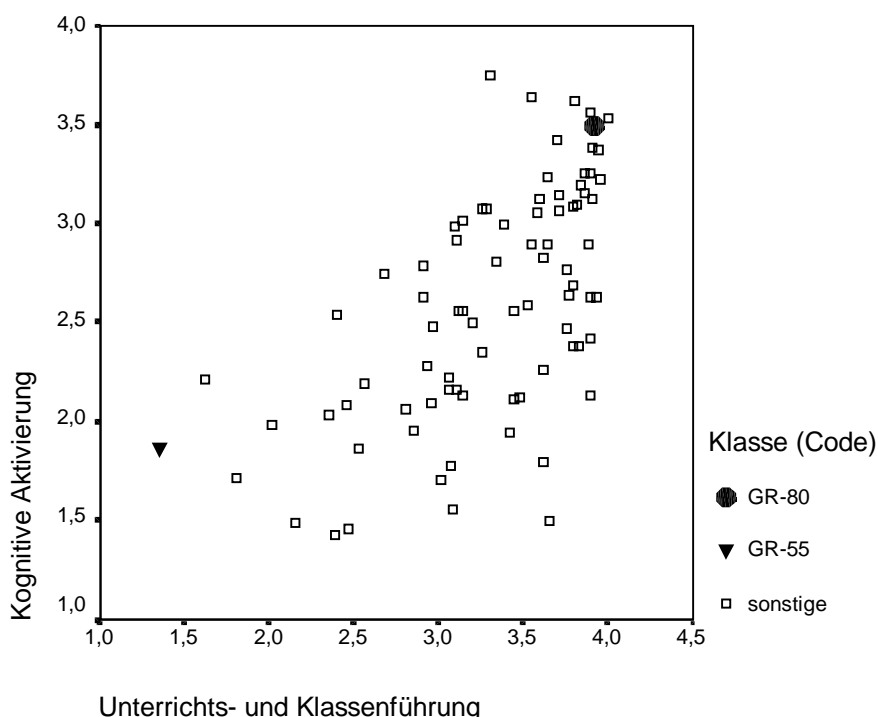
Die drei Grunddimensionen sind nicht unabhängig voneinander, und sie besitzen, wie unsere Untersuchungen in der TIMSS-Video studie gezeigt haben, spezifische Bedeutungen für die Entwicklung der Schüler:


- *Schülerorientierung* ist der entscheidende Faktor, wenn die *Lernmotivation der Schüler* gefördert werden soll. Dies konnten wir belegen, in dem wir (auf der Ebene der Schulklassen) das in den Videos sichtbare Ausmaß an Schülerorientierung mit der Veränderung des fachlichen Interesses im Verlauf des 8. Schuljahres korrelierten. Die Korrelation von .22 ist zwar niedrig (wie auch nicht anders zu erwarten ist, wenn man Beobachtungen aus einer einzelnen videographierten Stunde mit der Entwicklung über ein ganzes Schuljahr hinweg in Beziehung setzt), aber statistisch signifikant.
- Der *Lernzuwachs*, gemessen mit dem TIMSS-Leistungstest, wird hingegen durch das Ausmaß der *kognitiven Aktivierung* bestimmt, wie auch hier eine signifikante Korrelation von .22 anzeigt.
- Die Effizienz der *Unterrichts- und Klassenführung* hängt hingegen weder mit der Interessens- noch mit der Leistungsentwicklung unmittelbar zusammen. Sie ist aber deshalb nicht ohne Bedeutung. Eine strukturierte und weitgehend störungsfreie Lernumgebung und eine Mindestmaß an Aufmerksamkeit in der Klasse bilden eine *notwendige, wenngleich nicht hinreichende Vorbedingung für die kognitive Aktivierung*. Dies wird in Abbildung 3 deutlich: In unserer Stichprobe befinden sich viele Schulen mit hohen Einschätzungen für Unterrichts- und Klassenführung und gleichzeitig niedrigen Werten bei kognitiver Aktivierung, während der umgekehrte Fall nicht auftritt.

Diese Zusammenhänge gelten nicht nur für die Gesamtheit der TIMSS-Video-Klassen. Sie zeigen sich auch innerhalb der einzelnen Schulformen. Dabei deutet sich an, dass es je nach Ausgangslage der Klasse einen optimalen Grad an kognitiver Aktivierung geben könnte, dessen Überschreitung ebenso disfunktional ist wie die Unterschreitung⁴.

⁴ Technisch beruht diese Aussage darauf, dass die Korrelationen zweiter Ordnung – die quadratischen Korrelationen – höher sind als die linearen Korrelationen.

Abb. 3 Zusammenhang zwischen Unterrichts- und Klassenführung einerseits, kognitiver Aktivierung andererseits in den videographierten Stunden



Diese Ergebnisse der TIMSS-Videostudie sind nicht nur für die Forschung zu Unterrichtsqualität von großer Bedeutung, sondern auch für Fachdidaktik und Praxis des Mathematikunterrichts. Es ist deutlich, dass guter Unterricht in allen drei Grunddimensionen ausgewiesen sein muss. Jede Dimension erfüllt im Hinblick auf die Leistungs- und Motivationsentwicklung der Schüler und die Sicherung der Arbeitsbedingungen im Klassenverband wesentliche Funktionen. Es ist daher falsch, beispielsweise Schülerorientierung und direktes, störungspräventives Verhalten des Lehrers gegeneinander auszuspielen. Eben so wenig ist es angezeigt, gut strukturierte Unterrichtsführung und kognitive Aktivierung, wie sie in neuen konstruktivistischen Lerntheorien verlangt wird, als Antipoden zu sehen: Das  ist die Grundvoraussetzung, auf der kognitiv aktivierende Instruktionsprozesse aufbauen müssen, um erfolgreiches fachliches Lernen zu ermöglichen.

Ein mathematisches Problem, zwei Unterrichtsbeispiele: Eine vergleichende Interpretation

Zur Illustration des zuletzt diskutierten Zusammenhangs sollen im Folgenden zwei kurze Ausschnitte aus Mathematikstunden in der 8. Jahrgangsstufe des Gymnasiums vorgestellt und verglichen werden (vgl. die nachfolgenden Transkripte). Solche Fallbeispiele, zumal wenn sie sich auf Ausschnitte von weniger als zwei Minuten Dauer beziehen, sind sicherlich gewagt. Sie ersetzen nicht die allgemeinen Forschungsbefunde, wie wir sie zuvor diskutiert haben, dienen aber zu deren Verständnis und Interpretation.

Die Unterrichtsstunden aus der TIMSS-Videostudie decken ein sehr breites Spektrum an mathematischen Themen ab. Den Lehrern war keinerlei Einschränkung gemacht worden bei der Auswahl des Unterrichtsthemas oder der Methode. So ist es ein glücklicher Zufall, dass sich in zwei gymnasialen Stunden Gesprächsausschnitte identifizieren lassen, die exakt dasselbe Problem, nämlich die Behandlung von Fallunterscheidungen bei linearen

Ungleichungen, zum Gegenstand haben. In der einen Stunde, die wir hier mit dem Code A bezeichnen wollen, wird die Ungleichung

$$X(X-4)>0$$

behandelt. Im zweiten Beispiel (Code B) wird die Ungleichung

$$(2X+1)(2X+4)<0$$

behandelt. In beiden Klassen war zuvor das Prinzip der Fallunterscheidung eingeführt worden, und die Schüler hatten verschiedene Ungleichungen bearbeitet. Unsere Transkriptausschnitte geben in beiden Fällen den kurzen, jeweils ein bis zwei Minuten dauernden Dialogausschnitt wieder, der von der genannten Ungleichung ausgeht und zu der Erkenntnis führt, dass und wie eine Fallunterscheidung vorzunehmen ist.

Aufgrund des erweiterten Untersuchungsdesigns in TIMSS-Deutschland lassen sich die beiden Klassen relativ gut charakterisieren: Im Hinblick auf die Leistungsentwicklung befinden sich beide im oberen Durchschnittsbereich unserer Stichprobe. Hinsichtlich der Motivationsentwicklung unterscheiden sich die beiden Klassen jedoch beträchtlich: Klasse B gehört hier zur Spitzengruppe: die mittlere Entwicklung des Fachinteresses der Schüler dieser Klasse wird nur von 25 Prozent aller untersuchten Klassen übertroffen, das heißt, Klasse B hat bzgl. der Interessensentwicklung den Prozentrang 75. Klasse A hingegen erreicht nur einen Prozentrang von 49.

Deutlich unterschiedlich werden die beiden Klassen auch von den Videobeobachtern eingeschätzt. Sie stuften die Klasse B in allen drei Qualitätsdimensionen sehr hoch ein (Prozenträge 94 für Unterrichts- und Klassenführung, 79 für Schülerorientierung und 92 für kognitive Aktivierung), die Klasse A hingegen extrem niedrig (Prozenträge 2, 29 und 11) (vgl. auch Abb. 3). Interessanterweise unterscheiden sich die beiden Stunden auch hinsichtlich der Kriterien, die wir aus dem japanischen Modell abgeleitet haben: Klasse B hat wiederum hohe Prozenträge zu verzeichnen (88 für Offenheit, 46 für Mediator-Rolle des Lehrers, 93 für Fokussierung), Klasse A hingegen niedrige (28, 46 bzw. 60). Zumindest im Hinblick auf die Unterrichts- und Klassenführung wird dieses Urteil von den betroffenen Schülern geteilt, wie wir anhand von Fragebögen feststellen konnten. Klasse B erreicht im Schülerurteil zur Unterrichts- und Klassenführung den Prozentrang 63, Klasse A hingegen nur 37. Hinsichtlich Schülerorientierung und kognitiver Aktivierung sind die Schüler beider Klassen jedoch eher kritisch: Ihrem Urteil zufolge müssen beide Klassen als unterdurchschnittlich eingestuft werden.

Lässt sich nun in den kurzen Transkripten ein Unterschied in der Unterrichtsqualität belegen?

Transkriptausschnitt Stunde A (Gymnasium)

T	Gut, und jetzt wissen wir, was wir zu tun haben, wenn wir dieses – diese Produktungleichung haben, die hier steht. Jetzt wissen wir Bescheid. Nils Alexander, wie würdest Du weitermachen?
S	Mh – zuerst – x minus 4 schreiben
T	Na ja, Welche Frage würdest Du Dir natürlich stellen?
Ss	(Lachen)
T	Welche Frage würdest Du Dir stellen, Katrin?
S	Irgendeine

T	Du bist also auch hier? Ich habe ein // Produkt hier, richtig? Und das Pro-
S	// () ein wahrer Satz.
S	Ach so! Wann ist ein Produkt größer als null?
T	Sieh an. Wann ist ein Produkt größer als null? Wann ist ein Produkt größer als null?
S	Wenn einer der beiden Faktoren größer als null ist. Nein, wenn ein Faktor größer ist..
T	Wenn // beide Fak..
S	// Wenn beide Faktoren größer als null sind.
T	Oder?
S	Kleiner.
T	Okay, was müssen wir hier zur Lösung treffen?
S	Fall- Fallunterscheidung.
T	Hm, das hat aber lange gedauert.

Der Lehrer in Klasse A stellt zunächst eine sehr offene Frage („Wie würdest du weiter machen?“), macht aber sogleich deutlich, dass es nur eine richtige Antwort geben kann („Na ja, welche Frage würdest du dir natürlich stellen?“). Zwei Aufrufe werden von Schülern mit ausweichenden Antworten, Lachen und eine Provokation („Irgendeine“) beantwortet. Dass nicht die aufgerufene Katrin, sondern jemand anderes antwortet, quittiert der Lehrer ebenfalls auf aggressiver Ebene („Du bist also auch hier?“). Mit einer Hilfestellung grenzt der Lehrer das Problem ein („Ich habe ein Produkt hier, richtig?“), auf die ein Schüler wiederum provokativ reagiert („Ein wahrer Satz“). Daraufhin hat offenbar ein anderer Schüler ein „Aha-Erlebnis“ und antwortet jetzt auf die Eingangsfrage („Ach so: Wann ist ein Produkt größer als Null?“). Nach einem „Lehrer-Echo“, einer falschen Schülerantwort, einer weiteren Eingrenzung der Frage auf eine Art Satzergänzung (Lehrer: „Wenn beide Fak...“) wird schließlich von Schülerseite die richtige Feststellung getroffen, und der Lehrer schließt den Dialog mit einer Frage ab, die ganz offensichtlich auf einen bestimmten Begriff abzielt: „Okay, was müssen wir hier zur Lösung treffen?“ Die passende Schülerantwort wird quittiert mit der Äußerung „Hm, das hat aber lange gedauert.“

Wenn diese Interpretation (in die natürlich, wie immer bei solchen Interpretationen, Zusatzannahmen und Hintergrundwissen aufgrund der Kenntnis des Videos eingeschlossen sind) zutrifft, ist diese kurze Gesprächssequenz mit vielen der Probleme behaftet, die oben in Bezug auf „fragend-entwickelnden“ Unterricht genannt wurden. Von daher darf angenommen werden, dass das Ausmaß kognitiver Aktivierung hier in der Tat nicht sehr hoch ist. Die provokative und unterschwellig aggressive Stimmung mag auch die sehr niedrige Einschätzung bezüglich Unterrichts- und Klassenführung sowie Schülerorientierung illustrieren.

Transkriptausschnitt Stunde B (Gymnasium)

T	Gut, und jetzt sind wir an dem Punkt, wo wir gestern eine Aufgabe bearbeitet haben. Auf der linken Seite unserer Ungleichung haben wir ein Produkt von zwei Faktoren. Und dieses Produkt zweier Faktoren soll kleiner oder gleich null sein. Welche Möglichkeiten gibt es? Ganz allgemein erstmal. Ohne jetzt diese Werte zu betrachten.
---	--

S	Gut, beide sind größer als Null.,
T	Beide größer – und das Produkt soll kleiner als Null sein? Dass..
S	Nein, beide sind kleiner als Null?
T	Na ja, dann –ist das der zweite Fall, der nicht geht.
S	Uh – dann ist einer größer und einer kleiner.
T	Ja. Und dann haben wir – wie viele Möglichkeiten gibt es?
S	Zwei
T	Zwei. Richtig? Der erste größer als null, der zweite kleiner als null. Oder – der erste kleiner als null, der zweite größer als null.
S	Warum können nicht beide größer oder kleiner als null sein?
T	Sie können es, aber dann ist das Produkt nicht kleiner, sondern größer als null. Wenn Du zwei positive Zahlen multiplizierst, ist das Ergebnis größer als null. Das gleiche, wenn Du zwei negative multiplizierst.
S	// Ja, und woher weiß ich...
T	// Deshalb – wenn das Produkt kleiner oder gleich null sein soll, muß einer der Faktoren negativ sein und gleichzeitig muß der andere positiv sein – oder umgekehrt. Siehst Du das?
S	Ja

Der Lehrer in Klasse B beginnt ebenfalls mit einer offenen Frage („Welche Möglichkeiten gibt es?“). Auch hier kommen zunächst zwei fehlerhafte Schülerantworten, die vom Lehrer mit einer kritischen Gegenfrage („Und das Produkt soll kleiner als Null sein?“) bzw. mit einer kurzen Bewertung („Der zweite Fall, der nicht geht“) beschieden werden. Auf die dritte Schüleräußerung reagiert auch dieser Lehrer mit einer sehr engen Frage („Wie viele Möglichkeiten gibt es?“), um anschließend die beiden Alternativen der Fallunterscheidung selbst auszuformulieren und auch an der Tafel zu notieren. Interessanterweise gibt sich ein Schüler mit diesen Aussagen des Lehrers nicht zufrieden, sondern fragt nach einer Begründung: „Warum können nicht beide größer oder kleiner als Null sein?“ Der Lehrer gibt eine Begründung, bezieht sich dabei auf allgemeines algebraisches Wissen (das Produkt zweier positiver Zahlen ebenso wie das Produkt zweier negativer Zahlen ist immer positiv), wird nochmals durch eine Rückfrage des Schülers unterbrochen („Ja, und woher weiß ich ...?“), setzt seine Erläuterung fort und schließt sie letztlich mit einer Vergewisserung ab (Lehrer: „Siehst du das?“, Schüler: „Ja“.)

Im Unterschied zur Stunde A fällt zunächst einmal auf, dass das Gespräch hier sachlich und ruhig, ohne jede Störung und ohne aggressive Untertöne geführt wird. Zum Zweiten fällt auf, dass der Lehrer noch zielstrebig (ohne Nebenbemerkungen, aber auch mit einem hohen Anteil eigener, informierender Aussagen) auf die Problemlösung zusteuert. Diese Beobachtungen können die positiven Bewertungen in Bezug auf „Unterrichts- und Klassenführung“ begründen. Auf Rückfragen von Schülerseite geht der Lehrer sachlich ein, ist also in diesem Sinne „schülerorientiert“. Besonders wichtig ist der letzte Teil des Transkripts. Dass ein Schüler von dem Lehrer eine Begründung einfordert, ist in unserem Videomaterial ein sehr seltenes Ereignis. Dies und die Tatsache, dass der Lehrer hierauf in einem mehrschrittigen argumentativen Dialog eingeht, begründet die positive Bewertung in Bezug auf „kognitive Aktivierung der Schüler“. Sicherlich wären im Sinne eines konstruktivistischen Unterrichts mehr Rückfragen, Verweise an andere Schüler, weniger rein

informative Aussagen von Seiten des Lehrers wünschenswert, aber im Vergleich zu dem, was als Durchschnittsrealität deutschen Mathematikunterrichts in der TIMSS-Videostudie beobachtbar war, handelt es sich hier in der Tat um einen Unterrichtsdialog, der außergewöhnlich gut strukturiert und auf einem hohen kognitiven Aktivierungsniveau verläuft.

Die Detailanalyse der verbalen Interaktion und die globale Einschätzung nach Grunddimensionen der Unterrichtsqualität stützen und ergänzen sich also wechselseitig. Die Detailanalyse lässt allerdings auch erahnen, wie schwierig es ist, Unterrichtsqualität konkret, im Alltag des Lehrerhandelns bis in einzelne Gesprächssequenzen hinweg dingfest zu machen. Noch schwieriger wird es sein, in der Lehreraus- und -weiterbildung Sensibilität für die unterschiedlichen Dimensionen guten Unterrichts zu schaffen, kritische Verhaltensweisen aufzudecken und nachhaltige Verbesserungen der didaktischen Handlungskompetenz zu erreichen. Wir sind überzeugt, dass eine intensive Auseinandersetzung mit videografierten Unterrichtsbeispielen hierzu einen wesentlichen Beitrag liefern kann.

Literaturverzeichnis

AEBLI, H. (1983): Zwölf Grundformen des Lehrens. Stuttgart: Klett Cotta.

BAUMERT, J./KÖLLER, O. (2000): Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In: J. BAUMERT, W. BOS/R. LEHMANN (Hrsg.): TIMSS/III. Dritte internationale Mathematik- und Naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn: Bd. 2. Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe. Opladen: Leske + Budrich, S. 271-315.

BAUMERT, J./KÖLLER, O./SCHNABEL, K. (1999): Schulformen als differentielle Entwicklungsmilieus – eine ungehörige Fragestellung? In: Gewerkschaft Erziehung und Wissenschaft GEW (Hrsg.), Messung sozialer Motivation. Eine Kontroverse. Frankfurt a.M.: Bildungs- und Förderungswerk der GEW (Schriftenreihe des Bildungs- und Förderungswerks der GEW, Bd. 14), S. 28-68.

BAUMERT, J./LEHMANN, R. u.a. (1997): TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen: Leske + Budrich.

BECKER, J.P./SHIMADA, S. (1997): The open-ended approach: A new proposal for teaching mathematics. Reston: NCTM.

DIEDRICH, J./TENORTH, H.-E. (1997): Theorie der Schule. Ein Studienbuch zu Geschichte, Funktionen und Gestaltung. Berlin: Cornelsen.

EINSIEDLER, W. (1997): Unterrichtsqualität und Leistungsentwicklung. Literaturüberblick. Entwicklung im Grundschulalter. In F.E. WEINERT/A. HELMKE (Hrsg.), Entwicklung im Grundschulalter. Weinheim: Beltz, S. 223-240.

GRUEHN, S. (2000): Unterricht und schulisches Lernen. Münster: Waxmann.

KLIEME, E./CLAUSEN, M. (1999, April): Identifying facets of problem solving in mathematics instructions. Paper presented to the AERA-Meeting, Montreal.

KLIEME, E./THUBBAS, C. (2001) : Kontextbedingungen und Verständigungsprozesse im Geometrieunterricht. In S. AUFSCHNAITER/M. WELZEL (Hrsg.), Nutzung von Videodaten zur Untersuchung von Lehr-Lernprozessen Münster: Waxmann, S. 41-59.

MAIER, H./VOIGT, J. (Hrsg.) (1994): Verstehen und Verständigung. Köln: Aulis.

NEUBRAND, J./NEUBRAND, M. (Hrsg.) (2000): Spezielle mathematikdidaktische Aspekte von TIMSS, Teil 2. Zentralblatt für Didaktik der Mathematik 32, 1.

NOHDA, N. (1995): Teaching and evaluating using „open-ended problems“ in classroom. ZDM – Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, 2, S. 57-61.

STERN, E. (1994): Die Entwicklung des mathematischen Verständnisses im Kindesalter. München: Ludwig-Maximilians-Universität (Habilitation im Fach Psychologie).

STIGLER, J.W./GONSALES, P./KAWANAKA, T./KNOLL, S./SERRANO, A. (1999): The TIMSS videotape classroom study: Methods and preliminary findings. Report prepared for the National Center for Education Statistics, U.S. Department of Education, Los Angeles.