

Preprint des Beitrags: Schukajlow, S., & Blum, W. (2011). Zum Einfluss der Klassengröße auf Modellierungskompetenz, Selbst- und Unterrichtswahrnehmungen von Schülern in selbstständigkeitsorientierten Lehr-Lernformen. *Journal für Mathematikdidaktik*, 32(2), 133-151.
Publizierte Fassung: <https://doi.org/10.1007/s13138-011-0025-3>

Zum Einfluss der Klassengröße auf Modellierungskompetenz, Selbst- und Unterrichtswahrnehmungen von Schülern in selbstständigkeitsorientierten Lehr-Lernformen

Stanislaw Schukajlow · Werner Blum

Zusammenfassung Im vorliegenden Beitrag wird der Einfluss der Klassengröße auf Modellierungskompetenz und selbstberichtete Aufmerksamkeit, Anstrengung, Verstehen, Unterrichtsstörungen, Interesse und Selbstregulation von Neuntklässler im selbstständigkeitsorientierten (im DISUM-Projekt „operativ-strategisch“ genannten) Unterricht analysiert. Im Rahmen einer quasi-experimentellen Studie wurden sieben „kleine“ und fünf „große“ Realschulklassen (mit einer durchschnittlichen Anzahl von 16 bzw. 26 Schülern) in einer zehnstündigen Unterrichtseinheit zum mathematischen Modellieren mit dem gleichen Treatment konfrontiert. Die wesentlichen Ergebnisse dieser Studie waren: (1) Die Modellierungskompetenz der Schüler kann auch im ganzen Klassenverband erfolgreich gefördert werden. (2) In den „kleinen“ Klassen entwickelte sich die Modellierungskompetenz signifikant besser als in den „großen“ Klassen. (3) Andere untersuchte Merkmale unterschieden sich nicht in „kleinen“ und „großen“ Klassen.

Schlüsselwörter Modellieren · Anwendungsbezogener Mathematikunterricht · Klassengröße · Unterrichtsmethoden · Selbstreguliertes Lernen

On the effect of class size on modelling competency and self-reported perceptions of students in self-regulated learning environments

Abstract This paper deals with the impact of the class size on modelling competency as well as self-reported attention, effort, understanding, interest and self-regulation of ninth graders that have been taught according to a learner-centered (“operative-strategic”) teaching method. This teaching method was applied in the same way in a ten lesson teaching unit in seven “small” classes (on average 16 students) and five “large” classes (on average 26 students) in German middle track schools. The main results of this study were: (1) Students’ modelling competency can be improved also in “large” classes. (2) Students modelling competency improved significantly better in the “small” classes than in the “large” classes. (3) Other measures did not differ in the “small” and “large” classes.

Keywords class size · modelling problems · word problems · teaching methods · self-regulation

Mathematics Subject Classification (2000) 97B10 · 97C20 · 97C30 · 97D10 · 97D40

1 Einleitung

In den Studien, die im Rahmen des DISUM-Projektes durchgeführt wurden, zeigte sich, dass Modellierungskompetenz in selbstständigkeitsorientierten, „operativ-strategischen“ Lernumgebungen effektiver als in direktiven Lernumgebungen vermittelt werden kann (Leiss et al. 2008; Schukajlow et al. 2009). Eine forschungsmethodisch bedingte Einschränkung dieser Studien war jedoch die Reduzierung der Schülerzahl auf 16 Schüler pro Klasse, was eine unmittelbare Implementation dieser Ergebnisse in den Unterrichtsalltag problematisch erscheinen lässt. Die durchschnittliche Schüleranzahl pro Klasse in der Sekundarstufe I betrug in Deutschland im Jahr 2007 ca. 25 (Statistische Ämter des Bundes und Länder 2009, S. 45) und weicht somit von der Schülerzahl in jenen DISUM-Klassen erheblich ab.

Hauptziele der hier beschriebenen quasi-experimentellen Studie waren:

- Erstens zu untersuchen, ob ein selbstständigkeitsorientierter („operativ-strategischer“) Unterricht auch in „großen“ Klassen positive Wirkungen auf Schülerleistungen und -einstellungen hat oder ob die gängige Klassengröße ein Hindernis bei der Implementation dieser Lernumgebung in den Mathematikunterricht darstellen kann.

- Zweitens festzustellen, welche Rolle die Klassengröße im selbständigkeitsorientierten anspruchsvollen Fachunterricht der Sekundarstufe 1 hinsichtlich Schülerleistungen und -einstellungen spielt.

Hierzu wurde das „operativ-strategische“ Unterrichtsdesign zusätzlich in fünf Klassen mit voller Schülerzahl implementiert. Im Folgenden konzentrieren wir uns also auf die Möglichkeiten der Implementation des „operativ-strategischen“ Unterrichts in ganzen Klassen und auf Vergleiche zwischen „großen“ und „kleinen“ Klassen in Bezug auf die Variable Klassengröße.

2 Vermittlung von Modellierungskompetenz in DISUM

Die zentrale Frage im Projekt DISUM lautet: Wie lässt sich eine kognitiv anspruchsvolle Fachkompetenz wie Modellierungskompetenz im Mathematikunterricht wirksam vermitteln? In den bisherigen Studien im Rahmen von DISUM wurde untersucht, wie sich bezüglich Schülerselbständigkeit unterschiedliche Lehr-Lernformen auf die Vermittlung von Modellierungskompetenz auswirken. Die Stichprobe bestand aus jeweils 4 (Studie 1) bzw. 14 (Studie 2) Realschulklassen des neunten Jahrgangs, die aus forschungsmethodischen Gründen auf jeweils 16 Schüler reduziert wurden. In diesen Studien wurden die Wirkungen von zwei Unterrichtsformen auf die Kompetenzentwicklung der Lernenden verglichen. Es handelt sich dabei um zwei Optimalformen von Unterricht, wobei die „direktive“ Form wesentliche Elemente des wohlbekannten „fragend-entwickelnden“ Unterrichts modelliert (mit einer Mischung aus lehrergesteuerter Plenumsarbeit, orientiert am durchschnittlichen Leistungsniveau der Klasse, und übender Einzelarbeit der Schüler), während die „operativ-strategische“ Form stärker auf selbständiger, vom Lehrer gecoachter Schülerarbeit in Vierergruppen beruht (ebenfalls mit Plenumsphasen, vorwiegend bei Lösungspräsentationen durch die Schüler; genauer siehe Abschnitt 4.2).

Die zugehörige Unterrichtseinheit umfasste 10 Unterrichtsstunden und lief in beiden Formen in derselben Struktur mit denselben Modellierungsaufgaben ab. Es zeigte sich, dass Modellierungskompetenz im „operativ-strategischen“ Unterricht wirksamer vermittelt werden kann. Auch motivationale und lernstrategische Variablen wie das aufgabenbezogene Interesse der Schüler an Mathematik und ihre Selbstregulation entwickelten sich positiver in der „operativ-strategischen“ Lernumgebung (Leiss et al. 2008; Schukajlow et al. under review). Diese selbständigkeitsorientierte Lehr-Lernform wurde im Anschluss an die Forschungen zu Lernstrategien und Selbstregulation (Boekaerts 1999; Friedrich & Mandl 1997; Schunk & Zimmerman 2003), zum kooperativen Lernen (Pauli & Reusser 2000; Slavin, Hurley & Chamberlain 2003), zu konstruktivistisch geprägten Lernumgebungen (Collins, Brown & Newman 1989) sowie zur Instruktionsforschung (Weinert 1996) entwickelt. Wesentliche Kernbestandteile dieser Lehr-Lernform sind:

- (1) verstärkte Individualisierung des Lernens,
- (2) ko-konstruktiver Austausch der Schüler in Kleingruppen und
- (3) Reflexionsphasen im Plenum im Anschluss an die Gruppenarbeit.

Ausgehend von den Bestandteilen der „operativ-strategischen“ Lernumgebung werden im nächsten Abschnitt mögliche Folgen einer Vergrößerung von Schulklassen auf eine gängige Klassenstärke für die Vermittlung von Modellierungskompetenz sowie für motivationale, volitionale und andere lernprozessrelevante Faktoren diskutiert.

3 Zum Einfluss der Klassengröße auf Leistungen, Unterrichts- und Selbstwahrnehmungen der Schüler

3.1 Allgemeine Befunde zur Rolle der Klassengröße

Die Bedeutung der Klassengröße für die schulische Bildung wird schon seit den 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts kontinuierlich untersucht. Das anhaltende Interesse daran kann mit der hohen Relevanz dieses Themas für die Bildungspolitik erklärt werden. Zugespielt formuliert: Sollte sich die Klassenstärke als effektiver Wirkungsfaktor erweisen, kann die Qualität der Bildung per Erlass verbessert werden. Dieser Reformweg ist viel einfacher in der Umsetzung als Maßnahmen, die über die Steigerung der Unterrichtsqualität wie etwa Lehrertrainings schulisches Lernen verbessern sollen, und birgt auch nicht so viele Gefahren in sich wie die aktuell diskutierte Umsteuerung des Bildungssystem mit Hilfe outputorientierter Bildungsstandards (Oelkers & Reusser 2008). Es gibt Hunderte von Studien und mehrere Metaanalysen zum Einfluss der Klassengröße auf das schulische Lernen und die erworbenen Leistungen, wobei die Befunde zur Rolle der Klassenstärke keineswegs konsistent sind. Während Slavin (1989) und Hattie (2005) einen sehr kleinen Effekt der Reduzierung der Klassengröße auf Lernprozesse und Schülerleistungen konstatieren, stellen

Brühwiler & Blatchford (2011) in ihrer aktuellen Studie zum Einfluss der Klassengröße auf die Entwicklung der naturwissenschaftlichen Kompetenz von Fünf- bis Achtklässlern (N=898) fest:

„... the findings showed that smaller classes had a positive effect on students' learning progress. ...A reduction of five students in a class - which might be seen as practically attainable - would therefore result in a mean increase of about one quarter of a standard deviation...Additional analysis showed the importance of very small classes, with less than 17 students, for an impact on academic outcomes.“

Die Klassengröße ist auch eine der bei *internationalen Vergleichsuntersuchungen* wie TIMSS oder PISA (Baumert & Lehmann 1997; PISA-Konsortium Deutschland 2004) regelmäßig erhobenen Variablen. Dabei zeigen sich in allen diesen Studien keine Korrelationen zwischen den durchschnittlichen Mathematikleistungen der Länder und den jeweiligen durchschnittlichen Klassengrößen. Auch innerhalb von einzelnen Ländern – soweit berichtet – sind keine Zusammenhänge zwischen Schülerleistungen und Klassengrößen feststellbar. Dies gibt allerdings offensichtlich (aufgrund der Anlage dieser Studien) keine Antwort auf die Frage, wie sich eine Reduktion der Klassengröße bei ansonsten gleichen Unterrichtsbedingungen auswirken kann. Angesichts der breiten Streuung empirischer Ergebnisse und des Fehlens einschlägiger kontrollierter Studien wird zur Konsolidierung der Forschungsergebnisse u.a. gefordert (siehe Englehart 2007),

- eine differenziertere Sicht auf die Rolle der Klassengröße anzustreben; statt eine Aussage über die Wirkung der Klassengröße über alle Schülerpopulationen und alle Inhalte hinweg zu machen, sollten die Grenzen und Generalisierungsmöglichkeiten durchgeführter Studien deutlicher als bisher herausgestellt werden,
- standardisierte Leistungstests, die nicht messsensitiv genug und nicht ausreichend valide für die Untersuchung der Unterschiede zwischen kleinen und großen Klassen erscheinen, durch Instrumente zu ergänzen, die auf spezifische Lerninhalte zugeschnitten sind.

Durch die Auswahl von Schülern aus einer Schulform, die Beschränkung der Untersuchung im Wesentlichen auf zwei mathematische Inhaltsbereiche und eine mathematische Kompetenz und vor allem durch die Vorgabe eines Treatments für beide Untersuchungsbedingungen wird diesen Forderungen in unserer Untersuchung, über die wir hier berichten, Rechnung getragen.

3.2 Klassengröße und die drei Kernbestandteile der „operativ-strategischen“ Lernumgebung

3.2.1 Individualisierung

Ein zentraler Punkt der „operativ-strategischen“ Lernumgebung ist eine Individualisierung der Lösungsprozesse der Schüler. Die Bearbeitung jeder Modellierungsaufgabe beginnt im „operativ-strategischen“ Unterrichtsdesign mit Einzelarbeit, in der erste Lösungsansätze entwickelt werden sollen. Die Lehrperson berät die Schüler in dieser Phase vorwiegend individuell. Nach dem kooperativen Austausch in der Gruppe muss jeder Schüler seine Lösung in erneuter Einzelarbeit schriftlich festhalten. Welchen Einfluss auf diese Art der Individualisierung kann die Klassengröße haben?

In den Forschungen zum Einfluss der Klassengröße stellt die Individualisierung der Lehrerinterventionen eines der wenigen Unterrichtsmerkmale dar, das stabil – wenn auch in einigen Studien nur schwach – mit sinkender Schüleranzahl zunimmt. Obwohl sich die Unterrichtsmethoden im Allgemeinen durch die Reduzierung der Schüleranzahl nicht ändern, beziehen sich die Lehrerinterventionen in kleineren Klassen häufiger auf einzelne Schüler und seltener auf Schülergruppen oder auf die Gesamtklasse (Molnar, Smith, Zahorik et al. 1999). Durch den häufigeren Kontakt wird die Beziehung zwischen Lehrer und Schülern in kleineren Klassen intensiver (Blatchford 2003). Eine eher kleine Zunahme der Häufigkeiten individualisierter Interventionen in einigen Studien wird mit der Gewohnheit von Lehrpersonen erklärt, sich eher an Schülergruppen zu wenden. Um diese Gewohnheit durchzubrechen, wird ein auf Individualisierung fokussiertes Training als eine Begleitmaßnahme zur Reduzierung der Klassengröße vorgeschlagen (Hargreaves, Galton & Pell 1998).

3.2.2 Ko-konstruktive Gruppenarbeit

Der ko-konstruktive Austausch der Schüler in Gruppen (Leiss, Blum & Messner 2007; Reusser 2001) bildet ein weiteres konstitutives Element der „operativ-strategischen“ Lernumgebung. Während des Austauschs erklären sich die Schüler gegenseitig ihre Lösungsansätze und diskutieren über Schwierigkeiten, die bei der Bearbeitung der Modellierungsaufgaben entstanden sind. Da für einen intensiven ko-konstruktiven Austausch die Gruppengröße gering gehalten werden sollte, wurde im „operativ-strategischen“ Unterricht in vollen Klassen die Anzahl der Schülergruppen

erhöht. Dies bedeutet für die Lehrerinterventionen, dass ihre Anzahl bzw. Dauer pro Gruppe in großen Klassen abnehmen wird. Welchen Einfluss das auf die Lernprozesse und Leistungen hat, kann nicht eindeutig vorhergesagt werden. Wie die Untersuchung von Blatchford, Bassett & Brown (2005) gezeigt hat, wird die zusätzliche Zeit in kleineren Klassen im traditionellen Unterricht nicht dafür genutzt, auf die Probleme der Schüler zu reagieren. Die Anzahl von Interventionen, die Schüler initiieren, stieg in dieser Studie von 6 auf lediglich 8 Zeiteinheiten und ist deutlich geringer als die Zeit, in der die Schüler der Lehrperson zuhören (96 vs. 144) und ihre Fragen beantworten (27 vs. 22). Durch die Festlegung der Dauer von Gruppenphasen und durch die Aufforderung, in diesen Phasen eine individuelle selbständigkeitserhaltende Unterstützung der Lernenden zu gewähren, können Bedingungen geschaffen werden, in denen Schüler der kleineren Klassen mehr Unterstützung erleben und stärker vom Unterricht profitieren.

3.2.3 Reflexionen im Plenum

Ein weiteres zentrales Element der „operativ-strategischen“ Lernumgebung bilden Reflexionsphasen im Plenum. In diesen Phasen werden eine oder mehrere Lösungen von den Schülern an der Tafel präsentiert und gemeinsam diskutiert. Eine Vergrößerung der Klassen dürfte die Lernprozesse und Schülerleistungen bei der Reflexion im Plenum am wenigsten betreffen, auch wenn ein Schüler in größeren Klassen etwas seltener zu Wort kommen dürfte als in kleineren Klassen. Negative Auswirkungen können u.a. dadurch entstehen, dass es weniger Zeit für Rückfragen einzelner Schüler gibt. Ferner tendieren die Lehrer in größeren Klassen offenbar dazu, die Reflexions- oder Übungsphasen zu kürzen (Betts & Shkolnik 1999). Durch die größere Vielfalt von Lösungen in großen Klassen können andererseits mehr Lerngelegenheit für Schüler bei der Reflexion geschaffen werden. Notwendige Voraussetzung für die Nutzung dieser Lerngelegenheiten ist allerdings ein fundiertes fachdidaktisches und fachinhaltliches Wissen von Lehrpersonen, die dann während des Unterrichts lehrreiche Lösungen identifizieren und entsprechende didaktisch-methodische Präsentationsszenarien entwickeln müssen.

3.3 Einfluss der Klassengröße auf Unterrichtswahrnehmungen, Selbstwahrnehmungen und Leistungen der Schüler

In diesem Abschnitt wird der Forschungsstand bezüglich Unterrichts- und Selbstwahrnehmungen der Schüler sowie bezüglich Schülerleistungen dargestellt. In keiner der uns bekannten Untersuchungen zur Wirkung der Klassengröße wurden jedoch einschränkende Vorgaben zum Unterrichtsablauf gemacht. Aus diesem Grund beziehen sich die zugehörigen Befunde auf die ganze Breite des Unterrichts, wo bekanntermaßen traditionelle, lehrerzentrierte Unterrichtsmethoden stark dominieren. Dies führt zu einer vorsichtigen Interpretation dieser Befunde, da deren Aussagekraft für eine selbstständigkeitsorientierte Unterrichtsform wie die bei DISUM implementierte vermutlich stark eingeschränkt ist. Zudem wurde der überwiegende Teil dieser Studien in den USA durchgeführt, wo sich das Bildungssystem deutlich vom deutschen Bildungssystem unterscheidet. Dies schränkt die Übertragbarkeit der Ergebnisse dieser Untersuchungen auf die vorliegende Studie zusätzlich ein.

3.3.1 Aufmerksamkeit, Anstrengung und Verständnis im Klassenzimmer

Oft wird der negative Zusammenhang zwischen der Klassengröße und den Schülerleistungen durch die höhere Aufmerksamkeit und Anstrengungsbereitschaft der Schüler in kleineren Klassen erklärt (Hattie 2005). In großen Klassen können sich mehr Schüler mit nicht unterrichtsbezogenen Aktivitäten beschäftigen, sich weniger anstrengen und häufiger abgelenkt sein, ohne von der Lehrperson ermahnt zu werden. Obwohl die beobachteten Effekte mehrfach nachgewiesen wurden (vgl. u.a. Cahen, Filby, McCutcheon & Kyle 1983; Lamborn, Brown, Mounts & Steinberg 1992), sind sie durchgängig klein. Im Projekt STAR, das in der Grundschule in den USA in 323 Schulklassen unter streng kontrollierten Bedingungen durchgeführt und anschließend mehrfach evaluiert wurde, betrug die Effektgröße bzgl. der Anstrengung in der 4. Klasse 0,12, d.h. die Differenz in den Mittelwerten war nur ca. ein Neuntel einer Standardabweichung zugunsten der kleinen Klassen (Finn, Pannozzo & Achilles 2003).

Eine der wenigen Studien, in der auch der Frage der Verstehensprozesse nachgegangen wurde, hat im Rahmen des SAGE-Projektes stattgefunden. In dieser Studie wurde bei einer qualitativen Auswertung von Interviews festgestellt, dass Lehrpersonen über „tieferes Verständnis“ in kleineren Klassen sprechen (Molnar, 1999 in Finn et al. 2003). Allerdings wird dies in den Interviews durch einen anderen Befund relativiert: Offenbar legen Schüler in kleinen Klassen ihre Gedanken häufiger offen als in großen Klassen (Molnar, Smith & Zahorik 1999, S. 100ff). Unterschiede im durch

die Lehrer wahrgenommenen Verständnis der Schüler können somit auch durch die Differenzen in der Häufigkeit der Externalisierung von Gedanken in großen und kleinen Klassenverbänden erklärt werden.

3.3.2 Unterrichtsstörungen, Interesse und Selbstregulation

Unterrichtsstörungen treten nach Meinung der Lehrpersonen häufiger in großen Klassen auf (Bourke 1986; Halbach, Ehrle, Zahorik & Molnar 2001; Korostoff 1998). In Interviews mit Lehrern wird dieses Phänomen zum einen dadurch erklärt, dass Lehrer in großen Klassen weniger Zeit haben, um auf Unterrichtsstörungen einzugehen, sich mit „Problemkindern“ zu befassen und Konflikte individuell zu lösen. Zum anderen wird vermutet, dass in großen Klassen von den Lehrpersonen weniger Freiheiten gestattet werden und deshalb auch mehr Schülerhandlungen als Unterrichtsstörungen wahrgenommen werden. Allerdings beziehen sich die genannten Ergebnisse nur auf die Grundschule. Der Vergleich von Korrelationen zwischen Klassengröße und Unterrichtsstörungen aus Schülersicht zeigt einen Zusammenhang mittlerer Größe in der Grundschule ($r=0,30$, ns), nicht aber in der Sekundarstufe ($r = -0,01$, ns) (Brühwiler & Blatchford 2011).

Ein spezielles Motivationskonstrukt ist das Interesse. Interesse bezieht sich insbesondere auf die Personen-Gegenstand-Beziehung, die der Motivation zugrunde liegen kann. Die beobachteten Zusammenhänge zwischen Klassengröße und Schülermotivation sowie -interesse sind uneinheitlich. Z.B. hat Bolander (1973) festgestellt, dass Schüler in kleinen Gruppen eine höhere Motivationsstufe erreichen. Bei der Evaluation des STAR-Projekts wurde von Finn (1998) konstatiert, dass sich die Motivation der Grundschüler in großen und kleinen Klassen nicht unterscheidet. Der Zusammenhang zwischen dem Interesse an der Instruktion des Lehrers und der Klassengröße ist in der Grundschule negativ ($r=-0,38$, ns) und in der Sekundarstufe I leicht positiv ($r=0,21$, ns) (Brühwiler & Blatchford 2011).

Die Selbstregulation der Schüler wurde bisher kaum untersucht. Es wird einerseits vermutet, dass die Selbstregulation negativ mit der Klassengröße zusammenhängen sollte, da Lehrpersonen in großen Klassen einzelne Schüler nicht immer ausreichend unterstützen können (Hattie 2005; Winne & Nesbit 2010). Andererseits haben Lehrpersonen in kleineren Klassen mehr Zeit für die individuellen Interventionen, nehmen deshalb stärkeren Einfluss auf die Lösungsprozesse der Schüler und könnten dadurch die Selbstregulation der Lernenden einschränken.

3.3.3 Schülerleistungen

Die überwiegende Zahl der experimentellen und quasi-experimentellen Studien zur Bedeutung der Klassengröße fand in der Grundschule statt. In dieser Schulstufe liegen robuste Ergebnisse zur positiven Wirkung von kleinen Klassen auf die Mathematikleistungen vor, wobei die Effekte nach einem Jahr ca. 0,25 SD betragen (Finn & Achilles 1999; Molnar, Smith & Zahorik 1999), in der ersten Klasse am stärksten sind und nicht linear mit der Schüleranzahl zusammenhängen (Blatchford, Goldstein, Martin & Browne 2002). Die Effekte verringern sich zwar später auf ca. 0,13 SD pro Jahr, wirken aber dennoch nachhaltig bis in die 8. Klasse und sogar bis in die 11. Klasse hinein (Finn, Gerber & Boyd-Zaharias 2005). Demgegenüber steht eine kleinere Anzahl von Studien, die keine Zusammenhänge zwischen der Klassengröße und Mathematikleistungen in der Grundschule feststellen können (vgl. z.B. Legislative Council Panel on Education 2004, February). Für die Klassen 4-8 wurden von Robinson (1990) 15 von 100 Studien identifiziert, die sich speziell mit Mathematikleistungen beschäftigen, wobei die Qualität dieser Studien z. T. unbefriedigend war. Sechs dieser 15 Studien zeigen positive Effekte einer Reduzierung der Klassengröße auf die Mathematikleistungen, während bei neun dieser Studien keine solchen Effekte feststellbar waren.

4 Hypothesen und Methode der Untersuchung

4.1 Hypothesen

Aufgrund der theoretischen Überlegungen und empirischen Befunden kann angenommen werden, dass kleine positive Effekte der Reduzierung der Klassengröße auf die Schülerleistungen vor allem durch die Individualisierung des Unterrichts entstehen können. Bei den motivationalen, volitionalen und weiteren im letzten Abschnitt analysierten lernprozessrelevanten Faktoren sind keine Unterschiede zwischen großen und kleinen Klassen zu erwarten, da die relativ kleinen Effekte, die in den einschlägigen Studien nach einem Jahr der Klassenreduktion gemessen wurden, nach 10 Stunden Unterricht noch nicht zur Wirkung kommen dürften. Die Hypothesen der Studie lauten somit:

Hypothese 1: Der selbständigkeitsorientierte „operativ-strategische“ Unterricht führt in beiden Varianten („kleine“ wie „große“ Klassen) zu Leistungssteigerungen.

Hypothese 2: Im selbständigkeitsorientierten Unterricht wachsen die Schülerleistungen beim Modellieren in „kleinen“ Klassen stärker als in „großen“ Klassen.

Hypothese 3: Selbstberichtete Aufmerksamkeit, Anstrengung und Verstehen im Unterricht sowie Interesse an Mathematik/Mathematikunterricht, Selbstregulation und Unterrichtsstörungen unterscheiden sich in „kleinen“ und „großen“ Klassen nicht.

4.2 Treatment, Design und Stichprobe

Zur Prüfung der aufgestellten Hypothesen wurde der „operativ-strategische“ Unterricht in einer zehnstündigen Unterrichtseinheit zum mathematischen Modellieren in „großen“ und „kleinen“ Klassen in identischer Form durchgeführt. Die verwendeten Modellierungsaufgaben zu den Inhaltsbereichen „Lineare Funktionen“ und „Satz des Pythagoras“ (Beispielaufgaben siehe bei Blum & Leiss 2005, 2007) wurden in beiden Untersuchungsbedingungen in der gleichen Reihenfolge behandelt. Vor der Unterrichtseinheit wurde in allen Klassen das Thema „Satz des Pythagoras“ eingeführt und anhand von innermathematischen Aufgaben eingeübt.

Der „operativ-strategische“ Unterricht orientiert sich – wie bereits in Abschnitt 2 skizziert – an den Prinzipien konstruktivistischer Lernumgebungen, welche die Selbständigkeit der Schüler in den Vordergrund stellen (Reinmann-Rothmeier & Mandl 2001); genauer:

- Die Schüler bearbeiten Modellierungsaufgaben in kleinen Gruppen (je 4-5 Schüler) nach dem Prinzip des individuellen Arbeitens in der Gruppe (genauer siehe Schukajlow et al. 2009; und allgemein Slavin et al. 2003). Jeder Schüler soll zunächst in Einzelarbeit die Aufgabe lesen und erste Lösungsansätze entwickeln („Jeder-für-sich-Phase“). In der zweiten Arbeitsphase besprechen die Schüler ihre Lösungsansätze („Murmelfase“). Anschließend schreibt jeder Schüler seine Lösung auf („Aufschreibphase“). Die genannten Arbeitsphasen sind in einer Schülerarbeitskarte „Wie ich meine Arbeit planen soll“ niedergelegt und wurden in einer Unterrichtsstunde vor der Untersuchung durch die Lehrpersonen eingeübt.
- Die Lehrperson unterstützt die Schüler bei der Aufgabenbearbeitung mit minimalen adaptiven Interventionen. Das Ziel der Interventionen ist, statt Schüler eine ganz bestimmte Lösung produzieren zu lassen, sie zu ermutigen, individuelle Lösungsansätze zu verfolgen und sich über verschiedene Lösungen in der Gruppe auszutauschen. Der ausführliche Modellierungskreislauf (in sieben Schritten, nach Blum & Leiss 2007) und der auf vier Schritte verdichtete „Lösungsplan“ (Blum 2006), der den Lehrern für jede der im Unterricht behandelten Aufgaben zur Verfügung stand, sollen ihnen helfen, individuelle Schwierigkeiten im Lösungsprozess zu diagnostizieren und adaptiv zu intervenieren.
- Die Lösungen einer oder mehrerer Gruppen werden nach der Bearbeitung einer Aufgabe im Plenum diskutiert und reflektiert. Der Lehrer moderiert die Diskussion.

Um das Einhalten des Treatments zu gewährleisten und zugleich die Lehrer in ihren Handlungen nicht einzuengen, wurde ein System von Empfehlungen und Verboten vorbereitet und in einem Regiebuch erfasst. Dieses enthält neben allgemeinen Prinzipien der jeweiligen Unterrichtsform (hier: operativ-strategischer Unterricht) auch die Unterrichtsaufgaben mit Lösungen sowie eine Verlaufsplanung für jede einzelne Unterrichtsstunde (siehe den im Anhang abgedruckten Ausschnitt aus dem Regiebuch). Bei einer Lehrerschulung wurde allen beteiligten Lehrkräften das Treatment ausführlich erklärt und wurden der Modellierungskreislauf wie auch der Lösungsplan anhand einer Aufgabe als strategische Instrumente in Lehrerhand vorgestellt. Der Ablauf des Unterrichts wurde von den Lehrkräften in einem Rollenspiel simuliert. Ein Mitarbeiter übernahm in diesem Rollenspiel die Lehrerrolle, die Lehrpersonen übernahmen die Schülerrolle. Auf diese Weise konnten die spezifischen Anforderungen dieser Unterrichtsform durch die Lehrpersonen erlebt werden, wie z.B. die Notwendigkeit, sich zuerst für sich selber mit der Aufgabenbearbeitung auseinanderzusetzen. Zu den prototypischen Lehrerinterventionen wurden im Rahmen der Schulung Videoausschnitte gezeigt und in der Gesamtgruppe diskutiert.

An der Untersuchung haben 12 Realschulklassen der Jahrgangsstufe 9 aus zehn Gesamtschulen teilgenommen, die in Abhängigkeit vom gewünschten Zeitpunkt der Untersuchung der Variable „große“ bzw. „kleine“ Klassen zugeordnet wurden. Die Untersuchung fand in den „kleinen“ Klassen vor und in den „großen“ nach den Herbstferien 2007 statt. In den „kleinen“ Klassen wurden je 16 Schüler aus einer Klasse ausgewählt und gemäß dem „operativ-strategischen“ Treatment unterrichtet.

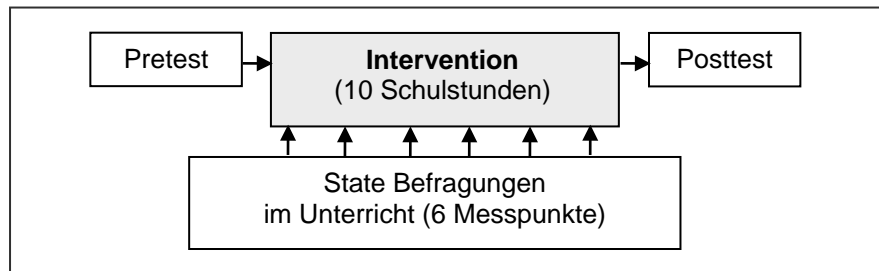


Abb. 1 Übersicht über das Untersuchungsdesign

In den „großen“ Klassen nahmen alle Schüler teil. Die Stichprobe umfasste somit sieben „kleine“ Klassen mit je 16 Schülern (d.h. 112 Schüler, davon 46% weiblich, Durchschnittsalter 14.9 Jahre) und fünf „große“ Klassen mit durchschnittlich 26 Schülern (22 bis 29 Schüler pro Klasse, insgesamt 129 Schüler, davon 56% weiblich, Durchschnittsalter 15.1 Jahre). Während des Unterrichts arbeiteten die Schüler in „kleinen“ Klassen in Vierergruppen und die in den „großen“ Klassen in Vierer- oder Fünfergruppen. Die Lehrkräfte waren zwischen 26 und 58 Jahre alt, vier männlich und acht weiblich, und hatten eine Berufserfahrung von zwei bis 35 Jahren. Alle Lehrpersonen hatten sich freiwillig bereit erklärt, an der Studie teilzunehmen, und wollten den selbstständigkeitsorientierten DISUM-Unterricht in ihren Klassen erproben.

4.3 Messinstrumente

4.3.1 Leistungstests

Direkt vor und nach der Untersuchung sowie drei Monate nach der Intervention wurden die Schüler selbst- und -unterrichtswahrnehmungen zu unterschiedlichen Bereichen sowie die Leistungen der Schüler im Bereich mathematisches Modellieren mit Hilfe von Befragungen und selbstentwickelten Leistungstests erhoben. Im Pre- und Posttest hat ein Schüler jeweils unterschiedliche Test- und damit Aufgabenvarianten bearbeitet. Im Wesentlichen unterscheiden sich die Testaufgaben in den zwei Parallelversionen durch die Kontexte und das Zahlenmaterial. Jeder der zwei Tests bestand aus 17 Items. Die Reliabilität (WLE) des Gesamttests betrug 0,63, seine mittlere Schwierigkeit (Logit-Wert) lag bei 0,74 (für weitere Informationen zum Testdesign und zu Beispielitems siehe Leiss & Blum 2007; Leiss et al. 2008). Die beiden Leistungstests wurden unter Verwendung eines dichotomen Rasch-Modells gemeinsam eindimensional skaliert (Rost 2004) und (wie etwa bei der PISA-Studie) auf Mittelwert 500 und Standardabweichung 100 normiert.

4.3.2 Befragungen

Vier Skalen beziehen sich unmittelbar auf die vorhergehenden Unterrichtsstunden (state-Befragung). Eine mathematikspezifische Skala zur Einschätzung der Selbstregulation im Unterricht (6 Items, 5-stufige Antwortskala, vgl. Schukajlow et al. 2009) wurde ein bis drei Mal nach einem Regelunterricht vor der Studie und sechs Mal nach jeder Unterrichtsstunde während der Studie eingesetzt. Die anderen während der Studie abgefragten Skalen zur Anstrengung (3 Items, 4-stufige Antwortskala), zur Aufmerksamkeit und zum Verstehen (jeweils 3 Items, 5-stufige Antwortskalen) wurden aus verschiedenen Untersuchungen übernommen und zum Teil adaptiert (Anstrengung aus Kunter et al. 2002; Aufmerksamkeit und Verstehen aus Ramm et al. 2006). Beispielitems sind:

- Skala Selbstregulation im Unterricht: „Ich konnte mir heute eigene Ziele setzen, die ich erreichen möchte“ (Reliabilitäten (Cronbachs α) liegen je nach Messzeitpunkt zwischen 0,64 und 0,86)
- Skala Anstrengung im Unterricht: „Wie sorgfältig hast du heute die Aufgaben bearbeitet?“ (Reliabilitäten zwischen 0,73 und 0,92)
- Skala Aufmerksamkeit im Unterricht: „Ich habe heute bei Lehrer- und Mitschülererklärungen oft abgeschaltet“, inverses Item (Reliabilitäten zwischen 0,74 und 0,91)
- Skala Verstehen im Unterricht: „Ich habe heute alle Lösungsschritte begriffen“ (Reliabilitäten zwischen 0,81 und 0,91)

Vor und nach der Unterrichtseinheit wurden die Schüler zudem anhand von 5-stufigen mathematikspezifischen Antwortskalen zu ihren Selbstwahrnehmungen des Interesses (6 Items nach Pekrun, Jullien, Zirngibl, Hofe & Blum 2002) und der Selbstregulation (6 Items nach Pekrun et al. 2002) sowie zu Unterrichtsstörungen (3 Items nach Ramm et al. 2006) befragt. Beispielitems sind:

- Skala Interesse: „Für Mathematik interessiere ich mich“ (Reliabilitäten (Cronbachs α) in Pre- und Posttest $\alpha_1=0,87$; $\alpha_2=0,90$)
- Skala Selbstregulation: „Beim Lernen für Mathe stecke ich mir eigene Ziele, die ich erreichen möchte.“ (Reliabilitäten $\alpha_1=0,78$; $\alpha_2=0,82$)
- Skala Unterrichtsstörungen: „In Mathematik wird der Unterricht oft sehr gestört.“ (Reliabilitäten $\alpha_1=0,87$; $\alpha_2=0,92$)

5 Ergebnisse

5.1 Treatmentkontrolle

Zentrale Bedingung der Studie war es, das Treatment in „großen“ und „kleinen“ Klassen identisch zu implementieren. Eine wichtige Voraussetzung einer erfolgreichen Implementation neuer Unterrichtsformen ist der Wunsch von Lehrkräften, diese Arbeitsweise in ihre Klasse umzusetzen. Da die Lehrkräfte in DISUM sich freiwillig gemeldet hatten und sich für die „operativ-strategische“ Unterrichtsform entscheiden durften, gab es günstige Bedingungen für die Implementation dieser Unterrichtsform. Die Umsetzung des Treatments wurde sowohl durch Unterrichtsbeobachtungen als auch durch Befragungen zu der selbstwahrgenommenen Schülerselbstregulation im Unterricht und durch Analyse von Unterrichtsmaterialien geprüft.

Um die erlebte Selbstregulation von Schülern vor und während der Studie zu vergleichen, wurden in beiden Treatments Mittelwerte der Skala Selbstregulation im Unterricht über 3 Messzeitpunkte vor der Studie und über 6 Messzeitpunkte während der Studie (vgl. Tab. 1) berechnet. Die drei bzw. sechs Messzeitpunkte wurden zu Mittelwerten vor und während der Studie zusammengefasst (vgl. Tab. 2), ihre Unterschiede wurden mit Hilfe von t -Tests jeweils auf Signifikanz überprüft. Die Analysen zeigen einen auf dem 5%-Niveau signifikanten Unterschied in der Selbstregulation der Schüler vor und während der Unterrichtseinheit sowohl in „kleinen“ ($t(1, 93)^1=11,9, p<.01, d=1,77^2$) als auch in „großen“ ($t(1, 122)=16,8, p<.01, d=1,95$) Klassen. Die Kontrolle der Unterrichtsmaterialien in beiden Untersuchungsbedingungen deutet auf das präzise Einhalten der im Regiebuch vorgegebenen Reihenfolge der zu bearbeiteten Aufgaben hin. Somit bestätigen alle Kontrollverfahren eine befriedigende Umsetzung des Treatments.

Tab. 1 Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) in "kleinen" (KK) und "großen" (GK) Klassen

Skala		MPv1		MPv2		MPv3	
		KK	GK	KK	GK	KK	GK
Selbstregulation im Unterricht	M	2,90	2,90	2,98	2,92	2,76	2,86
	SD	0,53	0,56	0,62	0,56	0,54	0,60

Skala		MP1		MP2		MP3		MP4		MP5		MP6	
		KK	GK	KK	GK	KK	GK	KK	GK	KK	GK	KK	GK
Selbstregulation im Unterricht	M	3,60	3,62	3,75	3,68	3,62	3,66	3,56	3,70	3,68	3,77	3,49	3,63
	SD	0,70	0,71	0,73	0,73	0,81	0,78	0,84	0,73	0,81	0,79	0,82	0,91
Aufmerksamkeit	M	4,63	4,72	4,75	4,81	4,78	4,76	4,83	4,81	4,79	4,80	4,80	4,78
	SD	0,42	0,39	0,37	0,33	0,39	0,39	0,34	0,36	0,38	0,36	0,37	0,39
Anstrengung	M	3,18	3,35	3,23	3,34	3,20	3,23	3,19	3,26	3,22	3,31	3,15	2,22
	SD	0,48	0,48	0,52	0,39	0,59	0,55	0,59	0,53	0,54	0,56	0,64	0,64
Verstehen	M	4,08	4,09	4,22	4,10	4,01	4,06	3,87	4,06	3,97	4,06	3,87	3,91
	SD	0,78	0,81	0,80	0,81	0,98	0,86	0,97	0,87	0,94	0,87	0,95	1,00

MPv1, MPv2, MPv3, Mp1, Mp2, Mp3, Mp4, Mp5 und Mp6 sind drei Messpunkte vor der Studie sowie sechs Messpunkte nach jeder Doppel- bzw. Einzelstunde während der Unterrichtseinheit. Die Anzahl der befragten Schüler in der jeweiligen Gruppe war 112 („kleine“ Klassen) und 129 („große“ Klassen).

Tab. 2 Mittelwerte und Standardabweichungen für die im Unterricht erlebte Selbstregulation vor und während der Interventionsstudie

Selbstregulation im Unterricht	„kleine“ Klassen M (SD)	„große“ Klassen M (SD)

¹ Nicht alle Schüler haben alle Teile des Pre- und Posttests bearbeitet. Dadurch variiert die Anzahl an Schülern und Freiheitsgraden in verschiedenen Tests.

² Cohens- d und η^2 sind Kennwerte für die Schätzung der Effektgröße. Kleine Effekte: $d=0,20$ bzw. $\eta^2=0,01$. Mittlere Effekte: $d=0,50$ bzw. $\eta^2=0,06$. Große Effekte: $d=0,80$ bzw. $\eta^2=0,14$ (vgl. Bortz 2005; Cohen 1992).

Vor der Studie	2,88 (0,48)	2,89 (0,40)
Während der Studie	3,61 (0,64)	3,67 (0,62)

5.2 Schülerleistungen in „kleinen“ und „großen“ Klassen (Hypothesen 1 und 2)

Bei der Überprüfung der Daten hat sich gezeigt, dass es in beiden Untersuchungsbedingungen Schüler gab, die im Posttest deutlich schlechtere Ergebnisse als im Pretest hatten. Nun ist es zwar grundsätzlich denkbar, dass sich der Wissensstand von Schülern nach einer Intervention verschlechtert, bei einigen Schülern waren aber die Verschlechterungen derart groß, dass eine Verweigerung im Posttest vermutet werden kann. Um das Ausmaß der Leistungsdifferenzen besser einordnen zu können, wird auf eine Interpretation zurückgegriffen, die im Rahmen von Studien wie PISA mehrfach empirisch nachgewiesen worden ist: Auf einer PISA-Skala entspricht der Leistungsfortschritt eines Schuljahrs ungefähr 0,3 Standardabweichungen. Sollte sich ein Schüler also vom Pre- zum Posttest um eine Standardabweichung verschlechtern, würde das im übertragenen Sinne bedeuten, dass der Wissenstand dieses Schülers nach 10 Unterrichtsstunden in einer Größenordnung von mehr als drei Schuljahren gefallen ist. Daher wurden diejenigen Probanden aus der Analyse der Schülerleistungen ausgeschlossen, die sich um mehr als eine Standardabweichung im Posttest verschlechtert haben. Das waren in den „großen“ Klassen 14 (ca. 11%) und in den kleinen Klassen 8 (ca. 7%) Schüler. Die umgekehrten Effekte (nicht interpretierbare Leistungssteigerungen vom Pre- zum Posttest) wurden nicht beobachtet. Weshalb Leistungsverweigerung nur beim Posttest stattgefunden hat, kann u.a. mit Ermüdungseffekten nach 10 Unterrichtsstunden erklärt werden. Die Aussonderung von insgesamt 22 Schülern hat keine Effekte in Bezug auf die differentiellen Befunde zu großen und kleinen Klassen, über die hier berichtet wird, da beide Bedingungen in gleicher Weise betroffen sind.

Der Vergleich der Leistungszuwächse der Schüler vom Pre- zum Posttest (siehe Tab. 3) mit *t*-Tests bestätigt *Hypothese 1*: Sowohl in „kleinen“ als auch in „großen“ Klassen ist die Modellierungskompetenz der Schüler im Posttest signifikant gestiegen („kleine“ Klassen: $t(1, 97)=6,3, p<0,001, d=0,67$; „große“ Klassen: $t(1, 111)=4,0, p<0,001; d=0,29$).

Die Überprüfung von *Hypothese 2* zum Einfluss der Klassengröße auf die Schülerleistungen wurde mit Hilfe einer Varianzanalyse mit Messwiederholungen (ANOVA) durchgeführt. Die zweigestuften Faktoren „Treatment“ (Pre-, Posttest) und „Klassengröße“ („kleine“, „große“ Klassen) wurden hierfür in die Analyse der Schülerleistungen miteinbezogen. Die Analyse der Daten zeigt einen auf 5% Niveau signifikanten Einfluss der beiden Faktoren auf die Schülerleistungen („Treatment“: $F(1, 208)=55,19, p<0,001, \eta^2=0,210$ (großer Effekt); Interaktion von „Treatment“ und „Klassengröße“: $F(1, 208)=5,02, p<0,05, \eta^2=0,024$ (schwache bis mittlere Effektgröße)). Somit wird auch *Hypothese 2* bestätigt: Im selbständigkeitsorientierten Unterricht steigen die Schülerleistungen in „kleinen“ Klassen stärker als in „größeren“ Klassen an.

Tab. 3 Leistungen und Wahrnehmungen der Schüler im Pre- und Posttest in „kleinen“ und „großen“ Klassen

Skala	Pretest		Posttest	
	„kleine“ Klassen M (SD)	„große“ Klassen M (SD)	„kleine“ Klassen M (SD)	„große“ Klassen M (SD)
Leistungen	442 (88)	476 (55)	485 (86)	499 (56)
Interesse	2,54 (0,79)	2,49 (0,87)	2,91 (0,92)	2,75 (0,99)
Selbstregulation	3,45 (0,68)	3,65 (0,67)	3,61 (0,71)	3,72 (0,73)
Unterrichtsstörungen	2,75 (0,94)	2,75 (1,03)	2,45 (1,00)	2,40 (0,96)

5.3 Aufmerksamkeit, Anstrengung, Verstehen, Unterrichtsstörungen, Interesse und Selbstregulation aus Schülersicht in „kleinen“ und „großen“ Klassen (Hypothese 3)

Zuerst werden die Faktoren Aufmerksamkeit, Anstrengung und Verständnis im Unterricht überprüft. Hierzu wurden die Schüler nach jeder Unterrichtsstunde befragt (siehe Tab. 1) und wurden Mittelwerte über alle 6 Messpunkte gebildet (siehe Tab. 4). Die Analyse mit Hilfe von *t*-Tests zeigt, dass sich Aufmerksamkeit, Anstrengung und Verständnis im Unterricht aus Schülersicht in „kleinen“ und „großen“ Klassen auf dem 5%-Niveau nicht unterscheiden (Aufmerksamkeit: $t(1, 235)=1,26, p=0,21, d=0,16$; Anstrengung: $t(1, 237)=1,83, p=0,69, d=0,23$; Verständnis: $t(1, 236)=0,43, p=0,67, d=0,06$).

Tab. 4 Aufmerksamkeit, Anstrengung und Verständnis im Unterricht

Skala	„kleine“ Klassen M (SD)	„große“ Klassen M (SD)
Aufmerksamkeit	4,71 (0,33)	4,76 (0,30)
Anstrengung	3,19 (0,41)	3,28 (0,39)
Verständnis	4,00 (0,71)	4,04 (0,69)

Zur Überprüfung von Hypothese 3 in Bezug auf Unterrichtsstörungen, mathematikbezogenes Interesse und Selbstregulation beim Lernen wurden Befragungen vor und nach der Studie durchgeführt, Mittelwerte berechnet (siehe Tab. 3) und der Einfluss der Klassengröße auf die genannten Merkmale mit Hilfe von Varianzanalysen mit Messwiederholungen (ANOVAs) bestimmt. Als Einflussfaktoren wurden, wie auch bei den Schülerleistungen, die Faktoren „Treatment“ und „Klassengröße“ in die Analysen aufgenommen. Es zeigt sich ein auf dem 5%-Niveau signifikanter Anstieg aller Merkmale nach der Unterrichtseinheit ($F > 7$, $p < 0,01$), aber kein signifikanter Einfluss der Interaktion zwischen „Treatment“ und „Klassengröße“ (Unterrichtsstörungen: $F(1, 223) = 0,09$, $p = 0,77$, $\eta^2 < 0,001$; Interesse $F(1, 223) = 1,76$, $p = 0,18$, $\eta^2 = 0,008$; Selbstregulation $F(1, 208) = 2,58$, $p = 0,11$, $\eta^2 = 0,011$).

Durch diese Analysen konnte somit auch *Hypothese 3* bestätigt werden: In selbstständigkeitsorientierten Lehr-Lernformen unterscheiden sich Aufmerksamkeit, Anstrengung und Verstehen im Unterricht sowie Interesse an Mathematik/Mathematikunterricht, Selbstregulation und Unterrichtsstörungen in „kleinen“ und „großen“ Klassen nicht.

6 Diskussion und Ausblick

Eine Leitfrage der vorliegenden Studie war es zu prüfen, ob es möglich ist, einen fachlich anspruchsvollen, auf selbständige Schülerarbeit ausgerichteten „operativ-strategischen“ Unterricht auch in Klassen mit gängigen Größen zu implementieren und dadurch substantielle Fortschritte in der Modellierungskompetenz der Schüler zu erreichen. Diese Frage konnte positiv beantwortet werden. Dieses Ergebnis ist als Ermutigung für Lehrkräfte zu verstehen, einen kognitiv aktivierenden Unterricht mit Modellierungsaufgaben auch im Alltagsunterricht zu realisieren. Konkrete Hinweise zur Durchführung eines solchen Unterrichts sind u. a. bei Blum (2006) zu finden.

Ein weiterer Schwerpunkt der Studie war die Frage nach der Rolle der Klassengröße im selbstständigkeitsorientierten Fachunterricht. Ein kennzeichnendes Merkmal der Studie war ein standardisiertes Treatment mit erhöhten Anteilen von individueller und kooperativer Gruppenarbeit, was die Kompetenzentwicklung in kleineren Klassen auf besondere Weise begünstigen kann. Erwartungsgemäß wurde festgestellt, dass Schüler in kleinen Klassen in dieser Unterrichtsform tatsächlich mehr gelernt haben, ihre Einstellungen zum Mathematikunterricht und ihre Selbstwahrnehmungen unterschieden sich aber nicht.

Als eine Begrenzung der vorliegenden Studie ist die Streuung der Anzahl der Schüler in „großen“ Klassen anzusehen. Die Anzahl der Schüler in diesen Klassen variiert von 22 bis 29 Schülern und nähert sich an ihrer unteren Grenze der Anzahl der Lernenden in „kleinen“ Klassen an. An dieser Stelle muss auch betont werden, dass eine signifikante Leistungssteigerung in „kleinen“ Klassen sicher nicht alleine durch die Reduzierung der Schüleranzahl erreicht werden kann. Wie andere Untersuchungen zum Einfluss der Klassengröße zeigen, ist das Verhalten der Lehrpersonen weitgehend unabhängig von der Schüleranzahl. Die besonders günstigen Lerngelegenheiten kleinerer Klassen werden dadurch oft nicht adäquat ausgeschöpft. Dies war in der vorliegenden Studie anders. Strenge Vorgaben im Regiebuch zu den Sozialformen in jeder Unterrichtsstunde (präzisiert u.a. in Schülerarbeitskarten), stoffdidaktische Analysen aller eingesetzten Unterrichtsaufgaben als Basis für zielgerichtete Diagnosen sowie Schulungen der Lehrkräfte bezüglich minimaler, adaptiver, selbständigkeitserhaltender Interventionen bildeten eine wesentliche Grundlage für die Entfaltung des lernförderlichen Potentials der Unterrichtseinheit in den kleineren Klassen.

Aus den Resultaten der vorliegenden Studie ergeben sich auch eine Reihe von *neuen Forschungsfragen*. So ist die Wirksamkeit der „operativ-strategischen“ Lehr-Lernform bei der Einführung von mathematischen Themen (und nicht wie hier bei der Entwicklung und Festigung mathematischer Kompetenzen) eine solche offene Frage. Ferner bleibt offen, durch welche Faktoren im Einzelnen die beobachteten Effekte der Klassengröße im selbstständigkeitsorientierten Unterricht tatsächlich vermittelt werden. Dafür sollten u.a. die Individualisierung und die Qualität der Rückmeldeprozesse in die vergleichende Analyse der Schülerleistungen aufgenommen werden. Nicht hinreichend aufgeklärt ist auch, welche Wirkung die Anzahl der Schüler in einer Klasse auf das Verhalten der Lehrperson speziell im selbstständigkeitsorientierten Unterricht hat. Die genannten Fragen eröffnen ein weites, vergleichsweise noch wenig beforschtes Feld. Entsprechende Untersuchungen können

helfen, die Rolle der Klassengröße für Lehr-Lernprozesse genauer zu klären und somit auch hilfreiche Informationen für die Steuerung des Bildungssystems zu liefern.

Literatur

- Baumert, J. & Lehmann, R. (1997). *TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske + Budrich.
- Betts, J. R. & Shkolnik, J. L. (1999). The behavioral effects of variations in class size: the case of math teachers. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 21(2), 193-213.
- Blatchford, P. (2003). A systematic observational study of teachers' and pupils' behaviour in large and small classes. *Learning and Instruction*, 13(6), 569-595.
- Blatchford, P., Bassett, P. & Brown, P. (2005). Teachers' and pupils' behavior in large and small classes: a systematic observation study of pupils aged 10 and 11 years. *Journal of Educational Psychology*, 97(3), 454-467.
- Blatchford, P., Goldstein, H., Martin, C. & Browne, W. (2002). A study of class size effects in English school reception year classes. *British Educational Research Journal*, 28(2), 169-185.
- Blum, W. (2006). Modellierungsaufgaben im Mathematikunterricht – Herausforderung für Schüler und Lehrer. In A. Büchter, H. Humenberger, S. Hußmann & S. Prediger (Hrsg.), *Realitätsnaher Mathematikunterricht - vom Fach aus und für die Praxis. Festschrift für Hans-Wolfgang Henn zum 60. Geburtstag* (S. 8-23). Hildesheim/Berlin: Franzbecker.
- Blum, W. & Leiss, D. (2005). Modellieren im Unterricht mit der „Tanken“-Aufgabe. *mathematik lehren* (128), 18-22.
- Blum, W. & Leiss, D. (2007). How do students and teachers deal with mathematical modelling problems? The example sugarloaf and the DISUM project. In C. Haines, P. L. Galbraith, W. Blum & S. Khan (Hrsg.), *Mathematical Modelling (ICTMA 12): Education, Engineering and Economics* (S. 222-231). Chichester: Horwood.
- Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: Where we are today. *International Journal of Educational Research*, 31(6), 445-557.
- Bolander, S. F. (1973). Class size and levels of student motivation. *The Journal of Experimental Education*, 42(2), 12-17.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (6. Aufl.). Berlin u.a.: Springer.
- Bourke, S. (1986). How smaller is better: some relationships between class size, teaching practices, and student achievement. *American Educational Research Journal*, 23(4), 558-571.
- Brühwiler, C. & Blatchford, P. (2011). Effects of class size and adaptive teaching competency on classroom processes and academic outcome. *Learning and Instruction*, 21(1), 95-108.
- Cahen, L. S., Filby, N., McCutcheon, G. & Kyle, D. W. (1983). *Class size and instruction*. New York: Longman.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155-159.
- Collins, A., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnik (Hrsg.), *Knowing, learning, and instruction: essays in honor of Robert Glaser* (S. 453-492). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Englehart, J. M. (2007). The centrality of context in learning from further class size research. *Educational Psychology Review* 19(4), 455-467.
- Finn, J. D. (1998). Class size and students at risk. What is known? What is next? A commissioned paper. Washington: National inst. on the education of at-risk students (ED/OERI).
- Finn, J. D. & Achilles, C. M. (1999). Tennessee's class size study: findings, implication, misconceptions. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 21(2), 97-109.
- Finn, J. D., Gerber, S. B. & Boyd-Zaharias, J. (2005). Small classes in the early grades, academic achievement, and graduating from high school. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 214-223.
- Finn, J. D., Pannozzo, G. M. & Achilles, C. M. (2003). The "why's" of class size: Student behavior in small classes. *Review of Educational Research*, 73(3), 321-368.
- Friedrich, H. F. & Mandl, H. (1997). Analyse und Förderung selbstgesteuerten Lernens. In Weinert & H. Mandl (Hrsg.), *Psychologie der Erwachsenenbildung. Enzyklopädie der Psychologie* (S. 237-293). Göttingen: Hogrefe.
- Halbach, A., Ehrle, K., Zahorik, J. & Molnar, A. (2001). Class size reduction: From promise to practice. *Educational Leadership*, 58(6), 32-35.

- Hargreaves, L., Galton, M. & Pell, A. (1998). The effects of changes in class size on teacher-pupil interactions. *International Journal of Educational Research*, 29(8), 779-795.
- Hattie, J. (2005). The paradox of reducing class size and improving learning outcomes. *International Journal of Educational Research*, 43(6), 387-425.
- Korostoff, M. (1998). Tackling California's class size reduction policy initiative: an up close and personal account of how teachers and learners responded. *International Journal of Educational Research*, 29(8), 797-807.
- Kunter, M., Schümer, G., Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M. et al. (Hrsg.). (2002). *PISA 2000: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Berlin: Buch- und Offsetdruckerei H. Heenemann GmbH & Co.
- Lamborn, S. D., Brown, B. B., Mounts, N. S. & Steinberg, L. (1992). Putting school in perspective: The influence of family, peers, extracurricular participation, and part-time work on academic engagement. In F. M. Newman (Hrsg.), *Student engagement and achievement in American secondary schools* (S. 153-181). New York: Teachers College Press.
- Legislative Council Panel on Education. (2004, February). Study on effective strategies of class and group teaching in primary schools. Hong Kong: Legislative Council Panel on Education.
- Leiss, D. & Blum, W. (2007). Modellierungskompetenz – Vermitteln, Messen & Erklären. *Beiträge zum Mathematikunterricht 2007* (S. 370-373). Hildesheim: Franzbecker.
- Leiss, D., Blum, W. & Messner, R. (2007). Die Förderung selbstständigen Lernens im Mathematikunterricht – Problemfelder bei ko-konstruktiven Lösungsprozessen. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 28(3/4), 224-248.
- Leiss, D., Blum, W., Messner, R., Müller, M., Schukajlow, S. & Pekrun, R. (2008). Modellieren lehren und lernen in der Realschule. *Beiträge zum Mathematikunterricht* (S. 370-373). Münster: WTM Verlag.
- Molnar, A., Smith, P. & Zahorik, J. (1999). Evaluation results of the student achievement guarantee in education (SAGE) program, 1997-98. Milwaukee: University of Wisconsin, School of Education.
- Molnar, A., Smith, P., Zahorik, J., Palmer, A., Halbach, A. & Ehrle, K. (1999). Evaluating the SAGE program: A pilot program in targeted pupil-teacher reduction in Wisconsin. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 21(2), 165-177.
- Oelkers, J. & Reusser, K. (2008). *Qualität entwickeln, Standards sichern, mit Differenz umgehen* (Bd. 27). Berlin: BMBF.
- Pauli, C. & Reusser, K. (2000). Zur Rolle von Lehrperson beim kooperativen Lernen. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 21(3), 421-441.
- Pekrun, R., Jullien, S., Zirngibl, A., Hofe, R. v. & Blum, W. (2002). *Skalenhandbuch PALMA 1. Messzeitpunkt (5. Klassenstufe)*. München: Institut Pädagogische Psychologie.
- PISA-Konsortium Deutschland. (2004). *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster: Waxmann.
- Ramm, G., Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D. et al. (2006). *PISA 2003: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Münster: Waxmann.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2001). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 601-646). Weinheim: Beltz.
- Reusser, K. (2001). Co-constructivism in educational theory and practice. In N. J. Smelser, P. Baltes & F. E. Weinert (Hrsg.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (S. 2058-2062). Oxford: Pergamon/Elsevier Science.
- Robinson, G. E. (1990). Synthesis of research on the effects of class size. *Educational Leadership*, 47(7), 80-90.
- Rost, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie - Testkonstruktion* (2. Aufl.). Bern: Huber.
- Schukajlow, S., Blum, W., Messner, R., Pekrun, R., Leiss, D. & Müller, M. (2009). Unterrichtsformen, Emotionen und Anstrengung als Prädiktoren von Schüler-Leistungen bei anspruchsvollen mathematischen Modellierungsaufgaben. *Unterrichtswissenschaft*, 37(2), 164-186.
- Schukajlow, S., Leiss, D., Pekrun, R., Blum, W., Müller, M. & Messner, R. (under review). Teaching methods for modelling problems and students' task-specific enjoyment, value, interest and self-efficacy expectations.

- Schunk, D. B. & Zimmerman, B. J. (2003). Self-regulation and learning. In W. M. Reynolds & G. E. Miller (Hrsg.), *Handbook of psychology: Educational psychology*. Vol. 7 (S. 59-78). Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Slavin, R. E. (1989). Class size and student achievement: Small effects of small classes. *Educational Psychologist*, 24(1), 99–110.
- Slavin, R. E., Hurley, E. A. & Chamberlain, A. (2003). Cooperative learning and achievement: Theory and research. In W. M. Reynolds & G. E. Miller (Hrsg.), *Handbook of psychology: Educational psychology*. Bd. 7 (S. 177-198). New York: Wiley.
- Statistische Ämter des Bundes und Länder. (2009). Internationale Bildungsindikatoren im Ländervergleich. Ausgabe 2009 - Tabellenband. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Weinert, F. E. (1996). Lerntheorien und Instruktionsmodelle. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Lernens und der Instruktion* (S. 1-48). Göttingen: Hogrefe.
- Winne, P. H. & Nesbit, J. C. (2010). The psychology of academic achievement. *Annual Review of Psychology*, 61(1), 653-678.

Anhang

Ausschnitt aus dem Regiebuch zum „operativ-strategischen“ Unterricht

2. Teileinheit (3. + 4. Stunde)

2.1 Aufgabe „Tanken“ [ca. 50 Min.]

2.1.1 Bearbeitung und Lehrercoaching nach den Schritten der Arbeitskarte (kurze Erinnerung durch den L. zu Beginn) [ca. 25 Min.]

2.1.2 Darstellung und Reflexion von Lösungen einzelner Schüler im Plenum (mit konstruktiver Vertiefung) [ca. 15 Min.]

Einbezug der Frage: Was spielt neben den im Plenum besprochenen Aspekten (insbesondere unmittelbare Kosten) bei dieser Aufgabe noch eine Rolle?

2.1.3 Arbeitsauftrag: „Überdenkt in Partnerarbeit nochmals Eure Lösungen“ (L.-Coaching) [ca. 10 Min.]

2.2 Aufgabe „Reiterhof“ [ca. 35 Min.]

Analoge Bearbeitung

Bitte besonders darauf achten, wie Sch. das Problem der Anzahl der Reitstunden lösen.

2.3 Kurzfragebogen [ca. 5 Min.]

Adressen der Autoren

Stanislaw Schukajlow
 Universität Kassel
 FB10 Mathematik und Naturwissenschaften
 Heinrich-Plett-Str. 40
 34132 Kassel
 schustan@mathematik.uni-kassel.de

Werner Blum
 Universität Kassel
 FB10 Mathematik und Naturwissenschaften
 Heinrich-Plett-Str. 40
 34132 Kassel
 blum@mathematik.uni-kassel.de