

Deutsche Fassung von
Development of metacognitive and discursive activities in Indonesian maths teaching - A theory based analysis of communication processes.
Erschienen in: *Collection of Papers of the International Seminar and the 4th National Conference on Mathematics Education "Building the Nation Character through Humanistic Mathematics Education"*, Yogyakarta, 21-23 July 2011, S. U24-U35.

ENTWICKLUNG METAKOGNITIVER UND DISKURSIVER AKTIVITÄTEN IM INDONESISCHEN MATHEMATIK-UNTERRICHT

Theoriegeleitete Analyse von Kommunikationsprozessen

Christa Kaune¹, Edyta Nowinska²

¹*Institut für Kognitive Mathematik, Universität Osnabrück, Deutschland,*

²*Institute MATHESIS, Pyzdry, Polen*

Zusammenfassung

Es wird über eine deutsch-indonesische Machbarkeitsstudie zur Verbesserung der mathematischen Kompetenzen von indonesischen Schülern¹ in der Sekundarschule berichtet. Für dieses Projekt wurde eine Lernumgebung für den Anfangsunterricht in Klasse 7 konzipiert. Die Lernumgebung ist stark auf die Förderung kognitiver, metakognitiver und diskursiver Aktivitäten ausgerichtet. Für die Wirksamkeit dieses neuen Unterrichtskonzeptes bedarf es einer Unterrichtskultur, in der metakognitive und diskursive Aktivitäten von der Lehrkraft und auch von Lernenden praktiziert und wertgeschätzt werden. In diesem Papier wird der theoretische Hintergrund für die intendierte Unterrichtskultur dargestellt. An zwei Unterrichtstranskripten werden beobachtbare Merkmale dieser Unterrichtskultur erläutert und Konsequenzen für zukünftige Unterrichtsentwicklung formuliert.

Keywords: Unterrichtskultur, Metakognition, Diskursivität, kognitive Aktivierung

I. EINLEITUNG

Seit vielen Jahren bemühen sich indonesische Mathematikdidaktiker um eine Reform des Mathematikunterrichts, um mathematische Kompetenzen der indonesischen Schüler zu verbessern. Das wichtigste, in Grundschulen (Klassen 1 bis 6) breit angelegte Projekt in dem Reformprozess ist PMRI (Sembiring et al., 2010). In einer deutsch-indonesischen Machbarkeitsstudie „Development of metacognitive and discursive activities in the Indonesian Mathematics“ (MeDIM) zur Verbesserung mathematischer Kompetenzen von Lernenden ab Klasse 7 sollen mit der Förderung kognitiver, metakognitiver und diskursiver Aktivitäten auch die bewährten Ideen aus PMRI weiter getragen werden. Die theoretischen Grundlagen des Projektes MeDIM, die Konzeption neuer Lernumgebungen und Aufgaben sowie erste Projektergebnisse sind in (Kaune, 2011, 2012) dokumentiert.

In der Machbarkeitsstudie wurden zwei Lernumgebungen zur Einführung von ganzen Zahlen konstruiert. Beide nutzen einen realistischen Kontext. Ihre Lernwirksamkeit begründen wir durch die Art und Weise, wie der realistische Kontext zum Aufbau und

zur Organisation des mathematischen Wissens in den Köpfen der Schüler und zur Einführung in die Handhabung mathematischer Theorien genutzt wird. In der ersten Lernumgebung wird eine Bankumgebung kreiert, in der das Buchen von Guthaben und Schulden auf einem Bankkonto den Kern bildet. Für die zweite Lernumgebung wurde ein in der deutschen Mathematikdidaktik eingeführtes Bewegungsspiel namens „Hin und Her“ modifiziert.

In Kaune et al. (2011) ist erläutert, warum es für die Wirksamkeit der Lernumgebung notwendig ist, dass Lernende im Unterricht kognitiv aktiv werden und sich präzise mit den äußeren Darstellungen und Aktivitäten in einem realistischen Kontext auf der einen Seite und den dadurch evozierten (internen) Vorstellungen und mentalen Aktivitäten auf der anderen Seite auseinandersetzen. Sie müssen also den Aufbauprozess ihres Wissens selbst steuern, kontrollieren und reflektieren. Aktivitäten dieser Art, also das Denken über das (eigene) Denken und, Steuerung des (eigenen) Denkens, aber auch das Wissen über das eigene Wissen werden unter dem Begriff Metakognition subsummiert (vgl. Flavell, 1976, S. 232). Unser Unterrichtskonzept beinhaltet Aufgaben, die metakognitive Aktivitäten evozieren und kooperative, diskursive Arbeitsformen fördern sollen (Kaune et al., 2011). Da das Konzipieren neuer Materialien und Aufgaben nicht ausreichend ist, um mathematische Kompetenzen von Schülern zu verbessern (vgl. Sembiring et al., 2008, S. 928), ist es nötig, metakognitives und diskursives Verhalten als eine sozio-mathematische Norm für Schüler- und Lehrerverhalten in Kommunikationsprozessen im Unterricht zu etablieren.

Ergebnisse einer qualitativen und quantitativen Analyse von Schülerergebnissen aus dieser Machbarkeitsstudie (Kaune et al., 2012) zeigen, dass Schüler, die am Projektunterricht teilgenommen haben, qualitativ bessere Ergebnisse im mathematischen Argumentieren und im Umgang mit ganzen Zahlen erzielt haben als Schüler einer Kontrollklasse. Für ein besseres Verständnis der Wirksamkeit unseres Konzeptes ist jedoch wichtig, das Praktizieren kognitiver und metakognitiver Aktivitäten der Lernenden im Unterricht zu analysieren. Aus dieser Analyse kann dann abgeleitet werden, inwieweit die konzipierten Lernumgebungen so wie intendiert implementiert wurden. Diese Evaluationsergebnisse sind die Implementation in einem Nachfolgeprojekt von Bedeutung. In einer Weiterentwicklung des Unterrichts, insbesondere der Art des Lehrens und Lernens und in einem neuen Verständnis von Zielen des Lehrens und Lernens von

Mathematik, in einer neuen Lehrerrolle, neuen sozialen und sozio-mathematischen Normen der Unterrichtskultur (Sembiring et al., 2008, S. 929f.) sehen auch indonesische Mathematikdidaktiker ihre Chance für nachhaltige Verbesserung mathematischer Schülerkompetenzen. Dieser Gedanke steht im Einklang mit internationalen Forschungsergebnissen, die einen Zusammenhang zwischen Unterrichtsmerkmalen und dem Lernerfolg von Schülern belegen. Verstärkt wird dabei die Bedeutung von Metakognition (Wang, Haertel & Walberg, 1993) und kognitiver Aktivierung (Lipowsky, 2009) betont.

Metakognition und Diskursivität

Seit Pólya (1945) werden individuelle Aktivitäten von Lernenden analysiert, die sich um die Lösung eines mathematischen Problems bemühen. Daraus ist in der Kognitionspsychologie das Konstrukt „Metakognition“ entstanden. Unsere Dekomposition des Begriffs Metakognition, präzisiert in einem Kategoriensystem zur Klassifikation schrittweise kontrollierbaren Argumentierens (Cohors-Fresenborg & Kaune, 2007), baut zunächst auf diesen Ideen auf:

Eine wichtige Komponente von Metakognition wird im Planen von Problemlöseschritten, verbunden mit der Wahl von geeigneten mathematischen Werkzeugen, gesehen. Darüber hinaus hat im Prozess des Problemlösens der Einsatz dieser Werkzeuge kontrolliert zu werden, es muss eine Überwachung des Sach- und Zielbezuges durchgeführt werden sowie ein Abgleich zwischen den gesetzten Zielen und dem schon Erreichten. Diese Tätigkeit des Kontrollierens und Überwachens wird Monitoring genannt. Davon wird eine geistige Tätigkeit unterschieden, die sich mit dem Verstehen des gestellten Problems oder dem Nachdenken über bisher Erreichtes beschäftigt. Diese wird Reflexion genannt. Da wir den Fokus vom Problemlösen zu Begriffsbildung und Verstehen sowie von der individuellen Sicht zu Interaktionen im Unterricht erweitert haben, kommen noch weitere geistige Aktivitäten hinzu, die wir ebenfalls unter Reflexion subsumieren: Reflexion über die Adäquatheit von Begriffsbildungen und Metaphern, über das gewählte mathematische Vorgehen, über Vorstellungen und Fehlvorstellungen, sowie über das Zusammenspiel von Gesagtem, Gemeintem und Intendiertem (Darstellungen und Vorstellungen). Beim Monitoring kommt das Kontrollieren von Argumentationen hinzu. In der Kategorie Planung spielt das Planen metakognitiver Aktivitäten eine Rolle, wie es zum Beispiel durch Wahl einer geeigneten

Aufgabe oder Präsentation einer Schülerlösung zu Beginn eines Unterrichtsabschnittes erfolgen kann.

Ein tieferes Verständnis von Begriffen, eingeschlagenen Vorgehensweisen und benutzten Werkzeugen ist aber nur möglich, wenn sich Monitoring und Reflexion präzise auf das beziehen, was im Unterricht gerade diskutiert wird. Dazu muss den am Unterrichtsdiskurs Beteiligten die Verankerung der Redebeiträge deutlich gemacht und das Verstehen des Gesagten durch eine adäquate Wortwahl unterstützt werden. Wir haben die dazu notwendigen Aktivitäten unter dem Begriff diskursive Aktivitäten subsumiert. Diskursivität ist für eine Unterrichtskultur zentral, die die metakognitiven Aktivitäten der Lernenden fördern soll, insbesondere im Unterricht, also im sozialen Kontext, der aus einer konstruktivistischen Sichtweise den individuellen und gemeinsamen Lernprozess beeinflusst. Zur Präzision beim Lesen und Aufschreiben mathematischen Wissens und beim Argumentieren im Mathematikunterricht gehört wesentlich die Fähigkeit, den Unterschied zwischen Dargestelltem und Intendiertem erfassen und ausdrücken zu können. Dazu ist notwendig, Argumentationsstränge zu verfolgen, die Tragfähigkeit von Argumenten einzuschätzen und Zweifel sowie Gegenargumente strategisch adäquat platzieren zu können. Hier zeigt sich, dass metakognitive und diskursive Aktivitäten ineinander verwoben sein müssen.

Forschungen haben gezeigt, dass metakognitive und diskursive Aktivitäten als fächerübergreifende Indikatoren für Unterrichtsqualität eine wichtige Rolle spielen. Einen Überblick findet man in Schneider & Artelt (2010). Die generelle Bedeutung von Metakognition für den Lernerfolg stellten schon Wang, Haertel & Walberg (1993, S. 272f.) in ihrer Metaanalyse empirischer Untersuchungen zum Erfolg schulischen Lernens heraus. Sie stellen fest, dass in der Rangfolge des Einflusses auf den Lernerfolg Metakognition hervorragend platziert ist.

Kognitive Aktivierung

Aus einer konstruktivistisch-kognitivistischen Sicht kann Unterricht erfolgreich sein – im Sinne der Förderung eines vertieften Verständnisses – wenn die Lernenden kognitiv aktiv sind (Mayer, 2004), wenn sie zu einem vertieften Nachdenken und zu einer elaborierten Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgegenstand angeregt werden. Damit ist das Unterrichtsmerkmal „kognitive Aktivierung“ umschrieben:

“In cognitively activating instruction, the teacher stimulates the students to disclose, explain, share, and compare their thoughts, concepts, and solution methods by presenting them with challenging tasks, cognitive conflicts, and differing ideas, positions, interpretations, and solutions. The likelihood of cognitive activation increases when the teacher calls students’ attention to connections between different concepts and ideas, when students reflect on their learning and the underlying ideas, and when the teacher links new content with prior knowledge. Conversely, the likelihood of cognitive activation decreases when (...) the teacher merely expects students to apply known procedures” (Lipowsky, 2009, S. 529).

Kognitive Aktivierung meint also nicht nur verhaltensbezogene, sondern vielmehr mentale Aktivitäten, die auf ein Verstehen von Lerninhalten, insbesondere von mathematischen Begriffen, Methoden und Resultaten abzielen. Die Lernwirksamkeit kognitiver Aktivierung ist theoretisch begründet (vgl. Lipowsky 2009, S. 94) und lässt positive Lerneffekte erwarten.

II. METHODE

In unserer Untersuchung der Wirksamkeit der konstruierten Lernumgebungen wird ergänzend zu der qualitativen und quantitativen Analyse der Lernergebnisse der Schüler (Kaune et al. 2012) auch der Prozess der Unterrichtsentwicklung während der Implementation präzise erfasst. Da uns die Wirkmechanismen der Lernumgebung interessieren, setzen wir zunächst auf eine qualitative, theoriegeleitete Unterrichtsanalyse. Aus dieser lässt sich ein Erklärungswissen für die erzielten Lernergebnisse gewinnen. Diese Analyse ist auch für eine weitere, breit angelegte Implementation des Unterrichtskonzeptes von Bedeutung.

III. ERGEBNISSE

Im Folgenden werden zwei Unterrichtsszenen¹ aus der Machbarkeitsstudie theoriegeleitet analysiert.

Szene 1: Im Unterricht war der Term $((-3) - (-2))$ zu vereinfachen. Ein Schüler schlägt die Lösung -5 vor. Zum Verständnis des Unterrichtsgesprächs ist es notwendig zu wissen, dass zu diesem Zeitpunkt im Unterrichtsgang die Schreibfigur -5 keine Bedeutung hatte. Entsprechend der vereinbarten Syntaxregeln mussten Außenklammern gesetzt werden. Das korrekte Ergebnis ist also (-5) .

1 Dyah	The next one is.. is wrong.. it should be with brackets... That is, that minus three, that minus three... is subtracted by minus two. The minus becomes plus. Therefore minus two is added to minus three is equal to minus five. But, in my opinion... the answer is correct, but in mathematics we need brackets. So, it is wrong..
5 Teacher	Okay, who wants to give opinion?

¹ Wir bedanken uns bei Novi Handayani für die Anfertigung der Transkripte.

6	Some students	That's wrong, miss...
7	Other student	I have the same (opinion), I have the same (opinion) like Dyah
8	Teacher	Okay, Dodi... Please, Dodi...
9	Ruben	Need brackets.
10	Dodi	Me, me.. Please, me..
11	Teacher	Yes.
12	Dodi	First we look to that side, miss, to left, correct miss?
13	Teacher	Yes.
14	Dodi	Because we got minus, we look to the left, then we got minus, we have to walk backwards, miss...
16	Teacher	Yes.
17	Dodi	Two steps backwards. Three minus two is one. Thus, minus one.
18	Siswa	Minus one.
19	Teacher	Dodi said, the result is minus one.
20	Some students	Correct.

Ausgangspunkt des kurzen Unterrichtsgesprächs ist eine fehlerhafte Schülerlösung. Diese wird durch verschiedene Schüler analysiert und über einen Zwischenschritt in zwei Stufen korrigiert, ohne dass die Lehrkraft Sachinformationen beisteuert oder gar die Lösung selbst als fehlerhaft bewertet. Die Lehrkraft versteht ihre Aufgabe darin, die Schüler zu einer Auseinandersetzung mit der fehlerhaften Lösung aufzufordern. Die Szene zeigt, wie sich Schüler in diesem Projektunterricht mit formalen Darstellungen auseinandersetzen und dass sie in ihren Erklärungen eine Modellwelt nutzen, in der sie sich die Bedeutung von formal dargestellten Objekten zurechtlegen können.

Schaut man auf die Szene unter dem Blickwinkel von metakognitiven Aktivitäten, so ist festzustellen, dass Dyah (Z1-4) zunächst einen Syntaxtest durchführt und somit die Notation der Lösung kontrolliert, danach in einem zweiten Schritt die Rechnung kontrolliert. Auch wenn am Ende ihrer Kontrollaktivitäten kein korrektes Ergebnis steht, muss festgestellt werden, dass sie unterschiedliche Facetten von Monitoringaktivitäten zeigt. In Zeile 6 stimmen ihrer Bewertung mehrere Schüler zu; auch diese waren zuvor kontrollierend, d.h. überwachend tätig. Ein anderer Schüler stimmt in Zeile 7 ebenfalls Dyah zu, unter Nennung der Bezugsperson. Verankerungen von Beiträgen, wie sie sich hier beispielsweise im Nennen einer Bezugsperson zeigen, sind Maßnahmen, die den Zuhörern in einem (Unterrichts-)Diskurs das Verstehen erleichtern.

Auch Dodys Rückfrage an die Lehrkraft (Z12) ist als eine diskursive Aktivität zu werten. Wir deuten sie als eine Rückversicherung, als eine Bitte um Zustimmung zu dem von ihm Gesagten.

Mögliche Ansätze zur Verbesserung

Sprachliche Ungenauigkeiten in Schüleräußerungen sind nicht förderlich für einen verständnisvollen Verstehensprozess der Mitschüler: „The minus becomes plus“ ist eine unzureichende Umschreibung für $((-3) - (-2)) = ((-3) + 2)$. Der bestimmte Artikel ist von Dyah nicht sachgerecht benutzt worden, sein Gebrauch setzt die Eindeutigkeit des Objekts „minus“ voraus. Dodis Erklärungen in den Zeilen 12, 14f. und 17 sind ebenfalls unvollständige Argumentationen. Statt „First we look to that side, miss, to left...“ (Z12) hätte er, um seinen Mitschülern das Verfolgen seiner Argumentation zu erleichtern, zunächst einen Bezug von der formalen Darstellung zu seiner Vorstellung innerhalb der Modellwelt des Würfelspieles herstellen müssen. Dann hätte seine Argumentation in Zeile 14 beispielsweise beginnen können: *Wir stehen auf dem Feld (-3). Der Zeichenwürfel zeigt „minus“. Deshalb drehen wir uns so, dass wir nach links sehen. Weil der Zahlenwürfel eine negative Zahl zeigt, haben wir rückwärts zu gehen.*

Schwer zu deuten ist seine Äußerung in Zeile 17: Im ersten Satz bezieht er sich auf das Hüfspiel. Im zweiten Satz spricht er über den Term $(3 - 2)$ statt über $((-3) - (-2))$. Dies kann man so interpretieren, dass er sich in seiner Vorstellungswelt immer noch auf dem Spielfeld im Bereich der negativen Zahlen befindet. Dies macht er sprachlich aber nicht deutlich. Der dritte Satz gibt keinen Hinweis, ob er mit „minus one“ über das Ergebnis der Rechnung oder aber über das Feld -1 des Hüpfspiels redet. Erst die Lehrkraft macht in Zeile 20 deutlich, dass sie Dodis Ausführungen so verstanden hat, dass -1 ein Ergebnis der Rechnung ist.

Im Sinne einer konstruktiven Fehlernutzung wäre es wünschenswert gewesen, dass die Lehrkraft am Ende des Gesprächs noch einen Impuls gegeben hätte, um auf der Metaebene mit den Schülern Ursachen zu erarbeiten, die zu dem als erstes genannten Ergebnis -5 geführt haben mögen. Hier hätten sich Chancen für weitere metakognitive Aktivitäten, insbesondere für Reflexionen ergeben. Hierzu ist anzumerken, dass Reflexion nötig wäre, um Dyah's Fehler (Z.2f.) zu korrigieren und zu verbessern. Es ist zu vermuten, dass die Schülerin eine Fehlvorstellung bezüglich der Subtraktion mit negativen Zahlen hat. Diese Fehlvorstellung wurde im Unterricht nicht besprochen und nicht korrigiert.

Szene 2: Im Zentrum der folgenden Unterrichtsszene steht die mathematische Tätigkeit: „Termersetzung“. Fähigkeiten, einen Term in eine Variable einsetzen und die Wirkung eines solchen Prozesses erkennen und begründen zu können, sind z. B. für einen verständigen Gebrauch mathematischer Formeln (Sätze) notwendig. Im Unterricht war in der Modellwelt „Buchen von Soll und Haben“ das Axiom zur Inversenbildung als der Paragraph $I^+ (a + (-a)) = 0$ zur Kontoauflösung eingeführt worden. In die Variable a war der Term $(x - y)$ einzusetzen.

Die Szene zeigt, dass sich Schüler in diesem Projektunterricht ohne Angst mit formalen Darstellungen auseinander setzen, selbständig Aufforderungen zu weiteren Erklärungen formulieren und damit ihr selbstständiges Denken und Bemühen um Verstehen zeigen. Wegen wenig elaborierten Sprachgebrauchs entziehen sich die Schüler- und Lehreräußerungen und ihre Denkprozesse einer detaillierten Analyse. Trotzdem lassen sich positive Merkmale der intendierten Unterrichtskultur festhalten und der Prozess der *Unterrichtsentwicklung* kann theoriegestützt erläutert werden.

1 Dyah *[Writes her solution on the whiteboard: $((x-y) + (x+y)) = 0$]*

$$((x-y) + (x+y)) = 0$$

3 Teacher Okay, do you agree?

4 Student No.

5 Teacher No? Is there e... any other opinion? (6sec) Dodi? Come on, why is Dodi always shy? (7sec) Anybody with another opinion? (20sec) Vendi? It is okay, just try. (12 sec) Viola? Come to the front, Viola? *[Viola refused]* Why? Okay, first I want to question you: Is there anybody here who agrees?

9 Student No.

10 Teacher All of you do not agree, but why don't you give your opinion?

11 Ruben We have done it (on paper).

12 Teacher What did you say, Ben? Come here, Ben... here, Ben...

13 Ruben *[Ruben comes to the front and writes his solution: $((x-y) + (- (x+y))) = 0$] (32 sec)*

$$((x-y) + (- (x+y))) = 0$$

15 Teacher Do you agree? (6 sec) Different solution, Ndo? What is the difference, Ndo? (27 sec) Ndre!

[Andre comes back to the front of the class and makes a correction]

18 Andre Why did he change this into plus? *[points to Ruben's equation]*

19 Teacher How should it be?

20 Andre *[Writes $a = (x - y)$, then erases the plus sign in the term $-(x + y)$ and three closed brackets in Ruben's equation, writes minus in place of the erased plus sign and re-writes three close brackets. Gives the pen to the teacher and goes back to his seat].*

$$((x-y) + (- (x-y))) = 0$$

24 Teacher Can you explain, Ndre?

[...]

34 Andre

Friends, we can see here, a is: in a bracket x minus y . We use the formula I , the agreement I . Correct? So, this a [points to the first a in the equation $(a + (-a)) = 0$], this a replaces this x minus y . This is another a . A minus, a min. This a , it does not have its own brackets and this one - which replaces the vari... variable - has its own brackets, this minus sign is separated. So, actually it replaces x minus y . This minus is separated. In separated room. Equals zero. [points to the equations $(a + (-a)) = 0$ and $((x - y) + (-(x - y))) = 0$, draws something on the white-

$$(a + (-a)) = 0$$
$$((x - y) + (-(x - y))) = 0$$

board, but his drawing is seen in video first at the end of his explanation:]

Der Ausgangspunkt des Klassengesprächs ist eine fehlerhafte Lösung von Dyah (Z2). Die Lösung wird ohne Begründung durch verschiedene Schüler als falsch bewertet (Z4) und anschließend von Ruben zwar geändert, aber noch nicht richtig korrigiert (Z13). Erst der Schüler Andre findet und korrigiert einen Fehler (Z20ff.). Die Lehrkraft beurteilt die Lösung von Andre nicht. Sie fordert den Schüler zu einer Erklärung (Z24). Danach erläutert Andre seine Vorgehensweise bei der Termersetzung. Seine lange Äußerung ist unpräzise aber gut strukturiert. Das weitere Klassengespräch ist in dem Transkript nicht gezeigt: Die Schülerin Panta äußert ihr Verständnisdefizit. Die Mitschülerin Nadia erklärt die Termersetzung mit eigenen Worten. Am Ende des Klassengesprächs ergibt sich eine beachtenswerte direkte Schüler-Schüler-Interaktion, die eine geistige Auseinandersetzung mit den diskutierten Fachinhalten belegt: Nadia fragt ihre Mitschülerin, ob sie ihre Antwort verstanden hat:

Nadia Friends... [other students are laughing]. This a is replaced with this [unseen in the video]. Then, this a also with this. Then this, this minus we move to here, this a to here. The result is zero. [Asks Panta:] Clear?

Panta Yes.

In einer Analyse der Unterrichtsszene unter dem Blickwinkel der **kognitiven Aktivierung** können einige Merkmale einer kognitiv aktivierenden Unterrichtskultur festgehalten werden. Die Lehrkraft sieht ihre Rolle im Klassengespräch darin, Schülerbeiträge (auch fehlerhafte Lösungen) als Grundlage für weitere Diskussionen zu gewinnen und festzuhalten (Z5-8, Z15), Schülerlösungen aufeinander zu beziehen und Schüler zur Erklärung von Unterschieden in ihren Lösungen anzuregen (Z15). Die Lehrkraft äußert kein Urteil bezüglich der Korrektheit der Kontrolle der Schülerlösungen. Mit Aufforderungen zur Kontrolle vorliegender Lösungen (Z8, Z15) und zu

Begründungen und Erklärungen (Z10, Z24) macht die Lehrkraft deutlich, dass sie die Lernenden zum selbstständigen und kritischen Denken erziehen will. Sie zeigt auch, dass sie ein solches Verhalten von ihren Schülern erwartet („All of you do not agree, but why don't you give your opinion?“, Z10).

Die Schüler gehen auf Beiträge von Mitschülern ein (Z18). Auf der Seite der Lernenden ist jedoch die Schwierigkeit zu erkennen, ihre Lösungen zu begründen und ihre Äußerungen präzise zu formulieren.

Das Bemühen der Lehrkraft um konstruktive Nutzung von Schülerlösungen im Klassengespräch und das Eingehen auf vorliegende Lösungen durch die Lernenden sind Indizien für einen positiv zu bewertenden Prozess der Unterrichtsentwicklung. In einem nächsten Schritt dieser Entwicklung sollten auch Denkprozesse und Vorstellungen, die einer Schülerlösung zu Grunde liegen, deutlicher mittels der Sprache kommuniziert, kontrolliert und eventuell nachjustiert werden. Das ist eine Voraussetzung dafür, dass Fehler und Fehlvorstellungen erläutert, verstanden und letztendlich auch behoben und in Zukunft vermieden werden. Die fehlerhaften Lösungen von Dyah und Ruben wurden in dieser Szene korrigiert. Mögliche Ursachen für diese Fehler wurden aber nicht geklärt. So kann nicht sicher festgestellt werden, dass beide Schüler ihre Fehler oder falsche Denkstrategien verstanden haben.

Eine Analyse der Szene bezüglich **metakognitiver und diskursiver Aktivitäten** deckt Merkmale der erwünschten Unterrichtskultur auf: Die Lehrkraft motiviert ihre Schüler zum Monitoring. Die Schüler praktizieren Monitoring, indem sie vorliegende Beiträge ihrer Mitschüler kontrollieren und Verständnisdefizite nennen (Z18).

Im späteren Verlauf des Klassengesprächs fordert die Lehrkraft die Lernenden zur Selbsteinschätzung auf. Sie sollen beurteilen, ob sie Erklärungen ihrer Mitschüler verstanden haben („Okay, is that clear? Who got helped from Andre's explanation?“). Die Lehrkraft regt also zur Reflexion an - zum Denken über das eigene Denken, zum Urteil über den eigenen Verstehensprozess. Einige Schüler, wie z. B. Panta zeigen, dass sie ohne Beschämung ihr Verständnisdefizit äußern können („I do not understand.“).

Diskursive Aktivitäten zeigen sich nur im Nennen von Bezugspersonen. Mit weiteren, hier leider fehlenden, diskursiven Aktivitäten, könnte das Klassengespräch verständlicher strukturiert werden und das kognitive Potential der Schülerlösungen und verbaler Beiträge noch besser für den Lernprozess genutzt werden. Hier sind z. B.

folgende Aktivitäten gemeint: noch präzisere Nennung von Bezugspunkten (z. B. im Beitrag von Andre (Z34)), Hervorhebung von Unterschieden in Lösungen und in Lösungsstrategien.

IV. DISKUSSION

Die analysierten Szenen heben sich deutlich von dem Bild eines typischen indonesischen Mathematikunterrichts ab, in dem „the students give the answers in chorus. The teacher makes a response by saying ‘good’ whenever the students come up with the right answers, but he does not comment if the responses are wrong“ (Sembiring et al., 2009, S. 929). In beiden Szenen zeigt die Lehrkraft „ihre Fähigkeit, das Lernen von Schülern mehr indirekt als direkt anzuleiten, das heißt über die Gestaltung von interaktiven Lehr-Lernumgebungen zu steuern.“ (Reusser 1995, S. 23). In diesem Zusammenhang ist das allmähliche Abgeben von Kontrolle eine entscheidende Leistung, die ein Lehrer beim Aufbau einer interaktiven Lehr-Lernumgebung erbringen muss. In diesem Sinne ist der Projektlehrer nicht mehr ein vorwiegend expositorischer Wissensvermittler, sondern ein Experte in Sachen gründlichen Verstehens. Schon Reusser weist darauf hin, dass dies nur auf den ersten Blick wie ein Kontrollverlust aussieht, bei genauerem Hinsehen aber als eine anspruchsvollere Aufgabe zu bewerten ist.

Das Verhalten der Lernenden zeigt, dass es noch nicht zu ihrem Habitus gehört, ihre Lösungen selbstständig zu begründen, ihre Denkprozesse möglichst präzise in Kommunikationsprozessen darzustellen und auf diese Weise der Kontrolle der Mitschüler zugänglich zu machen. Da wir jedoch mit einem Entwicklungsprozess der Unterrichtskultur zu tun haben, leiten wir aus unseren kritischen Anmerkungen eine weitere Empfehlung für die Entwicklung positiver Schüler- und Lehrer-verhaltensweisen ab. Zu diesen gehört auch, dass Schüler immer mehr selbstständig auf andere Schüler, aber auch auf ihre mögliche Denkweisen, Vorstellungen und Fehlvorstellungen eingehen, diese kontrollieren und dabei auch ihre eigenen Vorstellungen zu mathematischen Inhalten reflektieren.

Unsere Behauptung ist, dass unsere Lernumgebungen diese Art von Aktivitäten unterstützen, weil Lernende zunächst auf der Basis ihrer Erfahrungen im realistischen Kontext eine Evidenzbasis für mathematisches Wissen bauen. Diese vertraute Wissensgrundlage (zum Beispiel über das Buchen von Schulden und Guthaben bei einer Bank)

motiviert die Lernenden zum Argumentieren und zum Kommunizieren über intuitiv verstandenes Wissen. Diese Aktivitäten können auch dann praktiziert werden, wenn im Klassengespräch Inhalte aus der abstrakten Mathematik thematisiert werden, weil zum einen die dazu notwendigen intellektuellen Verhaltensweisen mit Erfolg auf einer vertrauten Wissensgrundlage erprobt wurden und zum anderen eine Evidenzbasis für mathematische Inhalte existiert, auf die ein Schüler immer wieder zurückgreifen kann, um diese Inhalte verständlich zu erläutern. Beim Zurückgreifen auf die Evidenzbasis müssen metakognitive Aktivitäten praktiziert werden.

Für ein besseres Verständnis dafür, wie metakognitive und diskursive Aktivitäten im indonesischen Mathematikunterricht verstärkt praktiziert werden können, sind weitere detaillierte Analysen von Kommunikationsprozessen im Unterricht nötig. Diese werden in einer Nachfolgerstudie fortgesetzt.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Auf der Basis einer theoriegeleiteten Unterrichtsanalyse wurden lernfördernde Merkmale von Klassengesprächen im indonesischen Mathematikunterricht in Klasse 7 erläutert und Konsequenzen für weitere Unterrichtsentwicklung formuliert. Da die Lernwirksamkeit der von uns konzipierten Lernumgebungen auch von der Art und Weise ihrer Implementation in der Unterrichtspraxis abhängig ist, sind für uns die bereits erzielten qualitativen Unterschiede im Verstehen mathematischer Inhalte zwischen der Projektgruppe und der Kontrollgruppe (Kaune et al. 2012) als ein Erfolg zu deuten. Sie lassen erwarten, dass noch größere Lernerfolge erzielt werden, wenn die Konsequenzen für die Weiterentwicklung des Unterrichts umgesetzt werden.

VI. LITERATUR

- Cohors-Fresenborg, E. & Kaune, C. (2007). Modelling Classroom Discussions and Categorising Discursive and Metacognitive Activities (pp. 1180-1189). Pitta–Pantazi, D. & Philippou, G. Proceedings of CERME 5. Larnaca: University of Cyprus. Im web: <http://ermeweb.free.fr/CERME5b>
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. B. Resnick (Ed.), The nature of intelligence (pp.231-236). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Kaune, C., Cohors-Fresenborg, E. & Nowinska, E. (2011). Development of metacognitive and discursive activities in Indonesian Maths Teaching. A theory based design and test of a learning environment. In Indonesian Mathematical Society Journal on Mathematics Education (IndoMS - JME) 2(1), S. 15-39.
- Kaune, C., Cohors-Fresenborg, E., Nowinska, E., Handayani, N. & Marpaung, Y. (2012, in Druck). Development of metacognitive and discursive activities in Indonesian Maths Teaching - results of a feasibility study. In Indonesian Mathematical Society Journal on Mathematics Education (IndoMS - JME) 3(1).

- Lipowsky, F.; Rakoczy, K.; Pauli, C.; Drollinger-Vetter, B.; Klieme, E. & Reusser, K. (2009). Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem. *Learning and Instruction*, 19, 527-537.
- Mayer, R. E. (2004). Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning? The Case for Guided Methods of Instruction. *American Psychologist*, 59(1), 14 - 19.
- Pólya, G. (1945). *How to solve it. A New Aspect of Mathematical Method*. University Press: Princeton.
- Reusser, K. (1995). Lehr-Lernkultur im Wandel: zur Neuorientierung in der kognitiven Lernforschung. Im web: www.didac.uzh.ch/static/files/Publikationen/1995/LehrLernkultur.pdf
- Sembiring, R.K., Hadi, S., & Dolk, M. (2008). Reforming mathematics learning in Indonesia classrooms through RME. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 40(6), 927-939.
- Sembiring, R., Hoogland, K., & Dolk, M. (Eds.). (2010). *A decade of PMRI in Indonesia*. Bandung, Utrecht: APS.
- Schneider, W. & Artelt, C. (2010). Metacognition and mathematics education. *ZDM - The International Journal on Mathematics Education* 42(2): 149–161.
- Wang, M. C.; Haertel, G. D. & Walberg, H. J. (1993). Toward a Knowledge Base for School Learning. *Review of Educational Research* 63 (3): 249–294.

ⁱ Im Folgenden ist aus Gründen der besseren Lesbarkeit von Schülern bzw. von Lehrern die Rede, damit sind stets Schülerinnen und Schüler bzw. Lehrerinnen und Lehrer gemeint.