

2 Mathematikdidaktische Akzente

2.1 KMK Bildungsstandards

Die Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich (KMK 2005a) beschreiben die Grundlagen der fachspezifischen Anforderungen für den Unterricht in der Grundschule. Als solche sind sie als übergeordnete Orientierung zu verstehen, die von den Bundesländern konkretisiert werden – in Form von Lehr-/Bildungs- oder Rahmenplänen⁴ für das Fach (vgl. 2.2), im Rahmen der Schulentwicklung sowie der Lehreraus- und -fortbildung (KMK 2005b).

Der Bildungsauftrag des Faches Mathematik zielt auf die Förderung grundlegender mathematischer Kompetenzen. Hier unterscheiden die Bildungsstandards zwischen (a) *allgemeinen* mathematischen Kompetenzen und (b) *inhaltsbezogenen* mathematischen Kompetenzen. Diese Unterscheidung ist nicht neu (vgl. Winter 1975), eine nachdrücklichere Betonung der allgemeinen (prozessbezogenen) Kompetenzen ist aber unverkennbar und beabsichtigt. »Erwartet wird, dass die Schülerinnen und Schüler diese Kompetenzen in außermathematischen (Anwendungsorientierung) und in innermathematischen (Strukturorientierung) Kontexten nutzen können« (KMK 2005a, S. 7).

Da im Folgenden nur ein spezifischer Blickwinkel beabsichtigt ist (für eine genauere Betrachtung der Bildungsstandards und ihrer Ausdifferenzierung für den Mathematikunterricht sei auf KMK (2005a) sowie auf Walther et al. (Hrsg., 2008) verwiesen), soll eine kurze Übersicht der Kompetenzbereiche hier genügen.

Allgemeine (prozessbezogene) mathematische Kompetenzen

- Problemlösen
- Kommunizieren
- Argumentieren
- Modellieren
- Darstellen

⁴ Die Begrifflichkeiten der Bundesländer sind hier unterschiedlich.

Inhaltsbezogene mathematische Kompetenzen (orientiert an Leitideen)

- Zahlen und Operationen
- Raum und Form
- Muster und Strukturen
- Größen und Messen
- Daten, Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit

Sucht man in den Bildungsstandards nun nach Aussagen zu Fragen eines Ob oder Wie oder Wann des Computereinsatzes, so findet sich nichts Konkretes, was direkt auf den Einsatz digitaler Medien verweist oder diesen beschreibt. Das ist einerseits dem orientierenden Charakter der Bildungsstandards geschuldet (man findet – bis auf Aufgabenbeispiele – auch keine anderen konkreten Hinweise zu methodischen oder medialen Fragen). Zum anderen bieten »die Standards« aber durchaus naheliegende Ansatzpunkte, um über einen sinnvollen Einsatz digitaler Medien im Mathematikunterricht nachzudenken. So lassen sich – geeignete digitale Lernumgebungen vorausgesetzt⁵ oder zumindest mit einem fachdidaktischen *State-of-the-Art* im Hinterkopf – für alle allgemeinen wie inhaltlichen Kompetenzen plausible Einsatzmöglichkeiten denken, die nicht nur das Mathematiklernen (ergänzend) unterstützen könnten, sondern auch zu Aufgaben- oder Problemstellungen führen, die ohne digitale Medien kaum denkbar wären.

Im Laufe dieses Buches wird noch an diversen Stellen der Bezug zu den KMK-Bildungsstandards konkretisiert werden (vgl. auch Krauthausen/Lorenz 2008). Insofern wäre der Blick als Nächstes auf die Konkretisierungen der Bildungsstandards durch die Rahmenpläne einzelner Bundesländer zu richten.

2.2 Rahmenpläne Mathematik

Es sollen hier nicht die entsprechenden Erlasse sämtlicher Bundesländer dezi- diert beschreiben. Für den vorliegenden Zweck hinreichend ist eine synoptische Übersicht über Aussagen, die sich im Prinzip übergreifend finden lassen, mehr oder weniger explizit und ausführlich, mit evtl. unterschiedlichen Begrifflichkeiten, aber übereinstimmend in der Sache.

Alle Rahmenpläne ab 2004 (z. B. BSB 2011; HK 2010; BBBM 2004; MSW 2008; NS 2006) orientieren sich an den und beschreiben/konkretisieren die Vorlagen der Bildungsstandards, was die allgemeinen und die inhaltsbezogenen mathematischen Kompetenzen betrifft. Für die meisten Rahmenpläne gilt Ähn-

⁵ Hier ist sie wieder, die nebenbei erwähnte, dabei aber zentrale und kritische Rahmenbedingung, die allzu oft nicht erfüllt ist, aber für die weitere Argumentation dann aus dem Blick zu geraten droht.

liches wie für die Bildungsstandards der KMK selbst: Es lassen sich, gezielt durch die Brille digitaler Medien betrachtet, naheliegende Potenziale denken, ohne dass sie aber an diesen Stellen konkret benannt würden.

Darüber hinaus finden sich in diesen Rahmenplänen, aber auch in früheren (z. B. STMUK 2000; SH 1998) übergeordnete Kapitel, die sich mehr oder weniger ausdrücklich zum Medieneinsatz im Mathematikunterricht äußern, z. B. unter Überschriften wie lernmethodische Kompetenzen, überfachliche Kompetenzen, Methodenkompetenz, Medienerziehung, didaktische Grundsätze o. Ä. Im Überschneidungsbereich ihrer Aussagen lassen sich folgende Zielrichtungen ausmachen:

Digitale Medien werden als *Werkzeuge zum systematischen, zielgerichteten Lernen*, in einigen Fächern aber auch als *Lerngegenstand* verstanden (BBBM 2004, S. 12). Der Auftrag der Grundschule geht dabei weit über die Befähigung der Kinder zur bloßen Bedienung und Handhabung der Geräte hinaus. Es geht sowohl um rezeptive als auch um eine reflektierte, kritische und sachgerechte konstruktive (also produktive) Nutzung der Medien, was eine reflektierte Wahrnehmung einschließt, die zwischen Darstellung und Realität unterscheiden kann.

Zentral in allen Rahmenplänen ist der Begriff der *Information*, nicht zu verwechseln mit *Wissen*, das sich nicht digitalisieren lässt: »Wissen existiert nur in Köpfen, nicht auf Festplatten« (Meyer/Krumes 2005, S. 8). Der wünschenswerte Umgang mit Information stellt somit ein weites Feld dar und betrifft v. a. ihre

- Beschaffung (nach vorausgegangener Auswahl geeigneter Medien)
- Prüfung
- Aufbereitung (Selektieren, Ordnen, ...)
- Darstellung
- Integration (in vorhandenes Wissen und beabsichtigte Fragestellungen)
- Analyse, Reflexion, Bewertung
- Präsentation

Dies ist nur mit einem bewussten Anteil an metakognitiven Aktivitäten zu leisten, z. B. indem die Bedeutung (bis hin zur Manipulationsmacht) verschieden aufbereiteter Darstellungen reflektiert und erfahrbar wird (vgl. Krämer 1992; Krauthausen/Lorenz 2008).

Zu den Medien selbst bleiben die Aussagen der Rahmenpläne vergleichsweise vage. Genannt werden vielfach der Taschenrechner und der Computer, letzterer speziell mit seinen Anwendungen von Lernsoftware und Internetrecherche. Werkzeugprogramme wie Tabellenkalkulationen, die man bei gewissen allgemeinen und inhaltsbezogenen Kompetenzen assoziieren könnte, finden keine ausdrückliche Erwähnung. Das deckt sich mit den Aussagen über die vorrangi-

gen Nutzungsarten des Computers (vgl. Abb. 2/1 nach Krützer/Probst 2006, S. 13), wonach in der Grundschule im Unterricht oder Arbeitsgruppen mit 96 % die so genannte Lernsoftware dominiert, gefolgt von multimedialen Nachschlagewerken (54 %), Programmen zur Erstellung multimedialer Anwendungen (23 %), Software mit Werkzeugcharakter (18 %) und Programmiersprachen (1 %).

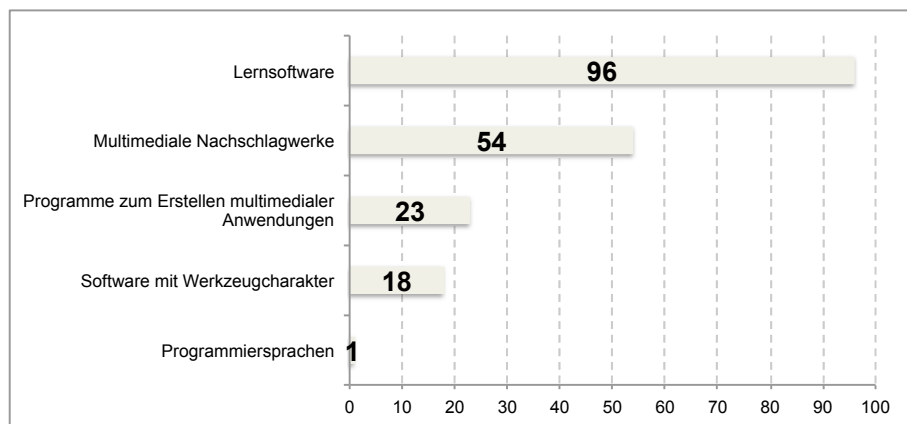


Abb. 2/1: Software in Grundschulen (Datenbasis aus: Krützer/Probst 2006, S. 13)

Die Unbestimmtheit der Aussagen erklärt sich sicher z. T. mit dem Bemühen heutiger Rahmenpläne um eine pointierte Darstellung und v. a. einen überschaubaren Umfang. Sie stellen keine Fortbildungskompendien dar, wie das in früheren Jahren einmal der Fall war (vgl. KM 1974). Die Kehrseite der Medaille ist dann, dass solche Texte kompetentere Leserinnen und Leser voraussetzen, die mit der einschlägigen Terminologie vertraut sind, damit sachgerechte (theoretische und unterrichtspraktische) Konzepte assoziieren und diese selbstständig in das Design adäquater Lernumgebungen überführen können.

Was speziell die digitalen Medien betrifft, so sind die Aussagen in heutigen Rahmenplänen nicht mehr und nicht weniger präzise als beispielsweise im NRW-Lehrplan von 1985. Dort heißt es: »Im Bereich der Mathematik finden elektronische informationsverarbeitende Medien als Problemlösungsinstrumente und vielseitig einsetzbare Werkzeuge in zunehmendem Maße Verwendung. Diese Medien stellen somit auch für den Mathematikunterricht eine große Herausforderung dar. In der Grundschule können sie dann verwendet werden, wenn bei ihrem Einsatz die didaktischen Prinzipien des Mathematikunterrichts beachtet werden« (KM 1985, S. 29).

Nun kann man sich, wie gesagt, aus durchaus guten Gründen auf eine knappe und vergleichsweise vage Form verständigen, zumal diese auch Gestaltungs-

spielräume eröffnen kann – dies allerdings in alle denkbaren Richtungen. Andererseits könnte man im Falle der digitalen Medien eine im Vergleich zu 1985, also nach immerhin über 25 Jahren, offensivere Positionierung im Hinblick auf den »didaktischen Mehrwert« erwarten.

Ob die Grundschule die benannte Herausforderung nach 25 Jahren konstruktiv und v. a. hinlänglich weitreichend angenommen hat, darüber kann man durchaus geteilter Meinung sein. Hochaktuell, weil vielfach auch heute nicht erfüllt, ist aber mit Sicherheit die Forderung – oder sollte man es nicht gar als »K.-o.-Kriterium« verstehen? –, beim Einsatz digitaler Medien die didaktischen Prinzipien des Mathematikunterrichts zu beachten. Denn gemessen an dem, was heute Erkenntnisstand der Mathematikdidaktik ist, lassen sich zahlreiche Einsatzformen, Produkte und Praktiken des Einsatzes digitaler Medien im Prinzip *nicht* legitimieren. Dass es sie dennoch gibt und dass sie auch nach wie vor propagiert werden, ist vielfach damit zu erklären, dass in solchen Fällen die fachdidaktischen Gütekriterien leicht ausgeblendet werden (können), weil man sich z. B. auf allgemeindidaktische, mediendidaktische, sozialisationsbezogene und weitere Argumente verlegen kann. Die Frage, wie ein *sachgerechter* Medieneinsatz denn nun hier *konkret* aussehen sollte, wird damit auch nicht ansatzweise beantwortet.

Ein weiteres Problem bei Fragen der Nutzung digitaler Medien besteht in der ausgesprochen heterogenen Literaturlage. Da sich zu nahezu jeder Einstellung oder Position ein Quellenbeleg finden lässt, ist es nicht einfach, hier die Spreu vom Weizen zu trennen. Demgegenüber suggerieren die Texte der Rahmenpläne teilweise Voraussetzungen, die de facto gar nicht gegeben sein müssen:

Wenn behauptet wird, »geeignete fachdidaktische Software [böte] z. B. vielseitige individuelle Lern-, Darstellungs- und Übungsmöglichkeiten« (NK 2006, S. 10), dann kollidiert das doch deutlich mit der Tatsache, dass es auf diesem Markt nach wie vor signifikant mehr didaktisch problematische als vertretbare Produkte gibt (vgl. Kap. 4.1). Auch andere Aussagen fallen bei genauerer Betrachtung leicht in die Kategorie »Die Botschaft hör ich wohl, allein, mir fehlt der Glaube«:

»Der Einsatz von Computer und Internet ermöglicht darüber hinaus differenzierte bzw. individualisierte Lernangebote. Er erweitert die Vielfalt von Lernformen im Unterricht und verändert auch die Rolle der Lehrerinnen und Lehrer, die verstärkt als Lernberaterinnen und Lernberater aktiv werden müssen. Insbesondere Erfahrungen mit der Interaktivität, dem Navigieren in Hypertexten und der Reproduzierbarkeit von Texten tragen zur Entwicklung der Lernkultur bei« (BBBM 2004, S. 12). Zweifellos werden hier wichtige, wünschenswerte und hilfreiche *Optionen* beschrieben. Schaut man sich aber konkrete Produkte, Einsatzformen, Unterrichtsszenen etc. an, stimmt der Eindruck nicht selten weniger optimistisch.

- So wird bei Mayrberger (2007, u. a. S. 373 ff.) der Eindruck erweckt, der Einsatz des Computers würde die sachbezogene Kommunikation und die Lernstrategien der Lernenden bereichern und fördern. Die Videodokumente hingegen zeigen aus fachdidaktischer Sicht, die als Bezugsrahmen in der Arbeit gezielt und bewusst ausgeklammert wurde (ebd. S. 16 u. 142) – kann man das überhaupt? – eher ein Parade-*Gegenbeispiel*, sowohl was das Lehrerverhalten betrifft, wie auch die Kommunikation der Kinder (vorwiegend technikfixiert, so wie es auch Krummheuer (1989) bereits in seinen Arbeiten gezeigt hatte), wie auch den zugrunde liegenden Lernbegriff. Der verhandelte Inhalt stammte aus dem Sachunterricht. Und so hat sich der Autor (da selbst Nicht-Experte in diesem Bereich) um Vergewisserung bei der Fachdidaktik des Sachunterrichts bemüht und diese sofort und unzweideutig erhalten: Mit zeitgemäßem Sachunterricht haben die Videosequenzen demnach *nichts* zu tun.
- In einer Analyse der Hypertext-Lesekompetenz von Viertklässlern (Kraska 2010), in der Navigationsstrategien und Einflussfaktoren mit Daten aus den Studien »Lesen am Computer« (LaC 2003) und »Kompetenzen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern« (KESS 4) untersucht wurden, zeigte sich, dass zentrale Teilkompetenzen beim Verstehen nicht-linearer Texte benötigt werden, die beim erfolgreichen Erwerb einer *Print*-Lesekompetenz aufgebaut und erst *dann* auf das Hypertext-Verstehen transferiert werden können. Inhalte von Hypertexten sind also Lesern weder unmittelbar zugänglich, noch wirkt die bloße Konfrontation mit Leseanforderungen in Form nichtlinearer Texte per se schon förderlich auf die Hypertext-Lesekompetenz und die Navigationsstrategien von Grundschulkindern.

Immer wieder besteht in der einschlägigen Literatur zum Computereinsatz speziell in der Grundschule die Gefahr, dass die Verwendung wohlklingender Etiketten, gegen die (wegen ihrer Vagheit) zunächst niemand etwas einwenden würde, das genauere Hinsehen, das Prüfen an etablierten didaktischen Maßstäben, der Nachweis (fach-)didaktisch vertretbarer Legitimationen nicht sorgfältig genug erfolgt oder ganz unterbleibt.

In den klassischen Handbüchern zum Computereinsatz in der Grundschule fällt zudem auf, dass die Mathematik generell deutlich unterrepräsentiert ist:

Anregung zur (gemeinsamen) Bearbeitung

Im Handbuch von Reiter et al. (2000) beschäftigen sich knapp 9 % der Beiträge des Kapitels »Methodisch-didaktische Beispiele für den Unterricht« mit dem Mathematiklernen. Im Handbuch von Schrackmann et al. (2008) sind es drei von zwanzig Videolektionen.

Diskutieren Sie, welche Gründe es dafür geben könnte.

»Der« Computer als »neues« Medium profitiert oft immer noch von seinem Image des Besonderen; ihn einzusetzen scheint manchmal per se ein Garant für modernen, zeitgemäßen Unterricht zu sein. Durch die *fachdidaktische* Brille betrachtet und konsequent am Kenntnis- und Entwicklungsstand der Community gemessen, verlieren aber leider immer noch zahlreiche Vorzeigebispiele ihren Nimbus (die auf Mathematik bezogenen Beiträge in den o. g. Handbüchern bestätigen dies eindrücklich; vgl. etwa Kap. 3.2).

Gleichwohl sind wohl die digitalen Medien *prinzipiell* durchaus mit zeitgemäßen fachdidaktischen Konzepten wie etwa dem aktiv-entdeckenden Lernen und produktiven Üben, der Differenzierung, dem sozialen Lernen etc. sowie weiteren Postulaten im Geist der Rahmenpläne nicht nur verträglich, sondern *können* auch einen didaktischen Mehrwert in sich tragen. Mit dem o. g. Postulat im Hinterkopf, dass beim Einsatz digitaler Medien stets die didaktischen Prinzipien des Mathematikunterrichts beachtet werden sollen, lassen sich einerseits Gütekriterien ableiten (z. B. für die fachdidaktische Bewertung von »Lernsoftware«, vgl. Krawehl 2012) und andererseits, wesentlich einfacher, gewisse Praktiken oder Einsatzformen auch ausschließen – wie z. B. die zahlreichen Varianten der elektronischen Arbeitsblätter in der Ausprägung der sprichwörtlichen »bunten Hunde und grauen Päckchen« (vgl. Wittmann 1990) oder »elektronischer LÜK-Kästen«, die, ob mit PC oder ohne, zu einem Bürostil-Unterricht verleiten: »Gebeugt über diverse Arbeitsblätter arbeiten die Kinder nacheinander die Aufgaben ab, bis es klingelt« (Bartnitzky 2009, S. 209).

2.3 Mögliche Erwartungen an digitale Medien

Digitale Medien werden – wie traditionelle Medien auch – immer mit gewissen Erwartungen eingesetzt, die auch unterschwellig und unbewusst wirken können. Für den Unterrichtsalltag ist es ebenso hilfreich wie notwendig, wenn der Medieneinsatz in gewisser Weise routiniert erfolgt, denn Routinen haben auch eine entlastende Funktion. So wird die Lehrerin nicht jedes Mal überlegen, warum sie jetzt eigentlich das Schulbuch oder ein Arbeitsheft einzusetzen gedenkt.

Gleichwohl hat sie diese Fragen zu einem früheren Zeitpunkt durchaus sehr bewusst, vertieft und mit einem grundsätzlichen Blick bedacht, z. B. auch in Fachkonferenzen, wenn über die Anschaffung eines neuen Schulbuchs beraten wird. Derart grundsätzliche Überlegungen sind entsprechend auch vonnöten, bevor der Klasse eine bestimmte Software oder ein anderes digitales Medium zur Verfügung gestellt wird. Eine Schenkung oder ein zufällig erworbenes Sonderangebot sollte nicht das einzige Kriterium sein, eine Software auf dem Klassen-PC zu installieren.

Zu den erforderlichen Grundsatzüberlegungen gehört es auch, sich darüber im Klaren zu sein, welche spezifischen Erwartungen man an den Einsatz der Medien hat. Diese können sehr vielfältig sein, und hier sollen nur einige exemplarisch angedeutet werden, die sich bei Unterrichtsbeobachtungen, Schulbesuchen und Fortbildungen gezeigt haben.

2.3.1 Umgang mit Heterogenität

In der jüngeren Vergangenheit hat das Thema Heterogenität zunehmend an Bedeutung im (Mathematik-)Unterricht gewonnen. Ein Lernangebot bereitzustellen, das für *alle* Kinder gleichermaßen individuell optimale Lernchancen bietet, ist eine ausgesprochen anspruchsvolle Aufgabe. Der Markt hält hier eine schier unüberschaubare und ständig noch wachsende Menge an Arbeitsblattsammlungen, Arbeitsheften, Lernspielen, Karteikartensystemen bereit, die es zunehmend auch in digitaler Form gibt (bis hin zu Gehirnjogging auf Spielekonsolen oder Rechentrainer-Apps für Mobiltelefone; vgl. Angebote im iTunes App Store, Rubrik Bildung). Die zugrunde liegende Philosophie ist in diesen Fällen sehr häufig: Viel hilft viel. Denn wenn der Unterricht für breit gestreute Leistungsstände differenzieren soll, dann ist eine denkbare Maßnahme⁶, möglichst zahlreiche und vielfältige Materialien/Medien bereitzustellen, aus denen die Kinder selbst auswählen können. Problematisch daran ist nur:

- Die Kinder verfügen nicht ohne Weiteres über didaktisch begründbare Auswahlkriterien, entscheiden also vermutlich eher nach sachfremden Kriterien, *Lernlüssen* und nicht nach tatsächlichen *Lernbedarfen*.
- Die »Differenzierung« besteht lediglich im Trägermaterial, nicht aber, wie es notwendig wäre, in den Aufgabenstellungen. Diese sind bei Alternative A die gleichen »bunten Hunde« oder »grauen Päckchen« wie bei Alternative B. Es dominiert das Prinzip der freien Auswahl und der weitgehenden Beliebigkeit.
- Es besteht die Gefahr, dass der Lehrerin über diese *organisatorisch* recht einfach zu handhabende Praxis essentielle Elemente der Lehrverantwortung entgleiten: die fachliche und fachdidaktische Rahmung der angebotenen Inhalte, die gezielte Unterstützung und Förderung auf der Basis solider diagnostischer Erkenntnisse und die Gelegenheiten zum *gemeinsamen* Lernen an *gemeinsamen* Gegenständen (vgl. z. B. Krauthausen/Scherer 2010b).
- Der überwiegenden Masse der Angebote, die mit angesagten Vokabeln wie konsequenter Individualisierung, effektiver Differenzierung oder Anpas-

⁶ Dies ist weder die einzige noch die wirksamste Maßnahme, was aber an dieser Stelle nicht ausdiskutiert werden soll (vgl. Krauthausen/Scherer 2010b).

sung an die Lernbedürfnisse der Nutzer werben, liegt de facto ein höchst eingeschränktes Differenzierungsverständnis zugrunde, das in gleich mehrfacher Hinsicht zu kritisieren ist und damit das Behauptete letztlich verunmöglicht: In aller Regel handelt es sich entweder um eine quantitative Differenzierung (mehr oder weniger Aufgaben) oder um eine qualitative Differenzierung (leichtere und schwerere Aufgaben). Kritisch ist hieran Folgendes:

- (1) Das Angebot ist – ungeachtet möglicher (Pseudo-)Wahloptionen des Nutzers – *vorab und extern* festgelegt, denn die Programmierer haben bereits ganz bestimmte Aufgaben implementiert und klassifiziert.
- (2) Aufgabenschwierigkeit ist ein extrem subjektiver Begriff (vgl. Selter/Spiegel 1997). Er kann nicht *vorab*⁷ entschieden werden. Auch bemisst sich die Schwierigkeit einer Aufgabe nicht allein daran, welche formal-syntaktischen Schritte zu ihrer Lösung erforderlich sind. All dies setzen aber Programmierer bzw. die entsprechenden Produkte (nicht nur digitaler Art!) voraus, indem behauptet wird, ein Programm würde sich dem individuellen Lernstand anpassen, indem es (nach übrigens meist sehr schlichten Regeln, die sich dem Benutzer aber i. d. R. verschließen) auf eine leichtere oder schwerere Stufe schaltet. Diese Praxis wird vom Marketing gerne offensiv beworben, ungeachtet der Tatsache, dass dieses Vorgehen im Bereich des fachdidaktischen und lernpsychologischen Forschung als Illusion gilt.

So vielfältig die Angebote digitaler oder traditioneller Art am Markt auch sind: *Kein* Medium kann gleichsam *per se* sachgerechte und effektive Differenzierung herstellen oder determinieren. Die unabdingbaren Anforderungen, die sich aus dem Postulat einer kind- wie sachgerechten Differenzierung ergeben und die daher selbst ausgebildete Lehrpersonen nicht selten vor große Schwierigkeiten stellen, sollten die Hoffnung relativieren (bzw. zerstören), dass dies eine Maschine besser könne als die flexibel agierende, didaktisch professionelle Lehrerin. Die Hoffnung, bspw. durch den Einsatz einer Software quasi automatisch den Postulaten nach Differenzierung und zeitgemäßem Unterricht gerecht werden zu können, ist also eine zwar immer wiederholte Behauptung, tatsächlich aber ein Trugschluss. Zumindest aber geht dies mit einem recht reduktionistischen Verständnis einher, was die Begriffe wie Differenzierung, Individualisierung, Diagnostik etc. betrifft.

Unabhängig von der Qualität der enthaltenen Aufgaben – und bereits diese ist eben bei den meisten »Lernprogrammen« am Markt mehr als dürftig (vgl. Kap.

⁷ Dieses Problem trifft übrigens für Arbeitsblätter ebenso zu, die mit der Kennzeichnung grün (leicht), blau (mittel) und rot (schwierig) arbeiten, oder für die »Krönchenaufgaben« in Schulbüchern.

3.1) – kommt der Integration in das Unterrichtsgeschehen größte Bedeutung zu. Das bedeutet auch, dass die Hoffnung, den Computer etwa als »Parkplatz« für Kinder zu nutzen, die mit anderen Aufgaben bereits fertig sind, höchstens an der Oberfläche einen »modernen« Unterricht suggeriert, da die Aktivitäten am Computer isoliert vom übrigen Unterrichtsgeschehen erfolgen, also dort weder beizeiten aufgegriffen und eingebunden werden, noch eine gezielte didaktisch-*inhaltliche* Intention verfolgen.

Es kann durchaus Sinn machen, wenn Kinder zeitliche Freiräume dafür nutzen, z. B. ihre Kopfrechen*fertigkeiten* zu trainieren, es also in erster Linie um Sicherheit und Schnelligkeit geht. Aber auch hier wären vorab seitens der Lehrperson didaktisch relevante Überlegungen zu unternehmen:

- Wenn der Inhalt des Übens nicht der Beliebigkeit überlassen werden soll, stellt sich die Frage, *was* Kind A oder Kind B derzeit in diesem Bereich üben sollte? Didaktische Konzepte des Kopfrechnens wie etwa das BLITZRECHNEN (in analoger wie digitaler Form; vgl. Wittmann/Müller 1990 u. 1992; Krauthausen 1997) betonen daher nicht umsonst die Bedeutung des Lehrgangscharakters.
- Alsdann: Welche Software/welches digitale Angebot und ggf. welcher Teil daraus wäre zu empfehlen? Hier muss die Lehrperson ihrer didaktischen Verantwortung gerecht werden und jene Produkte, die nachweislich auf einem tragfähigen fachdidaktischen Konzept beruhen (z. B. BLITZRECHNEN), von jenen (leider immer noch die Mehrheit stellenden) Angeboten unterscheiden können, die von schul-, fach-, und/oder didaktikfernen Herstellern gemäß einer Herstellungspraxis entwickelt wurden, die man in der Branche »*Quick & Dirty*« nennt und die in aller Regel ein klischeegesättigtes Bild von Mathematik und vom Mathematiklernen repräsentiert.

Eine unglückliche Situation wäre also z. B. wie folgt zu beschreiben: Den Kindern steht zur freien und didaktisch nicht gerahmten Auswahl eine irgendwie zusammengekaufte oder -gesammelte Palette von »Lernprogrammen« und Internet-Links zur Verfügung, die sie zufalls- und lustgesteuert benutzen⁸. Diese Praxis würde weder medienpädagogischen noch fachdidaktischen Anforderungen gerecht und nur die Oberfläche eines »individualisierten«, differenzierten Unterrichts vorgaukeln, auch wenn man dem offensichtlich manches Positive abzugewinnen vermag, wie seinerzeit eine Lehrerin in einem Fernsehinterview, das in einem Computerraum aufgenommen wurde, während die Kinder jeweils alleine vor einem PC saßen. Die Lehrerin kontierte die kritische Frage der Journalistin wie folgt (Gedächtnis-Protokoll; GKr): »Die Kinder sind *nie* so

⁸ Erneut: Dies ist keine fragwürdige Situation, die an digitale Medien gebunden wäre. Beim Umgang mit traditionellen Medien wie Arbeitsblättern, Aufgabenkarteien, Lernspielen o. Ä. lässt sich völlig Analoges beobachten.

still, arbeiten *nie* so ausdauernd wie am PC. Und *Mathe* machen sie ja schließlich auch – jeder das, was er braucht. Was also will man mehr?!«

Anregung zur (gemeinsamen) Bearbeitung

Wie stehen Sie zu dieser Einschätzung? Diskutieren Sie das Für und Wider dieser Position, u. a. unter folgenden Leitfragen:

Welche Einstellung verbirgt sich hinter dem 1. Satz? Was spricht hier für/gegen den PC oder für/gegen diesen Unterricht?

Wie charakterisieren und bewerten Sie hier das »Mathemachen«?

Wenden Sie die skizzierte Situation ins Positive: Wie würde sie dann ablaufen und welche fachdidaktischen Konzepte und Postulate kämen dabei zum Tragen?

Zusammenfassend lässt sich zu der in diesem Abschnitt angesprochenen Erwartung an digitale Medien festhalten: In der fachdidaktischen Diskussion ist die Frage nach Möglichkeiten einer sachgerechten Differenzierung sehr virulent. In der (allgemein-)pädagogischen Literatur sowie in der Unterrichtspraxis dominieren aber derzeit nach wie vor die gleichen methodischen Empfehlungen wie vor 30 Jahren. Diese traditionellen Formen der Differenzierung sind notwendig, aber in mehrerlei Hinsicht nicht hinreichend (vgl. z. B. Krauthausen/Scherer 2010 u. 2010a). Daher kann das »Problem« der Differenzierung selbst im alltäglichen, immerhin von professionell ausgebildeten Lehrpersonen erteilten Mathematikunterricht noch keineswegs als zufriedenstellend gelöst gelten.

Die Hoffnung, dass digitale Medien hier den entscheidenden Beitrag bringen würden, ist wohl eher naiv als realistisch, denn die digitalen Medien perpetuieren die klassischen Differenzierungsformen nicht nur ungebrochen, sondern konterkarieren weitestgehend gut begründete fachdidaktische Standards des Mathematiklernens, indem sie ihre Schwächen mit angesagten Schlagworten und Etiketten sowie optisch beeindruckenden Oberflächen oder Programm-Features überdecken – seit den 1980er-Jahren und unverändert bis heute.

2.3.2 Öffnung des Unterrichts

Auch im Zuge dieser Hoffnungen sind im real existierenden Unterricht Phänomene zu beobachten, die zwar – erneut bei digitalen wie analogen Medien – zu bunten oder lebendigen Oberflächen führen, die auch den Eindruck »aktiver« Kinder vermitteln, die de facto aber Offenheit mit Beliebigkeit verwechseln, was dann in der Folge leicht zum Ausdünnen bis hin zum Verschwinden des Sachanspruchs führen kann.

Der didaktische Wert von Offenheit kehrt sich aber dann um, wenn sie vorwiegend organisatorisch-methodisch verstanden und realisiert wird. Lerntheiken, Lernbüros, Stationslernen und wie die Dinge alle heißen mögen, realisieren nicht schon als solche offenen Unterricht im Sinne des Konzepts und erst recht kein substanzielles Mathematiklernen. So gibt es durchaus offenen Unterricht mit geschlossener Mathematik (vgl. Steinbring 1999, Wittmann 1996). Die Offenheit muss aber auch und v. a. aus dem Fach, den *Inhalten* kommen. Und selbst dies kann offensichtlich sehr unterschiedlich, ja widersprüchlich verstanden werden:

Peschel (2009), der sich, anders als manche vergleichbare Literatur zum offenen oder geöffneten Unterricht, durchaus auf zeitgemäße mathematikdidaktische Quellen bezieht, gliedert offenen Unterricht in verschiedene Dimensionen (organisatorisch, methodisch, sozial, persönlich) und hat dazu jeweils Stufen der Öffnung formuliert. Eine Dimension stellt auch die *inhaltliche Öffnung* dar, wie sie ja vielfach auch in der Fachdidaktik gefordert wird. Allerdings zeigt sich hier auch, wie unterschiedlich das Verständnis des (vermeintlich gleich) Gemeinten sein kann. Peschel bemisst inhaltliche Offenheit an dem Grad, mit dem die Kinder selbst über ihre Lerninhalte bestimmen können (ebd., S. 80). Die Stufen verlaufen dann von 0 (= keine inhaltliche Öffnung) bis 5 (= weitestgehende inhaltliche Öffnung) und werden wie folgt charakterisiert:

Tabelle 2.1 Offener Unterricht – Dimension ›inhaltliche Öffnung‹ (vgl. Peschel 2009, S. 80)

Stufe	Öffnungsgrad	Merkmale
5	weitestgehend	Primär auf selbstgesteuertem/interessegeleitetem Arbeiten basierender Unterricht
4	schwerpunktmäßig	Inhaltlich offene Vorgaben von Rahmenthemen oder Fachbereichen
3	teils – teils	In Teilbereichen stärkere Öffnung der inhaltlichen Vorgaben zu vorgegebener Form
2	erste Schritte	Kinder können aus festem Arrangement frei auswählen oder sie können Inhalte zu fest vorgegebenen Aufgaben selbst bestimmen
1	ansatzweise	Einzelne inhaltliche Alternativen ohne große Abweichung werden zugelassen
0	nicht vorhanden	Vorgaben von Arbeitsaufgaben/–inhalten durch Lehrer oder Arbeitsmittel

Die Tabelle 2/1 regt zu vielfältigen Fragen an:

Anregung zur (gemeinsamen) Bearbeitung

Diskutieren Sie, bevor Sie weiterlesen, die folgenden Punkte:

- a) Die gewählten Formulierungen des Öffnungsgrades können eine implizierte Wertigkeit suggerieren: Je höher die Stufe, desto ›wertvoller‹, weil offener (gar effektiver, schülerorientierter?) der Unterricht?
- b) Selbstgesteuertes/interessegeleitetes Arbeiten (Stufe 5) wäre zu konkretisieren: Wie? Vermutlich auch zu relativieren: Warum?
- c) Das Kriterium der Offenheit wird markiert durch den Grad der freien Auswahl durch das Kind und den Grad der Vorgaben durch die Lehrperson, die sich gleichsam umgekehrt proportional verhalten und von Stufe zu Stufe aufwärts dem Lernenden stärkeres Gewicht verleihen. Ist ›didaktische Einflussnahme‹ per se schon mit Öffnung von Unterricht nicht vereinbar? Kann die Lehrperson sich beliebig weit zurückziehen oder gar entbehrlich machen?
- d) Wie wäre die Stufe 5, also die ›Hochform‹ des offenen Unterrichts, abzugrenzen von einer zufallsgesteuerten Beliebigkeit? Und ist mit der Beschreibung der Stufe 0 kein offener Unterricht mehr vorstellbar?

Beispiele so genannter substanzieller Lernumgebungen in der mathematikdidaktischen Literatur (z. B. Hengartner et al. 2006; Hirt/Wälti 2009; Scherer/Krauthausen 2010; Ruwisch/Peter-Koop 2003 (Hrsg.); Selter 2004); Walther o. J.; Walther et al. 2007 (Hrsg.); Wittmann/Müller 1990 u. 1992) zeigen, dass die Postulate eines (inhaltlich) geöffneten Unterrichts

- *einerseits* durchaus auf den ›unteren‹ Stufen der Tabelle 2/1 realisierbar sind. Denn ›Vorgaben‹ durch die Lehrperson sind nicht zwangsläufig als Einschränkung negativ zu denken; im Gegenteil: Es kann sich um ein notwendiges Moment handeln, welches in der Mathematikdidaktik fachliche Rahmung genannt wird und als solches etwas gänzlich anderes darstellt als eine Einschränkung der Lernenden. Im Gegenteil: Eine fehlende fachliche Rahmung kann den Lernenden die notwendige Orientierung vorenthalten.
- *andererseits* auf den ›höheren‹ Stufen die notwendige Alternative zur Gefahr der Beliebigkeit bieten: Indem sie *innerhalb* der fachlich und fachdidaktisch wohlüberlegten Rahmung, die nur der Lehrperson möglich ist, den Lernenden wirksame Freiräume ermöglicht – bzgl. des Levels der Bearbeitung, der Bearbeitungswege, der herangezogenen Hilfsmittel, der Darstellungsweisen und in bestimmten Fällen auch der Problemstellungen selbst (vgl. Wittmann/Müller 2004, S. 15; Krauthausen/Scherer 2007, S. 228 f.). Erst unter diesen Voraussetzungen kann eine Öffnung des Unterrichts auch zu einer Vertiefung der inhaltlichen Substanz des Lernens beitragen.

Für Wittmann (1996) ist bei einer Öffnung des Unterrichts die fachliche Rahmung *unabdingbar*. Er hält »eine fachlich begründete genetische Strukturierung des Curriculums über die gesamte Schulzeit für absolut notwendig. Kinder sind ja selbst nicht in der Lage einzuschätzen, welche momentanen Lernerfahrungen für ihr weiteres Lernen bedeutsam sind. Sie brauchen daher fachlich klar bestimmte Lernumgebungen, die mit sicherem Blick für langfristige Lernprozesse arrangiert sind« (ebd., S. 5). Die didaktisch wohlüberlegte Auswahl und auch Aufbereitung geeigneter Lernumgebungen, Aufgaben- oder Problemstellungen ist und bleibt also eine genuine Aufgabe der Lehrerin, die keineswegs trivial ist und nicht umsonst eines akademischen Studiums bedarf. Das kann nicht einfach an die Kinder selbst delegiert werden. Erst recht kann dies wohl kaum einer Software überlassen oder bereits vorimplementiert werden.

Stufe 5 nach Peschel würde auch einer Auflösung des Curriculums nahekommen. Nun mag das für manche sogar gewollt sein, wobei die Motive unterschiedlich sein mögen (bis hin zu der Aussicht, endlich die Ansprüche dieses für viele Lehrkräfte so »sperrigen« Faches Mathematik relativieren, wenn nicht gar ignorieren zu können). Nicht vergessen werden sollte darüber aber auch, dass der Mathematikunterricht den Auftrag hat, den Lernenden ein sachgerechtes Bild der Mathematik (als Wissenschaft) zu vermitteln. Das schließt auch ein, ihre Grenzen zu erfahren. Aber eben auch, die Spezifika des mathematischen Arbeitens kennen zu lernen, ihren potenziellen Beitrag zur allgemeinen Denkerziehung und den typischen Charakter einer Wissenschaft mit einem sehr strukturierten, folgerichtigen Aufbau. Am »Gebäude« der Mathematik als Wissenschaft kann nicht nach Belieben mal hier und mal dort herumgebastelt werden. Ihr fachsystematischer Aufbau ist ein zentrales, konstituierendes Wesensmerkmal dieser Wissenschaft. Das spiegelt sich auch im Bereich des Lernens wider und sollte dort erfahrbar sein und bleiben: Das Curriculum kann nicht nach Belieben auf den Kopf gestellt, Lerninhalte können nicht per Zufallsauswahl, Lust und Laune ausgewählt werden – auch wenn es so aussieht, als »könnten« die Kinder vorausgreifende Inhalte schon. Es ist aber kein Selbstwert, Inhalte zu bearbeiten, die erst Jahre später offiziell thematisiert werden. Damit ist die für Lernprozesse so wichtige Zone der nächsten Entwicklung keineswegs in Frage gestellt. Nicht selten findet eine solche vorgreifende Bearbeitung nämlich vorrangig auf der Fertigkeitsebene statt. »Bearbeiten können« und wirkliches Verstehen, insbesondere eine sachgerechte Einordnung in die übergeordneten Sachstrukturen, gehen dabei keineswegs automatisch Hand in Hand und sind erst recht nicht identisch.

Zusammenfassend ausgedrückt bedeutet dies, dass auf Peschels Stufe 0 durchaus ein fachlich höchst gehaltvoller, tiefgründiger und offener Unterricht vorstellbar ist, ebenso wie eine Ausprägung von Stufe 5 denkbar wäre, die durch eine orientierungs- wie substanzlose Beliebigkeit zu beschreiben wäre. Erneut gilt – auch und vielleicht insbesondere für den Einsatz digitaler Medien – die

Tatsache, dass eine wünschenswerte Form der Öffnung nicht schon durch das Medium gewährleistet wird, sondern sachkundiger, verantwortlicher didaktischer Entscheidungen durch ausgewiesene Experten für das Lehren und Lernen von Mathematik bedarf.

2.3.3 Motivation und spielerisches Lernen

Die Polarisierung der angeblichen Gegensätze von Spielen/Spaß (vgl. Kap. 3.1.2) auf der einen und (insbesondere schulischem) Lernen auf der anderen Seite wird v. a., aber nicht nur im populärwissenschaftlichen Rahmen gepflegt und natürlich auch ausgiebig von Software-Herstellern propagiert, da angeblich erst mit digitalen Medien die Motivation zum Lernen erweckt werden kann. Man findet zusammengewürfelte, pauschale Aussagen und Allgemeinplätze, verkürzt oder aus dem Zusammenhang gerissen wiedergegebene Forschungsergebnisse und kreative Folgerungen daraus, wobei sich die dahinterstehende Werbeintention manchmal kaum versteckt, wie etwa in einem Text, an dem die Firma Nintendo beteiligt war (vgl. kiknet 2010) und in dem natürlich auf den Wert der entsprechenden Spielekonsole hingewiesen wird. In Werbetexten oder der Tagespresse werden auch gerne die üblichen Klischees mit entsprechend anbiederndem Sprachduktus bemüht: Lernen wird als »Pauken« bezeichnet, Lehrkräfte sind »Pauker«, die einen mit »dröger Mathematik« belästigen, erst mit dem Computer wird Lernen endlich »Fun«.

»Walter Benjamin hat diese Tendenz der Didaktik, Lernen als unbewusste Übung durch Spiel, schon 1930 als ein Nicht-ernst-Nehmen von Kindern kritisiert. Die Hinterlist dieser Inszenierung kennzeichnet »... die ungemeine Fragwürdigkeit, die das Kennzeichen unserer Bildung geworden ist« [...]. Der Gegensatz zur Paukschule ist nicht die Spielschule, sondern eine Schule, die Kindern die Mühe abverlangt, über ihre Erfahrungen und ihre Theorien nachzudenken« (Scholz 2001, S. 72). Kinder haben ein Anrecht darauf zu erfahren, wie befriedigend eine Motivation *aus der Sache* sein kann, und dass es nicht nur und immer und sofort der Befriedigung durch extrinsische Belohnungssysteme bedarf, zumal unnötige extrinsische Motivation sogar zum Abbau (noch) vorhandener intrinsischer Motivation führen kann (Lepper et al. 1973)

Natürlich ist die Lebenswelt der Kinder stark von extrinsischer Motivation durchsetzt. Es wäre daher realitätsfremd, im Unterricht ausschließlich auf primäre Motivation zu bestehen. Es ist aber eine Frage der Relationen (vgl. dazu auch Krauthausen 1998c, 36 ff.), d. h., hier hat Schule durchaus auch einen Erziehungsauftrag wahrzunehmen und nicht dem Publikumsgeschmack hinterherzulaufen.

Allzu unterschätzt, auch von manchen Lehrkräften, wird dabei die motivationale Kraft, die die Mathematik als solche auf Grundschulkinder ausüben kann.

Und zwar nicht (nur) dadurch, dass sie geschickt in »kindgemäße« Sachzusammenhänge eingebunden wird (die manchmal die Grenzen zum Kindischen überschreiten). Es bedarf durchaus keiner gewaltigen Inszenierungen (Motivationsakrobatik). Authentischer und ehrlicher ist es da, eine Mathematik darzubieten, die per se Substanz genug enthält, um spannend und fesselnd zu sein: Forschungsaufträge zu substanziellen Aufgabenformaten, z. B. zu Zahlenmauern, Zahlenketten, Rechengittern, Rechendreiecken, Mal-Plus-Häusern etc., also rein *innermathematische* Formate, können nicht nur Kinder nachhaltig fesseln und zu gehaltvoller Auseinandersetzung mit mathematischen Konzepten anregen (vgl. Krauthausen 2009; Krauthausen/Scherer 2010; Scherer 1997a/b/c; Selter 2004; Verboom 2002). Derartige Aufgabenformate sind jedoch in Unterrichtsoftware entweder gar nicht zu finden – Zahlengitter und Rechendreiecke gibt es ja auch im »richtigen Leben« nicht, man kann sich auch nur schwer ein Adventure darum herum vorstellen – oder sie werden in reduktionistischer Weise genutzt, d. h. im Wesentlichen nur in der Grundform, an der üblicherweise die Verfahrensregel des Formats erklärt und gelernt wird. Offene Aufgaben, operative Aufgaben oder gar Forschungsaufträge finden nicht statt; das digitale Aufgabenformat beschränkt sich auf die Rolle des Aufgabenträgers für nach wie vor »graue Päckchen« mit dem primären Ziel, Rechenübungen anzubieten.⁹

Im Zusammenhang mit der Motivationskraft digitaler Medien wird häufig entgegen, dass Kinder genau diese Produkte oder Phänomene so lieben würden, die hier aus fachdidaktischer Sicht kritisiert werden. Dazu ein Gedächtnisprotokoll, aufgeschnappt in der beeindruckend umfangreichen Software-Abteilung einer großstädtischen Buchhandlung:

- Mutter: Guten Tag, ich suche etwas für meinen Sohn, 6. Klasse. Der braucht ein PC-Programm für Algebra.
- Verkäufer: Da kann ich Ihnen dieses empfehlen ... Es enthält alles für den Matheunterricht der 6. Klasse.
- Mutter: Ja, er braucht aber nur Algebra ...
- Verkäufer: [liest von der Umverpackung der Software ab] Hier, sehen Sie: Arithmetik, Algebra, Geometrie, Textaufgaben. Auch Algebra also, alles mit drauf, was man in Klasse 6 braucht.
- Mutter: [irritiert] Ja ... aber er braucht eigentlich nur Algebra, sagt er. Und was ist eigentlich der Unterschied zwischen Arithmetik und Algebra?
- Verkäufer: Also, wenn Sie nur Algebra wollen, dann kann ich Ihnen das noch empfehlen ... [Er wendet sich von der Software-Abteilung ab und greift nebenan ein Buch aus dem Regal.]

⁹ Bewusst anders wurde die Software ZAHLENFORSCHER (Krauthausen 2006a/b/c) konzipiert (vgl. Kap. 4.7.2).

Mutter: Oh nein, vielen Dank, mit einem *Buch* brauche ich ihm nicht zu kommen; es *muss* etwas für den PC sein.

Das Medium ist also hier das Entscheidende, und weil der betreffende Schüler in erster Linie am PC tätig werden will, ist man versucht, das Medium als Einfallstor zur Sache zu benutzen. In ähnlicher Weise haben auch schon Grundschulkinder z. T. sehr klare Vorstellungen, wie die Sache medial aufbereitet sein soll, wenn man sich auf sie einlassen will. Der Neuigkeitseffekt oder der Nimbus des Nicht-Alltäglichen ist dann beim Computer für manche Kinder der Grund, sich »sogar« auf Mathematik einzulassen.

Die Existenz dieses Phänomens soll keineswegs bestritten werden, es ist aber auch nur bedingt ein gutes Argument, so nachvollziehbar es aus Sicht mancher Kinder auch sein mag: Es ist nicht Aufgabe der Schule, das Motivationsgefüge des Kindes, seinen Geschmack und sein Qualitätsgefühl zu verabsolutieren. *Dass* Kinder etwas bevorzugen, muss allein noch kein Grund sein, dies auch ohne Weiteres zu unterstützen. Statt Anbiederung an den Publikumsgeschmack (Gronemeyer 1996) lautet der Auftrag von Erziehung v. a. auch: Erziehung zur *Geschmacksbildung*, Erziehung zu *wünschenswerter* Lernmotivation und zu *wünschenswerteren* Qualitätskriterien anstatt bloße Fast-Food-Mentalität.

Diese Kritik am »Spaß-Argument« besagt keineswegs, dass »gutes« Lernen keinen Spaß machen könne oder sollte, oder sobald etwas Spaß mache, habe es nichts mehr mit »richtigem« Lernen zu tun. Die o. g. und keineswegs singulären Erfahrungen mit substanziellen Aufgabenformaten sprechen eine deutlich andere Sprache. Effektive Lernprozesse zeichnen sich durch ein hohes Maß an Motivation und Freude aus, die allerdings aus der Sache erwachsen und nicht aus ihrer Verpackung. Die Lehrperson kann und sollte diesbezüglich auch ein deutliches Vorbild für die Kinder sein. Spaß als ein unersetzlicher Bestandteil des Lernens ist also notwendig – aber nicht schon hinreichend.

Dass Kinder etwas mit großer Motivation¹⁰ tun, heißt keineswegs schon immer, dass es sie auch geistig beansprucht. Lernfreude kann auch vordergründig sein und darin begründet liegen, dass das Kind sich gezielt einer anforderungsarmen Tätigkeit hingibt, um echten Anforderungen aus dem Weg zu gehen. So kann man Grundschulkinder beobachten, die mit großer Ausdauer und offensichtlicher Freude gleichförmige Aufgabenplantagen *abarbeiten* – auf Arbeitsblättern wie an Computerbildschirmen. Eine gewisse Art von Motivation kann man diesem Tun wohl nicht absprechen, man müsste es aber im fachdidaktischen Sinne wohl eher als Aktionismus und nicht als Aktivität bezeichnen, denn es fehlt ihm sowohl die inhaltliche Substanz wie die fachdidaktische Relevanz, gemessen an dem, was man heute z. B. über produktives Üben und entdeckendes Lernen

¹⁰ Vgl. auch zur Frage intrinsischer und extrinsischer Motivation: Krauthausen/Scherer 2007, S. 215 ff.

weiß (vgl. z. B. Winter 1984a/b u. 1989, Wittmann 1990 u. 1992). Hier gilt für das Lernen mit dem Computer das Gleiche wie für das Lernen mit bunten Hunden und grauen Päckchen: »Die Werbung für »Lernen mit Spaß« klingt nach dem Königsweg zum wissenschaftlichen Erfolg. Doch es gibt weder magische Zutaten noch digitale Fertigterichte fürs schnelle Lernen. Es ist nun einmal nicht leicht« (Stoll 1996, S. 211).

Dieser kleine Exkurs zu Motivationsfragen soll mit einem Zitat von Bruner schließen, dessen Wahrheitsgehalt sich – wie schon in anderen zuvor genannten wie noch folgenden Fällen auch – sowohl für computerfreien Unterricht wie auch bei einem Einsatz digitaler Medien zeigen lässt: »Für kurze Zeit Interesse zu erwecken, heißt nicht dasselbe wie den Grund zu legen für ein lange anhaltendes Interesse im weiteren Sinne. Filme, audiovisuelle Unterrichtshilfen und dergleichen andere Hilfsmittel mögen den naheliegenden Effekt haben, Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen. Auf weite Sicht dürften sie dahin führen, dass Menschen passiv werden und darauf warten, dass sich irgendeine Art von Vorhang auftut, um sie aufzurütteln« (Bruner 1970, S. 80).

2.3.4 Entlastung im Unterricht

Die Unterrichtstätigkeit der Lehrpersonen ist durch eine Vielzahl von Aufgaben gekennzeichnet, angefangen von der Stoffauswahl, -aufbereitung und -bereitstellung im Rahmen der Unterrichtsvorbereitung über diagnostische Tätigkeiten und darauf abgestellte differenzierende Maßnahmen im Unterrichtsverlauf bis hin zu Leistungsfeststellungen und konstruktiven Rückmeldungen an die Lernenden. Auf digitale Medien werden in diesen Bereichen vielfältige Hoffnungen auf Unterstützung projiziert (vgl. die Online-Plattformen in Kap. 4.5).

Das Problem in allen Bereichen ist nicht, dass digitale Medien hier grundsätzlich fehl am Platze wären. Reflektiert und verantwortlich eingesetzt, könnten sie eine Unterstützungsfunktion wahrnehmen. Wichtig wäre es aber, die Grenzen dieser Unterstützung zu kennen und zu wahren. Problematisch wird es dort, wo originäre Verantwortlichkeiten der Lehrperson (z. T. sehr weitreichend bis vollständig) ausgelagert und an die Maschine delegiert werden. Und diese übergebührliche Ausweitung des »Zuständigkeitsbereiches« ist durchaus verführerisch, v. a. weil sie sich auch wieder mit allfälligen Etiketten positiv besetzen lässt.

Stoffauswahl

Rahmenpläne beschreiben, wie der Name schon sagt, einen (u. a.) inhaltlichen Rahmen für die im Mathematikunterricht zu thematisierenden Lerninhalte. Sie tun dies heutzutage weniger akribisch ausdifferenziert als in der Vergangenheit und ermöglichen die Erarbeitung dieser Inhalte in zunehmend offeneren Zeit-

intervallen, z. B. im Laufe von zwei Jahrgangsstufen: Die Zielbeschreibungen werden etwa für das Ende von Klasse 2 bzw. 4 terminiert.

Dies eröffnet für Lernende, aber auch für Lehrende potenziell hilfreiche Freiräume, erfordert von letzteren aber auch eine flexible und überlegte Planung (Stoffverteilungspläne). Die Freiräume der Rahmenpläne müssen also konstruktiv genutzt werden, es gibt keine dezidierten und kleinteiligen Vorgaben mehr. Damit ist die Rolle des jeweils eingeführten Schulbuchs als vermeintliche ›Inhaltsvorgabe‹ insofern gewachsen, als manche Lehrpersonen meinen, ein Jahrgangsbuch müsse auch in dem betreffenden Schuljahr ›geschafft‹, also vollständig abgearbeitet werden.

Auf diese Anforderung haben Schulbuchverlage reagiert, nahezu jeder Lehrerband bietet – natürlich mit Vorschlagscharakter oder als Orientierung – fertige Stoffverteilungspläne an, inkl. der zu einem bestimmten Zeitpunkt einzusetzenden Kopiervorlagen für Arbeitsblätter. Schulbuchverlage berichten aus ihren Marktanalysen immer wieder übereinstimmend, dass »die Praxis zusätzlich mehr Übungsmaterial wolle«, was durch entsprechende erhältliche Zusatzmaterialien (Arbeitsblättersammlungen, Karteikartensysteme, Lernspiele etc.) auch trefflich bedient wird. Ein Schulbuch ohne ›CD zum Buch‹ ist heute kaum mehr denkbar.

Da die ›moderne‹ Grundschulklasse auch mit dem Computer arbeitet, verwundert es nicht, dass der Markt auch mehrere Regalmeter ›Lernsoftware‹ bereithält, sei es für den Unterrichtseinsatz oder für den so genannten Nachmittagsmarkt, also das häusliche Üben. Die Werbung suggeriert dabei gerne, dass eine CD-ROM all das enthalte, was ›gebraucht‹ wird: »Der komplette Stoff der 4. Klasse«, so oder ähnlich lauten die Aufdrucke der Umverpackungen.

Was aber besagt das? Es bedeutet allenfalls eine Art inhaltliche Vollständigkeit – aber gemessen woran? Es besagt noch rein gar nichts über die Qualität, mit der die Inhalte repräsentiert sind, über ihre Auswahl, eine vielleicht gebotene Reihenfolge und v. a. die Organisation der Lernprozesse. Suggestiert wird ein Vorgehen gemäß der ›Abarbeitungsmetapher‹: Wer das komplette Programm erledigt, ›hat‹ den Stoff der Klasse – so die naive Vorstellung. Weder lässt sich Lernen auf eine CD-ROM pressen, noch hilft die eklektizistische Sammlung diverser Einzelprogramme und Computeraktivitäten bei der Förderung wünschenswerten Lernens (produkt- wie v. a. prozessbezogen!).

Die verantwortliche Planung und Organisation der Lernangebote muss *vorab* von den Experten für das Lehren und Lernen, den Lehrpersonen selbst erfolgen, nach spezifischen fachlichen und fachdidaktischen Kriterien und unter Berücksichtigung der pädagogischen Rahmenbedingungen einer ganz konkreten Lerngruppe. Erst im nächsten Schritt kann geprüft werden, ob und welche digitalen Medien dabei an welcher Stelle und in welcher Funktion einen unterstüt-

zenden Beitrag leisten können – erneut kein Spezifikum digitaler Medien, sondern bereits bei jeder Art von Entscheidung über Arbeitsmittel eine traditionelle Praxis und Anforderung. Digitale Medien können also genau wie das Schulbuch oder andere Medien sinnvoll oder kontraproduktiv bzw. entgegen ihrer eigentlichen Intention eingesetzt werden. Das bestimmt nicht das Medium als solches, sondern die Lehrperson mit ihrer fachdidaktischen und methodischen Kompetenz.

Differenzierung

Die Behauptung, dass sich ein Computerprogramm situativ an die individuellen Lernstände und -bedürfnisse der Lernenden anpassen würde, gehört ebenso zum guten Ton, wie sie irreführend ist (vgl. Kap. 2.3.1). Derartige Versprechungen suggerieren, dass eine Software selbstdifferenzierend wirke, und beruhigen damit u. U. das didaktische Gewissen von Lehrerinnen und Lehrern, v. a. wenn sie sich mit den traditionellen Differenzierungspraktiken, die sehr aufwändig werden können, überfordert fühlen.

Erneut besteht die Gefahr, eine originäre Aufgabe und Verantwortung der Profession an ein Medium zu delegieren und darauf zu vertrauen, dass die Maschine es besser könne als die speziell ausgebildete Fachkraft. Und man muss darauf vertrauen, denn nachprüfen kann man es häufig nicht wirklich, da eine Software in aller Regel keinerlei Informationen liefert über die didaktische Struktur des Aufgabenpools, die Praxis der Aufgabenauswahl, die Art und Begründung der beabsichtigten Differenzierung, über sachgerechte Rahmenbedingungen oder Voraussetzungen etc.

Erneut zeigt sich die Parallele zum computerfreien Unterricht, wo ebenfalls oberflächlich modern wirkende Aktivitäten den Eindruck zu suggerieren versuchen, dass hier wünschenswertes differenziertes Lernen vorstattengeht. Das Abarbeiten von Arbeitsblättern, das Abhaken »erledigter« Aufgabenplantagen, die fehlende Kommunikation im Plenum über gemeinsam erlebte Inhalte findet ihre vollständige, wenn nicht gar gesteigerte Entsprechung beim Einsatz digitaler Medien.

Auch in diesem Bereich also kann festgehalten werden: Nicht das Medium sorgt für eine sachgerechte Differenzierung, sondern diesbezügliche Entscheidungen müssen a) vorab und begleitend durch die Lehrperson verantwortlich organisiert werden (didaktische Rahmung statt Orientierungslosigkeit als missverstandene »Freiheit« der Lernenden) und b) in eine notwendige gemeinsame Phase der Integration der Lernprozesse münden. Mit beidem ist das Medium naturgemäß überfordert.

Leistungsmessung und Rückmeldung

Lehrerinnen und Lehrer fordern von so genannten Lernprogrammen immer wieder implementierte Funktionen wie eine Fehleranalyse, eine darauf abgestellte (automatisierte) Zusammenstellung eines Förderprogramms oder einer »Historie-Funktion«, die alle Schritte des Nutzers aufzeichnet, um dann bei der Fehleranalyse behilflich sein zu können.

Damit wird aber weit mehr erwartet, als das Medium tatsächlich leisten kann. Es ist illusorisch (nicht nur technisch; s. u.), dass eine Software – erst recht im natürlich auch erwarteten unteren Preissegment – wirklich in der Lage sein sollte, Fehlerstrategien des Grundschulkindes mit der gebotenen Differenziertheit und Zuverlässigkeit zu diagnostizieren. Wer sich intensiver mit individuellen Denk- und Rechenwegen beschäftigt hat (vgl. Selter/Spiegel 1997), der muss ausgesprochen skeptisch werden gegenüber den diagnostischen Versprechungen solcher Computerprogramme oder Online-Systeme (vgl. Kap. 4.5).

Den formulierten Erwartungen der Lehrkräfte versuchen die marktüblichen Produkte zu entsprechen, aus genannten Gründen aber nicht durch tatsächliche Programmoptionen, sondern durch »simulierte«, die das Erwartete vorgaukeln (man nennt das heute »Fake«) bzw. durch fragwürdigen Begriffsgebrauch das Gewünschte suggerieren. Nehmen wir als Beispiel nur die *Historie-Funktion oder leistungsmessende Features*: Sie bestehen meist in der bloßen Auflistung von Häufigkeiten der Versuche und der erzielten Lösungen. Es werden die Anzahlen der falschen und richtigen Lösungen gegenübergestellt, vielleicht noch als Prozentrang ausgeworfen, manchmal gar eine Note vergeben. Das dahinterstehende Berechnungsmodell bleibt verborgen. In jedem Fall sind die so angebotenen Informationen – eigentlich sind es nur Daten – für eine professionelle Lehrperson keine wirkliche Hilfe bei der Frage, wie nun sinnvoll fortzufahren wäre. Denn in aller Regel handelt es sich nur um (rudimentär) dokumentierte Lernprodukte. Das Interessante oder auch ein Problem liegt aber meist in den Lernprozessen und ist auch meist nur hier verlässlich zu diagnostizieren. Das aber leisten automatisierte Fehlerprotokolle nicht. Auch gibt es keine überzeugende Verbindung zwischen Fehlermuster und sachgerechter Förderkonsequenz.

Dieses Beispiel soll genügen (weitere verbreitete begriffliche Irritationen s. Kap. 3.1.2), um zu verdeutlichen: Betroffen sind spezifische Qualifikationsfelder von Lehrkräften, betreffen also das professionelle Rüstzeug eines sehr anspruchsvollen Berufsalltags, der niemals eindimensional oder rezepthaft zu bewältigen ist. Schon daher scheint Vorsicht vor übertriebenen Hoffnungen und ein genaueres Hinsehen angebracht zu sein.

Da der Computer allgemein als »unbestechlich«, genau und objektiv gilt, wird der Wunsch (die Illusion?) nach einer objektiven Einschätzung, Bewertung und Organisation von Lernprozessen gerne auf die Maschine projiziert, wofür ver-

schiedene Motive denkbar sind. Die Auslagerung dieser Verantwortung kann eine gefühlte Entlastung zur Folge haben (vgl. die Online-Plattformen in Kap. 4.5) und sich zusätzlich durch das Flair eines »modernen« Unterrichts positiv konnotieren lassen – nach innen wie nach außen.

Tatsächlich besteht aber zwischen der enormen Vielfalt ideosynkratischer Verläufe von Lernprozessen und der digitalen Natur des Rechners ein grundsätzliches Spannungsverhältnis. Und so muss man sich fragen, wie realistisch die angedeuteten Hoffnungen tatsächlich sind, zumal im Rahmen von Medien, die für eine Grundschule finanzierbar wären. Die o. g. Unterstützungsbereiche, würde man sie ernsthaft umsetzen wollen, rufen nach hochkomplexen Systemen, die unter dem Begriff der Künstlichen Intelligenz (KI) firmieren.

Dieser hochsubventionierte Forschungsbereich machte seit seiner Entstehung vor über 50 Jahren immer wieder durch Aufsehen erregende Zukunftsversprechungen auf sich aufmerksam. Doch bis heute behauptet niemand, dass ein Computer denken könne. Mit der Frage, was »künstliche Intelligenz« sei, überspringt man allzu leicht die Frage, was menschliche Intelligenz ist. Mit der Frage, was »virtuelle Realität« sei, überspringt man die Frage, was Wirklichkeit ist. Und mit der Frage, was »computergestütztes Lernen« sei, überspringt man die Frage, was das Lernen an sich ausmacht.

In der Forschung wurde immer wieder versucht, z. B. in den späten 1970er Jahren, so genannte Expertensysteme zu entwickeln, die den Korpus des Fachwissens, z. B. von Ärzten oder Geologen abbilden sollten. »Trotz großzügiger Förderung kamen nur Nischenanwendungen heraus, das Versagen führte in den achtziger Jahren zum »KI-Winter«, zu der großen Krise« (Drösser 2006). Potenzial, auch für die Schule, sah man im Einsatz so genannter intelligenter tutorieller Systeme, die, um als »intelligent« zu gelten, die folgenden Eigenschaften haben mussten (vgl. Haussmann/Reiss 1990):

- Es gibt eine Wissenskomponente, in deren Rahmen das Programm argumentieren (?) kann.
- Das System kann mit einem Benutzer in vernünftiger (?) Weise über sein Wissen kommunizieren.
- Kognitive Prozesse des Schülers können angemessen (?) modelliert werden.
- Es sind Lehrstrategien integriert.

Wer sich auch nur ansatzweise mit dem (mathematischen) Denken von Grundschulkindern beschäftigt hat, wird zugeben müssen, dass all dies bis heute nur ausgesprochen rudimentär, in keinem Fall hinreichend weit genug, wenn überhaupt realisiert ist.

Was wir bis heute stattdessen beobachten, sofern es um das Mathematiklernen in der Grundschule geht, ist die fortlaufende »Inszenierung eines »automatisier-

ten« Trichter-Musters« (Krummheuer 1989, S. 176) in entsprechenden »Lernprogrammen: Die zu lernenden Inhalte werden in ihre Klein- und Kleinstbestandteile zerhackt und vom Programmierer in operationalisierte Verzweigungsstrategien implementiert. Dazu muss er, *vorab* wohlgemerkt, »alle möglichen« falschen Antworten (und richtigen, denn oftmals gibt es – bei guten Aufgaben – nicht nur eine richtige) vorwegnehmen, um für jeden Fall Verzweigungen zu weiteren Knoten vorzunehmen (vgl. Cyranek 1990). Die Individualität der Lernenden *kann* nicht berücksichtigt werden, denn die Akte ist prinzipiell schon lange geschlossen, wenn der tatsächliche Lernprozess beginnt. Das Programm passt sich nicht an den Schüler an, sondern den Schüler an das Programm. Für die Betreuung dieses Prozesses ist daher auch nicht wirklich mehr eine Lehrperson vonnöten, höchstens ein »Einhelfer«.

»Aus der Sicht der Systementwicklung mag eine gelungene Simulation eines Trichter-Musters als ein beachtlicher Schritt der künstlichen Intelligenzforschung gelten. Aus der Sicht der Fachdidaktik dagegen erscheint eine solche Simulation eher als die technologische Perpetuierung einer weiterhin verbesserungsdürftigen Unterrichtspraxis« (ebd., S. 105). Aber selbst die KI-Forschung ist inzwischen auf den Boden der Tatsachen zurückgekehrt. Hatte der führende KI-Forscher Moravec für das Jahr 2030 eigenständig denkende Computer vorausgesagt, die ab 2050 den Menschen in jeder wesentlichen Funktion ersetzen können (vgl. stern 1993), so erklärte ein anderer Protagonist dieser Branche, Marvin Minsky, die KI inzwischen für hirntot: »Es gibt keinen Fortschritt in Richtung allgemeine Intelligenz« (zit. in Drösser 2006), und spottet heute über die überhöhten, fast metaphysische Hoffnungen: »Keiner arbeitet an Robotern, die über das nachdenken, was sie tun. Alles läuft auf der Verhaltensebene, die ganze Energie geht in Fußballroboter, und man lernt nicht viel daraus« (ebd.).

Nach wie vor wird aber anscheinend im Lernsoftwarebereich versucht, Eigenschaften eines »guten Lehrers« und eines klischeehaften Unterrichtsverständnisses in Software zu implementieren. Viel näher liegend wäre doch die Simulation eines »guten Lernermodells«. Dass dies aber noch viel komplexer und angesichts des geschilderten Standes der KI-Forschung noch weniger realistisch ist, scheint nicht registriert zu werden. Es scheint v. a. im Klischee der Grundschule als Schule der »Kleinen« begründet zu liegen, für die ein solcher Aufwand als überdimensioniert empfunden wird, warum hier überholte Denk- und Vorgehensweisen überleben, obwohl der lernpsychologische, pädagogische und fachdidaktische Sachverstand inzwischen weit fortgeschritten ist.

Eine Einschätzung vom Beginn der 1990er-Jahre hat auch heute noch Gültigkeit: Dreyfus/Dreyfus (1991) halten den Computer dort für nützlich, wo er für automatisierende Übungen eingesetzt wird, also dort, wo es bewusst um das Erinnern und Einüben von Fakten, Regeln und Prozeduren geht. Aber selbst für den Mathematikunterricht, der damit meist sehr schnell und zu einseitig as-

soziiert wird, stellt dieser Bereich nur einen sehr kleinen Teil des Spektrums und der Ziele dar, die Mathematik ausmachen (z. B. Einspluseins, Einmaleins, schriftliche Algorithmen). »Man sollte jedoch nicht versuchen, irgendwelche höheren Fertigungsstufen vom Computer unterrichten zu lassen, denn die dazu nötigen Fähigkeiten gehen erwiesenermaßen über den Horizont der logischen Maschinen hinaus« (ebd., S. 213). Und sie warnen gleichzeitig vor einer Gefahr, die sich ebenfalls bis heute in Klassenräumen beobachten lässt, sei es im Zusammenhang mit digitalen Lernprogrammen oder mit ihrer papierernen Entsprechung der sprichwörtlichen »bunten Hunde & grauen Päckchen«, die Gefahr nämlich, »dass man die Aufgabenbereiche überstrapaziert, für die sich der Computereinsatz aufgrund der großen Effizienz der Geräte anbietet. Solche Effizienz – die Art, wie Computer unermüdlich und ohne zu beurteilen alles noch so oft wiederholen, wie sie jeweils sofort ein Feedback liefern, verschiedene Probleme für verschiedene Studenten bereithalten, wie sie die Protokolle über die Fortschritte der Schüler immer auf dem neuesten Stand halten und wie sie – zumindest zeitweise – hochgradig motivierend wirken – all das legt nahe, jene Teile des Lehrplans auszudehnen, in denen Drill und praktische Übungen angemessen sind. Unter diesem Druck könnte Mathematik leicht zu Addition und Subtraktion degenerieren« (ebd., S. 183).

2.4 Lehren, Lernen, Üben von Mathematik

2.4.1 Fachdidaktische Expertise nicht relevant?

Wenn digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule sinnvoll und didaktisch vertretbar eingesetzt werden sollen, dann ist es naheliegenderweise unerlässlich, sich zuvor Klarheit darüber zu verschaffen, welche Rahmenbedingungen, Konzepte, Postulate und Ziele »den Mathematikunterricht« charakterisieren. Diese Aussage klingt wie eine Binsenweisheit, die keiner besonderen Erwähnung bedarf. Leider aber ist das nicht so, wie zahlreiche Indizien immer wieder bestätigen.

Denn immer wieder muss aus *mathematikdidaktischer* Sicht, die in diesem Band ja insbesondere im Fokus steht, konstatiert werden, dass Vorschläge zum Einsatz digitaler Medien, selbst so genannte *Best-Practice*-Beispiele, nicht selten die grundlegendsten und elementaren Postulate eines zeitgemäßen Mathematikunterrichts außer Acht lassen oder zumindest nebensächlich handhaben. Die Gründe dafür können vielfältig sein:

Manchen Protagonisten, Produzenten, Nutzern oder Bewertern digitaler Medien sind (aktuelle) Gütekriterien für zeitgemäßes Mathematiklernen und -lehren

schlicht nicht bekannt – z. B. weil sie selbst gar nicht aus dem pädagogischen oder schulischen Bereich kommen. Die Bandbreite reicht von Personen aus dem Bereich der Informatik über Fachjournalismus (wobei »Fach« meint: Medien im Allgemeinen, publiziert in Elternzeitschriften, Zeitgeist-Illustrierten, Ratgebersparten der Print- und Fernsehmedien etc.) bis hin zu völlig bereichsfernen Sparten. Dadurch wird suggeriert: »Lernsoftware« kann jeder entwickeln, der die vier Grundrechenarten beherrscht.

Wenn 37 Grund- und Hauptschüler unter Anleitung ihres Lehrers eine Mathe-Software zum Einsatz in den Klassen 1–10 (aller Schularten!) entwickeln, dann sind dahinter durchaus legitime unterrichtsrelevante Zielsetzungen des Vorhabens denkbar. Diese wären aber auf einer anderen Ebene zu vermuten als bei dem Anspruch, eine professionelle Software für Anwender zu entwickeln. Ansonsten wäre doch der Anspruch an die Entwicklung von Arbeitsmitteln drastisch unterschätzt, erst recht, wenn »optimale Differenzierung« und eine Förderung sowohl schwacher als auch hochbegabter Schüler versprochen wird (Haaf 2010). Niemand (im engeren Sinne) Fachfremdes würde je auf die Idee kommen, ein DGS-Tool zu entwickeln (Dynamische Geometrie-Software wie bspw. GEOGEBRA, CINDERELLA, EUKLID, DYNAGEO, CABRI GÉOMÈTRE oder THE GEOMETER'S SKETCHPAD). Der Anspruch des Unterfangens wird also offensichtlich allein festgemacht am gefühlten Schwierigkeitsgrad des Inhalts (ihn selbst zu »können«, reicht aus), wobei der, sofern es sich um Grundschulinhalt handelt, als solcher zusätzlich noch allzu leicht unterschätzt wird, was seine fachdidaktischen Implikationen betrifft (vgl. das Beispiel in 3.2.2).

Das gesellschaftliche Image der Grundschule, speziell die Klischees des (angeblich) dort stattfindenden Mathematikunterrichts, ist wesentlich mit dafür verantwortlich, dass hier die sachlich an sich gebotenen Störgefühle oder Hemmungen kaum auftreten. Dass es zudem das Medium als solches und nicht etwa die inhaltliche Expertise ist, was zu solchen Produkten führt, ist auch an Folgendem ersichtlich: Legt man die erwähnte Motivation und (Pseudo-)Expertise zugrunde, dann ließe sich – und das mit weitaus weniger Aufwand – Ähnliches auch im Printbereich entwickeln. Warum also findet man z. B. keine (ähnlich ernst, also gezielt für den Unterrichtseinsatz gemeinten) *Arbeitshefte* für den Mathematikunterricht der Grundschule aus Autorenkreisen wie den genannten? Nähert man sich der (fließenden) Grenze zum so genannten »Nachmittagsmarkt« (Stichwort *Edutainment*), dann kann man solches allerdings finden – analog wie digital.

Eine zweite Gruppe von (Mit-)Entwicklern oder Förderern von »Lern- oder Übungssoftware« ist dem Unterrichten berufsbedingt näher: Personenkreise aus der Schulaufsicht, aus dem Bereich Lehreraus- und -fortbildung sowie praktizierende Grundschullehrkräfte oder Fachmathematiker. Auch ein in der Grundschule tätiger Ehepartner wurde schon als (ernst gemeinter) Nachweis

von Expertise genannt. Wie immer gilt es hier Pauschalurteile zu vermeiden. Trotzdem gibt es auffallend viele Beispiele, bei denen man den Eindruck gewinnen (und belegen) kann, dass hier vermutlich anderes im Vordergrund stand als eine vertiefte Vertrautheit mit dem aktuellen Erkenntnisstand der fachdidaktischen Forschung. Legt man diesen nämlich zugrunde, dann wirken manche Vorschläge doch sehr schnell als Gegenbeispiele denn als *Best-Practice* (z. B. Bauchinger 2000; Hoanzel 2000; Winter 2000). Im günstigen Fall würde man argumentieren müssen, dass hier andere (mediendidaktische, technik-orientierte, ...) Intentionen vorrangiger waren und der fachdidaktische Sinngehalt ausdrücklich hintangestellt werden sollte.

Das mögen zulässige Motive sein, man sollte sie aber nicht mit falschen bzw. eindeutig zu weit reichenden und damit in die Irre führenden Versprechungen schmücken. Auch die Tatsache, dass Grundschullehrkräfte eine Software (mit-) entwickelt haben, ist keine selbstverständliche Qualitätsgarantie, denn die hier erforderlichen Qualifikationen hat man nicht schon qua Amt oder (allein) durch eine möglichst »langjährige Unterrichtserfahrung«. Verlage haben häufig ein verständliches Interesse daran, diesen Personenkreis (und sei es nur als Alibi für »Praxisbezug«) einzubinden. Erneut gilt: Das ist notwendig, aber nicht hinreichend. Ähnliches gilt für Verlagsredaktionen, die zunehmend für solche Entwicklungen als hinreichend erachtet werden (»Das Pflichtenheft schreiben wir in der Redaktion selbst; Sie brauchen nur einen kritischen Blick darauf zu werfen.« – Auskunft eines Verlages bzgl. der »Road Map« einer beabsichtigten Software-Entwicklung). Deutlicher kann man die Bedeutung eines konzeptionellen Entwurfs mittels spezifisch erforderlicher Expertise(n) nicht mehr relativieren bzw. verkennen. Auch wird immer noch unterschätzt, dass die Entwicklung digitaler Medien auch andere (eigenständige) Kompetenzen erfordert als bei Printmedien und dass daher ein vorhandenes Printprodukt nicht einfach digital zu »konvertieren«, d. h. auf eine CD-ROM zu übertragen ist. Dass Material- und also auch (und besonders) Software-Entwicklung ein durchaus anspruchsvolles Unterfangen für die fachdidaktische Forschung darstellt (Entwicklungsforschung), gerät oft aus dem Blick.

Bis hierher wurde nur angedeutet, *dass* es an entscheidender Stelle mangelt. Damit ist noch nicht geklärt, in welcher Hinsicht es *konkret* mangelt. Das Feld ist hier naturgemäß so weit wie die Vielfalt der tangierten fachdidaktischen Konzepte und Grundfragen des Mathematikunterrichts. Im Folgenden wird daher exemplarisch vorgegangen anhand ausgewählter, gleichwohl fundamental relevanter Begrifflichkeiten oder Konzepte, die für einen zeitgemäßen Mathematikunterricht nicht erst seit Kurzem und auch nicht nur im lokalen deutsch-

sprachigen Raum als *Standard* gelten¹¹. Die anzusprechenden Aspekte sind in der (inter-)nationalen Literatur (und Praxis) breit abgesichert, so dass sie grundsätzlich bekannt sein dürften. Umso unverständlicher, warum seit mindestens 25 Jahren ihre nachhaltige Berücksichtigung bei Fragen zum Einsatz digitaler Medien anzumehmen bleibt. Beginnen wir mit einem unterrichtsnahen Beispiel.

2.4.2 Ein Beispiel

Es stammt aus einem Elternforum im Internet (Breitbach 2010). Die Diskussion dreht sich um eine Hausaufgabe, die sowohl den betroffenen Erstklässler, insbesondere aber auch seine Mutter nachhaltig beschäftigte. Bei der Aufgabe handelte es sich um eine spezielle Fragestellung zu Rechendreiecken, einem in der Grundschule wohlbekannten Aufgabenformat. Als solches ist es in zahlreichen Schulbüchern der Grundschule vertreten, allerdings meist nur mit einfachen Fragestellungen, bei denen das Üben von Rechenfertigkeiten im Vordergrund steht. Die weitaus umfassenderen Optionen, die das Format prinzipiell böte (offene Aufgaben, operative Variationen, Forschungsaufträge; vgl. Scherer 1997c; Krauthausen/Scherer 2011), werden allzu selten ausgeschöpft – jedenfalls was die explizit im Schulbuch genannten Vorschläge betrifft. Hier ist das Medium – naturgemäß, denn ansonsten würden Schulbücher mehrere 100 Seiten umfassen – auf die fachkompetente Lehrkraft angewiesen, bei der solche exemplarische Fragestellungen zu Rechendreiecken entsprechende Assoziationen wachrufen, so dass weiterführende Optionen in Eigenregie unterrichtlich aufbereitet werden können. Da Rechendreiecke aber zumindest nominell in vielen Schulbüchern und Arbeitsheften als Übungsformat präsent sind, lassen sie sich auch in digitaler Form (Software oder Internet) finden (googlen Sie einmal danach), wobei in aller Regel nur die reduzierten Varianten der Schulbücher digital »gedoppelt« werden. Für unsere Zwecke ist das Beispiel aber gut geeignet, da es analog wie digital existiert und daher daran grundlegende Postulate des Mathematiklernens und -lehrens in beiden »Welten« erläutert werden können.

Anregung zur (gemeinsamen) Bearbeitung

- (a) Diskutieren Sie die kursiv hervorgehobenen Stellen der folgenden Kommunikation.
- (b) Machen Sie sich den mathematischen Hintergrund der strittigen Aufgabe aus Absatz [2] und [4] klar (vorgegeben: 3 Außenfelder, gesucht: 3 Innenfelder). Gilt die berichtete »Formel« aus [8] immer, und

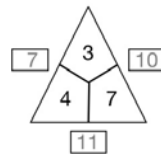
¹¹ Für einen umfassenderen Überblick über die Didaktik des Mathematikunterrichts in der Grundschule vgl. Krauthausen/Scherer 2007.

wenn ja, warum? Können Sie diese ›Formel‹ allgemeingültig begründen/beweisen (z. B. durch Algebraisierung)?

- (c) Welche theoretischen Konzepte (fachliche wie fachdidaktische wie pädagogische) können hier helfen, Praxis aufzuklären?

Naive Mamafrage eines Erstklässlers zu Rechendreiecken ...¹²

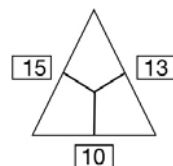
[1] Emily: erstmal vorweg: *Mein Sohn hat keine Probleme in Mathe.* Trotzdem hab ich ihn gestern einen Teil der Aufgaben nicht machen lassen. Sie sollten Rechendreiecke ausfüllen. Diese Dreiecke, die in 3 ›Ecken‹ aufgeteilt sind, von denen man jeweils 2 zusammenzählen muss und außen dann das Ergebnis hinschreibt – 3 Zahlen innen, 3 Ergebnisse außen.



[2] [...] Nun waren da einige Aufgaben dabei, wo innen gar keine Zahlen standen, sondern nur die außen. *Meiner Meinung nach kann man das von einem Erstklässler nicht verlangen* – welche Zahl in welche Ecke des Dreiecks gehört, *kriegt man nämlich nur durch Ausprobieren raus* und das dauert tatsächlich ewig. Ich habs nur bei einer Aufgabe versucht, aber schnell aufgegeben, weil es mir zu blöd war.

[3] *Gibt es da irgendeinen Trick? Oder sollen die Kinder tatsächlich ausprobieren, bis sie die richtigen Zahlen haben?* [...] Es war übrigens auch eine Aufgabe dabei, wo außen drei Einsen standen – *was definitiv gar nicht geht*, selbst wenn man drin irgendwo eine Null schreibt, hat man mindestens an einer Seite draußen eine Zwei stehen.

[4] Heute ist wieder so eine Aufgabe mit dabei – außen stehen die Zahlen 15, 13, 10 – welche Zahlen dann wie innen aufzuteilen sind, sollen die Kinder ausrechnen – und *ich bin eben der Meinung, dass das mit Rechnen gar nicht geht ...* Könnt ihr mir da vielleicht helfen?



[5] Berenike: *ja, das geht nur mit Ausprobieren, das sollten die Lehrer aber auch deutlich sagen ...* wir haben damals auch viel geholfen. [...]

[6] Emily: Angeblich hat sie nichts gesagt ... na ja, ob das jetzt tatsächlich stimmt, weiß ich natürlich nicht. Unser Herr Sohn ist ein Träumer, und weil er *in Mathe normalerweise ganz vorne mit dabei* ist, wäre es immerhin auch möglich, dass er nicht zugehört hat.

¹² Der Originaltext wird hier teilweise gekürzt wiedergegeben, ansonsten aber im Sprachduktus und Rechtschreibung wie im Original belassen. Außerdem wurden um des besseren Verständnisses willen Abbildungen eingefügt. Die Absätze wurden durchnummeriert, um sie bei der Kommentierung gezielter ansprechen zu können.

[7] Mir hat jetzt aber in einem anderen Forum eine Mama *eine Art »Formel«* geschrieben, *die ist klasse*. Vielleicht kannst du sie ja auch nochmal brauchen:

[8] Alle äußeren Zahlen zusammenrechnen (wäre bei 15, 13, 10 = 38). Wenn man die durch 2 teilt, hat man die gesamten inneren Zahlen (= 19). Und von diesen 19 zieht man dann die äußeren Zahlen einzeln ab, so kriegt man die Zahlen, die man dann nur noch passend reinsortieren muss.

$$19 - 15 = 4, \quad 19 - 13 = 6, \quad 19 - 10 = 9$$

[9] Ich hab im Internet eine Übungsseite für solche Aufgaben gefunden, da kommt diese Variante gar nicht mit drin vor ... und durch diese 1er-Aufgabe war ich dann so irritiert, dass ich dachte, dass da vielleicht irgendwas Wichtiges fehlt. Auf dem Übungsblatt wurde bei diesen Aufgaben nämlich Bezug genommen aufs Mathebuch [...].

[10] Nachtrag: Hab grade mit einer anderen Mama telefoniert, die hat ihrem Sohn einen Zettel mitgeschickt, dass bei solchen Dingen doch bitte zukünftig wenigstens eine Erklärung für die Eltern mitgeschickt wird, was in dem Fall vom Kind verlangt wird. Ob es ausprobieren soll bis es draufkommt, kreative Lösungen gefragt sind oder evtl. nur die *Ausdauer und Frustrationstoleranz* getestet werden soll ... ihr Sohn hat sich nämlich nach etlichen Versuchen heulend in sein Zimmer verkrochen. Ich bin also nicht die einzige, die ein Problem mit diesen Aufgaben hat ...

[11] Lina: Da müssen die Kinder wirklich ausprobieren, was passt. Am Anfang bedeutet das etwas Ausdauer, aber da sie sich ja im Zahlenraum von 20 bewegen, sind die Möglichkeiten durchaus begrenzt. Leo hatte eigentlich nur 1x echte Probleme, als er meinte, weil außen nur gerade Zahlen stehen, dürfen innen auch nur gerade Zahlen stehen und dann nicht weiterprobiert hat. Am besten bei einer Zahl anfangen. Wenn man logisch denkt, hat man es schnell raus. Da die Außenzahlen nicht so niedrig sind, fängt man bei der kleinsten an (10) und überlegt, wie sie sich zusammensetzen könnte. Der Rest ist dann Logik.

[12] Die Formel finde ich für die Anwendung durch die Kinder zu kompliziert. Für die Mutter zum Nachprüfen vielleicht durchführbar, aber nicht wirklich für die Kids. Bei diesen Aufgaben gilt: Versuch macht kluch. Und etwas Ausdauer. Wenn die Kinder es gar nicht schaffen, auch mal ohne gemachte Aufgaben in die Schule schicken und der Lehrerin evl einen Zettel schreiben. Dann muss sie es eben nochmal erklären. Das ist schließlich ihr Job und nicht der der Mutter.

So weit die Forumsdiskussion. Sie bietet zahlreiche Ansatzpunkte, um sich einigen Essentials des Mathematiklernens zu nähern. Zunächst soll nun eine Zuordnung der hervorgehobenen Passagen hergestellt werden, und zwar im Hinblick auf einen Unterricht mit und ohne Unterstützung durch digitale Medien. In den folgenden Abschnitten werden dann die entsprechenden fachdidaktischen Konzepte erläutert, auf die die Äußerungen der Mütter verweisen.

Wann ist man »gut in Mathe« und »ganz vorne mit dabei«?

Nach verbreitetem Verständnis [1 u. 6] gehört dazu u. a.: Man versteht schnell, was gezeigt wird, und kann es korrekt wiedergeben; und man produziert zügig und zuverlässig die richtigen Ergebnisse bei allen Rechenanforderungen, gegebenenfalls auch »auf Zeit«. Für die meisten digitalen Rechentrainer ist das ein Muss und Grundlage des Kompetenznachweises am Schluss: Wie viele Aufgaben wurden in welcher Zeit richtig gerechnet? Und Rechnen bedeutet: Eine gegebene Aufgabe sagt eindeutig, was und wie ich vorzugehen habe, hinter das Gleichheitszeichen notiere ich das Ergebnis, meist eine (und nur eine) Zahl.

Kommentar: Mathematiklernen ist weit mehr als die Übernahme und Reproduktion von Gezeigtem. Wer vorrangig so lernt (oder belehrt wird), der bleibt unflexibel (z. B. bezüglich geschickter Rechenstrategien) und ist leicht zu irritieren, wenn gewohnte Aufgabenstellungen nur leicht variiert werden. Dieses Phänomen lässt sich auch bei Erwachsenen noch belegen und »erzeugen«, wenn man mit Studierenden an entsprechenden Aufgaben arbeitet, um die eigene Lernbiografie bewusst zu machen. Die Frage, wann welche Rechenstrategie die »beste« ist, lässt sich kaum formal entscheiden (vgl. Threlfall 2002), und auch für ein Computerprogramm würde eine derart »eingebaute Diagnostik«, wenn überhaupt, wohl nur mit einem enormen Aufwand an künstlicher Intelligenz zu realisieren sein (und dann aber auch nicht für 50–100 Euro am Markt erscheinen).

Die Rahmenpläne erfordern aber ein flexibles und kreatives Vorgehen. Insofern ist die gehäufte Reproduktion richtiger Ergebnisse für Standardaufgaben kein zwingendes Indiz vertiefter Einsicht, sondern kann auch auf unverstandenem Auswendiglernen beruhen. Das verweist auf einen weiteren Aspekt:

Welches Bild von Mathematik liegt vor?

Mathematik ist exakt, jede Aufgabe hat eine und nur eine Lösung. Mathematik ist Ausrechnen (Rechenfertigkeiten) und es gibt immer einen Königsweg; wer gut oder begabt in Mathe ist, der findet ihn schnell, andere selten oder nie. Entweder man kennt die richtige Formel oder nicht. Und wenn man lange genug übt, was oft Auswendiglernen meint, dann kann man Mathe. So weit, so falsch.

Natürlich ist die Mathematik eine exakte Wissenschaft und geradezu ein Paradebeispiel für einen strukturierten, formal widerspruchsfreien Aufbau. Aber sie

ist nicht *nur* das. Auch das Probieren, Explorieren und Austesten von Hypothesen [2] gehört zu dieser Wissenschaft, ebenso wie Ausdauer und Frustrationstoleranz [10] bei der Suche nach einer Lösung. Im Extremfall kann das für einen Mathematiker sogar Jahre dauern, wie man am Fall von Andrew Wiles und dem von ihm gefundenen Beweis von Fermats letztem Satz erleben kann – eine sehr empfehlenswerte Lektüre auch für Nicht-Mathematiker (Singh 1998).

Und eine Lösung kann durchaus auch einmal aus mehreren Teilen bestehen [4] und sich nicht »direkt« ausrechnen lassen. Auch mehrere Lösungen sind – bei entsprechend substanziellen Problemstellungen, um die sich eine Lehrerin bemühen sollte – keine Ausnahme, für viele Schüler aber ungewohnt. Auch das sollten die Lernenden selbst herausfinden. Ein Kollege reagierte einmal auf die Frage eines Studenten, ob es mehr als eine Lösung gäbe, wie folgt: »Falls Sie mindestens zwei gefunden haben, lautet die Antwort: ja.« Er hat damit nicht nur auf humorvolle Art das Problem, wie es sich gehört, zunächst an den Lernenden zurückverwiesen, sondern zugleich auch eine (oder mehrere?) didaktische Botschaft(en) auf der Meta-Ebene geäußert.

Da es zum Auftrag des Mathematikunterrichts gehört, den Lernenden ein adäquates Bild dieses Faches zu vermitteln und zur Relativierung der gängigen Klischees beizutragen, ist der Mutter in Abschnitt [5] zuzustimmen, dass dies nicht nebenbei oder automatisch geschieht, sondern dazu ausdrückliche Signale auf der Meta-Ebene des Lernens erfolgen müssen – z. B. durch die ausdrückliche Wertschätzung und Verstärkung des gewünschten Verhaltens oder durch eine kindgerechte Thematisierung der »Forscher-Metapher«: Dass das Mathematiklernen der Kinder in der Grundschule mit dem Forschen des Mathematikers verglichen werden kann, ist nämlich kein »didaktischer Trick«, sondern beruht auf zahlreichen *tatsächlichen* Parallelen der jeweiligen Aktivitäten und ist daher ernst gemeint.

Eine »Klasse Formeln« zu kennen [7 u. 8], sie auch anwenden zu können, bedeutet noch nicht, dass auch Verstehen beteiligt ist. Zeitgemäßer Mathematikunterricht fordert, dass verstanden wird, warum eine Formel so aussieht, wie sie aussieht, warum sie »funktioniert« und v. a. wie sie zustande kommt, also hergeleitet werden kann. Der Unterricht darf auch durchaus »Tricks« [3] thematisieren, allerdings nicht als undurchschaubaren Zauber, der Verständnis vermeidet oder Rechenanforderungen umgehen oder erleichtern hilft, sondern um den Trick zu entzaubern, hinter seine Kulissen zu schauen, sein Funktionieren und die dahinterstehende Mathematik zu verstehen, ihn zu »entlarven« (vgl. Scherer/Welensiek 2011).

2.4.3 Mathematiklernen als aktiver und sozialer Prozess

Mathematiklernen wird übereinstimmend als aktiver Prozess verstanden. Lernen ist eine individuelle Konstruktion von kognitiven Strukturen, der Aufbau und Erwerb von mehrschichtigen, vernetzten Bedeutungszusammenhängen *durch den Lernenden selbst*. Wissen ist demnach nicht »vermittelbar«. Keine Lehrerin, kein Lehrmittel, nichts kann *determinieren*, dass und wie sich Lernen im Kopf des Individuums ereignet. Mathematik (wie andere Inhalte auch) kann daher streng genommen nicht gelehrt werden. Lerninhalte lassen sich nicht vom Kopf des Senders (der Lehrperson) in die Köpfe der Empfänger (Schülerinnen und Schüler) überführen, wie dies die »Rundfunk-Metapher« nahelegt (vgl. Seeger/Steinbring, Hrsg. 1992), auch dann nicht, wenn man das »Band« mehrfach hintereinander abspielt. Dass sich dieser Irrglaube dennoch in vielen Köpfen hält, ist u. a. dadurch erklärbar, dass an der Oberfläche der *Eindrücke* entstehen kann, dass »Lernen« stattgefunden hat. Der Begriff steht hier bewusst in Anführungszeichen, um damit anzudeuten, dass in solchen Fällen nicht selten eine Verwechslung stattfindet zwischen Lernen und »Draufschaffen«. Ob in der Grundschule oder im Studium, allzu oft wird versucht, die angebotenen Inhalte, ob verstanden oder nicht, auswendig zu lernen bzw. zumindest so lange im Gedächtnis zwischenspeichern, bis sie bei der nächsten anstehenden Lernkontrolle (ob Hausaufgabe oder Klassenarbeit oder Klausur oder Staatsprüfung, macht da keinen grundsätzlichen Unterschied) reproduzieren zu können. Danach, und das wird durch den folgenden Unterricht nicht selten bestätigt und für Schüler zu einer verlässlichen Erfahrung, kann man dies alles getrost vergessen. Für Außenstehende muss ein »gutes« Klassenarbeitsergebnis dann so aussehen, als hätte tatsächlich der Unterricht Früchte getragen. Das kann so sein, muss aber nicht. Zeitgemäßer Mathematikunterricht zielt auf Vernetzung von Lerninhalten, auf wirkliches Verständnis, das auch robust ist gegenüber Variationen der Erscheinungsform von Inhalten. Dies muss explizit im Unterricht deutlich und gefördert werden, da sich diese Querverbindungen der Inhalte nicht von selbst herstellen.

Dass Lernen in diesem Sinne (nur!) als aktiver Aufbauprozess verstanden werden kann, macht die Lehrperson nicht überflüssig. Auf sie kommen, gemessen am traditionellen Lehr-Lern-Verständnis (vgl. Krauthausen 1998c), anspruchsvollere und vielschichtigere Aufgaben zu. Zwar kann die Lehrerin das Lernen ihrer Klasse nicht garantieren, aber sie kann Rahmenbedingungen schaffen, die dem Lernen förderlicher sind als andere. Diese »Organisation von Lernprozessen« meint weit mehr als eine funktionale oder kindgerechte Klasseneinrichtung mit Orten des gemeinsamen Austauschs wie individueller Rückzugsmöglichkeiten. Es meint auch mehr als die methodische Organisation des Unterrichts, z. B. durch Wechsel der Sozialformen. Es meint auch mehr als die Gewährleistung eines förderlichen Miteinander-Umgehens im sozialen Verbund.

Es meint v. a. die *fachliche Rahmung* der Lernprozesse bzw. der Lernumgebungen, die in erster Linie *inhaltlich* gehaltvoll sein müssen, damit die Mathematik *selbst* als interessant und reizvoll erfahren werden kann und nicht erst durch äußere Verpackung interessant *gemacht* werden muss. Die Lehrerin muss also einen hinreichend komplexen und inhaltlich ganzheitlichen Problemkontext auswählen und »rahmen«, innerhalb dessen die Lernenden ihren individuellen Möglichkeiten nach gleichermaßen gefördert und gefordert werden (vgl. Kap. 2.4.6).

Das konstruktivistische Verständnis des Lernens wird manchmal dahingehend missverstanden, dass die Individualität des Lernprozesses zu apodiktisch ausgelegt wird, was zur Abschaffung des sozialen Lernens führen kann (vgl. Bartnitzky 2009; Krauthausen/Scherer 2010a). Das gemeinsame Reflektieren über Zugänge, Bearbeitungswege, Lösungen, Erfahrungen im Rahmen der Beschäftigung mit einer *gemeinsamen* Sache ist in mehrerlei Hinsicht essentiell (Miller 1986 u. 2006). Die Praxis, dass alle an etwas anderem gearbeitet haben – wie man es nicht selten im offenen Unterricht beobachten kann und wie es ebenso die individuelle Beschäftigung mit Lernprogrammen nahelegt – ist dem nicht förderlich.

Gemeinsame Integrations- und Plenumsphasen nach ausgiebigen Aktivitäten (einzeln oder in Kleingruppen) sind ein hervorragendes Gefäß zur Realisierung sozialen Lernens im Sinne eines gemeinsamen Lernens von- und miteinander an der gemeinsamen Sache. Hier lassen sich die individuellen Lernstrategien und -erkenntnisse integrieren. Hier kann tiefer, als das der Einzelne in der Aktivitätsphase vermochte, in die Sache eingedrungen und fachliche Türen aufgestoßen werden.

Soziales Lernen ist auf Inhalte angewiesen. Dazu bedarf es einer sensiblen, kenntnisreichen und professionellen Moderation durch die Lehrperson. Es gehört dies sicherlich zu den anspruchsvollsten Momenten im Unterrichtsverlauf. Von einer digitalen Lernumgebung ist dies im gemeinten Sinne nicht mit vertretbarem Aufwand zu realisieren. Vermutlich ist dies die Stelle, an der digitale Medien am wenigsten sinnvoll nutzbar sind. Das schließt nicht aus, dass mit digitalen Medien erstellte oder bearbeitete Dokumente in dieser Phase hilfreich sein können. Sie stellen dann aber Dokumente dar wie ein bearbeitetes Arbeitsblatt oder ein zuvor vom Lernenden verfasster Text (Forscher-Tagebuch).

Bezogen auf die Forumskommunikation in Kap. 2.4.2 böten die aufgeworfenen Probleme hervorragende Gelegenheiten für eine Plenumsdiskussion und für die angedeutete aktivistische Auffassung vom Lernen: Lässt sich das genannte Beispiel wirklich nicht berechnen? Geht es wirklich nicht mit einer 1 in den Außenfeldern? In Erprobungen dieser Aufgabe haben Grundschüler mehrfach die Aufgabe mittels Bruchzahlen lösbar »gemacht« – geht das, darf man das und warum (nicht), ...? Wie kann man die Lösung auf möglichst geschickte Weise finden? Gibt es nur eine Lösung oder mehrere und warum?

2.4.4 Fachliche Substanz des Mathematiklernens

Die Betonung liegt auf *fachlich* (und meint auch fachdidaktisch), weil dies eine tiefer gehende Expertise voraussetzt als nur den gesunden Menschenverstand, der ja für die Bewältigung der reinen Rechenanforderungen im Grundschulbereich ausreicht. Damit ist dann auch eine entscheidende Stelle markiert, die *eine* Ursache für die überaus schlechte Qualität zahlreicher Software-Produkte oder Nutzungsbeispiele digitaler Medien darstellt. Sie repräsentieren nämlich in aller Regel nur einen sehr schmalen Bereich dessen, was in Lehrplänen sowie den Bildungsstandards für den Mathematikunterricht propagiert und gefordert wird. Diese reduktionistische Tendenz zeigt sich auf mindestens drei Ebenen:

- Programme oder Anwendungen zielen mehrheitlich auf *inhaltliche Kompetenzen* (vgl. KMK 2005a; siehe auch Kap. 2.1 u. 2.2). Und hier wiederum erfolgt eine weitere übergebührlige Einschränkung auf *Rechenfertigkeit* bzw. generell auf die Fertigkeitsebene.
- Die zweite Einschränkung besteht in der Konzentration auf die *Automatisierung* der Rechenfertigkeiten. Geschicktes Rechnen, *Rechenfähigkeiten* kommen kaum so zum Tragen, wie es seitens des Curriculums gefordert ist. Im Prinzip wird nach dem traditionellen Schema F vorgegangen: Beispielaufgabe – Musterlösung – Rechne ebenso! Und dies wird dann an einer Serie gleichförmiger Aufgaben geübt (getrimmt), die i. d. R. durch Zufallsgenerator ausgewählt werden. Dass Mathematik weit mehr ist als Rechnen, bildet sich in den Produkten oder Anwendungen nicht hinreichend ab.
- So gut wie gänzlich unberücksichtigt bleiben zudem die *allgemeinen mathematischen* (prozessbezogenen) Kompetenzen (vgl. ebd.). Da es im Wesentlichen um das Rechnen geht, kann man auch eine zweifellose Stärke des Computers gut nutzen: Er kann sofort die Rückmeldung geben, ob das Ergebnis richtig ist oder nicht. Das funktioniert aber auch nur deshalb, weil das richtige Ergebnis das einzig mögliche ist. Der *Weg* gar zu diesem Ergebnis bleibt uninteressant. Erst recht die Ermunterung zum Vergleich, zur Kommunikation über verschiedene Wege (oder auch Ergebnisse), das Argumentieren, das Darstellen, das Forschen und Problemlösen – prozessbezogene Kompetenzen, wie sie schon als »allgemeine Lernziele« seit 1985 betont wurden und heute als allgemeine mathematische Kompetenzen in den Bildungsstandards (KMK 2005a; siehe auch Kap. 2.1 u. 2.2) fortgeschrieben und besonders betont wurden.

Die Fragen, die sich aus der Forumskommunikation in Kap. 2.4.2 für einen fachlich gehaltvollen Unterricht ergäben, dokumentieren auch, dass das Beherrschen der Grundrechenarten keine hinreichende Ausstattung ist – weder für das Unterrichten in der Grundschule noch für die Produktion digitaler Medien für den Mathematikunterricht:

Nicht jeder Erwachsene wird die auf S. 31 f. zur Bearbeitung empfohlene Aufgabe (b) zum mathematischen Hintergrund erfolgreich bewältigen. Mancher mag ein *Beispiel* gelöst haben, aber die Allgemeingültigkeit der von der Mutter empfohlenen »Formel« zu erkennen oder gar zu beweisen (allgemeingültig, algebraisch), erfordert dann eben eine spezifische Expertise, die zwar mit inhaltlichen Kenntnissen aus der Mittelstufe zu bewältigen ist, meist aber nicht mehr im Erfahrungsbereich von Erwachsenen liegt. Die Algebraisierung solcher Aufgabenformate gehört daher mit gutem Grund auch zum curricularen Inhalt der Lehrerbildung (vgl. KMK 2005b). Auch die Frage, ob außen drei Einsen stehen können, lässt sich je nach Voraussetzungen unterschiedlich beantworten.

Man kann sich die Frage stellen, wie ein Computerprogramm mit derartigen Fragen umgehen sollte. Das wäre höchst relevant für die Entwicklung und Programmierung einer Software zu Rechendreiecken. Erst recht wird es diffizil, wenn man versuchen wollte, die immer wieder geforderte (und von manchen Programmen auch behauptete) Fähigkeit einer Software zu realisieren, in diagnostischer Art und Weise sowie adaptiv individuell am Leistungsstand des einzelnen Lernalters orientiert auf Phänomene sachgerecht zu reagieren, die wir im Rahmen eines Forschungsprojekts mehrfach zu Aufgabenstellungen mit Rechendreiecken erlebt haben:

Verschiedene Grundschulklassen gingen der Frage nach, ob es Rechendreiecke geben könne, bei denen die Außenzahlen alle ungerade wären. Was muss ein Programmentwickler dazu wissen, wenn er diese schöne Forschungsaufgabe in seine Software integrieren möchte? Er könnte den (in der Grundschule offiziellen) Bereich der natürlichen Zahlen festlegen. Er könnte intern auch Bruchzahlen zulassen, was die Eingabe von zweimal 0,5 in benachbarten Innenfeldern erlauben würde. Wie würde das »Hilfemodul« der Software in der folgend beschriebenen, real eingetretenen Situation aus einer 4. Klasse reagieren?

- S1: Also es gibt Rechendreiecke mit drei ungeraden Zahlen draußen. Ich schreibe außen überall eine 1, und innen kommt überall 0,5.
- S2: Ja, aber 0,5 ist doch keine richtige Zahl, keine normale Zahl ...
- S3: Die darf man nicht benutzen.
- S4: Aber es gibt doch Kommazahlen, z. B. ein halber Liter.

Der Lehrer stellte als Impuls die Frage an die Klasse, was denn gerade und ungerade Zahlen seien. Die Schüler benannten die »Definition« einer geraden Zahl so, dass sie durch zwei teilbar sein müsse.

- S5: Aber wenn man sie hier benutzen darf, und S1 hat die 1 durch 2 geteilt, dann ist 1 ja doch eine gerade Zahl, denn sie ist durch 2 teilbar!

Anregung zur (gemeinsamen) Bearbeitung

- (a) Wie stehen Sie zu dieser Definition einer geraden Zahl? Wie würden Sie auf diese Antwort der Kinder reagieren? Wie gehen Sie (fachlich) mit dem Widerspruch um, dass 1 eine gerade Zahl sei?
- (b) Was sind denn ›richtige, normale‹ Zahlen? Wer sagt, ob man welche Zahlen benutzen darf oder nicht?
- (c) Über welche fachlichen wie fachdidaktischen Kenntnisse müsste ein Programmentwickler verfügen, damit das ›Diagnose-‹ oder ›Hilfe-Modul‹¹³ seiner Software bzw. diese auch generell sinnvoll auf solche (und vergleichbare) Situationen reagieren könnte?

Wer die Diskussion, die sich in der besagten Klasse entspann und die tief in den mathematischen Kern eindrang (Zahlbereiche, Paritäten, Lösbarkeiten, Bedingungen, ...), der mag Zweifel haben, ob sich dies in ähnlicher Weise ereignen würde, wenn dieses Kind vor einem Lernprogramm gesessen hätte.

Sicherlich muss man zugestehen, dass die *Diskussion* schließlich nicht durch ein digitales Medium ersetzt werden soll (vgl. 2.4.3), zumindest hat dies noch niemand ernsthaft gefordert, und es gibt auch keine derartigen Versuche, dergleichen in das Medium zu implementieren. Gleichwohl sollte mit diesem kurzen Einblick dafür sensibilisiert werden, welche fachlichen und fachdidaktischen Fragestellungen zwingend bei der Entwicklung der (nicht nur digitalen) Medien/Arbeitsmittel tangiert sind. Der Oberfläche einer *fertigen* Entwicklung wird (und sollte) man solche vielfältig notwendigen Überlegungen nicht mehr ansehen. Finden sie aber nicht statt, so wird sich die Wirkung sehr bald nachweisen lassen, da es zwangsläufig zu Kollisionen mit grundlegenden Postulaten des Mathematiklernens kommen wird. Das macht es übrigens für Fachleute auch so einfach, die zahlreichen fachdidaktischen Mängel an den meisten Produkten aufzudecken. Es handelt sich nämlich meistens nicht um diffizile Fragen, sondern um ganz offensichtliche Verstöße gegen die elementarsten fachdidaktischen Essentials des Mathematiklernens.

2.4.5 Zeitgemäßes Üben

Der deutlich dominierende Anteil digitaler Medien oder Anwendungen im Mathematikunterricht der Grundschule zielt auf das Üben – vermutlich weil sich

¹³ Ein solches Modul wird immer wieder von Lehrkräften gewünscht und ist (daher) auch in zahlreichen Programmen zu finden, wenn auch bei genauerem Hinsehen i. d. R. in recht reduktionistischer Form. Diagnostische Kompetenz, wie sie von Lehrkräften erwartet wird, ist damit nicht vergleichbar.

die klischeehaften, aber überholten Vorstellungen und Praktiken darüber, was das Mathematiklernen und speziell das Üben (erst recht in der Grundschule) ausmacht, als recht »programmier-affin« erweisen. Programmiertes Lernen lässt sich nun einmal recht leicht in Programmerroutinen und Codezeilen abbilden. So wundert die große Anzahl an erhältlichen »Rechentrainern« nicht. Legt man ein reduktionistisches Verständnis sowohl des Lehr-Lern-Konzepts des Mathematikunterrichts (Rundfunk-Metapher, s. o.) wie auch der dort zu thematisierenden Inhalte zugrunde (Fokussierung auf Rechenfertigkeiten, s. o.), dann lässt sich das in folgendem typischem Webmuster vieler Produkte wiederfinden:

Die Software generiert einen Pool gleichartiger Aufgaben, die von einem Zufallsgenerator ausgewählt und in einer »kindgerechten« grafischen Aufmachung präsentiert werden. Jede Aufgabe wird programmintern auf Richtigkeit überprüft und eine irgendwie geartete optische und/oder akustische Rückmeldung an das Kind gegeben. Die Fehler werden gezählt und grafisch oder als Prozentwert (manchmal sogar als Note) ausgewiesen. Zur Belohnung gibt es unterwegs ein Spiel oder eine andere optische Ablenkung (jedenfalls ohne Bezug zum mathematischen Inhalt), und *natürlich* (!) ist ein gutes Programm auch immer in eine Rahmenhandlung eingebunden, die a) austauschbar ist (mit dem Inhalt also nicht originär etwas zu tun hat) und b) nicht selten auch den mathematischen Inhalt überlagert. So mag ein Programm zwar durchaus sinnvolle Teilaufgaben enthalten, diese sind aber nicht direkt auswählbar, weil zuvor unverhältnismäßig lange gleichförmige Rechenprozeduren abzuarbeiten sind, damit man sich in der Rahmenhandlung »Geld« verdient, mit dem man ein »Eselstaxi« mieten kann, das einen dann – irgendwann – zu den tatsächlich interessierenden Aufgaben bringt (Alter et al. 1998).

Sieht man einmal ab von den programmiertechnischen sowie Darstellungsmöglichkeiten moderner Autorensysteme bzw. Displays, dann erkennt man dahinter nach wie vor das Grundprinzip der programmierten Unterweisung (vgl. Krauthausen 1994a) und eines lange überholten Lern- und Übungsverständnisses. Im Rahmen digitaler Medien überlebt es offenbar mit besonderer Beharrlichkeit, auch auf dem Markt der nichtdigitalen Arbeits- und Lernmittel (Kategorie der »bunten Hunde & grauen Päckchen«; vgl. Wittmann 1990). In beiden Fällen verschleiern die Verpackung, die äußere Gestaltung, die vordergründige Motivierung oder ein offenbar wirksames Marketing die Tatsache, dass weder die Sache noch das Kind hinreichend ernst genommen werden.

Wie bei den Zielen und Inhalten (vgl. Kap. 2.4.3) ist bei digitalen Medien oder Anwendungen auch bzgl. des Übungsbegriffs ein ausgesprochen reduktionistisches Verständnis anzutreffen. Weder das Konzept des produktiven Übens als solches (Winter 1984a; Wittmann/Müller 1990 u. 1992; Krauthausen/Scherer 2007) noch speziell die Bandbreite der Übungstypen (Wittmann 1992) werden auch nur annähernd im Angebot digitaler Medien für das Mathematiklernen in

der Grundschule realisiert. Es dominiert das unstrukturierte Üben. Und mangels Struktur erübrigt sich die Frage nach problemstrukturierten, operativ strukturierten oder sachstrukturierten Übungen. Aus gleichem Grund kommen auch weder reflektiertes noch immanentes Üben zum Tragen, da es keine Muster gibt, über die man nachdenken könnte. Bzgl. der Darstellungsform ist das formale Üben sehr verbreitet (Aufgabenplantagen, wenn auch evtl. in optisch aufgelockerterer Form), das gestützte Üben wird allenfalls angedeutet, da eher statische Diagramme überwiegen (zu Chancen der Dynamisierung vgl. Urff 2009a u. 2010; Ladel 2009; Ladel/Kortenkamp 2009 und Kap. 4.7.1).

Die Vernachlässigung derartiger fachdidaktischer Konzepte oder Postulate führt dann verständlicherweise zu entsprechenden Problemen: Wer das operative Prinzip nicht kennt – ob als Hersteller oder als Nutzer eines Arbeitsmittels oder Computerprogramms –, der wird auch schwerlich unterscheiden oder bewerten können, ob das Aufgabenangebot einer konkreten Software dieses zentrale mathematikdidaktische Prinzip konsequent umsetzt oder ob es sich um eine willkürliche und zufallsgesteuerte Aufgabenabfolge handelt. Gleiches gilt für die o. g. Übungstypen. Programme mit diesbezüglichen Mängeln werden dann kaum Störgefühle hervorrufen. Wer das Konzept des produktiven Übens nicht kennt, der wird auch nicht wissen, dass dazu – ab einer bestimmten Stelle im Lernprozess und nur bei einigen Inhaltsbereichen (z. B. Kopfrechnen oder schriftliche Algorithmen) – auch die Automatisierungsphase gehört, wohlgemerkt unter dem konzeptionellen Dach des aktiv entdeckenden Lernens! In Unkenntnis dessen wird dann mit leichter Hand das Kind mit dem Bade ausgeschüttet, selbst von »amtlichen« Bewertungsinstitutionen:

»Lern- und Übeprogramme [...] sind [...] Programme, die dem Lern-Paradigma des operanten Konditionierens oder der Instruktionstheorie entsprechend den Lerner i. d. R. gängeln und seinen Interaktionsradius stark einschränken« (Engel et al. 1998, S. 19). Auch wenn das oft zutreffen mag, sollte man es nicht übergeneralisieren: Das verbreitete Programm BLITZRECHNEN etwa ist ein Übeprogramm, das vorrangig der Automatisierung dient, fußt aber auf einem ausgearbeiteten und aktuellen fachdidaktischen Konzept (welches vor der Entwicklung der Software-Version entwickelt wurde), in dem auch – ab einer bestimmten Stelle – Automatisierungsübungen ihre Berechtigung haben. Dass in der entsprechenden Handreichung sehr deutliche Aussagen zur Positionierung und zum didaktischen Ort des Programmeinsatzes zu lesen sind, schützt aber offensichtlich nicht vor fragwürdigen Einsatzmöglichkeiten, Erwartungen oder Bewertungen (vgl. Krauthausen 2004).

Bezogen auf die Forumskommunikation in Kap. 2.4.2 lässt sich sagen: Die bei den Müttern Aufsehen erregende Aufgabe des Rechendreiecks mit vorgegebenen Außenzahlen ist zwar noch nicht per se ein Garant zeitgemäßer Übungspraxis (weil keine »gute« Aufgabe einen Automatismus für wünschenswerten

Unterricht darstellt; vgl. Kap. 2.4.6), sie enthält aber alle Voraussetzungen für eine substanzielle Lernumgebung und eine zeitgemäße Übungspraxis mit dem Potenzial einer natürlichen Differenzierung (vgl. Krauthausen/Scherer 2006a/b u. 2007 u. 2010). Es ermöglicht offene Aufgaben, problem- und operativ strukturierte Aufgaben sowie gehaltvolle Fragestellungen für Forschungsaufträge und Erkundungen. Erneut kommt es darauf an, was man daraus macht ...

Anregung zur (gemeinsamen) Bearbeitung

- (a) Diskutieren Sie die Frage, warum die digitalen Medienangebote diese Breite und Tiefe vielfach publizierter und erprobter fachdidaktischer Konzepte zum Üben im Mathematikunterricht bis heute noch nicht wirklich widerspiegeln.
- (b) Was macht Ihrer Meinung nach auf der anderen Seite die traditionelle Praxis, die nach wie vor an das Grundparadigma des programmierten Lernens angelehnt ist, so beständig. Vergleichen Sie dazu die entsprechenden Produkte auf dem klassischen Arbeitsmittelmarkt und die digitalen Medien.
- (c) Untersuchen Sie analoge Arbeitsmittel und digitale Medien aus Ihrer eigenen Klasse daraufhin, ob und inwieweit sie dem Konzept des produktiven Übens förderlich sein können. Für welchen Prozentanteil der jeweiligen Medien trifft das zu?

2.4.6 ›Gute Aufgaben‹ und Aufgabenkultur

Wie oben angedeutet, besteht ein überproportional großer Anteil der Lernangebote bei digitalen Medien für den Mathematikunterricht der Grundschule aus gleichförmigen Aufgaben, die vor allem die Rechenfertigkeit betonen und die Nutzer dazu befähigen wollen, diese Aufgaben sicherer und auch schneller korrekt zu beantworten. Im Vordergrund steht die Kopplung des Reizes Aufgabe mit der Reaktion richtige Lösung, also nach wie vor das behavioristische Grundmodell des Lernens. Dass es gerade in den letzten Jahren eine zunehmende Diskussion in der Mathematikdidaktik zum Thema ›gute Aufgaben‹ gibt (z. B. Granzer 2006; Ruwisch/Peter-Koop (Hg.) 2003; Walther o. J.; Winter 2003), spiegelt sich in den Produkten und Anwendungen digitaler Medien für den Mathematikunterricht der Grundschule noch nicht wider – obwohl auch speziell für diesen Bereich darüber nachgedacht wurde (Krauthausen 2003b) und mit dem ZAHLENFORSCHER auch die *prinzipiell* mögliche konkrete Umsetzbarkeit der hohen didaktischen Ansprüche an HiQ-Software (*High Quality*) gezeigt werden konnte (Krauthausen 2006a/b).

Was Gächter (2004) auf die Aufgabenkultur im Sekundar- und Primarbereich bezieht, gilt mindestens in gleicher Weise für die Aufgabenangebote digitaler Medien für die Grundschule:

»Wir sind eine *Aufgaben-Wegwerfgesellschaft*! Muss man länger als 3 Minuten über den Lösungsweg nachdenken, ist die Aufgabe unlösbar. Das Verweilen bei einem Problem, das Nachdenken über verschiedene Lösungswege und das Ausschöpfen der Möglichkeiten scheint zu anstrengend. [...]

Wir sind eine *Aufgaben-Hamstergesellschaft*! Mit Schrecken erinnere ich mich an ein Buch aus den USA mit 5000 Trigonometrie-Aufgaben. Schülerinnen und Schüler haben das Bedürfnis, alle Aufgabentypen vor der Prüfung zu behandeln, damit diese berechenbar wird und sich nichts Unvorhergesehenes ereignet. Im Eilzugstempo eilt man (am liebsten mit Lösungsheft) von Aufgabe zu Aufgabe. [...]

Neuere Lehrbücher offerieren sogenannte »Oasen« oder Einschübe, wo »Mathematik mit Spass« angeboten wird. Ich bin allergisch darauf. Spannende Mathematik reduziert sich nicht auf wenige Seiten. Im Übrigen sind Oasen nur als solche erkennbar, wenn rundherum Wüste ist« (Gächter 2004, S. 185; Hervorhebung GKr).

Bei den eingangs dieses Abschnitts genannten Autorinnen und Autoren lassen sich Kriterien für »gute« Aufgaben finden, die Sie auf eigene konkrete Beispiele bezogen diskutieren können:

Gute und andere Aufgaben

»Eine Aufgabe ist um so wertvoller, je mehr sie nachweislich den engeren oder weiteren Zielen des Mathematikunterrichts direkt oder indirekt dient.« (Winter)

»Gute Aufgaben sind Aufgaben, welche bei Schülern in Verbindung mit grundlegenden mathematischen Begriffen und Verfahren die Entwicklung prozessbezogener Kompetenzen unterstützen.« (Walther)

»Vor diesem Hintergrund vermeiden wir es auch von schlechten Aufgaben zu sprechen. Aufgaben, die im obigen Sinne nicht das Prädikat gut erhalten, können durchaus andere wichtige Ziele, wie z. B. die Routinisierung des Kleinen Einmaleins oder das gezielte Üben anderer Kenntnisse und Fertigkeiten verfolgen. Zur Abgrenzung von guten Aufgaben sprechen wir in diesen Fällen von anderen Aufgaben.« (Walther)

»»gut« ist nicht unbedingt ein Merkmal einer Aufgabe oder eines Problems, sondern vielmehr einer Beziehung von Aufgabenstellung und Problemlösenden; »gut« kann selbst eine banale Ausgangsaufgabe sein, wenn sie im Unterricht zum Fragen, Vermuten, Argumentieren und Weiterdenken anregt.« (Ruwisch)

Was man in Software-Produkten oder Anwendungen digitaler Medien in der Praxis überproportional findet, sind »andere« Aufgaben im o. g. Sinne. Diese haben durchaus ihre Berechtigung – zur rechten Zeit und am rechten didaktischen Ort. Kritisch zu sehen ist ihre überproportionale, dominante Präsenz.

Der Begriff der Aufgaben*kultur* deutet auch an, dass es nicht ausreicht, einen möglichst großen Pool an Aufgaben bereitzustellen, der dann sozusagen selbstwirksam zu gutem Unterricht führen würde. Der Wortbestandteil *Kultur* (vgl. Wahrig-Burfeind 2008) verweist auf eine Ausdrucksform, eine Lebensart, die gelernt werden muss (von Lehrenden wie Lernenden), die sich nicht schon dadurch ad hoc etabliert, dass man die eine oder andere gute Aufgabe in die Lerngruppe gibt. Auch als bloßes Intermezzo wird man dem Potenzial guter Aufgaben nicht gerecht. Sie sollten vielmehr den Alltag des Unterrichts durchdringen und auch in der Wahrnehmung der Kinder »normal« sein. Einer sachgerechten Aufgabenkultur förderlich sind mindestens die folgenden Aspekte:

- Die Aufgaben sind hinreichend komplex, flexibel und variabel.
- Sie sprechen ein breites Spektrum inhaltlicher wie allgemeiner mathematischer Kompetenzen an und ermöglichen deren integrative Förderung.
- Sie haben eine klare fachliche Rahmung (von der Lehrperson vorab didaktisch vorgenommen) und eine reichhaltige mathematische Substanz.
- Sie erfordern eine Haltung, die sich einer verkürzten Übungs- und Erklärungsideologie enthält.
- Sie fordern und fördern Geduld, Ausdauer, Konzentration, Anstrengungsbereitschaft und ein allgemeines Begründungsbedürfnis.
- Sie stellen Zeit, Raum und sachgerechte Hilfen (zur Selbsthilfe) bereit.
- Sie verfolgen keinen (lediglich umgekehrten) Absolutheitsanspruch gegenüber »anderen« Aufgaben.

Mit anderen Worten: »Es wird dann zunehmend deutlicher, dass »gute Aufgaben« auch »gute Lehrerinnen« und »gute Schulverhältnisse« erfordern, wenn sich der Unterricht grundlegend verbessern soll« (Winter 2003, S. 177 f.).

2.5 Neue und alte Medien im Mathematikunterricht

Die Diskussion über den schulischen Einsatz der (immer noch) so genannten »neuen« Medien besteht noch gar nicht so lange. In den 1980er-Jahren wurde sie u. a. beflügelt vom technischen Fortschritt der Geräte, ihrer wachsenden Verbreitung in diversen gesellschaftlichen Bereichen und der zunehmenden »Handhabbarkeit« durch »informationstechnische Laien«, auch was die Verfügbarkeit

von Programmiersprachen oder Tools betrifft, mit denen Hobby-Programmierer seither auch Lernprogramme entwickeln.

Parallel dazu und mit zunächst deutlich größerer Zurückhaltung lief die Diskussion ab, welche in der offiziellen Erlasslage zu neuen Medien in der Grundschule ihren Niederschlag fand. Bis Mitte der 1980er-Jahre war beispielsweise in NRW der Computereinsatz in der Grundschule nicht erlaubt. »Der Einsatz der Neuen Technologien in der Grundschule hat nicht die Bedeutung, die ihm in anderen Schulstufen zukommt. Es gilt jedoch zu prüfen, inwieweit der Computer als Medium im Unterricht hilfreich sein kann. Dem dienen Modellversuche an ausgewählten Grundschulen« (KM 1985b, S. 7).

Für NRW beispielsweise kann das Soester Symposion »Computereinsatz in der Grundschule?« vom März 1989 als der Beginn des offiziellen Nachdenkens und der Öffnung gegenüber (bzw. der Suche nach) didaktisch verantwortbaren Einsatzmöglichkeiten verstanden werden (LSW 1989a). Grundsätzlichere Fragen nach Anspruch und Wirklichkeit wurden gestellt (Herrmann 1989a), die Literaturlage analysiert (Herrmann 1989b), das damalige Angebot an verfügbarer Unterrichtsoftware (LSW 1989b) sowie deren Qualität (Krauthausen 1989) beleuchtet. Bereits 1992 wurde die »Geschichtslosigkeit der Mathematiksoftware für die Primarstufe« moniert, sprich: die Konservierung überholter behavioristischer Prinzipien assoziativer Lerntheorien (Krauthausen 1992 u. 1994). Diese Texte könnten – die Geschichtslosigkeit lässt sich also nach wie vor reklamieren (vgl. Kap. 3.1) – auch zur Zeit der Drucklegung dieses Buches nahezu unverändert publiziert werden.

Ein weiterer Punkt fällt auf: Verständlicherweise kreiste die Diskussion damals zunächst um das Medium als solches, seine Spezifika, um »das Neue« – sei es im Rahmen eher technikzentrierter Perspektiven oder hinsichtlich der Frage nach unterrichtlichem Nutzen, Mehrwert und Einsatzformen, die didaktisch und pädagogisch legitimierbar waren. Letztere waren häufig gekennzeichnet durch das Prinzip: Nun haben wir den Computer, was können wir damit machen? Die reine Verfügbarkeit war der Ausgangspunkt der Überlegungen, nicht ein didaktischer Bedarf. Vielfach wurden veraltete Rechner aus Wirtschaft und Behörden in Form von »Schenkungen« in der Grundschule entsorgt. Für »die Kleinen« seien die Maschinen noch gut genug, wurde in Verkennung der an sich umgekehrten Notwendigkeiten argumentiert. Richtig war das nur, wenn man sich auf schlechte Frage-Antwort-Anwendungen beschränkte. Die Mathematikdidaktik war da aber bereits sehr viel weiter.

Die Diskussion über Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien auf der einen und die fachdidaktische Entwicklung und Diskussion auf der anderen Seite verliefen aber (zu) lange als zwei voneinander recht unabhängige Stränge, auch wenn bereits früh die Hauptmängel der üblichen Grundschulsoftware benannt worden waren:

- »behavioristisches Lern- und Übungsverständnis
- unverhältnismässig hoher Anteil an drill-&-practice
- ungenügender Curriculumbezug
- ungenügendes oder fehlendes didaktisches Begleitmaterial
- programmiertechnische Mängel
- reduktionistisches Begriffsverständnis z. B. bezüglich [...] Übung, Schüleraktivität, Interaktivität, Differenzierung, Motivation, Lernprozessdiagnostik« (Krauthausen 1995c, S. 6).

Aus heutiger Sicht lässt sich sicherlich konstatieren, dass die Anwendungen programmiertechnisch verlässlicher, fehlerfreier und stabiler laufen sowie mit zuvor ungeahnten »Features« aufwarten (wobei noch nichts über deren didaktischen Sinn oder gar Alternativlosigkeit gesagt sein muss). *Alle* anderen genannten Punkte hätten aber bis heute einen prominenten vorderen Platz auch auf einer aktuellen Mängelliste.

Was der Diskussion damals (wie heute?) fehlte, war eine ganzheitlichere Betrachtung, die auch der Tatsache Rechnung trug, dass es beim Lernen (mit oder ohne Computerunterstützung) auch immer um *Inhalte* geht – das, was *Mathematik*lernen ausmacht, wurde und wird entweder gar nicht oder sehr reduktionistisch berücksichtigt – und dass es für das Lernen von Mathematik eine eigenständige Wissenschaft gibt – die Mathematikdidaktik –, deren Erkenntnisstand genutzt werden müsste. Damit sind nicht nur generelle mathematikdidaktische Essentials zum Lernen und Üben und Mathematiktreiben gemeint, sondern auch spezifischere Erkenntnisse über den Einsatz von Medien (gleich welcher Art) beim Mathematiklernen (vgl. Kap. 2.4).

Sowohl die benennbaren unterschiedlichen Funktionen als auch die Gütekriterien *nicht*digitaler Arbeits- und Anschauungsmittel (vgl. zusammenfassend Krauthausen/Scherer 2007, S. 240–263) können z. B. auch Relevanz haben für den Einsatz, auf jeden Fall aber für das Nachdenken über *digitale* Medien.

Anregung zur (gemeinsamen) Bearbeitung

Die unten abgebildete Liste stellt einige wesentliche Gütekriterien zur Beurteilung von (analogen) Arbeitsmitteln und Veranschaulichungen zusammen, die im Mathematikunterricht von Bedeutung sind. Die Liste ist nicht hierarchisiert.

- a) Diskutieren Sie, inwiefern welche dieser Kriterien zur Beurteilung von allgemein üblichen Arbeits- und Anschauungsmitteln ebenso für *digitale* Medien von Bedeutung sind. Welche halten Sie für weniger relevant und warum?
- b) Gibt es Ihrer Meinung nach weitere, hier nicht genannte Gütekriterien, die speziell für digitale Medien relevant werden? Prüfen Sie dazu an-

hand Ihnen bekannter Unterrichtsoftware, inwiefern welche dieser Kriterien in welcher Qualität konkret repräsentiert bzw. berücksichtigt werden.

- - - - -

- » 1. Wird die jeweilige mathematische Grundidee angemessen verkörpert?
2. Wird die Simultanerfassung von Anzahlen bis 5 bzw. die strukturierte (Quasi-simultan-)Erfassung von größeren Anzahlen unterstützt?
3. Ist eine Übersetzung in grafische (auch von Kindern leicht zu zeichnende) Bilder möglich? (Ikonisierung)
4. Wird die Ausbildung von Vorstellungsbildern und das mentale Operieren mit ihnen unterstützt?
5. Wird die Verfestigung des zählenden Rechnens vermieden bzw. die Ablösung vom zählenden und der Übergang zum denkenden Rechnen unterstützt?
6. Werden verschiedene individuelle Bearbeitungs- und Lösungswege zu ein und derselben Aufgabe ermöglicht?
7. Wird die Ausbildung heuristischer Rechenstrategien unterstützt?
8. Wird der kommunikative und argumentative Austausch über verschiedene Lösungswege unterstützt?
9. Ist eine strukturgleiche Fortsetzbarkeit gewährleistet?
10. Ist ein Einsatz in unterschiedlichen Inhaltsbereichen (anstatt nur für sehr begrenzte Unterrichtsinhalte) möglich?
11. Ist ein Einsatz im Rahmen unterschiedlicher Arbeits- und Sozialformen möglich?
12. Ist eine ästhetische Qualität gegeben?
13. Gibt es neben der Variante für die Hand der Kinder auch eine größere Demonstrationsversion?
14. Ist die Handhabbarkeit auch für Kinderhände und ihre Motorik angemessen?
15. Ist eine angemessene Haltbarkeit auch unter Alltagsbedingungen gegeben?
16. Ist die organisatorische Handhabung alltagstauglich (schnell bereitstellen bzw. geordnet wegzuräumen)?
17. Sind ökologische Aspekte angemessen berücksichtigt?
18. Stimmt das Preis-Leistungs-Verhältnis?« (Krauthausen/Scherer 2007, S. 262 f.)

Digitale Medien im Mathematikunterricht der
Grundschule

Krauthausen, G. - Padberg, F. (Hrsg.)

2012, VIII, 296 S. 54 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-8274-2276-7