

1. Einleitung

„Mathematik im Projektunterricht

Ein Tagesworkshop für Mathe-Fachschaften

*Lehren heißt nicht, ein Fass zu füllen,
sondern eine Flamme zu entzünden
Heraklit, um 500 v.Chr.*



Während Mathematiker im Ruf stehen, ihr Fach ähnlich leidenschaftlich zu betreiben wie Musiker oder Sportler und von „Schönheit“ und „Erfüllung“ sprechen, genießt die Mathematik an der Schule eher den Status des Angst-, wenn nicht gar des Hassfaches schlechthin. Lesen Sie mal ein Kinderbuch oder sehen Sie sich einen Spielfilm an, in dem Schulängste thematisiert werden!

Immer ist es die „Mathearbeit“, die droht

*Warum dieser Widerspruch? Warum dieser Graben zwischen der Substanz eines wissenschaftlichen Faches und der schulischen Wirklichkeit? Da an unsere Schule vielerlei – teilweise widersprüchliche – Anforderungen herangetragen werden, gibt es auf diese Fragen weder einfache Antworten noch gibt es einfache Auswege aus den entsprechenden Zielkonflikten. In mathematischen Projektstunden, -tagen oder gar -wochen entstehen aber immer mehr Inseln im modernen schulischen Leben (trotz zunehmenden Evaluationsdrucks), in denen Kinder das **sinnstiftende Erlebnis von „suchen“ und „finden“ – kurz von „Erkenntnis“** – erleben dürfen.*

Mathematik-Fachschaften, die sich hierbei anstecken lassen wollen, die kindgerechte Themen und geeignete Materialien kennen lernen wollen, und Schulleitungen, die bereit sind, ihre Lehrkräfte mit schulstrukturellen Maßnahmen zu unterstützen, will dieser Workshop einen Einstieg bieten.“

Mit diesem Text wirbt der Autor auf der ersten Seite seines Flyers für einen Tagesworkshop an Schulen und damit für einen **Erkenntnisorientierten Mathematikunterricht**. Er ist damit aber auch gleichsam Programm für diese Arbeit. Die Suche nach Antworten auf die im Text formulierten Fragen bewegen den Autor seit dem Abschluss seines wissenschaftlichen Studiums (keines Lehramtstudiums). In nunmehr 20 Jahren Lehrtätigkeit hat er viele Möglichkeiten erprobt, im Unterricht oder außerhalb unterrichtlicher oder gar schulischer Strukturen die eigene Begeisterung für den Wert von Erkenntnis auf seine berufliche Praxis zu übertragen. Nach 10 Jahren Lehrtätigkeit an einer privaten Wirtschafts- und Berufsfachschule sowie als Lehrbeauftragter an einer Hochschule mit vielen Freiheiten, aber äußerst geringen Mitteln sowie der Bürde der fehlenden Lehramtsausbildung, bescherte eine „*Quereinsteiger-Ausbildung*“ nicht nur den Einstieg in die Lehrtätigkeit an einer weiterführenden staatlichen Schule sondern auch eine wertvolle Ausbildungszeit und Reflexion nach 10 Jahren Berufserfahrung.

Aber auch im Kontext der staatlichen Schule waren die Möglichkeiten im Rahmen der gängigen Unterrichtsstruktur begrenzt und so wurden viele Wege außerhalb dieses Rahmens erprobt. Der Autor nutzt mit dieser Arbeit die Chance im inhaltlichen Kontext des Studienmoduls SM0400 eine Bilanz der eigenen Arbeit zu formulieren und zu reflektieren, die eigenen Erfahrungen mit dem Stand der pädagogischen Forschung zu vergleichen sowie Schlüsse daraus zu ziehen. In drei an die Organisationsentwicklung von Schulen gerichtete Hauptforderungen möchte die Arbeit seine Ergebnisse verdichten, damit ein **Erkenntnisorientierter Mathematikunterricht** wachsen kann:

1. *Wirksame* mathematische Lernumgebungen greifen weit über den unterrichtlichen Rahmen hinaus und erfordern schulstrukturelle Maßnahmen.
2. Vor allem in den Sekundarstufen I und II benötigen Lehrkräfte Unterstützung bei der inhaltlichen Gestaltung von Projekttagen.
3. Erkenntnisorientierter Mathematikunterricht und seine Ausprägung in Projekttagen bedürfen der systemischen Wirkungen von Projektpartnerschaften wie sie etwa die schulische Aktionsforschung ermöglicht.

Wenn Mathematikfreizeiten einmal ebenso zum Standardrepertoire unserer Schulen gehören werden, wie Skilager, Theater-, Chor- oder Orchesterfahrten, dann hätte diese Arbeit ihr Ziel erreicht.

2. Hauptteil

Die aktuellen Veränderungsprozesse von Schule und Unterricht - insbesondere des Mathematikunterrichts - laufen schon seit über zwei Jahrzehnten in zwei auseinander weisende Richtungen. Einerseits hat sich als Folge konstruktivistischer Vorstellungen von Lernen die Überzeugung durchgesetzt, dass „guter Mathematikunterricht“ die selbstständige Konstruktion von Einsichten durch die Schüler, sprich Erkenntniserlebnisse, ermöglichen muss. Andererseits wird seit dem Pisaschock das Portfolio externer Ansprüche an den Unterricht immer umfangreicher, die Kleinziele konkreter und das Netz von Evaluationen engmaschiger. Dies muss einem „guten Mathematikunterricht“ nicht per se widersprechen - im Gegenteil -, aber es fordert an entscheidenden Stellen zu einem gewaltigen Spagat heraus und soll als Beispiel dienen, wo die Entwicklung einer neuen Projektkultur die Fachdidaktik verlassen muss. Nach einer Kurzbeschreibung einiger eigener Projekte soll darauf in Teil 2.2 und 2.3 näher eingegangen werden. Das Prinzip der Trennung von Lern- und Leistungssituationen und unterstützende Strukturen sollen schließlich Inseln für Erkenntnislernen schaffen.

2.1 Kurze Darstellung eigener Projekte

Auch wenn Erkenntniserlebnisse natürlich nicht an außerunterrichtliche Strukturen gebunden sind, so konstatieren viele Autoren Merkmale von Lernumgebungen, die sich in solchen außerunterrichtlichen Kontexten leichter abbilden lassen. So spricht Wollring (2007) von Lernumgebungen als „flexiblen großen Aufgaben“, Jacobson & Spiro (1992) und Spiro & Lehng (1990) fordern „Komplexität“ und Vertrautheit mit der „Irregularität des realen Geschehens“. In Klein & Öttinger (2000) nimmt der Selbststeuerungsgedanke des „Entdeckenden Lernens“, die „Selbstevaluation“ sowie die „affektive Beteiligung“ der Lernenden breiten Raum ein. Und auch wenn Reinmann-Rothmeier und Mandl (2001) „realistische Probleme und authentische Situationen“ fordern, wird man in der Summe sich wohl schnell außerhalb eines 45-Minutenrahmens und außerhalb des durch Leistungssituationen und extern gegebene Lernziele eines Curriculums geprägten Pflichtkontextes eines Unterrichtsalltags sehen. Die Lehrplanbezüge und Jahrgangsstufenangaben der folgenden Beispiele beziehen sich auf den Lehrplan der R6 in Bayern. Nähere Beschreibungen der Spiele oder Rätsel findet man unter den verwendeten Bezeichnungen im Internet.

2.1.1 Projektstunden und Projekttag

Mit strategischen Spielen und Rätseln steigt man in der Regel leicht in Probleme ein, mit denen sich die Kinder altersgemäß schnell identifizieren und auch innerhalb einer einzelnen Unterrichtsstunde selbstentdeckend und forschend zu eigenen Ergebnissen und Aha-Erlebnissen gelangen. Die stark skalierbaren und oft benutzten Spiele „*Türme von Hanoi*“ oder „*Eulersche Wege (Haus vom Nikolaus)*“ (Lentner, 2012) seien hier erwähnt sowie die vom Autor für das mobile Mathelabor (MML) der LMU, München umfangreich dokumentierte Lernumgebung „*Würfeln färben*“ (Lentner, 2012) nach einer Idee von Steinlein (2010) oder das Spiel RUMIS (Lentner, 2012). Auch hier können die Kinder der 5. Klasse mit mathematischem Rüstzeug ihres Jahrgangs (Primfaktorzerlegung, Teilbarkeit, Volumenberechnung) in einer einzelnen Stunde auf sehr unterschiedlichem Niveau Probleme lösen, die sich ihnen während des Spiels *in natürlicher Weise* stellen (z. B. „*Kann man alle Spielsteine in einem schönen Würfel oder Quader verbauen?*“). Ohne genauere Beschreibung seien die Rätsel: Bauer-Ziege-Kohlkopf (Graphen, systematisch abzählen, Baumdiagramm, 5. Klasse), das Ziegenproblem (elementare Wahrscheinlichkeit, statistische Untersuchungen, 7. Klasse) oder die Spiele „*Ecken-Verstecken*“ („*Wie lange dauert ein Spiel im Mittel?*“, lineare Gleichungssysteme, 9. Klasse) und „*Mafia*“ („*Wie selten oder alltäglich ist eine auffällige Konstellation wirklich?*“, Baumdiagramm, Prozentrechnen, 7. Klasse).

Interessant aus der Sicht des Schulmanagements ist die (eventuell nur auf den eigenen Kontext beschränkte) Erfahrung, dass diese Projektstunden im eigenen Fachunterricht zu völlig anderem Schülerverhalten führen als in Vertretungsstunden. Die ungewöhnlichen Problemfelder und Fragen bedienen einfach nicht die von der gesamten Schulkultur geprägten Erwartungshaltungen eines Kernfachs mit Abschlussprüfung (einer reinen Mädchenschule). Während in Vertretungsstunden oft weit in die Pause hinein wie wild gerechnet wird, wirken die Themen im eigenen Fachunterricht eher verunsichernd. „*Ist das prüfungsrelevant?*“, „*gehört das zum Lehrplan?*“. Es scheint, als würde die „*Müssens-Kultur*“ der Schule einem unvoreingenommenen Nachgehen der eigenen Neugierde, dem Probieren, dem Fehler-machen und letztlich dem Fehler-bewältigen eher hindernd im Wege stehen!

In der eigenen Klasse kann eine ähnliche Loslösung von vorgeprägten Lernerwartungen durch Projekte entstehen, die *zeitlich außerhalb des Stundenplans* verortet sind

oder gar den *Lernort Schule verlassen*. Anlass kann jedes Projekt sein, das aus zeitlichen oder organisatorischen Gründen einen Stundentausch erfordert (handwerkliche Erstellung eines raumfüllenden Zahlenstrahls mit laminierten Brüchen, Vermessungs- oder Umfrageprojekte).

Bei Ausstellungen (z.B. Münchner Wissenschaftstage) oder Veranstaltungen (MMM = Mitten im Mathe-Monat Mai an der LMU München) ergänzten auch *neue soziale Bezüge* (die Schüler anderer Schulen, die Betreuer und Professoren) die Loslösung vom schulischen Kontext. Viele vom Autor entwickelte Lernumgebungen wurden an der eigenen Schule und an der Veranstaltung MMM der LMU erprobt und werden als Bestandteil des „Mobilen Mathe-Labors“ der LMU im dort gerade entstehenden Schulportal auch für andere Lehrer verfügbar sein.

2.1.2 Mehrtägige Mathematikfreizeiten

Als besondere Erfahrung hat der Autor drei einwöchige Mathematik-Freizeiten auf einer Selbstversorgerhütte in den Bergen gestaltet (eine vierte ist in Planung).

Einige wesentliche Merkmale der Lernumgebung waren:

- Eine ganze Woche außerhalb des Schulbetriebs
- Kleine Schülergruppen (12 bis 17 Kinder), eine leitende Lehrkraft (Autor), zwei bzw. drei Studenten, zwei mitarbeitende Professoren als Tagesgäste.
- Eltern, weitere Lehrkräfte und Prof. Steinlein (LMU) als zuhörende Tagesgäste bei den Projektpräsentationen.
- Sehr einfache Ausstattung (nur Waschräume, keine Duschen), keine Handys und elektronische Medien in unberührter Natur.
- Inhalte: **Mathe-Camp I:**
 - Türme von Hanoi: Schüler erklären den Studenten ihr Vorwissen, bauen mit ihnen einen Spielplan (Sierpinski-Dreieck der Ordnung 6) und drehen einen Film (Lösung des Problems anhand des Rekursionsverfahrens durch Rollenverteilung: Kaiser-König-Edelmann-Bürger-Bauer-Bettelmann)
 - Mit Knoten rechnen (Prof. Dr. Schottenloher, LMU)
 - Würfel färben (Prof. Dr. Steinlein, LMU)

- Inhalte: **Mathe-Camp II:**
 - Programmierung von LEGO-Robotern. Erstellung einer Elementarbewegungsbibliothek und Simulation von Tierbewegungsformen.
- Inhalte: **Mathe-Camp III:**
 - Eine große Forschungsaufgabe (Lentner, 2010) mit abschließender Präsentation der Schülerergebnisse vor ca. 20 Gästen.

Mittlerweile fährt auch eine weitere Kollegin, die im Mathe-Camp II als Tagesgast anwesend war, selbst mit ihrer Klasse drei Tage in ein Schullandheim bzw. in ein Tipi-Dorf um Projektmathematik nach dem Mathe-Camp-Modell umzusetzen.

2.1.3 Schulstrukturelle Maßnahmen

Zwei schulstrukturelle Maßnahmen seien hier noch kurz skizziert:

1. Als MINT-Koordinator der eigenen Schule hat der Autor eine Maßnahme in den 6. Klassen (ein Jahr vor der Wahlpflichtfächerentscheidung in der R6) seiner Schule gestaltet und umgesetzt: Jede halbe 6. Klasse (ca. 15 Schüler) hat immer einen 3-wöchigen Block MINT-Projektunterricht in der 6. und 7. Stunde im Wechsel mit einem Unterrichtsende nach der 5. Stunde. Da ist dann die andere Hälfte der Klasse an der Reihe. Die Inhalte rotieren durch die Fächer Mathematik, Chemie und Physik. Die Blöcke werden von 6 verschiedenen Lehrkräften im spielerisch-forschenden Projektstil gestaltet.
2. Im Schuljahr 2001/2002 gestaltete der Autor mit einer Notebook-Klasse (Jahrgangsstufe 8) der priv. Wirtschaftsschule Dr. Kalscheuer, Rosenheim, die Fächer Wirtschaftsrechnen und EDV in Form eines Werkstattschultages. An diesem Tag hatten die Schüler ausschließlich die beiden Fächer im Verbund, entwickelten kleine Software-Anwendungen zu den Mathematik-Themen und benutzten dabei eine Online-Plattform.

2.1.4 Schulbegleitende Projekte

Über 10 Jahre initiierte der Autor zusammen mit seinem Sohn Freizeit-Treffen und Seminare zu Hochschulthemen der Mathematik für hochbegabte Teilnehmer von Mathematik-Olympiaden (erstmalig 2000). Zweimal fanden die ganzwöchigen Freizeiten

an der LMU in den Ferien statt (Winterschule). Die Eigendynamik der Schüler-Gruppe, die mit zunehmendem Alter die inhaltliche Gestaltung mehr und mehr selbst übernahm war enorm. Mittlerweile sind mehrere der Teilnehmer selbst Professoren.

An der Städtischen Realschule für Mädchen Rosenheim hat der Autor ebenfalls versucht, über Wettbewerbsaufgaben eine freiwillige Beschäftigung mit forschungsaktivierenden Mathematik-Aufgaben neben dem Unterricht zu fördern, allerdings mit sehr geringem Erfolg. Auch die noch anspruchsvolleren Aufgaben der Bundes- und Landeswettbewerbe finden an den Realschulen keinerlei Anklang, obwohl die Wettbewerbe bewusst auch die Realschüler ansprechen (wollen).

2.2 Reflexion - Probleme

In der folgenden Aufstellung seien Aussagen gesammelt, die ausdrücklich der persönlichen Erfahrung des Autors mit den dargestellten Projekten entspringen. Ob sie übertragbar sind, inwieweit sie von der Schulkultur der eigenen Schule - einer reinen Mädchenschule - abhängen, oder wie stark die Persönlichkeit des Autors die Erfahrungen steuert, das lässt sich ohne einen Blick über den Tellerrand noch nicht sagen.

1. Unterrichtsentwicklung ist sehr stark in den Kontext der gesamten Schulentwicklung eingebunden. Die überwiegenden Erfahrungen der Schüler, Eltern und Kollegen prägen ganz massiv die Erwartungshaltung jedem Anderen gegenüber. Es herrschen feste Vorstellungen vor; Vorstellungen vom Stil des Unterrichts, von Hefteinträgen, Leistungserhebungen, von Tafelbildern, von Werten und Verhalten. Jede Abweichung fällt auf und muss sich rechtfertigen. Die Erwartungen sind an Erinnerungslandschaften gebunden, an Orte, wie z. B. Klassenzimmer oder Fachraum oder an kontextdefinierte Begriffe, wie z. B. „lernen“, „denken“, Außerhalb dieser Erinnerungslandschaften ist man von diesen Vorprägungen wesentlich unabhängiger.

Jede Klasse, die der Autor über jeweils zwei Jahre begleitete, machte eine grundlegende Entwicklung durch: Zu Anfang herrschte der Wunsch nach „Kochrezepten“ vor. Die Frage „*Warum*“ irritierte deutlich. „*Sie haben doch studiert. Wenn sie das sagen wird es schon stimmen!*“ Die Lernmotivation erreichte bei Leistungserhebungen ihren Höhepunkt. Hefteinträge im lernbaren „*Merksatz-Stil*“ wurden eingefordert, Dokumentationen von Problemlösungsprozessen waren als lästig, ausschweifig und unübersicht-

lich verpönt. Gegen Ende der gemeinsamen Zeit machte das Verstehen nicht nur Spaß sondern Lücken im eigenen Gedankengebäude wurden als so störend empfunden, dass die Schülerinnen so lange nachfragten, bis sie ihr eigenes Gebäude selbst als vollständig empfanden und mit ihren Fragen teilweise die gedankliche Führung des Unterrichts übernahmen. Dieser wertvolle aber lange Weg bekam allerdings seine wesentlichen Impulse durch die Projekte vor allem durch das einwöchige Mathecamp. In drei Wochenstunden Mathematik (neben 27 Wochenstunden anderer Fächer mit meist divergierenden Methoden) ist die Überzeugungskraft längst nicht von derselben Tragweite und Nachhaltigkeit.

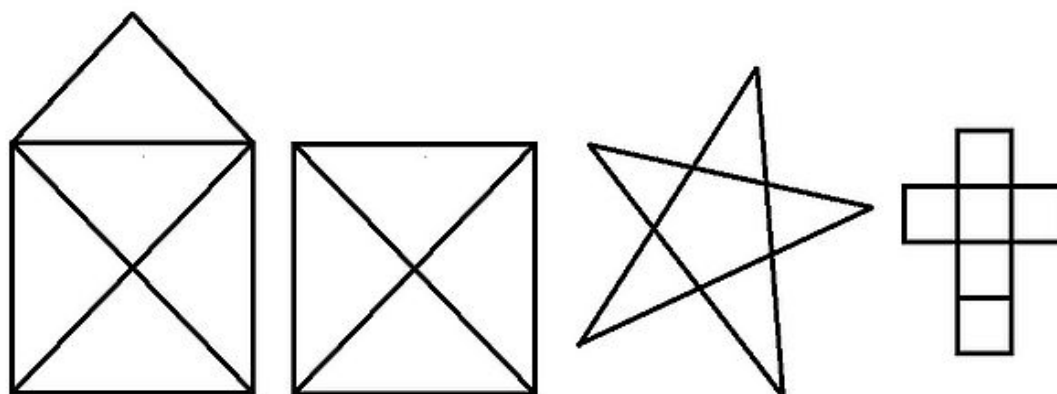
2. Jedes Fach, ja genau genommen jedes Thema, hat seine eigene Erkenntnistheorie. So hat auch die Mathematik fachspezifische Eigenheiten: In kaum einem anderen Fach ist so klar, so objektiv und so schnell vermittelbar, was falsch oder richtig, was gut oder schlecht ist. **Jeder Schüler selbst kann** (meist auch sofort und leicht) **einsehen**, dass etwas falsch oder richtig ist. Dies ist eine *enorme* Erleichterungen im Gegensatz zu Fächern wie Kunst, Sprachen oder Geschichte. Dort kann ein Schüler selbst den Wahrheitsgrad einer Aussage nur schwer oder gar nicht beurteilen. „Wahrheiten“ haben dort oft den Charakter von Vereinbarungen (was z. B. „*sprachlich korrekt*“ ist) oder bergen (zumindest aus Schülersicht) eine sehr große Vagheit (was z. B. „*schön*“ oder stilistisch „*gut*“ oder „*historisch zutreffend*“ ist). Der Schüler ist in diesen Fächern vom Kompetenzvorsprung des Lehreres abhängig (und bleibt dies in der Regel auch nach einer ausführlichen Rückmeldung des Lehrers) und muss Urteile letztlich oft einfach „*glauben*“. Ganz anders in Mathematik: Hat ein Schüler etwas *lückenlos* nachvollzogen und verstanden, so ist er ab da vom Lehrer völlig unabhängig, braucht den Lehrer nicht mehr. Die Energie dieses Erlebnisses „*auf eigenen Füßen zu stehen*“, wenn das letzte Puzzleteil einer Verständniskette gefunden wurde, dies ist die Kernmotivation eines jeden Schülers, der Mathematik gerne betreibt. **Sie freizusetzen ist von unschätzbarem, nachhaltigen Wert.**

3. Die oben beschriebene „*Erkenntnis*“ zu finden, ist aber für Schüler oft sehr schwer, zumal oft negative Vorurteile über die eigene Kompetenz vorherrschen („*Mädchen können das eh nicht*“). Sie geben bei „*ihrer Suche*“ schnell auf, wenn das Erfolgserlebnis nicht schnell kommt. Andererseits ist eine Suche auch schnell langweilig, wenn man die Lösung zu leicht sieht. Diesen schmalen Grad zwischen Aussichtslo-

sigkeit und Langeweile möglichst lange in der Schwebelage zu halten und damit durch spannende Forderungen das Durchhaltevermögen stetig auszudehnen, ist die eigentliche Kunst beim fachlichen und methodischen Design einer Lernumgebung zumal Schülergruppen ja stets erhebliche Heterogenität aufweisen. Je mehr Zeit mit einer Aufgabenlandschaft verbracht werden soll, desto schwieriger wird es, ein vielfältiges, weitläufiges „Anforderungs-Plateau“ zwischen „zu hoch“ und „zu niedrig“ zu designen.

Auch die Grundwissensproblematik spielt hier herein: Lücken und falsche, belastende Vorstellungen reichen teilweise derart weit zurück, dass Erfolgserlebnisse nur mit sehr individueller Zuwendung gesammelt werden können. Erfolgreiche Lernumgebungen schaffen aber auch da erste motivierende Effekte, wenn sie gerade auf mathematisches Vorwissen nicht expliziten Wert legen.

Beispiel: Schüler sind in wenigen Sekunden motiviert, die folgenden Figuren in einem Zug ohne Abzusetzen zu zeichnen. Andererseits lässt sich mit diesen Figuren problemlos ein ganzer Projekttag für Schüler unterschiedlicher Jahrgangsstufen gestalten.



Jede Figur hat bei der entsprechenden Inszenierung eine wichtige Funktion: Sie an die Tafel zu zeichnen, reicht oft schon, weil die erste wohlbekannteste Figur die Aufgabenstellung definiert, ohne ein Wort zu sagen (Anknüpfung an die Vorwissenskultur). Sie alleine wäre aber zu einfach, um eine Spannung aufrecht zu erhalten. Figur 3 und 4 sind aus anderem Kontext ebenfalls bekannt und reizen. Figur 3 ist leicht zu lösen, Figur 4 scheinbar nicht. Die zweite Figur ist auf den ersten Blick einfacher als Figur 1; *ihr fehlt ja nur das Dach*. Dabei ist sie eine historisch bedeutsame harte Nuss („Königsberger Brückenproblem“). Voreiligkeit wird bestraft: Figur 2 ist *unlösbar*, Figur 4 *lösbar*. Wie und warum? Gibt es verschiedene Wege? Wo muss man anfangen? Wie

sieht es bei ganz anderen Figuren aus, bei Straßennetzen, Fluren in Häusern, Leiterplatten, Die Wege für ausgiebiges Forschen sind geebnet!

4. Lernumgebungen, die sich für Projektstage in der Sekundarstufe eignen, sind leider Mangelware. Aufgaben in Büchern sind dem 45-Minutenrhythmus und der Kultur der Leistungstests angepasst. Einen Projekttag oder gar eine Projektwoche mit Aufgaben eines Schulbuches zu gestalten, ist nicht vorstellbar. Angebote der Universitäten (Mathemonat Mai, Bundes- oder Landeswettbewerbe, ...) sind meist nur für überdurchschnittliche Schüler geeignet, erst recht nicht für selbstständiges Arbeiten von Schülergruppen. Hier ist ein großer infrastruktureller Nachholbedarf, weil auch die sehr zahlreichen, schöne Aufgaben der „*neuen Aufgabenkultur*“ (z.B. SINUS-Initiative) in ihrer Kleingliedrigkeit (aus pragmatischen Gründen) die 45-min Einheit bedienen.

5. Im Curriculum der Primarstufe ist der Anteil von Rechentechniken, die als nötige Kulturtechniken gelten, naturgemäß noch sehr hoch. Konsequenterweise konstruktivistische Lernmodelle werden daher in der didaktischen Kultur der Grundschulen (mit Recht) durch „*instruktionale*“, „*sozial-konstruktivistische*“, „*gemäßigt-konstruktivistische*“ oder „*wissensbasiert-konstruktivistische*“ Modelle ersetzt bzw. ergänzt. Da den Grundschulen auch eine wichtige Rolle im Aufbau der Vorwissenskultur für die weiterführenden Schulen zukommt, hat das Erreichen von Ergebnissen im Portfolio festgeschriebener Standards auch berechtigterweise einen hohen Rang. Schriftlich dividieren zu *können*, scheint *an dieser Stelle* wichtiger zu sein als dies auch *zu verstehen*! Bezeichnend ist in diesem Zusammenhang die Verteidigung des „Drehtür“-Modells der Schulleiterin Birgit Gehm-Schmitt im IPN-Rundbrief (2011).

Ganz anders in der Sekundarstufe. Während äußerst spezialisierte Rechentechniken (wie etwa die „*quadratische Ergänzung*“) beinahe keine mittelbare Bedeutung mehr für weitergehende oder gar berufliche Anwendungen haben, gewinnen Prozessqualitäten des forschenden und selbstgesteuerten Lernens (mit zunehmendem Schüleralter) immer mehr an Bedeutung. So ist die quadratische Ergänzung als Kulturtechnik quasi völlig bedeutungslos, sie *nur zu können* absolut sinnlos, ihren Trickreichtum und ihre historische Bedeutung allerdings verstanden zu haben, ein unglaubliches Erlebnis. Doch bei wie vielen Schülern kommt dieses Erlebnis an? In Jahrgangsstufentests wird nur gemessen, wie viele Schüler sie abspulen können. Ihr Bildungswert dagegen ist

auch austauschbar mit anderen Themen, die ähnlich trickreich und mächtig erlebt werden können. Daher ist spätestens mit der Sekundarstufe II die Zeit für einen Vorrang der „*exemplarischen Vertiefung*“ vor der Pflege von „*Standards*“ gekommen sowie für wesentlich radikalere konstruktivistische Lernansätze, als dies in der die Diskussion bestimmenden Grundschuldidaktik der Fall ist. Dies umso mehr, da übermäßige Orientierung an Standards die Gefahr der Verflachung und Übervereinfachung birgt, wie Spiro & Lehng (1990) oder Jacobson & Spiro (1992) es in ihrer „Cognitive Flexibility-Theorie“ formulierten.

Die modernen Bildungsstandards fördern diese Denkweise in hervorragendem Maße, die zunehmend engmaschigere Evaluationskultur wirkt hier dagegen kontraproduktiv, zumindest in einer Schulentwicklung, die sich einseitig auf Testindikatoren stützt.

6. Eine positive Beobachtung an der Rosenheimer Mädchenrealschule sei hier noch erwähnt: Die in 2.1.3.1 beschriebenen MINT-Projekte wurden i.a.R. *nicht durch dieselben Lehrkräfte* gegeben, die in den Klassen auch den Mathematikunterricht gaben. Durch diese Tatsache war die Lehrkraft nicht nur von den in 2.2.1 beschriebenen Vorprägungen im Unterricht befreit und die Stunden wurden also auch von den Schülerinnen nicht als etwa zusätzliche Mathestunde empfunden. Die Lehrkraft fühlte sich auch durch die Abwesendheit von Leistungsmessungen und Jahrgangsstufentests ermutigt, Abschweifungen und Eingehen auf die Schülerinnen in einem Maße zuzulassen, wie sie sich es in der eigenen Klasse nicht zugestanden hätte. Die entsprechend gegenteilige Beobachtung machte der Autor in seiner Zeit an einer privaten Wirtschaftsschule. Dort wurden sehr handlungsorientiert arbeitende Übungsfirmen oft von denselben Lehrkräften betreut, die in der Klasse auch betriebliches Rechnungswesen unterrichteten. Diese Unterrichtszeit wurde dann gerade von als gut geltenden Lehrern bei schwachen Klassen und nahenden Abschlussprüfungen zur „*Prüfungsvorbereitung genutzt*“.

So kann (oder muss) eine Schulkultur vielleicht auch durch die personelle Besetzung die Freiräume für forschendes Lernen vom Missbrauch durch evaluationsbedingten Paukunterricht freihalten.

7. Der Aufwand, gute Lernumgebungsideen bzw. -entwürfe in eigenen Vorhaben umzusetzen, ist enorm. Alle thematischen Ideen, die der Autor nicht selbst entwickelte,

kamen aus dem universitären Umfeld und mussten umfangreich elementarisiert und methodisch vorbereitet werden, um in der Realschule nutzbar zu werden. Umgekehrt wird bei dem Versuch, eigene Projekte zu dokumentieren, schnell klar, dass eine Dokumentation sehr schnell ausschweifig wird, wenn man die wichtigsten Gelingensbedingungen zu Papier bringen will. Welcher Lehrer liest dies dann noch? Der Vergleich der Darstellung 2.2.3 mit der Darstellung der Theorie Eulerscher Wege in der Hochschulliteratur macht die Übersetzungsleistung (ohne inhaltliche Reduktion!) der Lehrkräfte deutlich. An dieser Stelle wäre eine intensive Zusammenarbeit nötig. Publikationen reichen für ein gegenseitiges Verständnis nicht aus, da die wesentlichen Qualitäten einer Lernumgebung Prozessqualitäten sind und sich daher nicht in einer kurzen Idee oder der Darstellung eines Themas erschöpfen lassen. *Die Folge ist (in unserer momentanen Schulkultur) die leider sehr geringe Breitenwirkung von guten Projekten.*

8. Dort wo Prozessqualitäten tatsächlich weitergetragen wurden, waren in der Erfahrung des Autors immer tatsächliche Begegnungen die Knotenpunkte. Nur in Fortbildungen, bei SINUS-Veranstaltungen, im MINT-Schulnetzwerk, bei Veranstaltungen an der LMU, bei mit Kollegen gemeinsam durchgeführten Projekten, auf Kongressen wurde *im Miteinander* das „Wie“ im Gegensatz zum „Was“ erlebbar.

Die Beteiligung von Studentinnen im Mathe-Camp beispielsweise war zunächst aus der Not geboren, weibliche Betreuungspersonen für die reine Mädchegruppe mitnehmen zu können. Die Zusammenarbeit erwies sich dann aber als so fruchtbar, dass die Integration von Studenten mittlerweile zum Standard gehört. Weder an der Universität hatten sie solche Erfahrungen vorher, noch werden sie in der Ausbildungsschule später oder gar in ihrer Berufspraxis noch einmal solche Erfahrungen machen.

Da mathematische Themen der aktuellen Forschung soviel Theoriebasis bergen, dass sich ihre Umsetzung in der Schule gar nicht eignen kann, braucht es unbedingt engagierte Hochschullehrer, die in ihrem Erfahrungsschatz die wenigen elementarisierbaren Bausteine entdecken und an Lehrer weitergeben (Schottenloher 2010 und Steinlein 2010). Im Fall des Autors waren es (eher zufällige) persönliche Kontakte (über den eigenen Sohn), welche die Zusammenarbeit so lange am Leben hielt. Ausrollbar wären solche Erfahrungen nur durch eigens dafür angelegte Projektpartnerschaften.

2.3 Wissenschaftliche Erkenntnisse und Folgerungen für die Schulentwicklung

Die didaktische und fachdidaktische Auffassung in dieser Arbeit folgt im Wesentlichen den Arbeiten von Reinmann-Rothmeier&Mandl (1998 und 2001), Meyer (2004), Kuntze (2006), Wollring (2007) und dem IPN-Rundbrief (2011).

Alle genannten Autoren verwenden den Begriff der Lernumgebung für *Netzwerke flexibler, großer Aufgaben* (Wollring) im Zusammenhang mit ihren organisatorischen und methodischen Kontexten. Die von Kuntze ausgebreiteten Qualitäten von Lernumgebungen (dort als 5 Leitlinien beschrieben) grenzen dabei eindrücklich Lernumgebungen von anderen *Aufgabensammlungen* ab und betonen das nötige Potential für die Entfaltung sinnstiftenden, forschenden und daher erkenntnisorientierten Lernens auf der Basis (dort gemäßiger) konstruktivistischer Positionen. Dort fordert Kuntze:

Leitlinie 1: Situiert und anhand authentischer Probleme lernen

Leitlinie 2: In multiplen Kontexten lernen

Leitlinie 3: Unter multiplen Perspektiven lernen

Leitlinie 4: In einem sozialen Kontext lernen

Leitlinie 5: Mit instruktionaler Unterstützung lernen

Die in Schulbüchern dokumentierten Lernumgebungen suggerieren wohl aus den in 2.2.7 begründeten Schwierigkeiten einen mehr auf die Aufgabeninhalte verengten Begriff. Ebenso verwenden Beschreibungen der reformpädagogischen Richtung den Begriff Lernumgebung (oder die oft synonym benutzte Arbeitsumgebung) als räumlichen oder organisatorischen Rahmen ohne genaueren Bezug auf konkrete Aufgabeninhalte. Letztlich sehen aber Alle „*gute Aufgaben*“ und passende Rahmenbedingungen als nötige Einheit und zielen daher in dieselbe Richtung.

Als Kriterien für „*gute Lernumgebungen*“ mögen ganz allgemein die 10 Kriterien „*guten Unterrichts*“ nach Meyer, die 6 Leitideen einer „Balanced Scorecard“ nach Wollring sowie die bereits angesprochenen 5 Leitlinien von Kuntze dienen aus denen selbstredend noch keine „*gute Umsetzung*“ folgt. Lehrkräfte (der Sekundarstufe), die sich an diesen Kriterien orientieren, stehen dabei zwischen einem äußerst unstrukturierten Angebot an mehr oder weniger ausgearbeiteten Themen und einer schulischen Wirklichkeit, die diesen Kriterien nur sehr unzureichend zu einer wünschenswert

ausgeprägten Umsetzung verhilft. Im Weiteren will sich diese Arbeit nun nicht so sehr in die fachdidaktische Seite des Themas vertiefen als vielmehr die Frage klären, inwieweit geschicktes Schulmanagement die als Konsens angenommene Notwendigkeit einer neuen Projektkultur fördern und evaluieren kann, um damit engagierte Lehrkräfte in ihrer Einzelkämpferrolle ebenso zu entlasten wie für ein breiteres Lehrerpublikum Qualität sicherzustellen? Aus den in 2.2 formulierten Erfahrungen (den positiven sowie den Defiziterfahrungen) sowie den Anforderungen der drei oben angesprochenen Autoren an gute Lernumgebungen werden hier vier plausible Entwicklungslinien für eine Schulentwicklung formuliert, die aus der Sicht des Schulmanagements einer neuen Projektkultur dienen sollen:

1. Mehr Zeit am Stück
2. Mehr Zeit außerhalb des Unterrichtsalltags
3. Mehr Prozessorientierung anstatt Ergebnisorientierung
4. Mehr Zusammenarbeit von Schule und Universität

2.3.1 Mehr Zeit am Stück

Alle in 2.1 angesprochenen Autoren sowie die in 2.2 beschriebenen eigenen Erfahrungen sprechen für mehr Arbeit an „*großen Aufgaben*“ und in größeren ununterbrochenen Zeiteinheiten. Damit stünde aber mathematischer Projektunterricht entweder in einem Spannungsfeld mit entweder einer geringeren Häufigkeit des Unterrichts (bei gleichzeitig größeren Zeiteinheiten) oder einem Konflikt mit anderen Unterrichtszwecken (entweder denen anderer Fächer oder der Freizeit bzw. der selbstständigen Übungszeit der Schüler am Nachmittag).

Ersteres ist schon durch die Problematik des Epochenunterrichts ausgiebig diskutiert worden. Letztlich stehen Vertiefung und Kontinuität des Lernens einander widerstrebend gegenüber, ohne dass einem Wert ohne Weiteres ein Vorrang eingeräumt werden kann. Zweiteres muss in einem Kollegium mühsam ausbalanciert werden. Beide Wege (der zweite mehr als der erste) verlassen deutlich den Handlungsspielraum eines einzelnen Lehrers, tangieren Interessen aller Mitglieder der Schulgemeinschaft und erfordern entschlossene Führung der Schulleitung. „*Sind die Unterrichtsausfälle einer Mathe-Projektwoche gerechtfertigt?*“, „*Bei welchen privaten Terminen am Nachmittag ist die Befreiung einer Schülerin von einer Projektwoche angemessen?*“, Bei wiederholt erfolgreichen Projekten waren die Rahmenbedingungen jeweils so gestaltet,

dass *Allen* das Projekt „*etwas gekostet*“ hat; den Schülerinnen Freizeit (Projekte nur am Vormittag zulasten anderer Fächer bergen immer Probleme), den Eltern Geld, der Schule Unterrichtsausfälle und Vertretungen, der durchführenden Lehrkraft Freizeit und enorme Vorbereitungszeit. Dieses Prinzip des „*Jeder muss dafür etwas geben*“ schafft allerdings in alle Richtungen Erfolgsdruck, damit eine Atmosphäre der gegenseitigen Verbindlichkeit und somit des gegenseitigen Vertrauens und verpflichtet so auf eine natürliche Weise zum Gelingen. Auch die Mitwirkung externer Partner wirkt im Kollegium unausgesprochen wie eine „*informelle externe Evaluation*“ und verhilft so zur Akzeptanz. Veröffentlichungen (der Schule und von Projektpartnern) verhelfen zur Kommunikation übergeordneter Bildungsziele und fördern damit ebenfalls die Akzeptanz. Zu beurteilen, wann die Zeit reif ist, Projekte aus der Initiative von *first mover*n in eine schulstrukturelle Maßnahme überzuführen und sie damit z.B. für eine Jahrgangsstufe einer Ausbildungsrichtung verbindlich in der Schulkultur zu verankern, ist nur schwer allgemein zu diskutieren und verlangt Fingerspitzengefühl der Schulleitungen. Dabei sind in erster Linie allgemeine Akzeptanz und die Ausgereiftheit von Unterstützersystemen für Lehrkräfte zu beurteilen, die entweder nicht voll und ganz mit ihrer Person hinter dem Konzept stehen oder sich noch überfordert fühlen.

Momentan entsteht in einem Schullandheim im Inntal ein spezielles „*MINT-Haus*“, das durch Ausstattung und Personal Raum für solche Projekte bieten will. Im Zusammenwirken von didaktischen Fakultäten der Hochschulen und solchen Initiativen liegen große Chancen, den Bedarf an den angesprochenen Unterstützersystemen zu schließen.

Die angesprochenen Faktoren gelten natürlich prinzipiell auch für Tagesprojekte, wobei selbstredend dabei der Druck der Zielkonflikte wesentlich geringer ausfällt und sie sich daher gut für einen Einstieg eignen. Allerdings ist auch die Wirkung deutlich schwächer als bei einer kompletten Woche abseits der gängigen Schulkultur. Der Wert strategischer Spiele bei der gemeinsamen Abendgestaltung, in denen „*Köpfchen*“ auf einmal als *im „Schönen“ nützlich* erlebt wird, und die persönliche Begegnung mit jungen Menschen, die Mathematik zu ihrem Studium und damit Lebensentwurf gewählt haben, ist in Tagesprojekten nicht nachzubilden.

Eine begeisterte Kollegin des Autors fährt nun zum dritten Mal auf ein 3-tägiges Mathe-Sport-Camp. Sie reduziert zwar damit deutlich den Anteil der Mathematik am Projekt,

nutzt aber dafür sehr weit entwickelte Verbindungen von Denken und Bewegung aus der Kultur der Management-Seminare. (Für einen kleinen Einblick genügen die folgenden Stichwort in youtube.com: *Trainingsspiel „Die Türme von Hanoi“*).

Die in 2.1.3.1 beschriebene MINT-Maßnahme fügt sich dagegen völlig unproblematisch in die Schulkultur, da sie auf Schülerseite nur Schulzeit blockt (im Wechsel mit einem früheren Unterrichtsende), für die MINT-Stunde ein Stunde differenzierter Sport geopfert wurde, für die im ersten Projektjahr ohnehin keine Kollegin verfügbar war (mittlerweile fragt niemand mehr nach) und das Rotationsprinzip für die 6 beteiligten Kollegen eine sehr effiziente Entwicklungschance darstellt, da man einen einmal aufwändig ausgearbeiteten Projektblock mit 6 verschiedenen Schülergruppen hintereinander testen kann. Diese Maßnahme war von Anfang an „schulstrukturell“, d.h. für alle Schüler der 6. Jahrgangsstufe und die eingesetzten Lehrkräfte *verpflichtend* (wenn auch eher begehrt als aufgezwungen) und hatte damit im Kollegium eine höhere Breitenwirkung als das damit vergleichsweise einsame MatheCamp. Durch die Bildung von Kleingruppen in der MINT-Stunde (halbe Klassen) fallen allerdings für den Schulträger pro Klasse eine Lehrerwochenstunde als Zusatzkosten an.

Eine befreundete Schule des MINT-Netzwerkes führte vor 2 Jahren *in allen Fächern und Jahrgangsstufen* Doppelstunden ein, um „*Mehr Zeit am Stück*“ für eine stärker projektorientierte Ausgestaltung des Unterrichts zur Verfügung zu haben. Die nachgewiesenen geringere Lern-Kontinuität musste so *von allen Kollegen von heute auf morgen* durch eine höhere Lern-Intensität und -Nachhaltigkeit in den Doppelstunden gutgemacht werden. Das Kollegium ist mit der Wirkung momentan sehr unzufrieden. Diese Erfahrung zeigt, dass Schulleitungen mit Maßnahmen dort beginnen sollten, wo am meisten Gelingensbedingungen erfüllt sind, an diesen Stellen Erfahrungsentwicklung und -austausch organisieren müssen, und Strukturen erst dann verankern sollten, wenn die Zeit reif ist.

2.3.2 Mehr Zeit außerhalb des Unterrichtsalltags

Als der Autor im Rahmen der einleitenden Sätze seiner gefürchteten Mathematikvorlesungen für Informatikstudenten Literaturempfehlungen weitergab, kam häufig die Frage (noch bevor die eigentliche Vorlesung begann): „*Was davon ist denn prüfungs-*

relevant?“. Welcher Art Ohren und Herzen einem also die folgende Zeit zugewandt waren, war sich unschwer auszumalen.

Leistungsmessung in der Schule ist immer Evaluation des Erfüllungsgrades fremder Erwartungen. Zu glauben, daneben könnten eine unvoreingenommene Öffnung für Selbstveränderung und damit nachhaltige Lern- oder gar Erziehungsprozesse entstehen, zeugt entweder von menschlicher Ignoranz oder Bereitschaft zur menschlichen Dominanz. Auch wenn sich diese (aus der Sicht der Schüler fremden) Erwartungen in Form von Curricula, Zeitvorgaben oder Aufgabenformaten demokratisch legitimieren und daher letztlich Beziehungsverträge darstellen, wirken sie für die Schüler, die an deren Zustandekommen keinen Anteil hatten, oft lernhemmend. Sozialkonstruktivistische Lernvorstellungen mögen daher vor allem in der Primarstufe ihre Berechtigung haben, wirken aber dennoch der Freisetzung der in 2.2.2 beschriebenen Energien entgegen. Auch Sachzwänge, z.B. in einer Lerngemeinschaft für einen gemeinsamen homogenen Grundwissenskanon oder eine ruhige Lernatmosphäre verantwortlich zu sein oder bei Überforderung Hilfe zu integrieren, rechtfertigen wissensbasierte und Instruktion integrierende Varianten konstruktivistischer Lernvorstellungen. Eine überzeugende Lehrerpersönlichkeit wird diese „Sachzwänge“ auch ohne Probleme vermitteln können. Dennoch müssen möglichst große Inseln erhalten bleiben, innerhalb derer Schüler die *sinnstiftende Erfahrung von „suchen“ und „finden“* und damit ihrer *eigenen Erkenntnisfähigkeit* unverstellt erleben dürfen. *Ohne diese Erfahrung werden sie sich auch selbst nicht im Wesen der Mathematik als streng deduktive Wissenschaft und damit einer von Menschen gemeinsam konstruierten Wirklichkeit wiederfinden können.*

Der Autor würde diesen Punkt nicht mit solch einem Gewicht betonen, würde er nicht vielfach erlebt haben, dass Mathematiklehrer beispielsweise Beweise im Unterricht generell als prüfungsunrelevante Zeitverschwendung unterlassen und damit das grundlegende Wesen der Mathematik bis zur Unkenntlichkeit entstellen. Dass der daraus resultierende Flickenteppich aus für sich gesehen uninteressanten isolierten Fakten in Tateinheit mit Prüfungs- und letztlich Selektionsdruck in seiner Gänze allmählich die Gestalt eines Hassfaches annehmen muss, verwundert weder den Autor noch die Mehrheit der Mathematik-ablehnenden Bevölkerung.

*Was folgt nun daraus
für die Organisation von Erkenntnislernen in unserer Schulkultur?*

Als Common Sense hat sich in der modernen Pädagogik die möglichst klare Trennung von Lern- und Leistungssituationen herausgebildet. Stellvertretend seien als Antipoden die Positionen der Berliner Mathematischen Gesellschaft (2003) und des Münchner ISB (2004) genannt. Kurz gesagt: Zwei möglichst klar getrennte Unterrichtsbereiche übernehmen unterschiedliche Aufgaben. In der oben gepflegten Begrifflichkeit der eine die Sachzwänge (Leistung, Selektion, Grundwissen und Homogenität), der andere die Entwicklung von Erkenntnisfreude.

Beispiele in Form von Projekten sind bereits ausgiebig beschrieben. Die positiven Erfahrungen mit den in 2.1.3.1 und 2.1.3 angesprochenen MINT-Stunden ließen sich angesichts der in 2.2.6 angesprochenen Problematik noch weiter denken: Wäre es nicht möglich, in einem Fach - etwa „*Naturwissenschaftliches Arbeiten*“ - stark projektorientiert nach dem Prinzip der *exemplarischen Vertiefung* zu arbeiten, während ein Fach - etwa „*Mathe-Grundwissen*“ - die Pflege der nötigen Standards übernimmt? Das Curriculum des Ersteren könnte sehr allgemein gehalten, eher kompetenzorientiert und fächerübergreifend sein, die Qualitätskontrolle stärker prozessorientiert, das Zweitere könnte einen eher „*sportlicheren Charakter*“ aufweisen und Basiswissen transparent einfordern und evaluieren. Durch eine personelle Trennung beider Fächer wäre auch die Gefahr des in 2.2.6 beschriebenen Missbrauchs gebannt. Die Schulleitungen wären in der Personalplanung innerhalb der naturwissenschaftlichen Fächer flexibler und differenzierende Modelle wie das im IPN-Rundbrief (2011) beschriebene, bereits zitierte, „Drehtürmodell“ oder mit Leistungsgruppen experimentierende KOMPASS-Projekte hätten einen klareren Rahmen, was als „*Pflicht*“ anzusehen und was als „*Spielraum*“ oder „*Kür*“ zur Verfügung steht, ohne im Jahrgangsstufenfortgang problematische Brüche zu verursachen.

2.3.3 Mehr Prozessorientierung anstatt Ergebnisorientierung

Auswüchse von einseitiger Ergebnisorientierung sind nicht neu, aber in letzter Zeit - wie einleitend erwähnt - verstärkt im Zielkonflikt mit positiven Veränderungen der Lernkultur. Sich die wichtige Rolle der Prozessqualitäten mathematischer Lernumgebungen (wie sie in den Arbeiten eingehend erörtert werden, die zu Beginn von Ab-

schnitt 2.3 genannt sind) immer neu bewusst zu machen und schnellen Urteilen anhand von Noten, Schnitten und anderen Indikatoren zu widerstehen, ist eine Herausforderung für Lehrer und Schulleitungen. Dazu ein persönliches Beispiel:

Vor einigen Wochen saßen meine Tochter mit ihrer Mathe-Hausaufgabe (4. Klasse), meine Frau und ich am Küchentisch. Ich korrigierte, meine Frau las Zeitung. Meine Tochter, nahe am Weinen, kämpfte vergeblich mit einer ihrer Matheaufgaben und wendete sich schließlich an meine Frau: „Ich kann das nicht!“. Eine relativ komplexe, schriftliche Multiplikationsaufgabe hatte einige verstreute Lücken, die wollten gefüllt werden - eine ziemlich knifflige Umkehraufgabe. Meine Frau, etwas ratlos, begann zu probieren. Sie setzte verschiedene Zahlen ein, beobachtete das Ergebnis und versuchte aus ihren missglückten Versuchen Schlussfolgerungen zu ziehen. Nach kurzer Zeit intervenierte Magdalena mürrisch: „Frau Sowieso hat uns das anders erklärt.“ Als ich zu Hilfe gerufen wurde, fragte ich nach einigen Erinnerungsbrocken von Magdalena. Es stellte sich heraus, dass die Kinder ein Kochrezept gelernt (aber nicht verstanden) hatten, mit dem man diesen Aufgabentyp schematisch lösen konnte. In vielerlei Hinsicht gab mir dieses Erlebnis zu denken.

1. Die schöne Aufgabe im Arbeitsheft kam für meinen Geschmack genau an der richtigen Stelle nach zwei Seiten (relativ stupider) schriftlicher Multiplikationen. Sie sollte nach einer der Automatisierung dienenden Übungsphase zur Reflexion über das Verständnis des Rechenverfahrens anregen. Die Prozessqualität der Aufgabe war aber nicht ausreichend dokumentiert (an dieser Stelle zurecht).
2. Die Lehrerin stellt sich die Aufgabe, möglichst vielen Schülern zum erfolgreichen Lösen der Aufgabe zu verhelfen, denn daran wird sie beim nächsten Test gemessen. Sie befreit die Aufgabe von komplexen Erwägungen und entwickelt selbst ein einfaches Rezept, das die Aufgabe (wie von Zauberhand) löst.
3. Die Schüler erleben weder suchen, noch finden, noch die Beziehung von Aufgabe und Lösungsstrick und vergessen den isolierten Gedankengang auch bis zum Nachmittag. Am nächsten Tag wird das Kochrezept wegen der vielen falschen Ergebnisse wieder geübt und automatisiert.
4. Das Ergebnis: Die Schüler können einen für sich betrachtet völlig sinnlosen Aufgabentyp ohne jeden Bildungsgehalt, der sich ihnen in dieser Form im Leben nie wieder stellen wird, zu einem großen Teil richtig lösen (ohne jedes Verständnis). Der Autor der Aufgabe hatte eine völlig andere, lobenswerte Intention!
5. Meine Frau reagierte im Sinne des Aufgabenautors und begann, forschend zu denken. Magdalena hört ihr auf eine ganz bestimmte Weise zu: Sie wartet auf Gedanken meiner Frau, die sie vom Unterricht her kannte. Durch den

ergebnisorientierten Unterricht auf Reproduktion getrimmt, versperrte sie die Augen vor der unvollendeten Konstruktivität der Gedanken meiner Frau und unterbrach sie unzufrieden. Das Ergebnis: Denken wurde aberzogen (Übrigens waren beide Damen ob ihrer Leistungen frustriert).

6. Im kurz darauf folgenden VERA-Test verzeichnete Frau Sowieso bei diesen „Transferaufgaben“ überdurchschnittliche Ergebnisse.

Schlechter kann mathematische Bildung im Ganzen,
trotz guter Ansätze aller Akteure, eigentlich nicht sein!

Auf wissenschaftlicher Ebene werden die Gründe und Lösungsansätze für diese Misere natürlich in Publikationen dargestellt und finden dort Verbreitung. Im Rahmen der schulischen Praxis aber wird dies erforderliche „Wie“ anstatt des weit verbreiteten „Was“ wohl realistischerweise nur durch persönliche Begegnung und Zusammenarbeit wirksam reflektiert und weitergetragen. Dazu die beiden nächsten Abschnitte.

Ein einziger Besuchstag auf einem der MatheCamps hatte zwei Kolleginnen von Skeptikern zu begeisterten Anhängern werden lassen. Beide arbeiten jetzt im MINT-Netzwerk mit und führen selbst Mathematik-Freizeiten durch. Die beiden investierten „freien Tage“ der Schulleitung in die Kolleginnen haben sich längst ausgezahlt.

Ein Auszug aus der „Bensberger Erklärung“ soll diesen Abschnitt abschließen:

„Wir fordern einen veränderten Umgang mit Schülerleistungen. Wir brauchen differenziertere Instrumente als Zensuren, verbesserte und unterstützende Formen der staatlichen Evaluation von Unterricht. Wir brauchen differenziertere Instrumente als standardisierte Tests und Prüfungen, einen neuen Diskurs über Bildung als „Aneignung von Welt“. Trotz besserer Erkenntnisse wird die Entwicklung von Kindern zunehmend durch ein verengtes Verwertungsdenken bestimmt. Wir brauchen eine Lernkultur des Vertrauens und der geduldigen Begleitung, in Respekt vor der Einzigartigkeit jedes Kindes: „Kinder gehören nur sich selbst“ (Remo Largo)

2.3.4 Mehr Zusammenarbeit von Schule und Universität

Weder Schulen noch die Hochschulen alleine können Entwicklungen von guten Lernumgebungen leisten. Viel weniger für ihre Verbreitung und Einbettung in eine neue Projektkultur verantwortlich sein. Die eher zufälligen positiven Erfahrungen des Autors

in Zusammenarbeit mit der LMU lassen sich jedoch an vielen anderen Orten so institutionalisiert wiederfinden, dass eine Übertragbarkeit ohne Weiteres umsetzbar erscheint. Als (wegen der immensen Kosten sicherlich nicht ausrollbares) Beispiel sei die Bielefelder Laborschule genannt. Auf einer Jahrestagung des Nordverbundes Schulbegleitforschung (www.nordverbund-schulbegleitforschung.de) lernte der Autor die Oldenburger Teamforschung kennen. Nach dem Vorbild dieses Modells erscheint es greifbar, bei realistischem Umgang mit den Ressourcen von Lehrern, Schulen, Universitäten und Studenten, gute mathematische Lernumgebungen in Mathematikfreizeiten umzusetzen, sie in Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praktikern weiter zu entwickeln und zu dokumentieren. Eine Ideenskizze:

1. In einer Vorlesung „*mathematische Lernumgebungen für Projekttage*“ lernen Lehramtsstudenten Beispiele für gute Lernumgebungen und ihr Design kennen sowie Gütekriterien und Grundzüge, diese mit Mitteln der schulischen Aktionsforschung qualitativ zu beurteilen.
2. In einem darauf aufbauenden, gleichlautenden Seminar haben sie die Möglichkeit in einem Team mit Kommilitonen und jeweils einem Lehrer eines Schulnetzwerkes, Umsetzungen von Lernumgebungen auf Projektwochen mit Klassen zu planen, diese mit durchzuführen, als Seminararbeit zu dokumentieren und ihre Erfahrungen mit Mitteln der Aktionsforschung qualitativ und quantitativ zu beurteilen.
3. Gelungene Lernumgebungen werden in einer „Steckbrief-Form“ veröffentlicht, aus der die wesentlichen Kriterien ersichtlich sind. Als Vorbild mögen kurze Erläuterungen gegliedert nach den bereits zitierten 6 Leitideen der „Balanced Scorecard“ nach Wollring dienen.
4. Auf Jahrestagungen reflektieren Schulen und Hochschulen gemeinsam die Arbeit des vergangenen Jahres und stellen sie einer interessierten Öffentlichkeit vor.
5. Hochschulen bieten Studenten weiterhin an, vertiefte Untersuchungen im Rahmen von Examens- oder Promotionsarbeiten zusammen mit Praktikern in der Tradition der schulischen Aktionsforschung zu betreuen.

Auch die wissenschaftliche Betreuung von MINT-Schullandheimen könnte durch eine derartige Infrastruktur inhaltlich und personell getragen werden.

3. Schlussgedanke

Die einleitend benutzte Parallele von schulischen Skiwochen zu Math-Camps, ließe sich noch weiterspinnen. Für die Durchführung von Skilagern gibt es verbindliche Standards und Zertifizierungen eines nationalen Sportverbandes für betreuende Lehrer, ohne die wohl kein Sportlehrer (im süddeutschen Raum) eine Chance auf Anstellung in einer Schule hätte. Sozial schwache Familien geben dafür nicht selten ihr Jahresurlaubsbudget her. Eine Gastronomie-Branche lebt in der Nichturlaubszeit zu einem großen Teil von diesen Schulveranstaltungen, die uns offensichtlich eine Woche Lernzeit wert sind. Zu solch einer Infrastruktur für Mathematikfreizeiten ist noch ein langer Weg. Aber ...

Welche Bildungsziele rechtfertigen dieses Missverhältnis?

Das Schöne, das Wahre und das Gute. Auf diesen Grundqualitäten baut unsere humane Gesellschaft auf. Je mehr unsere Jugend mit Informationen und Manipulationen bombardiert wird, desto wichtiger wird der sichere Kompass in uns selbst, der uns leitet. Dass wir diese Grundqualitäten nicht geboten bekommen, sondern in uns selbst finden müssen, diese Einsicht ist eine Überlebensfrage.

Aber letztlich sind dies nachträgliche Rationalisierungen. Ich persönlich mache dies alles, weil ich Erkenntnis einfach als ein großes Stück Lebensqualität erlebe.

Literaturverzeichnis

- Altrichter, Herbert & Messner, Elgrid & Posch, Peter 2004: Schulen evaluieren sich selbst. Ein Leitfaden. Kallmeyer: Seelze
- Altrichter, Herbert & Posch, Peter 2007: Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht. Klinkhardt, 4. Auflage
- Baumert, J. & Köller, O. 2000: Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In: J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.) TIMSS/III, Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie - Mathematische und Naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn, Band 2, Mathematische und pysicalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe, Opladen: Leske+Budrich
- BMG, Berliner Mathematische Gesellschaft, 2003: Gedanken zu einer Reform des Mathematikunterrichts
- Eckholm, Mats 2009: Forschen mit Schülerinnen und Schülern. Vortragskript von der 14. Jahrestagung des Nordverbunds Schulbegleitforschung. Oldenburg: <http://www.nordverbund-schulbegleitforschung.de>
- Feindt, Andreas 2007: Studentische Forschung im Lehramtsstudium. Eine fallrekonstruktive Untersuchung studienbiografischer Verläufe und studentischer Forschungspraxen. Studien zur Bildungsforschung Band 5. Opladen & Farmington Hills: Verlag Barbara Budrich
- Fichten, Wolfgang & Gebken, Ulf & Meyer, Hilbert & Junghans, Carola u. a. 2002: Einführung in die Oldenburger Teamforschung. Oldenburger Vordrucke 451. DIZ Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. 2000: Konstruktivistische Ansätze in der Psychologie (Forschungsbericht Nr. 123), München: LMU, Lehrstuhl für empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie
- Hollenbach, Nicole & Tillmann, Klaus-Jürgen 2009: Das Lehrer-Forscher-Modell an der Laborschule Bielefeld: Ausgangskonzept und heutige Praxis in: Schule forschend verändern. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S 213 ff.
- Huber, Stefan 2009: Systemische Schulentwicklung durch schulische Kooperation, Studienbrief TU Kaiserslautern

- IPN, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, Kiel 2011: Rundbrief SINUS an Grundschulen
- ISB, Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung, München 2004: Leistungsbeurteilung im modernen Unterricht
- Jacobson, M. & Spiro, R. 1992: Hypertext Learning Enviroments and Cognitive Flexibility: Characteristics Promoting the Transfer of Complexe Knowledge. In: L. Birnbaum (Hrsg.), The International Conference on the Learning Science. Proceedings of the 1991 Conference (S. 240-248), Charlottesville: Association for the Advancement of Computing in Education
- Klein, K. & Oettinger, U. 2000: Konstruktivismus. Die neue Perspektive im Sachunterricht, Hohengehren: Schneider
- Kuntze Sebastian 2006: Konzeption einer mathematischen Lernumgebung für den gymnasialen Mathematikunterricht, Dissertation, LMU München
- Lentner W. 2012, Der Cappuccino-Beweis für Eulersche Wege, in JB 2011/2012 der Städtischen Realschule für Mädchen, Rosenheim
- Lentner W. 2012, Mathe-Camp 7a I, in JB 2011/2012 der Städtischen Realschule für Mädchen, Rosenheim
- Lentner W. 2012, Würfel-färben 6*4, in <http://schuldruckerei.lentner.net> (Gastzugang: BN: Gast PW: gast2012)
- Lentner W. 2012, RUMIS, in <http://schuldruckerei.lentner.net> (Gastzugang: BN: Gast PW: gast2012)
- Meyer, Hilbert 2004: Was ist guter Unterricht?, Berlin: Cornelsen Scriptor
- Posch, Peter 2009: Aktionsforschung und Kompetenzentwicklung, 14. Fachtagung des NordverbundsSchulbegleitforschung in Oldenburg, <http://www.nordverbund-schulbegleitforschung.de>
- Reinmann-Rothmeier, Gabi und Mandl, Heinz 1998: Implementation konstruktivistischer Lernumgebungen - revolutionärer Wandel oder evolutionäre Veränderung (Forschungsbericht Nr. 100), LMU München: Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie, Internet, ISSN 1614-6336
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. 2001: Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp & B. Weidemann (Hrsg.), Pädagogische Psychologie (S. 601-646), Weinheim: Beltz

- Reiss, K. & Hellmich, F. & Thomas, J. 2002: Individuelle und schulische Bedingungsfaktoren für Argumentationen und Beweise im Mathematikunterricht. In: M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.), 45. Beiheft zur Zeitschrift für Pädagogik, Weinheim: Beltz
- Reiss, K. 2005: Bedeutung von Interesse und Motivation für das Mathematiklernen. Vortrag an der Universität Kassel am 17. 01. 2005
- Reiss, K. 2005: Beweisen, Begründen, Argumentieren. Wege zu einem diskursiven Mathematikunterricht. In: W. Peschek (Hrsg.), Beiträge zum Mathematikunterricht 2002, Hildesheim: Franzbecker
- Schottenloher, M. 2010. Mit Knoten rechnen, in „Das mobile Mathelabor (MML)“, LMU-München
- Spiro, R. & Lehng, J. 1990: Cognitive Flexibility and Hypertext: Theorie and Technology for the Nonlinear and Multidimensional Traversal of Complex Subject Matter. In: D. Nix & R. Spiro (Hrsg.): Cognition, Education, and Multimedia: Exploring Ideas in High Technology (S. 163-205), Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Steinlein, H. 2010. Würfel färben, in „Das mobile Mathelabor (MML)“, LMU-München
- Wheatley, G. 1993: The Role of Negotiation in Mathematics Learning. In: K. Tobin (Hrsg.), The Practice of Constructivism in Science Education (S. 91-119), Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Wollring, Bernd 2007: Zur Kennzeichnung von Lernumgebungen für den Mathematikunterricht in der Grundschule, Universität Kassel

Eidesstattliche Versicherung

„Ich versichere, dass ich die Hausarbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.“

Höslwang, 12. Mai 2013