

Konrad Krainer

Universität Klagenfurt

Das Projekt IMST² als Brücke zwischen Mathematikunterricht und Schulentwicklung

Das Projekt IMST² - Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching (2000-2004) ist die österreichische Antwort auf TIMSS. Eine zentrale Aufgabe liegt in der Unterstützung von Innovationen von einzelnen Lehrkräften, Fachgruppen und interdisziplinären Teams an etwa 50 Schulen der Oberstufe. Dabei wird von einem Verständnis von Professionalität im Lehrberuf ausgegangen, das die Dimensionen Aktion und Reflexion sowie Autonomie und Vernetzung in den Mittelpunkt stellt. Die leitende Interventionsidee von IMST² besteht darin, sowohl im Unterricht als auch im Bereich der Schul- und Systementwicklung besonders Reflexion und Vernetzung zu initiieren und zu fördern, also jene Dimensionen, die in der Praxis häufig unterentwickelt sind. Es werden Hintergrund, Ansatz und Ergebnisse des Projekts dargestellt sowie der Stand der Umsetzung von IMST³ skizziert.

1 TIMSS als Auslöser

In etlichen Ländern führte das schlechte Abschneiden bei der *Third International Mathematics and Science Study* (TIMSS) zu gesteigerten bildungspolitischen und bildungsentwicklerischen Aktivitäten. So auch in Österreich, wo vor allem die Ergebnisse in der Oberstufe Anlass zur Sorge gaben. Das schlechte Abschneiden kam nicht unerwartet: Aus der didaktischen Forschung war schon lange bekannt, dass der Unterschied zwischen Wunsch-Unterricht (vor allem aktives, selbstständiges Lernen) und Unterrichts-Wirklichkeit (vor allem passives, gelenktes Lernen) recht groß ist. Auch gab es viele Hinweise, dass in der Lehrerbildung neue Lernformen notwendig sind. Die Universitäten ihrerseits klagten über die mangelnde Studierfähigkeit der Maturant/-innen, seitens der Wirtschaft wurde vermehrt die Vermittlung von Schlüsselqualifikationen eingefordert. Ebenso wurde mehrfach nachgewiesen, dass in mathematischen, naturwissenschaftlichen und technischen Studienrichtungen ein Mangel an Studierenden herrscht, insbesondere bei den Studentinnen. Dennoch blieb es TIMSS – als erster internationalen Studie mit großer Publizität – vorbehalten, unmittelbarer Auslöser für ein intensives Nachdenken über Initiativen zur Weiterentwicklung des Mathematik- und Naturwissenschaftsunterrichts zu sein.

In Reaktion darauf hat das zuständige österreichische Ministerium (BMUK) im September 1998 das Projekt IMST in Auftrag gegeben. IMST stand für *Innovations in Mathematics and Science Teaching*¹ und wurde mit dem Ziel eingerichtet, die Situation

¹ Der Projektname ist englischsprachig, um auf die Bedeutung von internationalen Forschungsergebnissen und Erkenntnissen hinzuweisen. Gleichzeitig weist die Abkürzung IMST auf einen österreichischen Ort hin, um die Wichtigkeit des Ernstnehmens der spezifischen regionalen Ausgangslage hervorzuheben.

des österreichischen Mathematik- und Naturwissenschaftsunterrichts in der Oberstufe zu analysieren und Vorschläge für Maßnahmen zu erarbeiten.

Das IMST-Projektteam² ging davon aus, dass internationale Vergleichsstudien wie TIMSS zwar einige brauchbare Anlässe für Analysen der eigenen nationalen Situation bieten, dass man jedoch wegen der unterschiedlichen kulturellen, gesellschaftlichen und ökonomischen Ausgangsbedingungen in den einzelnen Ländern und dem nicht vermeidbaren Auseinanderklaffen der komplexen und heterogenen „*Unterrichtswirklichkeiten*“ mit der konstruierten „*Testwirklichkeit*“ (vgl. Krainer 2001a) nur einige Aufschlüsse über spezielle Leistungsunterschiede erwarten kann, hingegen nichts über den Unterricht selbst und wenig Anregungen zu dessen Weiterentwicklung. Deshalb wurden im Rahmen von IMST einige Zusatzerhebungen durchgeführt. Dazu zählten vor allem eine Analyse von Reformansätzen zur Weiterentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in ausgewählten Ländern, eine schriftliche Befragung von Personen aus den Bereichen Schulpraxis (insbesondere Leiter/-innen von Arbeitsgemeinschaften), Schulbehörde und Fachdidaktik sowie eine Erhebung von bestehenden Innovationen in Österreich im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich.

2 Das Analyseprojekt IMST

Im Folgenden wird kurz auf einige wichtige Ergebnisse von IMST zur Analyse der Situation des Mathematik- und Naturwissenschaftsunterrichts der Oberstufe in Österreich eingegangen (vgl. u.a. Krainer et al. 2002, S. 22ff).

Die medial vielbeachteten Ranglisten-Tabellen zu den Ergebnissen des TIMSS-Fachwissentests zeigten zwar Österreich als Letzte (Mathematik) bzw. Vorletzte (Physik) von 16 Nationen, allerdings berücksichtigten diese nicht die Unterschiedlichkeit der am Test teilnehmenden Schülerpopulationen der einzelnen Länder. So wurden in Österreich – im Gegensatz zu den meisten Ländern – auch Schüler/-innen getestet, die im letzten Schuljahr keinen Fachunterricht hatten (bzgl. Mathematik sind das in Österreich 21%, in Kanada 19%, in den USA 8%, in allen anderen Ländern unter 2%; vgl. Mullis u.a. 1998, S. 162). Andere Vergleiche (z.B. wenn man nur Schüler/-innen mit drei bis vier Unterrichtsstunden Mathematik im letzten Jahr berücksichtigt, oder nur die TOP 5% bzw. 10%) zeigen ein etwas besseres Bild, dennoch liegt Österreich beim Fachwissen deutlich unter dem internationalen Durchschnitt.

Bei allen Tests (Allgemeinwissen und Fachwissen, bezogen auf Mathematik und Naturwissenschaften) zählt Österreich zu den Ländern mit den größten Leistungsunterschieden zwischen Mädchen und Buben.

Beim Allgemeinwissen Mathematik zeigt sich zum Beispiel (vgl. Baumert, Klieme & Watermann 1998), dass die österreichischen (wie auch die deutschen) Schüler/-innen bei wenig komplexen und eher Routinen abfragenden Aufgaben durchaus mit ihren Alterskolleg/-innen aus der Schweiz und den Niederlanden mithalten können, aber deutlich zurückfallen, wenn es um anspruchsvolle und Argumentieren erfordernde Aufgaben geht. Das Defizit – zumindest bezogen auf den internationalen Vergleich –

² Seitens der österreichischen Mathematikdidaktik arbeiteten bei IMST Roland Fischer, Helga Jungwirth, Konrad Krainer, Manfred Kronfellner und Hans-Christian Reichel mit.

liegt also nicht bei Grundfertigkeiten, Routinen, etc., sondern bei anspruchsvolleren Fähigkeiten, Qualifikationen, etc.

Dieser Befund stimmt mit der Einschätzung der österreichischen Schüler/-innen zu jener Frage im TIMSS-Schülerfragebogen überein, in der es um kreative und aktive Denkleistungen im Mathematik- oder Physikunterricht³ geht (vgl. Mullis u.a. 1998, S. 165 und 221). Nur 66% (Mathematik) bzw. gar nur 44% (Physik) der Schüler/-innen gaben an, dass sie kreative und aktive Denkleistungen in den meisten Stunden oder sogar jede Stunde erbringen. Dies ergab den vorletzten (Mathematik) bzw. letzten Platz (Physik) unter 16 Nationen. Das Ergebnis ist insofern besonders drastisch, weil es hier keinen großen Unterschied macht, ob die Schüler/-innen mehr oder weniger Unterrichtsstunden hatten bzw. ob der jeweilige Fachunterricht auch im Testjahr erfolgt ist oder schon ein Jahr zurückliegt.

Interessanter Weise haben österreichische (und deutsche) Schüler/-innen, die meinen, in jeder Stunde kreative und aktive Denkleistungen zu erbringen, im Schnitt keine deutlich besseren Testleistungen als jene, die der Meinung sind, dass sie nur in einigen Unterrichtsstunden aktiv und kreativ denken. Die Schülereinbindung scheint also weniger effektiv als in anderen Ländern zu erfolgen. Eine plausible Erklärung ist der in diesen beiden Ländern weit verbreitete fragend-entwickelnde Unterricht. Dieser lehrerzentrierte Unterricht zielt darauf ab, durch (vorwiegend kleinschrittig aufgebautes) Fragenstellen auf das gewünschte Unterrichtsziel hinzulenken, obgleich im Prinzip gleichzeitig versucht wird, die Klasse aktiv einzubeziehen. Allerdings zeigen Interaktionsanalysen seit langem (vgl. u.a. Voigt 1984), dass bei Fortdauer des Prozesses mehr und mehr Lernende dem Unterricht nicht mehr folgen können oder wollen, hingegen einige wenige Lernende der Lehrperson das Gefühl von erfolgreichem Unterricht bis zum Schluss aufrecht erhalten können. Langfristig (also zumindest in der Oberstufe) führt eine solche Unterrichtsmethode jedoch dazu, dass Lernende kritisch hinterfragen, ob ihr aktives Mitwirken tatsächlich einen relevanten Einfluss auf den Prozess und das Ergebnis des Unterrichts hat. Damit wird plausibel, dass in einem fragend-entwickelnden Unterricht die Einschätzungen der Schüler/-innen über das Ausmaß aktiver Einbindung in den Unterricht stärker divergieren als in anderen Ländern, in denen Unterrichtsmethoden vorherrschen, bei denen klarer erkennbar ist, wann die Schüler/-innen selbstständig denken und arbeiten und wann nicht. Oft geht mit dem fragend-entwickelnden Unterricht auch die Unsicherheit der Lernenden einher, ob es sich um eine Lern- oder eine Leistungssituation handelt.⁴

Die Antworten zu einem Fragebogen für Vertreter/-innen der Schulpraxis, Schulbehörde und Fachdidaktik bestärken diese TIMSS-Daten. So geht aus ihnen hervor, dass die österreichischen Lehrer/-innen vorwiegend als engagiert gesehen werden und dass sie eine relativ große pädagogische und fachdidaktische Autonomie besitzen. Allerdings wird diese Autonomie manchmal durch sie selbst oder durch allgemeine Rahmenbedingungen eingeschränkt und häufig nicht an die Schüler/-innen weiter gegeben. Es gibt auch wenig Erfahrungsaustausch unter den Lehrer/-innen, jedoch auch

³ Die Schüler/-innen wurden gefragt, wie oft sie im Unterricht zu Denkleistungen wie "Denkengang erklären, der hinter einer Fragestellung steht", "Zusammenhänge ... darstellen und analysieren" oder "An Aufgaben oder Problemen arbeiten, für die es keine sofort sichtbare Lösungsmethode gibt" gefordert werden: Die vier Antwortkategorien waren „nie oder fast nie“, „in einigen Unterrichtsstunden“, „in den meisten Unterrichtsstunden“ und „jede Unterrichtsstunde“.

⁴ Auch im deutschen BLK-Modellversuch (vgl. u.a. Prenzel 2000, S. 106-107) wird in der Dominanz des fragend-entwickelnden Unterrichts ein hemmender Faktor für die Unterrichts- und Prüfungskultur gesehen.

ebenso wenig Strukturen, die gemeinsame Reflexion und Kooperation unterstützen würden. Die Analysen zeigen auch, dass die aktive Einbindung der Schüler/-innen in den Lehr- und Lernprozess als Hauptschwäche des Unterrichts in der Oberstufe gesehen wird. Verstehen, Problemlösen, selbstständiges Lernen, etc. zu fördern und vielfältige Unterrichtsformen und didaktische Zugänge einzusetzen, wird als wichtig angesehen, tatsächlich überwiegen nach Einschätzung der Befragten in diesem Bereich der Nachvollzug von (eher) Unverstandenen, Rezeptanwendung, gelenktes Lernen, etc. sowie frontaler und fragend-entwickelnder Unterricht.

Eine Analyse von Homepages an Kärntner Schulen (vgl. Scherjau 1999) zeigt, dass die einzelnen Schulen im Netz vielfältige Initiativen darstellen, um die Öffentlichkeit von der Qualität ihrer Arbeit zu überzeugen. Während vor allem Initiativen im Bereich der Informatik und der Sprachen viel an Engagement von Schüler/-innen, Eltern, Lehrer/-innen und der Schulleitung zu erfordern scheinen, sind Darstellungen von Initiativen zur Mathematik oder zu den Naturwissenschaften äußerst rar.

Diese Bedenken wurden durch Erkenntnisse aus einer Schulleiterfortbildung verstärkt, in welcher seitens der Schulleiter/-innen unter anderem hervor gehoben wurde, dass die Mathematik- und Naturwissenschaftslehrer/-innen im Allgemeinen nicht zu den „einflussreichen“ Gruppen einer höheren Schule gehören. Dies hat eine bedeutende Auswirkung auf viele wichtige Entwicklungsfragen, etwa die Entscheidung, ob eine Schule eine Schwerpunktsetzung im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich anpeilt. In Österreich und Deutschland kann beobachtet werden, dass Schwerpunktsetzungen an Schulen in diesen Fächern eindeutig unterrepräsentiert sind.

Ein Blick auf die Liste der Mitarbeiter/-innen an den lehramtsführenden Instituten der österreichischen Universitäten zeigt, dass die Mathematikdidaktik und insbesondere die Naturwissenschaftsdidaktik schlecht verankert sind. In der Chemie und der Physik gibt es dafür keinen Lehrstuhl, es fehlen habilitierte Fachdidaktiker/-innen und damit wissenschaftlicher Nachwuchs, der sich fachdidaktischer Forschung und Lehre widmen könnte. Die Lehrerbildung wird häufig von Fachspezialisten dominiert, Kooperationen mit den Erziehungswissenschaften und den Schulen sind – mit einigen wenigen Ausnahmen – unterentwickelt. Es gibt in Österreich auch kein Kompetenzzentrum für Didaktik der Mathematik oder der Naturwissenschaften wie etwa das Freudenthal Institut der Universität Utrecht in den Niederlanden oder das Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften der Universität Kiel in Deutschland.

Das Studium von Literatur zeigt, dass dem Stellenwert, den Mathematik und Naturwissenschaften bzw. Wissenschaft und Lernen in der Gesellschaft in einer bestimmten Region bzw. Kulturkreis haben, eine wichtige Rolle zugesprochen wird. In Österreich (und Deutschland) scheint es für einen Erwachsenen fast zum guten Ton zu gehören, dass man darauf verweist, in der Schule schlecht in Mathematik oder Physik gewesen zu sein, es aber beruflich trotzdem zu etwas gebracht zu haben. Diese Einstellung erschwert die Unterrichtsarbeit der Lehrer/-innen beträchtlich. Vielfach wird ein Grund für das gute Abschneiden der ostasiatischen Länder bei TIMSS auf die höhere Wertschätzung von Mathematik und Naturwissenschaften sowie Lernen an sich zurückgeführt. Tatsächlich zeigen fachdidaktische Untersuchungen, dass die Unterschiede im Mathematikunterricht verschiedener Länder die Unterschiede in einem Land (die für uns manchmal groß wirken) geradezu homogen erscheinen lassen. Im Mathematikunterricht gibt es also ziemlich stabile nationale Muster, man kann also von unterschiedlichen kulturellen Skripten und somit von einer gewissen

Kulturabhängigkeit des Mathematikunterrichts sprechen. Ähnliches gilt für den Naturwissenschaftsunterricht (vgl. u.a. Cogan & Schmidt 1999).

Bezüglich der dokumentierten Innovationen ergab sich ein ambivalentes Bild. Einerseits war es erstaunlich, wie viele kreative Initiativen durch einzelne Personen, Gruppen oder Institutionen gesetzt werden, andererseits ist es irritierend zu sehen, wie wenig verbunden diese Vielfalt ist und dass eine vernetzende Struktur fehlt. Dieses Bild wiederholt sich, wenn man auf das ganze Bildungssystem blickt (zwei getrennte Lehrerausbildungssysteme, eine Vielzahl an Schularten mit entsprechenden administrativen Abteilungen in der Schulbehörde und in den Lehrerfortbildungsinstitutionen, usw.). Dies ergibt ein Bild eines „*fragmentierten Bildungssystems*“. Ein System von „Einzelkämpfer/-innen“ produziert und reproduziert sich durch die vorherrschenden Formen von Lehrerausbildung, Lehrerfortbildung, Unterricht, Schulorganisation und Wissenschaft. Die österreichische Bildungsforschung (vgl. auch Altrichter & Mayr 1999) ist ein Spiegelbild der Fragmentiertheit des Bildungssystems. Selten – wenngleich in letzter Zeit etwas ansteigend – gibt es Projekte, an denen Universitäten (bzw. jüngst auch Fachhochschulen) und Pädagogische Akademien gemeinsam arbeiten. Die meisten Forschungen werden von Einzelpersonen bzw. kleinen Gruppen getragen, größere Forschungsprojekte und Institutionen, die eine solche Forschung organisieren könnten, fehlen.

Insgesamt zeigt sich, dass das österreichische Bildungssystem beachtliche Stärken im Bereich individueller Einzelleistungen (von Personen und Organisationen) hat. Diese sind jedoch wenig vernetzt und daher können so manche Synergiewirkungen nicht adäquat genutzt werden. Der Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht in der Oberstufe ist von dieser Situation nicht nur wie alle anderen Subsysteme ganz allgemein betroffen, sondern im Besonderen auch dadurch, dass mangels einer gut etablierten Fachdidaktik an den Universitäten eine wichtige Basis für eine adäquate Lehrerausbildung sowie Unterstützung der Schulpraxis fehlt. Diese fehlende Verankerung der universitären Fachdidaktik in Österreich – insbesondere im Bereich der Naturwissenschaften (keine Professorenstellen, wenig bis kein wissenschaftlicher Nachwuchs) – ist dafür mit verantwortlich, dass Österreich im Mittelstufen-Test von TIMSS bzw. in der vor kurzem veröffentlichten *PISA-Studie* zu den Leistungen der 15-Jährigen über dem internationalen Schnitt liegt, aber beim Fachwissen in der Oberstufe schlecht abschneidet. Ein weiterer wichtiger Grund hängt mit dem fragend-entwickelnden Unterricht zusammen. Je länger diese Unterrichtsform dominiert, desto weniger werden selbstständiges Denken, Argumentieren und Begründen seitens der Lernenden herausgefordert und desto geringer werden ihre Motivation und ihre Anstrengungen, sich aktiv und kreativ in den Unterricht einzubringen.

Die wenig erfreuliche, aber durchaus auch Stärken beinhaltende Situation in Österreich hat also viele Ursachen und kann keineswegs einer Personengruppe zugeschrieben werden. So wäre es zum Beispiel verfehlt, die Ursachen allein bei den Lehrer/-innen zu suchen und Lehrerfortbildung als dringlichste Maßnahme zu sehen. Insgesamt gilt es vielmehr, systemisch vorzugehen und ein adäquates Unterstützungssystem für die Schulpraxis aufzubauen.

Mit diesem Hintergrund hat IMST ein großer dimensioniertes Projekt *IMST² – Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching⁵* vorgeschlagen. Dieses

⁵ Der Zusatz „Technology“ im neuen Projekttitel soll die zunehmende Bedeutung der neuen Medien und Technologien für einen zeitgemäßen Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht ausdrücken.

sah sechs miteinander vernetzte Schwerpunktprogramme vor. Im Mai 2000 beauftragte das – im Zuge der neuen Regierungsbildung zum Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur vergrößerte – Ministerium (BMBWK) das IFF mit der Vorbereitung einer reduzierten, nunmehr vier Schwerpunktprogramme umfassenden Version von IMST² (für die Fächer Biologie, Chemie, Mathematik und Physik), dessen Beauftragung als einjähriges Pilotprojekt im August 2000 erfolgte. Aufgrund des positiven Verlaufs des Pilotjahres wurde das Projekt für weitere drei Jahre – bis Ende September 2004 – verlängert.

3 Das Entwicklungsprojekt IMST²

Eine Hauptherausforderung einer österreichweiten Initiative besteht daher darin, Prozesse einer bewussten „Defragmentierung“ einzuleiten und zu unterstützen. Dies ist auf verschiedenen Ebenen (Unterricht, Lehrerteams, Schulen, Bildungssystem, Gesellschaft) anzustreben. So sind etwa auf der Ebene des Unterrichts mehr Teamarbeit unter den Lernenden und ein intensiverer Austausch über unterschiedliche Sichtweisen und Lösungswege zu fördern, in Lehrerteams (Fachgruppen und interdisziplinären Teams) mehr professioneller Erfahrungsaustausch und mehr Vernetzung von innovativen Ansätzen (z.B. schulautonome Curriculumreformen) zwischen den Schulen.

Mit dem Projekt IMST² (2000-2004) werden zwei zentrale Aufgaben verfolgt:

1. Initiieren, Fördern und Sichtbar-Machen von Innovationen sowie deren wissenschaftsgeleitete Analyse und Verbreitung, wobei der Erarbeitung von Konzepten von „guter Praxis“ und der Professionalisierung von Lehrer/-innen besonderes Augenmerk geschenkt werden soll.
2. Mitwirkung beim Aufbau eines Unterstützungssystems für die Weiterentwicklung der Schulpraxis im Bereich der Mathematik und Naturwissenschaften, insbesondere durch Förderung einer praxisnahen und zugleich wissenschaftlich fundierten Fachdidaktik.

Die inhaltlichen und organisatorischen Eckpfeiler von IMST² bilden die vier Schwerpunktprogramme „Grundbildung“ (S1), „Schulentwicklung“ (S2), „Lehr- und Lernprozesse“ (S3) und „Praxisforschung“ (S4), wobei bei letzterem auch universitäre Teams Forschungsprojekte einreichen können. In allen Schwerpunktprogrammen geht es um pädagogisch-fachdidaktische Kernfragen, bezüglich derer Lehrerinnen und Lehrer in ihrem Bestreben zur Weiterentwicklung von Unterricht unterstützt werden. Alle fördern zum einen Innovationen in der Praxis, zum anderen wird auch theoretische Grundlagenarbeit geleistet. Diese beiden Aufgaben werden eng miteinander verschränkt gesehen. So werden Qualitätskriterien für „gute Praxis“ in einem Wechselspiel von praktischen Erfahrungen und theoretischen Erörterungen erarbeitet. In der nachstehenden Tabelle (Tab. 1) werden einige wichtige Aspekte, die den unterschiedlichen Ansatz der Schwerpunktprogramme ausmachen, hervor gehoben. Die Tabelle hat somit die Funktion, besonders die Unterschiede klar – gewissermaßen in idealtypischer Weise – hervor zu heben. Dies bedeutet jedoch keineswegs, dass es keine Überschneidungen gäbe. Im Gegenteil: So stehen etwa bei der Auseinandersetzung mit Grundbildung zwar meist Ziele und Inhalte im Vordergrund, dennoch stellen Fragen der

Methode – insbesondere bei der Planung von Unterricht – eine wichtige Rahmenbedingung dar.

Schwerpunktprogramme Aspekte	S1 Grund- bildung	S2 Schul- entwicklung	S3 Lehr- und Lernprozesse	S4 Praxis- forschung
Der primäre ⁶ Fokus liegt auf der Organisation von ...	Zielen und Inhalten (im Fach, interdisziplinär)	Schule (Kooperation im Lehrkörper)	Unterricht (Interaktion im Klassenzimmer)	Forschung (Vernetzung von Fachdidaktiker/-innen)
Für die Lernenden wird primär angestrebt ...	adäquate Grundbildung (Produkt)	guter organisatorischer Rahmen (Struktur)	Situationsgerechtes Lernen (Prozess)	selbstständiges Lernen (Prozess)
Bei den Lehrenden wird primär gefördert...	Ziel- und Inhaltskompetenz	Organisationskompetenz	Analyse- und Methodenkompetenz	Forschungskompetenz
Für das Bildungssystem wird ein MNU ⁷ -spezifisches Konzept primär entwickelt für ...	Grundbildung von Maturant/-innen	Unterstützung von Schulentwicklungsprozessen	Gestaltung und Reflexion situationsgerechter Lehr- und Lernprozesse	Förderung fachdidaktischer Forschung und Kultur
Es werden Qualitätskriterien (Orientierungsstandards) primär erarbeitet für ...	„gute Praxis“ bzgl. Auswahl und Begründung von Lerninhalten, -umgebungen und -aufgaben zur Grundbildung	„gute Praxis“ bzgl. Schulprogrammen bzw. Schwerpunktbildungen	„gute Praxis“ bzgl. situationsgerechter Lehr- und Lernprozesse	„gute Praxis“ bzgl. fachdidaktischer Praxisforschung

Tab. 1: Wichtige Aspekte der Differenzierung zwischen den Schwerpunktprogrammen von IMST²

Seit dem Schuljahr 2002/03 wurde zur besonderen Stärkung geschlechtsspezifischer Fragestellungen ein zusätzliches Subprojekt „Gender Sensitivity und Gender Mainstreaming“ eingerichtet. Damit sollen auf allen Ebenen des Projekts genderbezogene Fragen stärker beachtet werden als auch spezielle Unterstützungsangebote für Schulen geben, die sich für diese Thematik interessieren.

Seitens der österreichischen Mathematikdidaktik arbeiten bei IMST² Günther Malle (Leitung von S1-Mathematik), Helga Jungwirth (Leitung S3 und Gender), Willibald Dörfler und Günther Ossimitz (Leitung S4) sowie Konrad Krainer (Projektleitung) durchgängig am Projekt mit. Im Frühjahr 2004 hat Stefan Götz die Koordination des Regionalen Netzwerks IMST²-Wien übernommen. Im Wissenschafts- und Praxisbeirat des Projekts sind mit Werner Blum (Kassel) ein wichtiger Exponent der deutschsprachigen und internationalen Mathematikdidaktik und mit Helmut Heugl ein fachdidaktisch und bildungspolitisch kompetenter Schulaufsichtsbeamter vertreten. In die Evaluation von IMST² sind bzw. waren unter anderem die deutschen

⁶ Mit dem Wort „primär“ wird angedeutet, dass die in der jeweiligen Spalte angegebenen Aspekte eine zentrale Rolle spielen, allerdings auch durchaus in anderen Spalten wichtig sein könnten.

⁷ MNU steht für Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht.

Fachdidaktikprofessor/-innen Andrea Peter-Koop (Oldenburg), Heinz Steinbring (Dortmund) und Jörg Voigt (Münster) eingebunden.

Die zentrale Interventionsidee von IMST² besteht darin, auf allen Ebenen *Reflexion und Vernetzung* (vgl. u.a. Krainer 2003) zu fördern. Unter Bezugnahme auf Arbeiten zur Gestaltung von Mathematikunterricht (vgl. Krainer 1993) und zur Professionalität im Lehrberuf (vgl. Altrichter & Krainer 1996) sowie in Anlehnung an den Begriff der „lernenden Schule bzw. Organisation“ (vgl. u.a. Marx & Van Ojen 1992) wird hier der allgemeinere Begriff des „lernenden Systems“ eingeführt. Darunter wird ein soziales System verstanden, in welchem die Interaktion der Akteure von folgenden vier Dimensionen geprägt wird:

- *Aktion*: Bereitschaft und Kompetenz zu experimentierender, konstruktiver und zielgerichteter Arbeit.
- *Reflexion*: Bereitschaft und Kompetenz zu (selbst)kritischer und das eigene Tun systematisch hinterfragender Arbeit.
- *Autonomie*: Bereitschaft und Kompetenz zu eigeninitiativer, selbstorganisierter und selbstbestimmter Arbeit.
- *Vernetzung*: Bereitschaft und Kompetenz zu kommunikativer, kooperativer und öffentlich wirksam werdender Arbeit.

Die vier Dimensionen sind bewusst *abstrakt* gewählt, um sie für die Betrachtung verschiedener sozialer Kontexte – z.B. dem Mathematikunterricht in einer bestimmten Klasse oder einem speziellen Lehrerbildungsprogramm – anwenden zu können.

Wenn es etwa um Unterricht geht, dann bezieht sich die Dimension „*Autonomie*“ zumeist auf jene von einzelnen Lernenden. Bei der Dimension „*Vernetzung*“ geht es darüber hinaus um die Frage, wie es den Lernenden gelingt, ihr Denken und Handeln mit den anderen Lernenden (sowie der Lehrperson) zu verknüpfen. Es kann aber auch um autonom arbeitende Schülergruppen und darum gehen, wie der Austausch zwischen den Gruppen organisiert wird. Mit der Dimension „*Aktion*“ wird beschrieben, welche konkrete Aktivität – z.B. eine spezielle Gruppenarbeit zum Thema „Sinussatz“ – betrachtet wird. Unter „*Reflexion*“ wird alles subsummiert, das sich auf ein kritisches Hinterfragen dieser Aktivitäten bezieht, z.B. eine Diskussion über die Bedeutung des Sinussatzes oder das Lösen von Aufgaben, in denen überprüft wird, welche Aspekte des Sinussatzes beherrscht werden.

Aktion und Reflexion wie auch Autonomie und Vernetzung sind Dimensionspaare, die sowohl eine *Einheit* als auch ein *Spannungsfeld* ausdrücken. Zum einen können die Dimensionspaare einander sinnvoll ergänzen. So vermag eine qualitätsvolle Reflexion den Spielraum für zukünftige Aktionen erhöhen, die ihrerseits wieder ein fruchtbares Feld für Nachdenkprozesse sein können. Die Vernetzung von eigenem Denken und Handeln mit jenem von anderen kann sowohl die Leistung eines Teams, einer Organisation, etc. erhöhen als auch die eigene Arbeit verbessern helfen, die ihrerseits wieder Ausgangspunkt für qualitätsvolle Vernetzungen sein können. Zum anderen geht es auch um Spannungsfelder, nämlich die Differenz zwischen dem Handeln und dem Innehalten (vom Handeln) sowie zwischen dem Denken und Handeln eines Teils eines sozialen Systems (Autonomie einer Einzelperson, Gruppe, ...) und jenem der Gesamtheit dieses Systems (Vernetzung innerhalb einer Gruppe, Organisation, Gesellschaft).

Insgesamt können Aktion und Reflexion sowie Autonomie und Vernetzung als *komplementäre Dimensionen* gesehen werden, die – abhängig vom sozialen Kontext –

in einer gewissen Balance gehalten werden sollen. Während manchmal individuelles Handeln ohne viel Reflexion und Vernetzung mit anderen nötig ist, kann in anderen Situationen gerade ein Innehalten und gemeinsames Reflektieren über geleistete Aktivitäten sinnvoll sein.

Die komplexe Interaktion in einem „lernenden System“ soll anhand eines Beispiels verdeutlicht werden. Im Mathematikunterricht geht es primär um die aktive Auseinandersetzung der Schüler/-innen mit der Mathematik. Die Lehrperson unterstützt diesen Lernprozess. Wissen wird nicht als „vermittelbar“ oder (käuflich) „erwerbbar“ gesehen, sondern als etwas, das selbstständiges Konstruieren (Auf- und Weiterbauen eigener Wissensstrukturen) erfordert, aufbauend auf dem vorhandenem Vorwissen und der durch gemeinsames Interagieren in der Klasse oder sonstigen Lernumwelten angereicherten Vorstellungen und Ideen. Neben qualitätsvollen autonomen Aktionen der Schüler/-innen geht es vor allem auch darum, dass ausreichend Gelegenheit zu Reflexion und Vernetzung besteht. Aber auch für die Lehrperson gilt es, neben der Gestaltung des Unterstützungsprozesses diesen zu evaluieren und zu reflektieren. Im günstigen Falle können Kolleg/-innen einbezogen werden, als Beobachter/-innen, Rückmeldende oder einfach als „kritische Freunde“ bei der Reflexion des Geschehens.

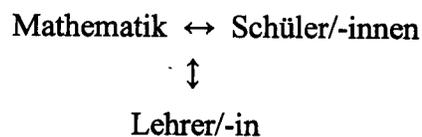


Abb. 1: Doppelrolle der Lehrer/-innen: Unterstützung der aktiven Auseinandersetzung der Schüler/-innen mit der Mathematik sowie eigenes Lernen durch Beobachtung und Reflexion

Der horizontale Doppelpfeil in der Zeichnung (Abb. 1) soll andeuten, dass nicht nur die Schüler/-innen von der Mathematik beeinflusst werden, sondern etwa das Bild von Mathematik an einer Schule auch wesentlich davon geprägt wird, welche Tätigkeiten die Schüler/-innen in ihrem Unterricht bzw. im Rahmen von schulinternen Präsentationen (von Mathematikprojekten etc.) durchführen. Die Lehrperson ist bewusst „unten“ positioniert, um die „Unter-Stützungs-Funktion“ deutlich hervorzuheben. Der Pfeil ist aber nicht nur nach oben sondern auch nach unten gerichtet, weil die Phasen selbstständiger Arbeit den Lehrpersonen Gelegenheit bieten, den Lernprozess der Schüler/-innen zu beobachten, zu besprechen, daraus selbst zu lernen und Veränderungen vorzunehmen. Damit werden auch die Lehrenden zu Lernenden. Dieses Lernen der Lehrperson kann sich auf das Lernen einer Fachgruppe auswirken, indem ihre Erfahrungen zum Ausgangspunkt von gemeinsamen Reflexionen werden können. Aber auch die Schüler/-innen können, wenn sie das didaktische Design (viel Raum für Reflexion und Vernetzung) als für sie gewinnbringend einschätzen, es in anderen Lernzusammenhängen gewinnbringend einsetzen. Es kann also so etwas wie Modelllernen stattfinden. Durch die Betonung von Reflexion und Vernetzung besteht also die erhöhte Chance, dass nicht nur die unmittelbar Interagierenden vielfältig lernen, sondern sich das Lernen auf weitere Um- und Mitwelten ausbreitet. Der Schlüssel liegt in der „systemerweiternden“ Dimension von Reflexion und Vernetzung, da diese über die oftmals dominante Zentrierung auf die autonome Aktion hinausweisen. In „lernenden Systemen“ wird von- und miteinander gelernt, aber es wird auch ein

Grundstein dafür gelegt, dass sich dieses Lernen mit anderen „lernenden Systemen“ verknüpft und zur Weiterentwicklung aller Systeme beitragen kann.

Einige Interventionsannahmen von IMST²

Ansetzen an der Unterstützung von Teams

Lehrer/-innen spielen bei der Weiterentwicklung der Qualität von Unterricht eine zentrale Rolle: „*However, there does seem to be one common element in successful educational improvement everywhere: teachers are deeply involved in figuring out what high-quality science education actually looks like at classroom and school level if significant changes take root.*“ (Atkin & Black 1997, S. 28). IMST² setzt hierbei vor allem bei *Lehrerteams* an. Diese Annahme wird getragen von vielfältigen Praxiserfahrungen und Forschungsergebnissen, die belegen, dass einzelne Lehrpersonen durch Lehrerfortbildung oder andere Professionalisierungsinitiativen zwar häufig ihren eigenen Unterricht weiterentwickeln können, aber eine Auswirkung auf die ganze eigene Fachgruppe oder Schule zumeist nicht geschieht (vgl. u.a. Loucks-Horsely u.a. 1998, S. 182; Borasi u.a. 1999, S. 75; Krainer 2001b). Da jedoch im Bildungssystem Innovationen noch oftmals von Einzelpersonen getragen werden und hier ein wertvolles Potenzial vorliegt, werden bei IMST² vor allem in S3 und S4 auch Projekte einzelner Lehrpersonen gefördert. Allerdings werden hier Anstrengungen unternommen, eine Ausweitung auf ein größeres Team an der Schule oder eine andere Form der Vernetzung und Breitenwirkung zu erzielen.

Ansetzen an Innovationen

Dem Begriff „Innovation“ kommt bei IMST² eine zentrale Rolle zu. Dies wird auch mit dem Projektnamen ausgedrückt. Innovationen werden als selbstverantwortete Anstrengungen zur Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung durch die in der Praxis Stehenden gesehen. In Anlehnung an Altrichter & Posch (1996, S. 179f) werden in folgender Tabelle (Tab. 2) eine statische und eine dynamische Sicht von Innovationen gegenüber gestellt:

	Statische Sicht	Dynamische Sicht
Innovationen werden erlebt als ...	von außen aufgedrängter Fremdkörper	von innen gewünschte und sinnvolle Selbstentfaltung
.. und damit eher als ...	Bedrohung	Chance
Bestehendes wird durch Innovationen ...	entwertet (ansonsten müsste nichts „verbessert“ werden)	in natürlicher Weise weiterentwickelt
Innovationen sind ...	einmalige Ereignisse, die zu einem Endprodukt führen	kontinuierliche Prozesse, ggf. mit Zwischenstufen
Die Bereitschaft zu Innovationen ist ...	kein durchgängiges Merkmal des Systems	ein integrales Merkmal des Systems

Tab. 2: Sichtweisen von Innovation

Vielfältige Konzepte „guter Praxis“

Es wird keine „beste Praxis“ angenommen, die den Lehrenden nur noch im Sinne einer einfachen Implementationsstrategie „beigebracht“ werden müsse. Dem gegenüber wird bei IMST² von einer Vielfalt an Konzepten „guter Praxis“ ausgegangen, an deren Entwicklung die Betroffenen aktiv mitwirken müssen, unterstützt von Expert/-innen, die wissenschaftliche – insbesondere fachdidaktische – Erkenntnisse einbringen. Es werden

Beiträge zur Professionalisierung von Lehrer/-innen geleistet, erforscht und im Sinne neuer Erkenntnisse wieder in den Unterstützungsprozess eingespeist.

Vielfältige Anknüpfungspunkte und ownership

Es wird davon ausgegangen, dass aufgrund der Unterschiedlichkeit der Kontexte der einzelnen Schulen vielfältige Gelegenheiten zu schaffen sind, um den Adressaten genügend attraktive Anknüpfungspunkte für eine Mitarbeit am Bildungsnetzwerk zu bieten. Daher werden bei IMST² die Mitarbeitsmöglichkeiten bewusst flexibel gehalten: *a) inhaltlich*: Möglichkeit der Mitarbeit an vier Schwerpunktprogrammen und im Subprojekt Gender; *b) fachlich*: Möglichkeit der Mitarbeit in vier Fachgruppen (Biologie & Umweltkunde, Chemie, Mathematik und Physik, teilweise auch Informatik und Geographie) oder in einem interdisziplinären Team; *b) Intensität*: Möglichkeit der Mitarbeit in vier Intensitätsgraden (als Informations-, Kontakt-, Kooperations- oder Schwerpunktschule; bei letzteren dreien werden Kooperationsvereinbarungen mit der Schule unterzeichnet). Die Teilnahme von Schulen und Lehrkräften am Projekt ist freiwillig. Es wird davon ausgegangen, dass nachhaltige Veränderungen nur unter aktiver Mitwirkung der Beteiligten möglich sind und dass Innovationen Gestaltungsfreiheit und ownership bedürfen (vgl. u.a. Fullan 1993, S. 21-41). Initiativen, die auf der Basis der Erfahrungen vor Ort und des spezifischen Kontexts entwickelt und evaluiert werden, passen besser zur lokalen Kultur und haben eine höhere Chance auf Erfolg. Analog zum Lernen der Schüler/-innen werden hier die Lehrer/-innen als Produzenten/-innen ihres Wissens gesehen.

Verschriftlichen von Innovationen

Das Sichtbarmachen und Verbreiten von professionellem Lehrerwissen ist eine weitere zentrale Strategie von IMST². Die schriftlichen Darstellungen der Innovationen erfüllen zumindest drei wichtige Funktionen: Sie bieten eine zusätzliche Reflexionsschleife für die Betroffenen; sie bieten die Gelegenheit, die Leistungen aller Beteiligten des Projekts nach außen zu dokumentieren und zu legitimieren; und sie bieten vor allem aber auch anderen Praktiker/-innen die Gelegenheit, über Innovationen von Kolleg/-innen zu erfahren und von diesen zu lernen. Vielfältige Erfahrungen (vgl. u.a. Krainer & Posch 1996) zeigen, dass das Verschriftlichen – selbst für viele erfahrene Praktiker/-innen – ein schwieriger Prozess ist, der sich aber – bei angemessener Unterstützung – letztlich häufig als sehr lohnend erweist.

4 Beispiel einer Innovation: Anwendung von Offenem Lernen bei der Erarbeitung neuer Stoffgebiete⁸

Eines der vier Angebote von IMST², im Rahmen derer sich Lehrerinnen und Lehrer direkte Unterstützung holen können, ist das *Schwerpunktprogramm „Lehr- und Lernprozesse“ (S3)*. Im Vordergrund steht die systematische Reflexion des eigenen

⁸ ... Andere Beispiele von mathematikbezogenen Projekten bei IMST² sind unter anderem: Schwerpunktbildung im M-NaWi-Info-Bereich (Weigl u.a.): Modellierung von Funktionen (TI-89/92); Extremwerte ganz verboten (Schmid-Zartner, Vortrag beim ÖMG-Lehrerfortbildungstag 2004); Reflexionspotential von Extremwertaufgaben; Genetischer Mathematikunterricht (Bernauer & Kuran); Wachstums- und Abnahmeprozesse; Mathematiklernen nicht nur im Mathematikunterricht (Höferer u.a.); Keimzahlbestimmung u. Futterrationberechnung; Schüler/-innen unterrichten Schüler/-innen (Drexler u.a.); Funktionen (12 Stationen, 8A unterrichtet 5B).

Unterrichts, wobei die Hilfestellung seitens IMST² vor allem darin liegt, die Lehrenden bei der Auswahl der Untersuchungsmethoden, bei der Auswertung der Daten und bei der Interpretation der Ergebnisse zu unterstützen. Ergebnisse dieser Aktionsforschungstätigkeit sind Innovationsberichte (vgl. u.a. Jungwirth 2002), in denen über die Fortschritte und Grenzen der Bemühungen um die Weiterentwicklung des eigenen Unterrichts reflektiert wird.

Ein IMST²-Innovationsbericht, der sich mit Lehr- und Lernprozessen im Mathematikunterricht auseinandersetzt, stammt von Maria Scharizer, einer Mathematiklehrerin an der Schule der Kreuzschwestern in Linz. Aus ihrer Studie im Schuljahr 2000/01 (in einer reinen Mädchenklasse, 9. Schulstufe) ging hervor, dass ihre Schülerinnen „*Offenes Lernen als sehr positiv erlebt haben*“ (Scharizer 2002, S. 3). Sie beschloss daher, auch im Schuljahr 2001/02 – wieder gemeinsam mit einem Mathematikkollegen ihres Gymnasiums – bei S3 mitzuarbeiten. Diesmal wollte sie das Offene Lernen in derselben Klasse (inzwischen 10. Schulstufe) beim Erarbeiten eines neuen Stoffgebiets einsetzen und dabei auch „*Erkenntnisse über die Schwierigkeiten beim eigenständigen Erarbeiten*“ (S. 4) gewinnen. Dieser neuerliche Versuch war ihr wichtig, zumal ein früherer Versuch in dieser Klasse nicht erfolgreich verlief, weil ein Großteil der Schülerinnen überfordert war. Die positive Einstellung der Schülerinnen gegenüber der Methode bewog sie jedoch dazu, es noch einmal zu versuchen.

Scharizer (2002, S. 4) beschreibt ihren Ansatz so: „*Die zentralen Ideen des Offenen Lernens sind, die Selbstständigkeit, das Lernen aus eigener Verantwortung, die Selbsttätigkeit zu fördern und individuelle Entwicklungsziele zuzulassen. Es ermöglicht aktives Lernen – „learning by doing“ – in wechselnden Sozial- und Arbeitsformen. Die Schülerinnen entnehmen einem Arbeitsplan Arbeitsaufträge, die Pflichtaufgaben und eventuell freiwillige Zusatzaufgaben umfassen. Die Arbeitsaufträge können der Erarbeitung von Neuem, der Erweiterung, der Wiederholung und der Übung dienen. Die verwendeten Materialien ermöglichen es den Schülerinnen weitgehend, ihre Arbeitsergebnisse selbst zu überprüfen.*“

Als Stoffkapitel wählte sie die Trigonometrie, da sie hier gute Möglichkeiten für Offenes Lernen sah und teilweise bereits Arbeitsblätter und Karteikarten hatte. Insgesamt wurden die vier Kapitel „Definition der Winkelfunktionen“ (3 Unterrichtseinheiten à 50 Minuten), „Berechnungen am rechtwinkligen Dreieck“ (2 UE), „Erarbeitung des Sinussatzes“ (1 UE) und „Lösen von Vermessungsaufgaben“ (3 UE) mit dieser Unterrichtsmethode behandelt. Die Schülerinnen arbeiteten jeweils in Zweiergruppen, wobei sie deren Zusammensetzung nach dem Prinzip „gleichwertige mathematische Fähigkeiten“ vorgab, um schlechtere Schülerinnen nicht zu demotivieren. Der Überprüfung des Lernfortschritts wurde großes Augenmerk geschenkt. So sah der Arbeitsplan vor, dass die Kontrolle der Arbeitsblätter durch die Lehrerin, die Kontrolle der frei wählbaren Beispiele auf Karteikarten durch die Schülerinnen selbst erfolgte.

Zur Erhebung der Daten wurden zwei Methoden angewandt. Erstens wurden beim Erarbeiten der Definitionen der Winkelfunktionen die Gespräche dreier Schülerinnen auf Tonband aufgenommen (wobei allerdings nur eine einzige Aufzeichnung vollständig auswertbar war). Zweitens wurden nach Abschluss der Berechnungen am rechtwinkligen Dreieck die Schülerinnen gebeten, schriftliche

Rückmeldungen darüber zu geben, wie sie das Offene Lernen empfunden haben und sowohl positive als auch negative Aspekte formulieren.

Die schriftliche Rückmeldungen zeigten, dass die Schülerinnen diese Form des Arbeitens als „sehr positiv erlebt“ haben. Es hat z.B. folgende Aussagen gegeben: *„Ich finde Offnes Lernen sehr gut, weil ich in meinem Tempo arbeiten kann.“*; *„Beim Offenen Lernen brauche ich etwas länger, aber ich habe es dann auch wirklich verstanden.“*; *„Mir gefällt Offenes Lernen, da ich bei Schwierigkeiten Hilfe bekomme, ohne vor der ganzen Klasse fragen zu müssen.“*; *„Offenes Lernen macht mehr Spaß.“* (S. 6)

Das Abhören der Tonbänder empfand die Lehrerin als sehr aufschlussreich, da sie dadurch *„die spontanen Äußerungen und Überlegungen“* (S. 6) mitbekommen habe. In ihrem Innovationsbericht geht sie vor allem darauf ein, welche Probleme die Schülergruppen hatten und in welcher Form eine Hilfestellung ihrerseits erfolgte. Dem Bericht geht hervor, dass sich die Lehrerin bemühte, auch bei offenen Einladungen zu direkter Hilfe wie etwa *„Was sollen wir hier tun?“* (S. 6) keine fertigen Antworten zu geben. Anstelle dessen versuchte sie, das selbstständige Lernen der Schülerinnen durch kleine Hinweise wie *„Genau lesen“* oder gezielte Fragen wie etwa *„... was bedeutet es, dass die Seitenverhältnisse gleich sind?“* (S. 6) zu intensivieren. Besonders erfreulich empfand die Lehrerin ein spontanes Erfolgserlebnis zweier Schülerinnen beim Erkennen von Zusammenhängen, die in der Aussage *„I glaubs net, I hab des kapiert!“* mündete. Hervorhebenswert war für die Lehrerin auch eine Passage, in der eine Schülerin darin erfolgreich war, ihrer Kollegin durch überzeugende Argumentation einen mathematischen Satz so zu erläutern, sodass sich deren ursprüngliches Gefühl *„... I check des net!“* (S. 7) offenbar in sinnerfülltes Verstehen verwandelte.

Die Lehrerin resümierte, *„dass manche Schülerinnen viel stärker aus sich herausgegangen sind und mehr zu Lösungen beigetragen haben, als sie es sonst beim gemeinsamen Erarbeiten in der Klasse getan haben“* (S. 7). Außerdem hätten bei dieser Form des Arbeitens auch schwächere Schülerinnen Erfolgserlebnisse gehabt und seien dadurch motiviert worden. Sie hebt hervor, dass das eigenständige Erarbeiten mit Hilfe von Arbeitsblättern geübt werden müsse, nach einer gewissen Gewöhnungsphase stelle aber diese Form des Arbeitens für die Schülerinnen keine besondere Schwierigkeit dar. Ein Gegenstand der Analyse der Lehrerin waren auch die von ihr verwendeten Arbeitsblätter, die sie aus Unterlagen von einem Seminar über Offenes Lernen entnommen hatte. Ihre Kritik, die auch in konkrete Änderungsvorschläge mündete, bezog sich vor allem auf die mangelnde Klarheit der Arbeitsanweisungen in den Aufgabenstellungen.

Die Lehrerin hat ihre Erkenntnisse auch in einer Sitzung der schulinternen Arbeitsgemeinschaft „Mathematik“ vorgestellt. Dieser Input hatte einen stimulierenden Effekt auf die ganze Gruppe (S. 8): *„Die KollegInnen zeigten sich daran interessiert, und die Kolleginnen der nächstjährigen 6.Klassen werden vielleicht meine Unterlagen in ihren Klassen einsetzen und mir ihre Erfahrungen mitteilen. Dadurch könnten Mängel besser erkannt werden und eine Optimierung der Unterlagen erreicht werden.“*

Die Lehrerin hebt auch hervor, dass ihre Arbeit im S3-Projekt von der Direktion sehr begrüßt werde und auch eine Information des Schulgemeinschaftsausschusses über die Mitarbeit an diesem Projekt erfolgt sei. Weiters hat sich an der Schule unter ihrer Mitwirkung eine Dreiergruppe von Mathematiklehrern gebildet, die gegenseitige Unterrichtsbesuche mit Vor- und Nachbesprechungen durchführen.

Aktion, Reflexion, Autonomie und Vernetzung als Deutungsrahmen

Die von der Lehrerin durchgeführten Untersuchungen haben zu einigen *Erkenntnissen und Konsequenzen* geführt. Auf ihre Ausgangsfrage, ob ihre Klasse mittels Offenem Lernen auch ein neues Stoffgebiet erarbeiten könne, hat sie eine überwiegend positive Antwort erhalten. Als Indikatoren dienen zum Beispiel auf fachlich-kognitiver Ebene Beobachtungen von erfolgreichen Argumentationen und Problemlösungen seitens der Schülerinnen, auf affektiver Ebene eine hohe Motivation und Zufriedenheit mit der Arbeitsform und auf sozialer Ebene steigende Kompetenzen im selbstständigen Arbeiten. Der Lehrerin sind förderliche und hemmende Rahmenbedingungen bewusster geworden, auf die sie in Zukunft noch stärker achten kann. Sie hat Anregungen zur Verbesserung von Unterrichtsmaterialien erarbeitet, die von anderen genutzt werden können. Ihre Erfahrungen sind in ihre Fachgruppe eingeflossen und es hat sich eine Dreiergruppe gebildet, die sich gegenseitig im Unterricht besucht.

Was sind die Hintergründe für das erfolgreiche Lernen der Schülerinnen und der professionellen Weiterentwicklung der Lehrperson? Im Folgenden soll anhand der vier Dimensionen Aktion, Reflexion, Autonomie und Vernetzung auf Spurensuche gegangen werden.

Zunächst zum *Unterricht*: Hinsichtlich der Dimensionen Aktion und Reflexion ist hervor zu heben, dass es eine aufwändige Vorbereitung seitens der Lehrperson gab, die von den Schülerinnen nicht nur zielgerichtetes Tun abverlangten sondern diese durch Lernzielkontrollen auch zu Reflexionen herausforderten, inwiefern das angepeilte Wissen erreicht sei. Auch Hilfestellungen seitens der Lehrperson bzw. gegenseitige Erklärungen unter den Schülerinnen förderten den kritisch prüfenden Charakter des Lernprozesses und damit das produktive Zusammenspiel von Aktion und Reflexion. Die Dimension Autonomie wurde durch die selbstständige Anlage der Lernprozesse gefördert, es gab aber vor allem in den Zweiergruppen genügend Gelegenheit, das Wissen mit anderen auszutauschen und durch Anregungen seitens der Lehrerin anzureichern. Diese Vernetzungen ihrerseits trugen – auf kognitiver, affektiver und sozialer Ebene – wieder zur Stärkung der eigenen Kompetenzen bei. Um auf den Titel des Beitrags zurück zu kommen: Das selbstständige Lernen hat gerade deshalb entsprechende Wirkungen erbracht, weil es auch in gemeinsame und kritisch prüfende Anstrengungen eingebettet war.

Inwiefern haben die Aktivitäten der Lehrerin im Rahmen von IMST²-S3 zur ihrer *professionellen Weiterentwicklung* beigetragen? Die Besonderheit der Erprobung des Offenen Lernens lag darin, dass die Durchführung von einer zweifachen Datenerhebung und einer darauf aufbauenden Evaluation des Versuchs begleitet war. Die laufenden Reflexionen haben natürlich auch zu einer höheren Qualität der Aktionen geführt. Der Unterrichtsversuch betraf zwar die Weiterentwicklung ihres eigenen Unterrichts, durch die Hilfestellung „kritischer Freunde“ – wie etwa die IMST²-Betreuerin oder den Fachkollegen an der Schule – gab es allerdings genügend externe Anregungen und Möglichkeiten, von anderen zu lernen. Das Verschriftlichen der Erfahrungen zu einem Bericht (der auch für Außenstehende einen Nutzen haben soll) sowie das Einbeziehen von Literatur über Erfahrungen anderer mit der Durchführung offenen Lernens waren zusätzliche Gelegenheiten für Reflexion und Vernetzung. Die Sitzung in der Arbeitsgemeinschaft Mathematik kann als direkte Förderung professioneller Reflexion und Vernetzung innerhalb der Fachgruppe gesehen werden, was natürlich die Chance

erhöht, dass daraus gemeinsame Aktionen – wie etwa gegenseitige Unterrichtsbesuche – hervor gehen.

Wenn nun bei einer Tagung, bei einem Fortbildungslehrgang oder in einer Schulkonferenz über eine solche Aktivität berichtet und diskutiert wird, so bietet dies wieder Anlässe für Reflexion und Vernetzung, der allen Beteiligten – im Sinne neuer autonomer Denk- und Handlungsspielräume einen Nutzen – verspricht. So gesehen steckt im Fördern und Sichtbar-Machen von „guter Praxis“ durch Reflexion und Vernetzung ein Potenzial, das in Zukunft noch stärker genutzt werden könnte.

5 Evaluation von IMST²

Evaluation ist ein integraler Bestandteil des Projekts IMST². Es werden *sechs Handlungsfelder* (Unterricht, Lehrerteams, Einzelschule, Schwerpunktprogramm, Gesamtprojekt und Bildungssystem) sowie *drei Funktionen von Evaluation* unterschieden (vgl. ausführlicher in Specht, Lesjak und Krainer 2002):

Die *prozessorientierte Evaluation* soll in einem permanenten Rückkoppelungsprozess Steuerungsinformationen für die Leitung des Projekts und seine Subbereiche liefern, dadurch den Projektablauf unterstützen und die Weiterentwicklung des Gesamtansatzes und der Schwerpunktprogramme stimulieren. Eine wichtige Rolle bei dieser Form der Evaluation spielt der Wissenschafts- und Praxisbeirat, dem neben Vertreter/-innen der Praxis, der Bildungsadministration und der Wirtschaft u.a. auch drei Fachdidaktiker/-innen (Werner Blum, Reinders Duit und Peter Labudde) angehören. Im Beirat werden kontinuierlich Zwischenbilanzen gezogen und Zukunftsperspektiven diskutiert. Weitere wichtige Formen der prozessorientierten Evaluation waren eine Eingangserhebung an den Schulen, in der u.a. die Motive für die Mitarbeit erhoben wurden sowie je eine Interviewserie im ersten und vierten Projektjahr mit Mitarbeiter/-innen des Projekts IMST², um Erfolge und kritische Punkte aus interner Sicht zu beleuchten.

Die *ergebnisorientierte Evaluation* soll erheben und dokumentieren, welche Wirkungen in den verschiedenen Handlungsfeldern durch das Projekt erzeugt worden sind. Zu den Maßnahmen im Rahmen dieser Form der Evaluation zählen u.a. die in den Innovationsberichten verdichteten Selbstevaluationen der Schulen, die Dokumentenanalysen der Innovationsberichte (spezifisch in den einzelnen Schwerpunktprogrammen als auch vergleichend über alle Berichte durch eine von der Leitung beauftragte Wissenschaftlerin), acht Professionalisierungsstudien und eine extern durchgeführte Fragebogenerhebung, in der Wahrnehmungen und Einschätzungen aus der Sicht der beteiligten Schulen bezüglich IMST² erhoben wurden. Diese Studie (vgl. u.a. Specht 2003) zeigt, dass die Rezeption der Beteiligten „*mehr als positiv*“ (S. 13) ist. IMST² wird als wichtige, hilfreiche und wirksame Unterstützungsstrategie eingeschätzt, insbesondere im Bereich der „*professionellen Entwicklung der beteiligten Lehrpersonen*“. Während sich bezüglich dieser Kategorie bei den von IMST² nicht betreuten Schulen (Informations- und Kontaktstatus) ein Durchschnittswert von 5,1 auf einer neunteiligen Skala (1 = sehr geringer Nutzen; 9 = sehr hoher Nutzen) ergab, lag jener der von IMST² betreuten Schulen (Kooperations- und Schwerpunktstatus) bei 7,4. Die größte positive Veränderung durch IMST² wird darin gesehen, dass es „*mehr Innovationsbereitschaft und Experimentierfreude bei der Unterrichtsgestaltung*“ gibt. Auch hier ist der Unterschied zwischen nicht betreuten und betreuten Schulen beträchtlich und ist ein Indikator dafür, dass die Mitwirkung bei IMST² den Lehrer/-innen einen deutlichen Mehrwert bringt. Dem gegenüber kommen als problematisch

eingeschätzte Veränderungen erheblich seltener vor. Einzig „erhöhte Arbeitsbelastung“ wird häufiger genannt, allerdings scheint dies mehr ein allgemeines denn ein IMST²-spezifisches Phänomen zu sein, da es hier fast keinen Unterschied zwischen betreuten und nicht betreuten Schulen gibt.

Die *erkenntnisorientierte Evaluation* soll theoretisches und praktisches Wissen darüber liefern, wie Innovationen in Unterricht und Schule in Zukunft fruchtbarer und wirksamer gestaltet und unterstützt werden können. Hier wird vor allem nach Beendigung des Projekts zu prüfen sein, inwiefern sich der Innovationsansatz von IMST² und dessen Schwerpunktprogrammen und seinem Gender-Subprojekt bewährt hat. Als wichtiger Zwischenschritt ist eine Wissenschaftswerkstatt im Juni 2004 geplant, an welcher externe Experten (Titus Guldemann, Uwe Hameyer, Norbert Maritzen, Horst Schecker, Heinz Steinbring und Jörg Voigt) mitwirken werden.

6 Das Unterstützungssystem IMST3

Neben der Unterstützung von Innovationen an Schulen hat das Projekt IMST² eine Reihe weiterer Impulse gesetzt. Hervorzuheben aus einer Vielzahl an Veranstaltungen ist die Tagung „Innovationen im Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht“, die im Oktober 2003 an der Universität Salzburg stattfand. Es nahmen rund 230 Lehrer/-innen und Fachdidaktiker/-innen aus ganz Österreich teil. Die Tagung soll zu einer jährlichen Einrichtung werden und rotierend in verschiedenen Bundesländern stattfinden. Der neue Oberstufenlehrplan an Allgemeinbildenden Höheren Schulen in Österreich ist unter maßgeblicher Beteiligung von IMST² erstellt worden. Er zeichnet sich u.a. durch eine stärkere Vernetzung der Mathematik und der Naturwissenschaften und dem Einfließen des in IMST² entwickelten Grundbildungskonzepts aus. Im Bereich der Chemie wurden erstmals Vernetzungstreffen der österreichischen Fachdidaktiker/-innen organisiert, auch Impulse zur Stärkung der Mathematik- und Physikdidaktik wurden gesetzt. So konnte z.B. der Arbeitskreis „Mathematikunterricht und Mathematikdidaktik in Österreich“ der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik über IMST² in die Entwicklung von Bildungsstandards für die 8. Schulstufe eingebunden werden. Mit der Etablierung des Regionalen Netzwerks IMST² Steiermark im Schuljahr 2003/04 ist ein erster Schritt in Richtung regionaler Verbreitung erfolgt. Weitere Netzwerke in den Bundesländern Oberösterreich, Tirol und Wien sind in Planung. Für die mediale Verbreitung der in IMST² durchgeführten Initiativen sorgen vor allem die Homepage (www.imst.uni-klu.ac.at) sowie ein vierteljährlich erscheinender Newsletter, der ab März 2004 eine Auflage von 14 000 Stück hat.

Alle diese Bemühungen wären allerdings ziemlich vergebens, wenn es nicht gelänge, die entstandene Dynamik nachhaltig zu sichern. Von Anfang an wurde daher das Ziel verfolgt, auf das mit September 2004 endende Projekt IMST² ab Oktober nahtlos ein institutionalisiertes *Unterstützungssystem IMST3* für den Mathematik-, Naturwissenschafts- und Informatikunterricht (MNI) folgen zu lassen. Damit soll die Kontinuität der bei IMST² begonnen Bemühungen gesichert und auf eine strukturell stärkere Basis gestellt werden. Über mehrere Reflexionsschleifen mit vielen Betroffenen wurde ein Konzept für ein Unterstützungssystem IMST3 (2004-2020) entwickelt. Das Konzept sieht u.a. eine enge Verzahnung der drei wichtigen Systemebenen – lokale Ebene (Schulen), regionale Ebene (Einrichtungen der Bundesländer) und nationale

Ebene (zentrale Einrichtungen) – vor und versucht fachbezogene, fachübergreifende Aufgaben und Steuerungsaufgaben aufeinander zu beziehen.

Insgesamt wurden *sieben zentrale Maßnahmen* ausgearbeitet:

(1) Zur Verbesserung der schulinternen Organisation fachlichen Unterrichts ist die Institutionalisierung von Fachteams unverzichtbar. Dazu ist vor allem eine Aufwertung der *Fachkoordinator/-innen* erforderlich.

(2) Entsprechend geht es auf regionaler Ebene um die Aufwertung der *Arbeitsgemeinschaftsleiter/-innen*. Sie erfüllen u.a. wichtige Aufgaben bei der regionalen Koordination des professionellen Erfahrungsaustauschs und bei der Organisation fachlicher und fachdidaktischer Fortbildung.

(3) Die an den Universitäten einzurichtenden *regionalen Zentren für Lehrerbildung, Fachdidaktik und Schulentwicklung* sollen eine wissenschaftlich fundierte Lehrerausbildung, praxisrelevante Formen der Förderung von Professionalisierung und Schulentwicklung an Schulen, fachdidaktische Forschung und die damit verbundene systematische Förderung wissenschaftlichen Nachwuchses in den Fachdidaktiken sicherstellen.

(4) Die Einrichtung neuer bzw. Aufwertung bestehender *regionaler Netzwerke* in allen Bundesländern soll dazu beitragen, den fachbezogenen und fächerübergreifenden Erfahrungsaustausch sowie pädagogische und fachdidaktische Fortbildung zu fördern und Schwerpunktbildungen an Schulen im MNI-Unterricht zu unterstützen.

(5) Neu einzurichtende *nationale Kompetenzzentren für Fachdidaktik* sollen der wissenschaftlichen Grundlagenforschung, der Planung, Durchführung und Evaluation innovativer Forschungs- und Entwicklungsprojekte, der österreichweiten Organisation von Vernetzung zwischen den Fachdidaktiken, der Durchführung bundesweiter Doktorandenprogramme und der systematischen Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses dienen.

(6) Zur rasch wirksamen Stimulierung von Innovationen im MNI-Unterricht und in der Lehrerausbildung dieser Fächer sowie zur Förderung schulbezogener fachdidaktischer Forschung – unter besonderer Berücksichtigung von Nachwuchswissenschaftler/-innen – soll ein *Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung* eingerichtet werden.

(7) Die institutionelle Basis des Unterstützungssystems soll ein *Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung* bilden, das in den ersten Jahren die Institutionalisierung und Evaluation des Unterstützungssystems operativ steuert. Das Zentrum dient langfristig der empirischen Schulforschung, der Forschungsreflexion, der Planung, Durchführung und Evaluation interdisziplinärer Pilotprojekte, der Stärkung regionaler Netzwerke und der Qualifizierung von Multiplikator/-innen durch spezifische Professionalisierungsprogramme.

Zu einigen dieser Maßnahmen liegen erste Konkretisierungsschritte bzw. Finanzierungszusagen vor.

7 Resümee: Unterstützung der Schulpraxis durch Stärkung von Fachdidaktik und Schulentwicklung

Die Projekte IMST und IMST² sowie das geplante Unterstützungssystem IMST³ sind Beispiele für in Österreich in den letzten Jahrzehnten stattgefundene Veränderungen in der *Konzeption von Bildungsforschung*. Diese sind gekennzeichnet durch folgende Merkmale (vgl. Krainer & Posch 2000, S. 37):

- Die Forschung ist anwendungsorientierter geworden.
- Sie wird in höherem Maße als dies in der Vergangenheit der Fall war, in den Dienst der Weiterentwicklung des Systems gestellt.
- Die Bedeutung der Berufspraktiker/-innen als Beteiligte im Forschungsprozess ist gewachsen.
- Es ist ein methodischer Pluralismus entstanden, in dem unterschiedliche Ansätze – zum Teil im selben Projekt – nebeneinander akzeptiert werden (eher quantitative neben eher qualitativen Methoden, traditionelle empirische Designs neben Aktionsforschung usw.).
- Die Forschung zeigt vermehrt ein Ineinandergreifen pädagogischer und fachdidaktischer Fragestellungen.
- Die Forschung ist "systemischer" geworden: d.h. sie beachtet in höherem Maße als früher die Perspektive der wichtigsten Akteure innerhalb des Systems (Lehrer/-innen, Schüler/-innen, Eltern, Schulleitung, gesellschaftliche Stakeholders, Verwaltung, Schulen, Ausbildungsinstitutionen, u.a.).
- Die Kommunikation zwischen den an der Forschung Beteiligten innerhalb von Österreich und auch international ist intensiver geworden. Dazu haben nicht zuletzt auch die Vorgaben für internationale Projekte beigetragen.
- Es werden vermehrt Bezüge zwischen der Forschung und der Lehrerbildung und insbesondere der Lehrerfortbildung hergestellt und wechselseitig genutzt.
- Es gibt vermehrt Projekte, in denen sowohl die Weiterentwicklung von Individuen (unterrichtliches Lernen), von Organisationen (Lernen von Schulen) und des ganzen Bildungssystems (Lernen seitens der Schulbehörde, der Gesellschaft, ...) reflektiert wird.
- Schließlich und nicht zuletzt wurde Forschung in zunehmendem Maße als Steuerungsinformation für bildungspolitischen Entwicklungen verstanden und genutzt, zumindest in jenen neueren Sektoren (wie z.B. Qualitätsevaluation), in denen sich ideologische Fixierungen noch nicht stark entwickelt haben.

Die Forschung ist also anwendungsorientierter, interventiver, methodenpluralistischer, systemischer, internationaler und nicht zuletzt bildungspolitisch steuerungsrelevanter geworden.

Die drei Initiativen sind Beispiele für die *Annäherung zwischen Bildungspraxis, Bildungsforschung und Bildungspolitik*. Sie entspringen einem deutlichen Interesse seitens der Bildungspolitik, im Bereich MNI-bezogener Bildung zu investieren und die Maßnahmen in enger Kooperation mit wissenschaftlicher Forschung und Entwicklung zu setzen. Der primäre Nutzen gilt der Weiterentwicklung der Praxis an den Schulen und in weiterer Folge an den Lehrerbildungsinstitutionen. Die Steigerung der Qualität von Unterricht und Lehre trägt langfristig zu mehr und besser ausgebildeten Absolvent/-innen an Schulen, Hochschulen und Universitäten bei. Insgesamt ergeben sich dadurch aber auch Impulse für Forschung und Entwicklung in Wissenschaft und Wirtschaft. Gezielte Investitionen in Bildung sind wohl die beste nachhaltige Strategie, die friedliche, demokratische, sozio-ökonomische und kulturelle Entwicklung eines Staates zu fördern. Der erwartbare Effekt, dass wir bei so manchen Benchmarks – betreffen sie Absolventenzahlen oder Schülerleistungen – besser abschneiden, mag unser Bewusstsein für Indikatoren schärfen, unseren Blick aber nicht auf sie verengen. Bildung braucht – wie IMST² zeigt – vor allem Begeisterung und Professionalität von möglichst vielen Betroffenen für eine Sache, für die es sich zu engagieren lohnt.

Von besonderer Bedeutung wird eine stärkere Verzahnung von Fragen der Fachdidaktik mit jener der Schulentwicklung sein. Die Verbesserung des Mathematikunterrichts wird in größerer Breitenwirkung nur dann gelingen, wenn Fragen des Mathematikunterrichts sowohl in den Fachgruppen intensiv diskutiert werden als auch Thema von Schulentwicklungsprozessen sind. Das bedeutet, dass sich Mathematiklehrer/-innen in Prozesse der Schulentwicklung einlassen müssen, und dass sie dabei eine konstruktive Unterstützung – insbesondere auch seitens der Fachdidaktik – benötigen. Umgekehrt bleibt Schulentwicklung weitgehend wirkungslos, wenn sie die Ebene des Fachunterrichts nicht erreicht. Der Kern von Schulentwicklung ist die Unterrichtsentwicklung, aber Unterrichtsentwicklung bedarf der Schulentwicklung als notwendige Ergänzung. Die Fachdidaktik hat sich in der Vergangenheit zu wenig darum gekümmert, sie sollte in der Frage der Schulentwicklung jedoch proaktiver vorgehen und das Feld nicht anderen allein überlassen.

Literatur

- Altrichter, H. & Krainer, K.: Wandel von Lehrerarbeit und Lehrerfortbildung. In: Krainer, K. & Posch, P. (Hrsg.): Lehrerfortbildung zwischen Prozessen und Produkten. Klinkhardt: Bad Heilbrunn 1996, 33-52.
- Altrichter, H. & Mayr, J.: Zum Stand der Bildungsforschung in Österreich. In: Altrichter, H., Eder, F., Feyerer, E. & Mayr, J. (Hrsg.): Bildungsforschung für die Schulentwicklung. Tagungsdokumentation (16.-18.9.1999, Linz). Johannes Kepler Universität Linz: Linz 1999, 2-15.
- Altrichter, H. & Posch, P.: Mikropolitik der Schulentwicklung. Studienverlag: Innsbruck-Wien 1996.
- Atkin, M. & Black, P.: Policy Perils of International Comparisons - The TIMSS Case. Phi Delta Kappan, Vol. 79 (1), September 1997, 22-28.
- Baumert, J., Klieme E. & Watermann, R.: Jenseits von Gesamttest- und Untertestwerten: Analyse differentieller Itemfunktionen am Beispiel des mathematischen Grundbildungstests der Dritten Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie der IEA (TIMSS). In: Herber, H.-J. & Hoffmann, F. (Hrsg.): Schulpädagogik und Lehrerbildung. Österreichischer Studienverlag: Innsbruck-Wien 1998, 301-324.
- Borasi, R., Fonzi, J., Smith, C.F. & Rose, B.: Beginning the Process of Rethinking Mathematics Instruction: A Professional Development Program. Journal of Mathematics Teacher Education, 2 (1), 1999, 49-78.
- Cogan, L. & Schmidt, W.: An Examination of Instructional Practices in Six Countries. In: Kaiser, G., Luna, E. & Huntley, I. (Hrsg.): International Comparisons in Mathematics Education. Falmer: London & Philadelphia 1999, 68-85.
- Fullan, M.: Change Forces. Probing the Depths of Educational Reform. Falmer Press: London, New York & Philadelphia 1993.
- Jungwirth, H.: Zur Arbeit mit Mathematiklehrkräften im Schwerpunktprogramm „Lehr- und Lernprozesse“. In: Krainer, K., Dörfler, W., Jungwirth, H., Kühnelt, H.,

- Rauch F. & Stern, T. (Hrsg.): Lernen im Aufbruch: Mathematik und Naturwissenschaften. Pilotprojekt IMST². Studienverlag: Innsbruck, Wien, München & Bozen 2002, 108-115.
- Krainer, K.: Powerful Tasks: A Contribution to a High Level of Acting and Reflecting in Mathematics Instruction. In: Educational Studies in Mathematics 24, 1993, 65-93.
- Krainer, K.: Die „Testwirklichkeit“ nicht zur „Unterrichtswirklichkeit“ machen! Oder: Standardisierte Leistungstests tragen zwar zur Generierung von Steuerungswissen bei, sind aber als Normvorgaben für den Unterricht kontraproduktiv. In: journal für schulentwicklung, 2/2001a, 33-44.
- Krainer, K.: Teachers' Growth is More Than the Growth of Individual Teachers: The Case of Gisela. In: Lin, F.-L. & Cooney, T. (Hrsg.): Making Sense of Mathematics Teacher Education. Kluwer: Dordrecht-Boston-London 2001b, 271-293.
- Krainer, K.: Förderung von Innovationen im Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht. Hintergrund, Ansatz und erste Ergebnisse des Projekts IMST². In: Eckstein, K. & Thonhauser, J. (Hrsg.): Einblicke in Forschung und Entwicklung im Bildungsbereich. Studienverlag: Innsbruck, Wien, München & Bozen 2002, 211-230.
- Krainer, K.: „Selbstständig arbeiten – aber auch gemeinsam und kritisch prüfend!“ Aktion, Reflexion, Autonomie und Vernetzung als Qualitätsdimensionen von Unterricht und Lehrerbildung. In: Henn, H.-W. (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2003. Franzbecker: Hildesheim-Berlin 2003, 25-32.
- Krainer, K.: Professionalitätsentwicklung im Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht. Hintergrund, Ansatz, Ergebnisse und Zukunftsperspektiven des Projekts IMST². In: ZDM 2004, Vol. 36 (1), 14-19.
- Krainer, K., Dörfler, W., Jungwirth, H., Kühnelt, H., Rauch F. & Stern, T. (Hrsg.): Lernen im Aufbruch: Mathematik und Naturwissenschaften. Pilotprojekt IMST². Studienverlag: Innsbruck, Wien, München & Bozen 2002.
- Krainer, K. & Posch, P. (Hrsg.): Lehrerfortbildung zwischen Prozessen und Produkten. Hochschullehrgänge "Pädagogik und Fachdidaktik für LehrerInnen" (PFL): Konzepte, Erfahrungen und Reflexionen. Klinkhardt: Bad Heilbrunn 1996.
- Krainer, K. & Posch, P.: Herausforderungen an die österreichische Bildungsforschung. In: erziehung heute, 4/1999 (erschienen 2000), 34-39.
- Loucks-Horsley, S., Hewson, P.W., Love, N. & Stiles, K.E.: Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics. Corwin Press: Thousand Oaks, California 1998.
- Marx, E. & Van Ojen, Q.: Dezentralisation, Deregulierung und Autonomisierung. In: Posch, P. & Altrichter, H.: Schulautonomie in Österreich. BMUK: Wien 1992, 160-183.
- Mullis, I., Martin, M., Beaton, A., Gonzalez, E., Kelly, D. & Smith, D. (Hrsg.): Mathematics and Science Achievement in the Final Year of Secondary School: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS). Boston College: Chestnut Hill (MA) 1998.

- Prenzel, M.: Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts: Ein Modellversuchsprogramm von Bund und Ländern. In: Unterrichtswissenschaft, 2/2000, 103-126.
- Scharizer, M.: Anwendung von offenem Lernen bei der Erarbeitung neuer Stoffgebiete. Innovation im Rahmen von IMST²-S3, Schuljahr 2001/02. IFF: Linz 2002. Internet: <http://imst.uni-klu.ac.at/schwerpunktprogramme/s3/innovationen/>
- Scherjau, W.: Welche Initiativen im Bereich Mathematik, Naturwissenschaften und Technik präsentieren Kärntner Schulen im Internet? Anhang B3 des 3. Zwischenberichts Teil III zum Projekt IMST. Im Auftrag des BMUK. IFF: Klagenfurt 1999.
- Specht, W., Lesjak, B. & Krainer, K.: Die Evaluation des Projekts IMST²: Konzept und erste Ergebnisse. In: IFF (Hrsg.): Endbericht zum Projekt IMST² – Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching. Pilotjahr 2000/01. Im Auftrag des BMBWK. IFF: Klagenfurt 2001, 208-218.
- Specht, W.: Das Projekt IMST² nach dem Start. Deskriptive Ergebnisse der Eingangsbefragung der Schulen. Zentrum für Schulentwicklung, Abt. II, Graz 2001.
- Voigt, J.: Interaktionsmuster und Routinen im Mathematikunterricht. Beltz: Weinheim & Basel 1984.

Autor

Krainer, Konrad, Univ.-Prof. Mag. Dr., Leiter des Projekts IMST²
Abteilung Schule und gesellschaftliches Lernen, IFF, Universität Klagenfurt,
Sterneckstraße 15, A-9020 Klagenfurt.
E-mail: konrad.krainer@uni-klu.ac.at