Grundlegende Intentionen des Lehrplankommentars

Josef Lechner

Der Computer zwingt uns zum Nachdenken über Dinge,
über die wir auch ohne Computer hätten nachdenken müssen
H.SCHUPP, 1994

Die in bisherigen Projekten beobachteten Veränderungen bei den Lernzielen und -inhalten zeigen, dass der Lehrplan in seinen grundsätzlichen Zielsetzungen nicht verändert werden muss. Nötig ist aber eine Interpretation, um den Lehrerinnen und Lehrern die Möglichkeiten und Grenzen bei Erfüllung des Lehrplans in einem computerunterstützten Unterricht aufzuzeigen. Gleichzeitig sollen Hilfestellungen bei der Suche nach detaillierten Unterlagen und Konzepten zur Unterrichtsvorbereitung in einem Technologie-unterstützten Unterricht angeboten werden.

Herausforderungen an den MU

Die Umgebung, in der Mathematik unterrichtet wird, hat sich in den vergangenen zehn Jahren gewaltig verändert. Ausgelöst wurde dieser „Klimawandel“ durch Veränderungen in den *Rahmenbedingungen* unter denen der Unterricht stattfindet. Zum einen geschah und geschieht dies durch die Entwicklung von Hard- und Softwaresystemen, die immer stärker in den Unterricht eindringen und Teile der Schulmathematik bzw. die Art und Weise, wie Schulmathematik unterricht wird, in Frage stellen (*Technologiefrage*). Weiters wurde - keineswegs zufällig und unabhängig von der Technologiediskussion - ausgelöst durch H.W.HEYMANNSVeröffentlichung „Sind sieben Jahre genug?“ eine Diskussion zur Frage Allgemeinbildung und Mathematikunterricht (*Allgemeinbildungsfrage*). Die Resonanz auf HEYMANN - die in einigen deutschen Bundesländern bereits ihren Niederschlag in Lehrplänen gefunden hat - wäre nicht so groß gewesen, wenn dahinter nicht eine wirklich drängende Frage stünde: Was ist - angesichts der Informationsflut, der unsere Schüler ausgesetzt sind - das Grundwissen und was sind die Grundkompetenzen, die im Mathematikunterricht vermittelt werden sollen? Und noch eine dritte Frage ist mittlerweile hinzugekommen. Ausgelöst durch Vergleichsstudien - wie TIMSS oder PISA - sieht sich die Schule immer mehr mit der Notwendigkeit konfrontiert, Wissen und Kompetenzen ihrer Abnehmer zu überprüfen. Neben der Konzentration auf interessante und motivierende Zugänge rückt nun immer stärker das Wissen und Endverhalten der Schüler am Ende des Lehr- und Lernprozesses ins Blickfeld (*Qualitätsfrage*).
Im Zusammenhang mit diesen veränderten Rahmenbedingungen taucht nun an verschiedenen Stellen die Frage auf, ob der Lehrplan noch „auf der Höhe der Zeit“ ist oder ob nicht besser an seine Stelle ein neuer treten sollte. Betrachten wir die Frage von den Inhalten aus.

Bewährte Ziele in neuem Licht

Das Neue am derzeit aktuellen Mathematiklehrplan von 1989 war, dass er im Unterschied zu früheren Lehrplänen sehr ausführlich formuliert ist. Begründet wurde das damit, dass die Formen des Arbeitens mit den einzelnen Inhalten durch *entsprechende Tätigkeiten, die von den Schülern ausgeführt werden sollen,* beschrieben werden. Diese Tätigkeiten legen gleichzeitig die Teillernziele bei den einzelnen Stoffgebieten fest. Dieses Vorgehen bedingt klarerweise ausführlichere Formulierungen. Diese ausführlicheren und umfassenderen Formulierungen müssen als sehr positiv betrachtet werden, da der Lehrplan damit erst eine brauchbare Planungsgrundlage für den Unterricht ist (was eben vom neuen Unterstufenlehrplan nicht behauptet werden kann). Inhaltlich brachte der Lehrplan eine Betonung der Anwendungsorientierung, was insbesondere auch durch die Hinzunahme von Themen wie „Darstellen und Analysieren von Daten und Beziehungsstrukturen“ (5.Klasse), „Bearbeiten von Themen aus den Bereichen Geldwesen und Wirtschaft“ (6.Klasse) und „Untersuchen vernetzter Systeme“ (7.Klasse, Realgymnasium) zum Ausdruck kommt.

1 Traditionelle Inhalte und neue Inhalte

1.1 Neue Formen des Arbeitens mit traditionellen Inhalten

CAS erlauben neue Formen des Arbeitens mit traditionellen Inhalten. Umformungen mit der Hand, Ableitungen mit Bleistift auf Papier, Nachdenken über Beweise, Argumentationen und Begründungen, Ideen und heuristische Techniken sind keineswegs „out“ durch die Verwendung moderner Werkzeuge.

Ganz im Gegenteil: Die grundlegenden mathematischen Tätigkeiten erfahren eine Verstärkung durch den Einsatz derartiger Werkzeuge. Die Verstärkung macht sich v.a. beim Arbeiten mit dem mathematischen Kalkül bemerkbar. Schüler können Fehler in ihren eigenen Berechnungen aufspühren und Umformungen durchführen, bei denen sie „händisch“ vielleicht scheitern würden. Voraussetzung dafür ist allerdings eine entsprechende Handlings-Kompetenz und - was in Diskussionen um den Technologieeinsatz fast immer übersehen wird - eine entsprechende mathematische Kompetenz. Nur wenn der Schüler von klaren Zielvorstellungen geleitet ist, wenn er Strategien angeben kann, hilft das Werkzeug.

Das mathematische Arbeiten wird aber auch variationsreicher. Es ist leichter möglich zu graphischen oder geometrischen Darstellungen - kurz: zu Visualisierungen - zu kommen. Neue Technologien bieten ein schier unerschöpfliches Reservoir an Darstellungsformen und Darstellungsmöglichkeiten. Sie erlauben aber immer stärker auch das Arbeiten mit den Darstellungen selbst bzw. direkt in der „graphischen Ebene“. Wer nur an den Extrema einer Funktion interessiert ist, braucht dazu nicht unbedingt schon den Kalkül der Differentialrechnung. Zu Extrema kann man auch im Spurmodus kommen, man kann in der graphischen Ebene die Extremstellen suchen lassen oder selbst in einem Tabellenmodus suchen. Ähnlich bei Änderungen einer Größe: Steigungen kann man sich direkt im Graphikmodus anzeigen lassen. Der Weg über den Kalkül ist nicht in allen Fällen erforderlich. Dies birgt in sich die Chance, Grundvorstellungen zu mathematischen Begriffen besser entwickeln zu können. Es bringt aber auch die Notwendigkeit mit sich, derartige Darstellungen und Ergebnisse interpretieren bzw. sinnvoll deuten zu müssen .

Begründungen oder Argumentationen können in manchen Fällen durch CAS-Darstellungen, durch Rechnungen mit dem System unterstützt werden. Wer mit dynamischer Geometrie-Software Spezialfälle entdecken und darstellen kann, hat noch nichts bewiesen. Er ist aber am besten Weg dazu. Konkrete Berechnungen können viel einfacher verallgemeinert werden, allgemeine Sätze an konkreten Beispielen überprüft werden. Und schließlich wird durch die Zurückdrängung des alleinigen Rechnens im Unterricht oft überhaupt erst dem Argumentieren und Begründen im Unterricht Platz eingeräumt.

Experimentelles und heuristisches Vorgehen ist mit der Hand oft sehr mühsam - natürlich nicht unmöglich. Auch in der Physik gibt es Gedankenexperimente. Die große Mehrzahl sind aber reale Experimente. Man sieht nach, was unter bestimmten Versuchsbedingungen „wirklich passiert“. Ähnlich verhält es mit dem mathematischen Experimentieren. Erst wenn die Experimentierumgebung Rückmeldungen liefert, kann Neues entdeckt werden, können „mathematische Phänomene“ durch den Schüler aufgespürt oder überprüft werden. Es soll hier nicht einer „Trial und Error“- Methode das Wort geredet werden, aber: experimentelle Zugänge zu neuen Inhalten sind oft für Schüler viel leichter verständlich als fertige Formeln und Rezepte (Stichwort: Elementarisierung). Beispielsweise sind rekursiv formulierte Wachstumsprozesse der Natur der Sache viel näher als fertige explizite Formeln (die selbstverständlich auch ihren Wert haben - nur sollten sie nicht am Beginn stehen).

Es wird hier schon ersichtlich, was sich auch in den bisherigen Computeralgebra-Projekten gezeigt hat: Nicht die Inhalte unterliegen einer Veränderung, vielmehr der Umgang mit ihnen. Die mathematischen Objekte bleiben die selben, die grundlegenden Objekte der Algebra, der Analysis, der Stochastik, der Geometrie haben quasi kein Alter (es kommen höchstens neue hinzu): Mathematische Kenntnisse und mathematisches Wissen kann aber anders erworben, dargestellt und genutzt werden.

1.2 Neue Inhalte durch Schwerpunktsetzungen

Natürlich entwickeln sich auch Lehrpläne weiter. Dies sollte aber evolutionär geschehen: Bewährtes sollte behalten und Neues an passender Stelle integriert, Schwerpunkte neu gesetzt werden.

Eine Fülle von Änderungen, Ergänzungen werden in der Diskussion um CAS-Einsatz angeführt. Hier ist es notwendig, ins Detail zu gehen. Die Aufsätze zu den Einzelthemen bzw. die bei den Inhalten angeführten Literaturzitate bzw. Veröffentlichungen im Internet liefern ein aktuelles Bild.

Hier nur einige Andeutungen:

Analysis:

Parametervariationen bei Funktionen, größere Variationsbreite an Darstellungsformen (implizit, explizit, Parameter- und Polardarstellung). Ausdehnung des Arbeitens mit Funktionen auf Kurven, verstärkte Einbeziehung von Funktionen in zwei Unbekannten, Integration von vernetzten Systemen in die Differential- und Integralrechnung, Behandlung von Optimierungsaufgben (unter Ausklammerung des Differentialkalküls) eventuell schon in früheren Klassen. Vertiefungen bei Wachstumsprozessen, Iterationsprozessen, Differenzen- und Differentialgleichungen. Numerische Verfahren (Näherungsverfahren bei der Nullstellensuche, beim Integrieren, bei vernetzten Systemen)

Algebra:

Graphische Darstellung von Gleichungen und Gleichunssystemen, von Umformungsschritten.

Matrizenrechnung.

Geometrie:

Einsatz von dynamischer Geometriesoftware zur besseren Entwicklung von Grundvorstellungen, für Vermutungen, für Begründungen und Beweise.

Unterstützung der analytischen Geometrie durch 2D- und auch 3D-Darstellungen.

Stochastik:

Darstellung von Daten, Zentralwerten, Lageparametern. Ausbau der beschreibenden Statistik. Darstellung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen.

1.3 Vertieftes Verständnis

Die letzten zwanzig Jahre zeigen eine deutliche Verschiebung der Behandlung traditioneller Inhalte im Mathematikunterricht. Die Veränderungen zielen dabei v.a. auf ein besseres Verständnis der behandelten Inhalte und Methoden ab.

1.3.1 Instrumentelles Verständnis

Mathematikunterricht bewirkt zumeist ein „instrumentelles Verständnis". Nach H.BÜRGER / E.THÖNIES (1991, S.33) „äußert sich das Verständnis der Schüler für den Begriff des Differentialquotienten in jenen Handlungen, die sie im Unterricht (und auch bei Hausübungen und Schularbeiten) durchführen. Das sind hauptsächlich das Differenzieren von Funktionen (auf Grund von Regeln) und das Anwenden des Differenzierens zum Untersuchen von Funktionen, wozu auch das Lösen von Extremwertsaufgaben zu zählen ist. Der Differentialquotient erscheint also als Instrument, das man nach gewissen Regeln handhaben kann und das zur Bearbeitung eines gewissen Typs von Aufgaben nützlich ist."

Ein anderes Beispiel: Kegelschnitte. Vor 1990 (vor dem aktuellen Lehrplan) war bei Kegelschnitten zu lesen: „Gleichung von Ellipse, Hyperbel und Parabel in Hauptlage". Dies wurde in der Regel so interpretiert, dass die Schüler mit vom Lehrer hergeleiteten Gleichungen arbeiten mussten. Im Vordergrund stand dabei ein *instrumentelles Verständnis* bzw. *formal-operatives Arbeiten (Formal-operative Kompetenzen).* Leider ist diese Sichtweise nach wie vor nicht überwunden. Natürlich ist formal-operatives Arbeiten wichtig, aber es ist nur *ein* Sektor mathematischer Tätigkeit. Natürlich ist es wichtig, zu wissen, wie mit einem mathematischen Objekt hantiert werden kann. Die erfolgreiche Nutzung eines mathematischen Kalküls setzt aber entsprechende tragfähige Grundvorstellung seitens des Mathematik-Treibenden voraus - sonst droht Mathematik als eine „geistlose mentale Turnübung" zu erscheinen.

1.3.2 Erweitertes Verständnis

Nach H.BÜRGER (1991) kann sich das Verständnis für einen Begriff bzw. für einen Sachverhalt u.a. darin äußern, dass man

- verschiedene Darstellungen geben kann (verbal, symbolisch, bildhaft),
- inner- und außermathematische Vorstellungen mit dem Begriff verbinden kann,
- Beziehungen (insbesondere auch theoretischer Art) zu anderen mathematischen Begriffen herstellen kann,
- formale Operationen durchführen kann,
- Argumentationen durchführen kann,
- den Begriff anwenden kann,
- Angaben über Sinn und Zweck des Begriffes machen kann.

Mit dem aktuellen Lehrplan wird auf ein derartiges *vertieftes Verständnis* abgezielt. So heisst es etwa beim Begriff des Differentialquotienten: „Die Schüler sollen den Begriff des Differentialquotienten mit dem Begriff des Differenzenquotienten verbinden können und mit beiden Begriffen verschiedenartige Vorstellungen verknüpfen." Weiters werden folgende Tätigkeiten angestrebt: „Definieren des Differentialquotienten (der Änderungsrate an einer Stelle), wobei ein intuitiver Grenzwertbegriff verwendet werden kann. Interpretieren in verschiedenen außermathematischen Situationen [...] und in geometrischen Anwendungen [...], Anwenden zum Definieren von Begriffen. Bestimmen von Differentialquotienten auf Grund der Definition [...]"(a.a.O.).

In der nichtlinearen analytischen Geometrie (um an das zweite obige Beispiel anzuschließen) heisst es: „Exemplarisches Herleiten von Gleichungen von Kegelschnitten." Im Vordergrund steht also nicht mehr so sehr das Benützen eines fertigen Kalküls oder einer fertigen Formel, sondern das Übersetzen eines geometrischen Sachverhaltes (z.B. der Kegelschnittsdefinition) in eine algebraische Formel. Neben formal-operativem Arbeiten ist auch darstellend-interpretierendes Arbeiten bzw. kritisch-argumentatives Arbeiten gefragt. Neben den *formal-operativen Kompetenzen* sollen auch *Kompetenzen im Darstellen und Interpretieren* sowie im *Argumentieren, Begründen und Beweisen* hinzukommen. Leider wurde diese veränderte Schwerpunktsetzung offenbar nicht wirklich mitvollzogen (wie etwas die TIMS-Studie gezeigt hat).

1.3.3 Umfassendes Verständnis

Nun stehen für den Mathematikunterricht immer stärker neue Technologien (wie CAS, dynamische Geometriesoftware, Tabellenkalkulationen, Statistiksoftware, Modellbildungssoftware u.a.) zur Verfügung. Dies bietet aber die Chance - durch die Relativierung der Dominanz des Formal-Operativen - den anderen Formen mathematischen Arbeitens den dafür notwendigen Raum zu geben. Außerdem gestatten sie ein *experimentell-heuristisches* Vorgehen, das im bisherigen Unterricht kaum möglich war. Ziel sollte nun nach wie vor natürlich ein vertieftes Verständnis der behandelten Inhalte und Methoden sein. Eine ausgewogene Mischung grundlegender mathematischer Tätigkeiten wie darstellend-interpretatives Arbeiten, formal-operatives Arbeiten, kritisch-argumentatives Arbeiten und experimentell-heuristisches Arbeiten kann eine Basis für ein *umfassendes Verständnis* bilden. „Exemplarisches Herleiten von Kegelschnitten" kann nun bedeuten, dass der Schüler zur Herleitung ein CAS heranzieht und an die Stelle eines „Hand-Kalkülwissens" nun ein „Strategie-Kalkülwissen" tritt. Nicht mehr die Herleitung allein ist das einzig Wichtige. Umfassendes Verständnis heisst, Strategien angeben können, wie man zur Ellipsengleichung kommt, verschiedene Darstellungsformen von Ellipsen kennen (implizite Darstellung, funktionale Darstellung, eventuell Parameterdarstellung oder Polardarstellung) und interpretieren können, Argumentations- und Begründungsaufgaben mit Kegelschnitten lösen können (etwa zum Reflexionsverhalten von Kegelschnittlinien) oder Aufgaben heuristischer Natur (Konstruktionen mit dynamischer Geometriesoftware) bearbeiten können.

Umfassendes Verständnis kann nicht „monochromatisch" entstehen. Erst durch das Zusammenwirken und ständige Auftreten der verschiedenen Grundtätigkeiten wird die Basis für umfassendes Verständnis gelegt.

1.4 Entwicklung allgemeiner mathematischer Fähigkeiten

Eines der Hauptziele neben der Vermittlung der rein mathematischen Bildung ist Entwicklung allgemeiner mathematischer Fähigkeiten, die weit über die Mathematik hinaus Bedeutung haben und damit auch den Beitrag der Mathematik zur Allgemeinbildung definieren. „Der Mathematikunterricht muss sich an der Bildungs- und Lehraufgabe des Lehrplans orientieren. Die Vermittlung mathematischer Inhalte ist nur ein Teil dieser Bildungs- und Lehraufgabe. Das Arbeiten mit mathematischen Inhalten soll auch zur Entwicklung allgemeiner mathematischer Fähigkeiten führen." (H.BÜRGER/E.THÖNIS, 1991, S.34)

Als allgemein mathematische Fähigkeiten werden angeführt:

Argumentieren und exaktes Arbeiten.

Insbesondere: präzises Beschreiben von Sachverhalten, Eigenschaften und Begriffen (Definieren); Arbeiten unter bewußter Verwendung von Regeln; Begründen (Beweisen); Vollständigkeit einer Argumentation überblicken; Erkennen logischer Strukturen; Rechtfertigen von Entscheidungen (etwa der Wahl eines Lösungsweges oder einer Darstellungsform).

Darstellen und Interpretieren.

Insbesondere: verbales, formales und graphisches Darstellen von Sachverhalten; Deuten von formalen Begriffen durch Belegen mit Vorstellungen und Inhalten; Wechseln von Darstellungsformen; Herauslesen von Eigenschaften und Beziehungen aus Darstellungen.

Produktives geistiges Arbeiten.

Insbesondere: Kombinieren von vertrauten Methoden; Analysieren von Problemen, Begründungen, Darstellungen oder mathematischen Objekten; Anwenden bekannter Verfahren in teilweise neuartigen inner- oder außermathematischen Situationen; Abstrahieren und Konkretisieren, Verallgemeinern und Spezialisieren, Analogisieren und Kontrastieren.

Kritisches Denken.

Insbesondere: Überprüfung von Vermutungen, von Ergebnissen; Erkennen von Mängeln in Darstellungen oder Begründungen; Erkennen der beschränkten Gültigkeit von Aussagen, Feststellen von Voraussetzungen; Erkennen von Unzulänglichkeiten mathematischer Modelle.

Eine Analyse dieser und in anderen Mathematiklehrplänen angeführten allgemeinen mathematischen Fähigkeiten lässt eine etwas andere Einteilung zweckmäßiger erscheinen. Mit produktiven Arbeiten ist - wenn man sich die dabei angeführten Tätigkeiten näher ansieht - v.a. heuristisches Arbeiten gemeint, überdies sollte produktives Arbeiten bei allen Aktivitäten das Ziel sein. Weiters lässt sich kritisches Denken besser dem Bereich Argumentieren - Begründen - Beweisen zuordnen bzw. man könnte auch von kritisch-argumentativen Arbeiten sprechen. Die hier vorgeschlagene (und im Kapitel: Grundwissen, Grundvorstellungen, Grundtätigkeiten genauer beschriebene) Einteilung geht daher von folgenden vier *Qualitäten mathematischen Arbeitens* aus:

Darstellend - interpretierendes Arbeiten

Darstellend-interpretierendes Arbeiten umfasst alle Aktivitäten, die mit dem *Übersetzungsprozess* von Situationen, Zuständen und Prozessen aus der *Alltagssprache in die Sprache der Mathematik* und auch *wieder zurück* im weitesten Sinne zu tun haben.

Dieser Tätigkeitsbereich umfasst aber auch alle Aktivitäten, die mit der *Übersetzung einer Darstellung* in eine *andere innerhalb der Mathematik* zu tun haben.

Formal - operatives Arbeiten

Formal-operatives Arbeiten umfasst alle *kalkülmäßigen* und *algorithmischen* Aktivitäten, die im Mathematikunterricht vermittelt werden (sollen).

Dieser Tätigkeitsbereich umfasst alle Aktivitäten, die mit der *Anwendung von Verfahren, Rechenmethoden, Techniken u.s.f.* zu tun haben.

Experimentell - heuristisches Arbeiten

Heuristisch-experimentelles Arbeiten umfasst alle Aktivitäten, die mit *zielgerichtetem Entdecken*, mit *Variation von Parametern* und *dem Aufstellen von Vermutungen* zu tun haben.

Auch das *Ausführen* von *Simulationen*, das Untersuchen von *Grenz- und Spezialfällen* sowie das Übergehen zu *Verallgemeinerungen* zählen zum heuristisch-experimentellen Arbeiten

Kritisch - argumentatives Arbeiten

Kritisch-argumentatives Arbeiten umfasst alle Aktivitäten, die mit *Argumentieren*, mit *Begründen* und *Beweisen* zu tun haben.

Auch das *kritische Überprüfen* von *Eigenschaften*, von *Vermutungen* sowie das Vornehmen von *Fallunterscheidungen* zählen zum kritisch-argumentativen Arbeiten

Um derartige Fähigkeiten zu erwerben, müssen diese Tätigkeiten im Unterricht, bei Hausübungen und v.a. auch bei der Leistungsmessung und Leistungsbewertung ständig auftreten. Wichtig dabei ist die Selbsttätigkeit der Schüler. Selbsttätigkeit darf aber nicht heissen, dass den Schülern notwendige Erklärungen, Informationen und Motivationen vorenthalten werden. Die Lernformen können nicht unabhängig von den zu bearbeitenden Inhalten bzw. von den mathematischen Tätigkeiten gesehen werden. Es gibt nicht die beste Lernform, die optimale Unterrichtsmethode: vielmehr kann nur von einer adäquaten Methode gesprochen werden. Ob Einzelarbeit, Gruppenarbeit, Lehrervortrag, Schülerbeiträge, fragend-entwickelnder Unterricht, offener Unterricht, gelenktes Entdecken: alle diese Formen können angemessen und gut sein. Naiv wäre es zu meinen, nur Gruppenarbeit oder nur fragend-entwickelnder Unterricht sei angebracht.

1.5 Anwenden von Mathematik

In der Entwicklung des Mathematikunterrichts der letzten drei Jahrzehnte lassen sich gewisse zeitabhängige Schwerpunkte erkennen. Waren die 70er Jahre geprägt von der Ausrichtung an der Mengenlehre und den strengen Standards der Universitätsmathematik, wobei stark auf eine formal exakte Fassung von Begriffen wie Grenzwert, Stetigkeit, auf eine axiomatische Grundlegung und deduktive Zusammenhänge geachtet wurde, so erfolgte in den 80er Jahren eine Rückbesinnung auf anschauliches und anwendungsorientiertes Vorgehen. Dieses anwendungsorientierte Vorgehen zeigte sich vor allem darin, dass die meisten mathematischen Inhalte in den Lehrbüchern vor dem Hintergrund eines praktischen Kontextes erarbeitet werden, wobei eine ständige Ausweitung der Anwendungsfelder von der Physik hin zur Biologie, zu Fragen aus der Wirtschaft, zur Technik, zum Sport, zu Fragen aus Alltag und Umwelt erfolgte. Mit den 90er Jahren wurden immer stärker Computer und Einsatz von neuen Technologien zum wichtigen Thema. Dies brachte ein Fülle von Vorschlägen für neue Zugänge zu den traditionellen Inhalten, ein Fülle von Vorschlägen zu Darstellungen und Visualisierungen und eine Fülle neuer numerischer bzw. algebraischer Möglichkeiten für den Unterricht.

Dies führte und führt zu einer Verstärkung des anwendungsorientierten Ansatzes. Dafür dass CAS-Einsatz und Anwendungsorientierte Mathematik in einem besonderen Naheverhältnis stehen gibt es eine Reihe von Argumenten:

- Neuorientierung des MUs

  Eingeleitet durch die Neuorientierung des Mathematikunterrichts nach dem Scheitern der „New Math“ kam es zu einer Betonung von Vereinfachungen, zur Rückbesinnung auf anschauliches und genetisches Vorgehen. Das Herz jeder Anwendungsorientierten Mathematik ist die Modellbildung. Modellbildungen kommen ohne Vereinfachungen, ohne Abstraktionen nicht aus. Andererseits ist der Rechnereinsatz ein wesentliches (wenn nicht zukünftig sogar *das* wesentliche) Hilfsmittel für einen anwendungsbezogenen MU und mit seinen vielfältigen und prompt verfügbaren Visualisierungen und Graphikmöglichkeiten fördert er - wenn der Einsatz in sinnvoller Weise erfolgt - ein anschauliches und genetisches Vorgehen.

- Veränderte Schülerpopulation

  Dass die Schule Antworten auf nicht gestellte Fragen gäbe, beklagte schon K.POPPER. Desinteresse und Langeweile im Unterricht ist oft die Folge. Auf der anderen Seite gibt es kaum einen Heranwachsenden, der sich dem Reiz mathematischer und naturwissenschaftlicher Fragestellungen zunächst zu entziehen vermag. Knüpfen diese Probleme zudem an die Erfahrungen der Schüler an oder haben sie absehbar etwa mit deren Leben zu tun, so ist diese Motivation naturgemäß höher.

- Angewandte Mathematik als primäres Einsatzgebiet der CAS

  Besonders die Angewandte Mathematik bedient sich der Computeralgebra intensiv als Rechenwerkzeug und auch als Forschungsinstrument. Techniker und Ingenieure sind die bevorzugte Zielgruppe, für die CAS entwickelt wurden und werden.

Resümee:

Ziele, Inhalte, Methoden:

Der aktuelle Lehrplan ist ein guter Rahmen, der Weiterentwicklung nicht behindert. Technologien müssen im Dienste seiner Erfüllung stehen. Anstatt bewährte Lehrpläne unüberlegt zu verändern sollte lieber eher der Frage nach seinem Anspruch und seiner Umsetzung gestellt werden.

Hier wird die These vertreten, dass Technologien einen wichtigen Betrag zur Umsetzung der im Lehrplan beschriebenen Lernziele leisten können, wenn sie sinnvoll und überlegt eingesetzt werden.

Literatur

BÜRGER, H. (1981): Realisierung allgemeiner Lernziele des Mathematikunterrichts, Journal für Mathematik-Didaktik.

BÜRGER, H., E.THÖNIES (1991): Grundlegende Intentionen des Mathematik-Lehrplans von 1989. In: Leitner/Benedikt, Mathematik AHS Oberstufe Kommentar.

HEYMANN, H.W. (1998): Was ist eine zeitgemäße mathematische Ausbildung? In: Mathematische Ausbildung und neue Technologien, Teubner, Stuttgart - Leipzig.