

**Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen
und naturwissenschaftlichen Unterrichts e. V.**



**Empfehlungen
zum Computer-Einsatz
im mathematischen und
naturwissenschaftlichen Unterricht
an allgemein bildenden Schulen**

Förderverein MNU

Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V.

<http://www.mnu.de>

Der Verein ist durch Verfügung des Finanzamtes für Körperschaften in Hamburg als gemeinnützig anerkannt. Die Beiträge werden nur für satzungsgemäße Zwecke verwendet.

Kontoverbindung: Förderverein MNU, Hamburger Sparkasse, BLZ 200 505 50, Konto-Nr. 1090 213 404

Vorstand

Ehrenvorsitzender: OStD i.R. A. KLEIN, Stachelsweg 28, 51107 Köln. Tel. 0221 862261
1. Vorsitzender: OStD A. A CAMPO, Kammanstr. 13, 58097 Hagen. Tel. 02331880388, Fax 880395
aCampo@t-online.de
2. Vorsitzende: StD Sabine Schmalstieg, Glockhammer 43, 41460 Neuss. Tel. 02131 104983, Fax 104944
SSgNE@t-online.de
Geschäftsführer: StD KARSTEN RECKLEBEN, Walter-Frahm-Stieg 30, 22041 Hamburg. Tel./Fax 040 6570162
Reckleben@t-online.de

Beisitzer

Mathematik: StD HANS-JÜRGEN ELSCHENBROICH, Kirchstr. 26, 41352 Korschenbroich. Tel. 02182 855199
elschenbroich@t-online.de
Physik: StD Dr. WOLFGANG PHILIPP, Danziger Str. 6, 72622 Nürtingen. Tel. 07022 949691
wolfgang_philipp@t-online.de
Chemie: OStR M. KREMER, Fuerstensteinweg 24, 78532 Tuttlingen. Tel. 07461 77950,
Fax 16 25 32, Kremer-Tuttlingen@t-online.de
Biologie: StD JÜRGEN LANGLET, Am Hang 17, 21403 Wendisch Evern. Tel. 04131 58404,
langlet@t-online.de
Informatik: StD D. POHLMANN, Friedrich-Naumann-Weg 22, 25337 Elmshorn. Tel. 04121 470635, Fax 437081
D.Pohlmann@gmx.de
Sekundarstufe I: FRANK PETERMANN, Eduard-Bilz-Str. 27, 01445 Radebeul. Tel. 0351 8303406,
Petermann@zugang.net
MNU-Haupt- Prof. Dr. BERND RALLE, Kebbeustr. 29, 44267 Dortmund, 44267 Dortmund, Tel. 0231 4755867, Fax 0231 4755868
Schriftleiter:

Die Mitgliedschaft im Förderverein MNU

Über den Förderverein MNU, seine Ziele, Arbeitsweisen, Erfolge usw. informieren wir Sie gerne. Bitte Förderverein-Info-Blatt beim MNU-Geschäftsführer anfordern. Nähere Informationen über den Förderverein finden Sie auch im Internet: www.mnu.de.

Geschäftsjahr ist das Kalenderjahr. Der Eintritt von natürlichen Personen kann jederzeit erfolgen. Der Beginn der Mitgliedschaft rechnet je nach Wunsch des Eintretenden vom 1. Januar oder 1. Juli an. Der Austritt ist nur zum 31. Dezember möglich und muss bis 1. Oktober dem Geschäftsführer gemeldet werden. Schulen, Institutionen aller Art, Wirtschaftsunternehmen und Verbände können nicht Mitglied werden. Ihnen steht das Abonnement der Zeitschrift über den Dümmler Verlag offen.

Jahresbeitrag. Ab dem 1.1.1999 beträgt der Jahresbeitrag für Mitglieder in den alten Bundesländern 45,- €
Mitglieder in den neuen Bundesländern, Mitglieder im Ausland 35,- €
Der ermäßigte Jahresbeitrag beträgt für Pensionäre in den alten Bundesländern, Junglehrer, die zwangsweise keine volle Stelle erhalten haben 35,- €
Rentner in den neuen Bundesländern, Studenten und Referendare 25,- €
Ehepartner eines Mitglieds 10,- €

Für eine Ermäßigung ist dem Geschäftsführer eine entsprechende Bescheinigung einzureichen. Im Beitrag ist die Belieferung mit der Zeitschrift ›Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht‹ eingeschlossen.

Der Jahresbeitrag ist bis zum 1. Juni im Ganzen zu zahlen - Kto. 10 90 213 404 (BLZ 200 505 50) Hamburger Sparkasse. Später noch ausstehende Beiträge werden zuzüglich der Kosten der Einziehung durch Postnachnahme erhoben.

An- und Abmeldung sind nur an den Geschäftsführer zu richten.

Bildungsverlag EINS

Sieglarer Straße 2, 53842 Troisdorf
Telefon/Redaktion 02241 3976602
Telefon/Anzeigen 022 41 3976602
Telefax 02241 3976990
KSeeberger@bv-1.de

MNU-Erscheinungsweise:
achtmal jährlich (alle sechs Wochen),
je 64 Seiten Umfang

Heft-Nr.	Erscheinungstermin	Anzeigenschluss
1	15. Januar	15. Dezember
2	1. März	1. Februar
3	15. April	15. März
4	1. Juni	1. Mai
5	15. Juli	15. Juni
6	1. September	1. August
7	15. Oktober	15. September
8	1. Dezember	1. November

MNU-Bezugsbedingungen

Pro Jahrgang 8 Hefte = 512 Seiten plus 8 Seiten Jahresinhaltsverzeichnis und Archiv-CD-ROM: 53 €, Einzelheft 7 €, zuzüglich Versandkosten. Hefte früherer Jahrgänge sind zu gleichem Preis teilweise noch lieferbar. Für Mitglieder des Fördervereins ist der Bezugspreis im Vereinsbeitrag enthalten (vgl. linke Spalte). Eine Kündigung des Jahresabonnements kann nur anerkannt werden, wenn die schriftliche Kündigung für das folgende Jahr am 1. Oktober des laufenden Jahres beim Verlag vorliegt.

Anschriftenänderungen

bitte rechtzeitig dem Verlag (nicht dem Geschäftsführer des Fördervereins und nicht der Post) mitteilen. Bei Anschriftenänderungen, die nicht mindestens 4 Wochen vor Erscheinen des nächsten Heftes beim Verlag gemeldet sind, kann bei Verlust eines Heftes Ersatz nur gegen Berechnung gestellt werden, da die Post Zeitschriften weder nachsendet noch an den Verlag zurückgibt.

Redaktionelle Zuschriften

bitte an einen der zuständigen Fachschriftleiter senden.

Hinweise für Autoren sind jeweils in Heft 2 und 6 eines Jahrgangs zu finden, außerdem im Internet unter:
<http://www.uni-dortmund.de/MNU>

Aus Gründen der Lesbarkeit wird in MNU auf die doppelte Nennung von männlicher und weiblicher Form verzichtet.

Verlag, Anzeigen- und Beilagenverwaltung

Verlag Anschrift wie oben. Anzeigen- und Beilagenpreise gemäß Tarif Nr. 24 vom 1. Jan. 2000. Für Stellengesuche und Behördenanzeigen gilt ein ermäßigter Tarif. Anzeigenschluss jeweils vier Wochen vor Erscheinen (s. obige Termine).

Satz, Druck, Bindearbeiten:
Druck & Media GmbH KRONACH
Güterstraße 8 + 9, 96317 Kronach, Tel. 09261 969-20
www.druck-media.de

Copyright / Fotokopien
Sämtliche Rechte liegen beim Verlag. Die Zeitschrift und ihre Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

Empfehlungen zum Computer-Einsatz im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht an allgemein bildenden Schulen



Der Deutsche Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. (MNU-Verband) hat zuletzt 1985 seine

Empfehlungen und Überlegungen zur Gestaltung von Lehrplänen für den Computer-Einsatz im Unterricht der allgemeinbildenden Schulen

vorgelegt und sich 1986 mit einer

Empfehlung zur Gestaltung von Lehrplänen für die informationstechnische Bildung in der Sekundarstufe I bzw. II und für den Computer-Einsatz im Mathematikunterricht der Sekundarstufe II

zu Wort gemeldet. Seitdem ist der MNU-Verband »am Ball geblieben« und hat regelmäßig Lehrplantagungen für die Fächer Mathematik, Biologie, Chemie und Physik abgehalten, die zu einer erfreulichen Konvergenz in den zugehörigen neueren Lehrplänen / Richtlinien geführt haben.

Da inzwischen vielfältige Erfahrungen mit dem Computereinsatz vorliegen und sich auch konkrete Entwicklungen abzeichnen, hatte der MNU-Vorstand die Kultusministerien der Länder um die Entsendung von Fachleuten zu einer Tagung gebeten, um Aussagen über sinnvollen Einsatz des Computers in den Fächern Mathematik, Biologie, Chemie und Physik, sowie beim fächerübergreifenden Lernen und damit verbundene Rahmenbedingungen zu formulieren. Dazu wurden auch Vertreter der entsprechenden Fachverbände (DMV, GDM, DPG, GDCh, VDBiol) zu der Tagung eingeladen.

Die Tagung fand in der Zeit vom 17. bis 20. April 2002 im Physikzentrum der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Bad Honnef unter der Leitung von StD D. POHLMANN statt. Die Fach-Beisitzer im Vorstand des MNU-Verbandes hatten die Leitung der Arbeitsgruppen übernommen.

Es bestand Einigkeit darüber, dass der anstehende tiefgreifende Wandel des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts nicht länderspezifisch erfolgen darf und kann. Die geplante Tagung sollte daher einen Beitrag dazu leisten, in der anstehenden Phase einer Standortbestimmung die schon vorhandenen Ansätze und Ideen aufzunehmen, sie weiterzuentwickeln und die zu treffenden Lehrplanentscheidungen vorzubereiten.

Der Deutsche Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts und alle Tagungsteilnehmer hoffen, dass diese Empfehlungen bei den Kultusbehörden Beachtung finden und ein großer Teil der angeführten Forderungen schon in naher Zukunft eine Realisierung erfahren.

Im April 2002

DIETRICH POHLMANN
(Tagungsleiter)

ARNOLD A CAMPO
(1. Vorsitzender)

1 Ausgangslage

Empirische Befunde der TIMS-Studie zeigen auf, dass deutsche Schülerinnen und Schüler in Mathematik und den naturwissenschaftlichen Fächern insbesondere bei Aufgaben, die sinnvolle Anwendung und Übertragung des Gelernten auf neue inner- und außerfachliche Problemstellungen verlangen, relative Leistungsschwächen haben. Aber auch bei der Kumulativität, im konzeptuellen Verständnis und im Verständnis naturwissenschaftlichen Arbeitens und Argumentierens zeigen sich deutliche Defizite [1].

Diese Ergebnisse wurden in der PISA-Studie bestätigt. Die Länder, in denen die Schwerpunkte weniger auf routinisierten Verfahren und Kalkülen, sondern eher auf inner- und außermathematischen Modellierungen und Vernetzungen sowie auf unterschiedlichen Lösungswegen und Betrachtungsweisen liegen, schneiden auch bei dieser Studie signifikant besser ab [2].

Der Einsatz »neuer Medien«¹ fördert und unterstützt die Ziele des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts und bietet die Chancen zu einer Schwerpunktsverschiebung. Insbesondere unterstützt der Einsatz

- eine Verlagerung auf Inhalte, die an der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler orientiert sind,
- die Erschließung von Zusammenhängen,
- selbstständiges Erarbeiten von Sachverhalten, selbstgesteuertes Lernen,
- Dokumentation und Präsentation gewonnener Erkenntnisse und von Lernprozessen und
- kooperatives Arbeiten.

Der Computer kann im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht sinnvoll als

- Werkzeug,
- Informationsquelle (Internet, CD),
- Kommunikationsplattform,
- Datenspeicher und
- Lernhilfe / Lernumgebung

genutzt werden.

Die derzeit auf dem Markt befindlichen Lernprogramme haben häufig den Nachteil einer engen Führung der Lernenden. Deshalb eignen sich solche Programme lediglich zum Einüben von Fertigkeiten.

Der Begriff der computergestützten Lernumgebung wird zur Zeit sehr kontrovers diskutiert. Wir verweisen auf den Artikel »Unterricht morgen«, der Perspektiven für Lernarrangements der Zukunft aufzeigt. [3]

Auf der Tagung wurde im Wesentlichen über den Einsatz von Standardsoftware im Unterricht diskutiert, für den Mathematikunterricht in der Hauptsache über Computer-Algebra-Systeme, Tabellenkalkulationen und Dynamische Geometrie-Software. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht zusätzlich über Programme zur Messwerterfassung und Software zur Modellbildung und Simulation.

Weiterhin bestand Einigkeit darüber, dass das Recherchieren im Internet in unseren Fächern noch von un-

tergeordneter Bedeutung ist und lediglich bei der Beschaffung neuester Daten eine Rolle spielt.

2 Mathematik

Der Mathematikunterricht ist nach HEINRICH WINTER dadurch allgemein bildend, dass er drei *Grunderfahrungen* ermöglicht:

»Erscheinungen der Welt um uns, die uns alle angehen oder angehen sollten, aus Natur, Gesellschaft und Kultur in einer spezifischen Art wahrzunehmen und zu verstehen,

mathematische Gegenstände und Sachverhalte, repräsentiert in Sprache, Symbolen, Bildern und Formeln, als geistige Schöpfungen, als eine deduktiv geordnete Welt eigener Art kennen zu lernen und zu begreifen,

in der Auseinandersetzung mit Aufgaben Problemlösefähigkeiten, die über die Mathematik hinausgehen (heuristische Fähigkeiten), zu erwerben.« [4]

In der PISA-Studie wurden im Rahmenkonzept [5] folgende grundlegende mathematische *Kompetenzen* benannt:

Die Fähigkeit,

- mathematisch zu denken,
- mathematisch zu argumentieren,
- mathematische Modelle zu entwickeln,
- Probleme zu stellen und zu lösen,
- mathematische Darstellungen zu nutzen,
- mit den symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umzugehen,
- zu kommunizieren,
- Hilfsmittel einzusetzen und zu gebrauchen.

Für alle Grunderfahrungen und Grundkompetenzen ist der Einsatz neuer Technologien bedeutsam.

2.1 Mathematik als anwendbare Wissenschaft

Ein wichtiger Aspekt des Mathematikunterrichts ist es, die Erscheinungen der Welt um uns in einer spezifischen Art wahrzunehmen, zu analysieren, Zusammenhänge zu erkennen und Folgerungen zu ziehen. Dabei findet in der Regel ein Prozess statt, in dem von einer realen Situation ausgehend durch Reduktion der Komplexität und Idealisierung ein Bild entworfen wird, das eine Bearbeitung der Problemstellung mit mathematischen Mitteln erlaubt (Modellierung).

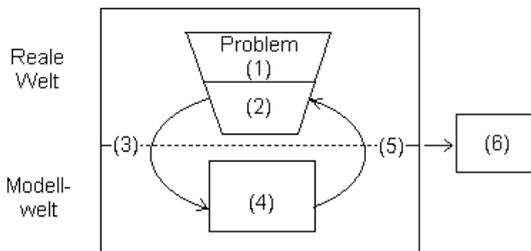
Der Prozess der Problemlösung gliedert sich im Allgemeinen in folgende Schritte:

1. Vorstellen des Problems (Zusatzinformationen evtl. aus dem Internet)
2. Erfassen gegebener Daten und Konkretisierung von ersten Fragestellungen.
3. Formalisierung mit mathematischen Mitteln, dabei können gegebenenfalls vereinfachende Annahmen gemacht werden. Diese sollten protokolliert werden.
4. Arbeit am Modell mit mathematischen Mitteln (Verknüpfungen, Algorithmen, Funktionalitäten, ...)
5. Interpretation und Überprüfung des Modellergebnisses in Bezug auf den realen Kontext – auch im Hinblick auf die vorgenommenen Vereinfachungen.

¹ Darunter sollen im folgenden alle Programme, Geräte und Medien verstanden werden, die mithilfe eines Computers oder IT-Technologien eingesetzt werden.

gen; gegebenenfalls Änderung des Modells (dann s. Schritt 2)

6. Formulierung des Ergebnisses mit erforderlichen Einschränkungen; Bewertung alternativer Modelle und ihrer Ergebnisse (Effizienzbetrachtung)
- Vereinfachend lassen sich die Zusammenhänge in folgendem Schema darstellen:



Insbesondere bei der Modellierung komplexerer Anwendungsprobleme kann der Computer als leistungsfähiges Werkzeug zur Unterstützung des Modellbildungsprozesses (Schritte 3 und 4) sinnvoll eingesetzt werden, etwa

- bei der Verwaltung, Strukturierung und Auswertung größerer Datenmengen,
- bei experimentellen Arbeitsweisen in der Modellbildungs- und Lösungsphase, die rechenintensive Algorithmen erfordern (Zinseszinsrechnung, Kreisflächenberechnung nach Archimedes, Iterationen, Rekursionen, Lösung linearer Gleichungssysteme, Markow-Ketten usw.) oder
- bei der Bearbeitung komplexerer Terme.

Auch der Evaluationsprozess (Schritt 5) kann mit ähnlichen Mitteln unterstützt werden.

Durch den Einsatz des Computers kann damit eine Verschiebung der Arbeitsschwerpunkte, weg vom kalkülorientierten Bearbeiten von Routineprozeduren hin zum Mathematisieren, Argumentieren, Interpretieren und zu explorativen Arbeitsweisen erreicht werden.

Darüber hinaus ergeben sich aber auch Möglichkeiten zur Entwicklung neuer Lösungsstrategien, die die Bearbeitung anwendungsnahe Problemstellungen erst erschließen. So können z. B. komplexere Probleme aus der Stochastik durch (meist rechenintensive) Simulationsprozesse bearbeitet und Probleme, die auf Differentialgleichungen führen, mit Hilfe von Differenzgleichungen approximativ gelöst werden.

2.2 Mathematik als formale Wissenschaft

Der sinnvolle, didaktisch methodisch begründete Computereinsatz unterstützt den Prozess der Entwicklung, Festigung und Anwendung zentraler Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten und bietet zusätzliche Gelegenheiten für selbstständige Schülerarbeit. Im Vordergrund stehen:

- Begriffe bilden und erweitern,
- Vermutungen äußern, Hypothesen aufstellen,
- Begründen und Beweisen,
- Formalisieren und Strukturieren,
- Algorithmieren

Für die fachsystematische Arbeit ist der Aufbau eines fundierten Begriffsverständnisses unverzichtbar. Viele grundlegende Begriffe wie z. B. Term, Variable, Symmetrie, Ableitung und Integral können mit Hilfe des Computers in unterschiedlichen Kontexten eingeführt werden. Die Arbeit auf numerischer, grafischer und algebraischer Ebene ermöglicht einen breiten Zugang zur Begriffsbildung und festigt das Verständnis. Im Zuge der Erarbeitung der Begriffe können Schülerinnen und Schüler mit Formen des modularen Arbeitens vertraut gemacht werden. Da der Rechner Routinearbeit übernimmt, steht mehr Zeit für die begriffliche Arbeit zur Verfügung. Diese kann genutzt werden, um Begriffe zu vertiefen und zu erweitern.

Das Entdecken von Zusammenhängen setzt die sorgfältige Analyse von Sachverhalten voraus. Dazu müssen Ausgangsbedingungen verändert und die Auswirkungen untersucht werden. Der Computer ist aufgrund seiner dynamischen Möglichkeiten ein geeigneter Helfer bei der Suche nach Gesetzmäßigkeiten. Er unterstützt das selbstständige Experimentieren, das Explorieren, das Analysieren von Daten. Beim Finden von Beweisideen und Verallgemeinern von Beweisstrategien (z. B. Suche nach Kongruenzen) leistet er gute Dienste.

Der Einfluss von Parametern bei Funktionen und deren Variation ist ein Beispiel für den Zusammenhang zwischen numerischen und geometrischen Veränderungen einerseits und ihrer formalen Repräsentation andererseits. Die durch die Computerprogramme zur Verfügung stehenden oder selbstgenerierten Objekte erleichtern in Verbindung mit dem Agieren in verschiedenen Darstellungsebenen wesentlich das Aufspüren von Zusammenhängen. Das Erkennen von mathematischen Strukturen kann durch den Computereinsatz wirksam unterstützt werden. Dabei können auch interessante Perspektivenwechsel aufgezeigt werden, z. B. indem Lösungen von Gleichungen mit zwei Variablen als Höhenlinien von Flächen im dreidimensionalen Raum interpretiert werden und aus einer Betrachtung von Funktionenscharen in der Ebene zu Flächen im Raum gewechselt wird ($f_a(x) \rightarrow f(a, x)$).

Zu den klassischen Elementen des algorithmischen Arbeitens gehören iterative und rekursive Verfahren. Diese können im Unterricht mit Hilfe des Computers in großer Schrittzahl realisiert werden. Die bereits für den Unterricht in unteren Klassen sinnvolle Intervallschachtelung ist ein instruktives Beispiel für algorithmisches Arbeiten.

Die Verfügbarkeit leistungsfähiger Programme, insbesondere der Computeralgebrasysteme, reduziert die Bedeutung kalkülorientierter Unterrichtsinhalte. Darin liegt eine Chance, das Verständnis grundlegender Sachverhalte und Verfahren in den Mittelpunkt zu rücken und neue Inhalte aufzunehmen.

2.3 Mathematik als Mittel zur Ausbildung heuristischer Fähigkeiten

Ein unabdingbarer Bestandteil von Mathematikunterricht ist das Vermitteln und Benutzen von heuristischen Verfahren, die Schülerinnen und Schülern Impulse geben, mathematische Aufgabensituationen experimentell

und explorierend zu bearbeiten. Über die Reflexion verschiedener Herangehensweisen baut sich schrittweise ein Methodenrepertoire auf. Dadurch ist das Lösen von Problemen auf vielfachen Wegen möglich. Ergänzend zum Vorgehen im traditionellen Mathematikunterricht bieten moderne Werkzeuge in dieser Hinsicht neue Wege. Damit trägt der Mathematikunterricht auch einer Situation Rechnung, in der Schülerinnen und Schüler in einer sich verändernden Welt aufwachsen.

Bereits POLYA hatte die Bedeutung von Heuristiken erkannt und Veränderungen für den Mathematikunterricht eingefordert.

Durch den Einsatz neuer Medien erlangen folgende heuristische Verfahren einen besonderen Stellenwert:

- Dynamisieren:
Übergang von statischen zu dynamischen Darstellungen mathematischer Objekte (Term, Graf, Tabelle, Figur). Dadurch werden Zusammenhänge intensiver erfahrbar.
- Reduktion komplexer Sachverhalte auf Beispiele und Sonderfälle:
- Hier bietet der Computereinsatz eine neue Qualität (vielfältiges Durchmustern, Sortieren, einfaches Erstellen und Verwerfen von Hilfskonstruktionen).
- Wechsel zwischen Numerik / Grafik / Symbolik:
Durch das gleichberechtigte Nebeneinander der drei Darstellungsformen und den unmittelbaren Wechsel der Sichtweisen wird das Verständnis von Mathematik nachhaltig gefördert.

3 Biologie, Chemie

Im Bereich der Naturwissenschaften hat der Computer gegenüber herkömmlichen Medien den Vorteil, dass komplexe dynamische Systeme und Modelle leichter und ansprechender visualisiert und nutzbar gemacht werden können. Nebenbei wird eine weitere Kulturtechnik erlernt. Die Dokumentation und Präsentation spielt hierbei eine herauszustellende Rolle. Die originale Begegnung und das Experiment sollen dabei nicht ersetzt, sondern sinnvoll an geeigneter Stelle ergänzt werden. Die Arbeit mit dem Computer soll die Schülerinnen und Schüler in altersgerechter Weise begleiten, und dabei immer selbstverständlicher werden. Der Computer gestattet die Einbeziehung weiterer »Erschließungsbereiche« (Kontexte), variabler Arbeitsformen und variantenreichen Übens, Forderungen an den modernen Unterricht, die in letzten MNU-Lehrplantagungen [6] aufgestellt wurden.

3.1 Einsatzmöglichkeiten des Computers als Element einer Lernumgebung

Mit Hilfe des Computers können die Schülerinnen und Schüler beispielsweise ...

- mit dynamischer Modellbildung und Simulation eigenständig dynamische Modelle konstruieren, nutzen und kritisch bewerten (z. B. Regelkreismodelle, Hormonsysteme, Räuber-Beute-Beziehungen, chemische Gleichgewichte).
- durch visualisierte Simulation bzw. Animation (2D / 3D) eigenständig interaktiv komplexe dyna-

mische Sachzusammenhänge erarbeiten. Die visualisierte Darstellungsform ist einerseits sehr anschaulich und erleichtert andererseits die Abstraktion. Zusätzlich wird hierbei die Motivation gesteigert.

- mittels *Molekülvisualisierung* und Zeichenprogrammen zusätzlich zu den Molekülbaukästen Molekülmodelle visualisieren und die verschiedenen Darstellungsformen in einander übergehen lassen. Ein weiterer Vorteil gegenüber herkömmlichen Molekülbaukästen ist die Ermittlung des exakten Bindungswinkels bzw. der Bindungslänge. So werden problemorientierte Unterrichtsphasen ermöglicht. Die räumliche Struktur von Makromolekülen wird mit diesen Mitteln erst anschaulich darstellbar (z. B. Proteine).
- durch *Erstellung einer vernetzten Wissenspräsentation (Hypertext)* die sonst in Printmedien vorherrschenden linearen Strukturen aufbrechen und in Form vernetzter Strukturen darstellen. Diese Produkte können zusätzlich multimedial gestaltet sein. Ob damit das Verständnis komplexer Sachverhalte für den Lernenden erleichtert wird, müssen weitere fachdidaktische Untersuchungen noch überprüfen.

3.2 Einsatzmöglichkeiten des Computers als »Werkzeug«

Mit Hilfe des Computers können die Schülerinnen und Schüler ...

- bei der *Messwerterfassung und -auswertung* große Datenmengen, die in kurzen Zeiträumen oder über eine längere Zeitspanne hinweg anfallen, aufnehmen und bearbeiten. Andererseits kann der Computer Steuerungs- und Regulationsaufgaben übernehmen. Der Computer kann der Erleichterung formaler Arbeiten (Routearbeiten, Berechnungen) dienen. Messgrößen wie Pulsschlag, Blutdruck, Temperatur, elektrischer Widerstand, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, etc. können per Computer digital erfasst werden. Die Einstellung eines chemischen Gleichgewichts kann so auch kontinuierlich verfolgt werden, wenn sie sich über längere Zeit erstreckt.
- eine alternative *Informationsbeschaffung* zur Nutzung aktueller Daten heranziehen (z. B. Internet, multimediale Lexika, Datenträger). Dabei ist es wichtig, Qualitätskriterien transparent zu machen und anzuwenden. Um Strukturen in der verwirrenden Vielfalt des Internets aufzeigen zu können, müssen der freien Recherche geführte Internetrecherchen vorausgehen. Darüber hinaus können Einblicke in Lebensräume gewonnen werden, die im Unterricht ohne diese Informationsmöglichkeiten kaum zugänglich wären (z. B. Vogelzugbeobachtung, weltweite Ozonwerte, Moleküldaten).
- die *Präsentation* nutzen, um Experimente per Bild oder Animation darzustellen. Zur Ergebnissicherung bieten sich der Lerngruppe Möglichkeiten, Ergebnisse festzuhalten und ggf. ohne Qualitätsverlust weiter zu verarbeiten. Die Darstellung inhaltlich vernetzter Strukturen erfordert gleichermaßen eine vernetzte Präsentation (Hypertext). Text- und

Bildverarbeitung sollen hierzu herangezogen werden.

- im Rahmen neuer *Kommunikationsmöglichkeiten* Foren gewinnbringend nutzen. Im Sinne eines »globalen Klassenzimmers« besteht die Möglichkeit lokale Netze zusammenzuführen und für einen verstärkten Informationsaustausch einzusetzen (z. B. Betrachtung weltweiter Umweltprobleme, Austausch von Unterrichtsmaterialien und Prüfungsfragen).

3.4 Kompetenzen

Kompetenzen bezeichnen die Befähigung des einzelnen Menschen, sein persönliches, berufliches und gesellschaftliches Leben verantwortlich und persönlich befriedigend zu führen und seine Umwelt mitzugestalten. Naturwissenschaftliche Kompetenzen werden im individuellen Entwicklungsprozess selbst aufgebaut und vervollkommen.

Der Computer gehört heute zu einem unentbehrlichen Arbeitsmittel im naturwissenschaftlichen Unterricht. Der überlegte Einsatz von Computern schafft innovative und sinnvolle Lernsituationen, in denen naturwissenschaftliches Denken und Handeln gefördert und Fach- und Methodenkompetenz entwickelt werden können.

Unter Beachtung innovativer Aspekte müssen Lernende die den Erkenntnisprozess unterstützenden Medien und Methoden bezüglich ihrer Effizienz auswählen und benutzen können.

Die Schülerinnen und Schüler sollen in die Lage versetzt werden ...

- die *Messwerterfassung und Auswertung* gemäß ihres Entwicklungsstandes bei Umwandlungen von Messreihen über die Visualisierung bis zur Auswertung großer Datenmengen naturwissenschaftliche Arbeitstechniken bei der Verarbeitung von Messdaten anzuwenden.
- durch *Modellbildung* Strukturen und Funktionen zu entwickeln und auf neue Sachverhalte anzuwenden.
- mit Hilfe von *Simulation und Animation* naturwissenschaftliche Phänomene und Abläufe zu analysieren und unter Nutzung bekannter Modelle, Zusammenhänge zu entdecken und zu formulieren. Bei der Modellbildung, Simulation und Animation können sie Realität, Modell und Vision unterscheiden. Dabei können die Lernenden unabhängig von der Zeit-Raumrelation Hypothesen bilden und diese mit Hilfe von Experimenten verifizieren.
- durch *Präsentation* naturwissenschaftlicher Sachverhalte deren Komplexität mit Hilfe geeigneter Software adressatenbezogen unter Beachtung fachspezifischer Kriterien (Arbeits- und Denkweisen) vernetzt zu entwickeln und darzustellen (Hypertext). Die Ganzheitlichkeit der Wahrnehmung wird durch den Gebrauch vielfältiger Darstellungsmöglichkeiten unterstützt, z. B. Animation, Tonsequenzen etc.
- durch *Datenbeschaffung und Kommunikation* das Internet als virtuellen Marktplatz für Diskussionsfo-

ren zu nutzen. Die Schülerinnen und Schüler erkennen dabei, dass sie Medieneinflüssen ausgesetzt sind. Über die ergebnisorientierte Arbeit reflektieren und erkennen sie diese Einflüsse und können sie selbstverantwortlich aufarbeiten. Neben der Informationsrecherche soll im Internet im Bereich der kreativen Medienarbeit kommunikative Fertigkeiten in fachbezogenen Chats und Foren erworben werden.

3.5 Abgeleitete Anforderungen zur materiellen Ausstattung von Fachräumen mit »Neuen Medien«

Um den Unterricht mit Hilfe des Computers zu verbessern, sollen die Fachräume mit folgenden Geräten ausgestattet sein:

- transportable, vernetzte Computer mit Internetanschluss,
- digitale Videokamera,
- Beamer,
- Messdatenerfassungssystem.

Bei der Beschaffung eines Messdatenerfassungssystems oder eines Programms zur Modellbildung sollen alle naturwissenschaftlichen Fachbereiche ggf. zusammen mit dem Fachbereich Mathematik sich auf ein gemeinsames Produkt einigen, damit die Schülerinnen und Schüler nur einmal mit der Programm Benutzung vertraut gemacht werden müssen. Wünschenswert sind Erweiterungslizenzen für Schüler und Lehrer, die es ihnen ermöglichen die Programme bei der Arbeit zu Hause zu nutzen.

4 Physik

Der Förderverein MNU hat in seinen jüngsten Empfehlungen zur Gestaltung von Lehrplänen und Richtlinie für den Physikunterricht im Februar 2001 aktuelle Anforderungen an den Physikunterricht und die naturwissenschaftliche Bildung formuliert, die hier aufgegriffen, ergänzt und für die Nutzung der neuen Technologien konkretisiert werden.

Die Entwicklung einer Unterrichtskultur, die auf das Verständnis physikalischer Konzepte zielt, die den Schülerinnen und Schülern eine mit stärkerer Handlungsorientierung und größerem Anteil selbstständigen Erarbeitens von Lerninhalten bietet, kann durch gezielten Einsatz des Computers gefördert werden. Zur Entfaltung einer vielfältigen, differenzierten Aufgabenkultur im Physikunterricht kann der Computereinsatz eigene Beiträge leisten. Computer können den Aufbau kognitiver Strukturen und die Entwicklung mentaler Modelle der Wirklichkeit beim Physiklernen unterstützen

Zu den naturwissenschaftlichen Methoden der Erkenntnisgewinnung gehören inzwischen Anwendungen des Computers, deren Vermittlung Teil einer physikalischen Bildung sein muss.

Der Einsatz des Computers bietet vielfältige Möglichkeiten, die naturwissenschaftlichen Fächer zu verbinden und eine einheitliche Sicht der Natur erlebbar zu machen. Dabei findet die rechnergestützte Entwick-

lung von Modellen, ihre gemeinsame Anwendung sowohl in der Chemie z. B. zum Verständnis des Aufbaus und der Stabilität von Atomen, als auch in der Biologie, wo Wachstums- und Zerfallsprozesse ihre Analogien in der Physik haben. Dem dabei gerade der Physik innewohnenden Bedürfnis nach einer mathematischen Beschreibung ihres Gegenstandes entspricht der Einsatz des Computers dadurch, dass er komplexe und schwer zu lösende mathematische Modelle zugänglich macht und somit den physikalischen Sachverhalt deutlich hervorhebt und in den Mittelpunkt des Unterrichts stellt, anstatt ihn durch einen Formelwust zu verschütten. In der Modellierung physikalischer Problemstellungen finden sich Anknüpfungen zum Modellieren im Mathematikunterricht, so dass sich auch neuartige Verbindungen dieser beiden Fächer ergeben.

Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler mit der Natur gehen heute weit über die im Klassenraum erlebte Physik hinaus. Die Beschäftigung mit einer Vielzahl durch die Medien und anderer dem Schüler zugänglichen Quellen unterbleibt oft im Physikunterricht, da ihre Einbeziehung in der Schule bisher beschränkt möglich war. Hier ist aber gerade der Computer und die mit ihm verbundene Möglichkeit der Internetnutzung eine Möglichkeit das Klassenzimmer zu öffnen und die Physik über die Grenzen des Bisherigen erfahrbar zu machen.

Der Einsatz des Computers im Physikunterricht hat als unverzichtbare Komponente das Erfassen, Bearbeiten und Darstellen von Messwerten. Darin besteht der fachspezifische Beitrag des Physikunterrichts an der Entwicklung der Medienkompetenz der Schüler.

Damit die mit dem Computereinsatz im Physikunterricht angestrebten Ziele an den Schulen realisiert werden können, sind eine Reihe von Voraussetzungen zu realisieren:

1. In der Unterrichtspraxis wurden durch engagierte Lehrkräfte Beispiele für einen erfolgreichen Einsatz des Computers im Physikunterricht erarbeitet und erprobt. Unter Berücksichtigung dieser Erfahrungen muss die Forschung die Wirkung des Computereinsatzes im Physikunterricht aus allgemeinpädagogischer, lernpsychologischer und fachdidaktischer Sicht untersuchen. Folgende Teilfragen sind u. A. zu klären:
 - Wie kann der Computereinsatz den Aneignungsprozess physikalischer Begriffe, Gesetze und Arbeitsweisen wirkungsvoll unterstützen?
 - Wie kann der Computereinsatz das Interesse der Schülerinnen und Schüler an physikalischen Erkenntnisgegenständen langfristig erhöhen?
 - Welche Anforderungen an Software sind zu stellen und wie sollte ihr Einsatz erfolgen, damit der Individualisierung des Lernprozesses besser entsprochen wird?
 - Wie kann der Computereinsatz dazu beitragen, das soziale Lernen im Unterricht zu fördern?
2. Der Computereinsatz im Physikunterricht wird nur dann erfolgreich zu dessen Verbesserung beitragen, wenn die Lehrkräfte über die notwendige fachliche und methodische Kompetenz verfügen. Deshalb sollte es dazu einen obligatorischen Bestandteil in

der 1. und 2. Phase der Lehrerbildung geben. Parallel müssen entsprechende Angebote in der regionalen Fortbildung (3. Phase) gemacht werden. Zur Unterstützung eines fachdidaktisch fundierten Computereinsatzes in der täglichen Unterrichtsarbeit ist ein System der fachlichen und methodischen Beratung auf regionaler Ebene aufzubauen.

3. Die Einbeziehung des Computers in den physikalischen Erkenntnisprozess erfordert neben dem Computerraum /-kabinett die Ausstattung der Fachräume mit Computern einschließlich notwendiger Messinterfaces und Präsentationsmöglichkeiten (z. B. Beamer). Zur selbständigen, aktiven Auseinandersetzung der Schülerinnen und Schüler mit den physikalischen Erkenntnisgegenständen unter Nutzung des Computers und zum Erwerb entsprechender Kompetenzen sind insbesondere auch Schülerarbeitsplätze einzurichten.
4. Um allen Schülerinnen und Schülern der Sek. II eine zeitgemäße, vertiefte physikalische Bildung zu vermitteln, sind die computergestützte Messwerterfassung und der Umgang mit Modellbildungssystemen verbindlich in die Lehrpläne bzw. Richtlinien aufzunehmen und in den Abiturprüfungen zu berücksichtigen.

Die moderne Computertechnologie füllt z.B mit interaktiven Bildschirmexperimenten und Fernsteuerung von Apparaturen per Internet zunehmend die Lücke zwischen Simulation und Realexperiment. Ein sinnvoller Umgang damit bedeutet nicht, Simulation und Experiment zu vermischen, sondern eröffnet neue Möglichkeiten. Beispielsweise können Experimente realitätsnah über das Internet durchgeführt werden, wenn Apparaturen nicht zur Verfügung stehen, dies auch außerhalb oder nach Abschluss von Physikunterricht und Schulausbildung.

Im Physikunterricht gibt es folgende Möglichkeiten für den Einsatz neuer Medien:

- Modellierung
- Computeralgebrasysteme im Physikunterricht
- Messwerterfassung und -auswertung
- Präsentation und Kommunikation
- Internet für den Physikunterricht
- Digitale Lehrbücher und E-learning

4.1 Modellierung

Ausgehend von Experimenten ist der Vorgang der Modellierung ein wesentlicher Aspekt in der Entwicklung der fachlichen Beschreibung.

Der Unterricht liefert Anlässe, die Modellbildung als Beschreibung nicht elementarer Zusammenhänge zu benutzen.

- Ausgehend von eigenen Vorstellungen sachgerechte Konzepte diskutieren, anwenden und testen
- Realitätsnahe, zielgerichtete Beschreibung komplexer Zusammenhänge
- Förderung eines vertieften Verständnisses von Grundlagen – Verzicht auf eine Vielzahl von Spezialfällen
- Betonung der grundlegenden Strukturen durch Übertragung der Modelle auf andere Themenbereiche

- Überblickswissen durch Vergleich von Modellstrukturen
- Die Schüler entwickeln ihre eigene Modellstruktur und testen sie im Vergleich mit dem Schulexperiment oder alltäglichen Phänomenen durch Variation der Parameter.

Das Modellierungssystem dient der Gestaltung des Unterrichts in Richtung Verständnisorientierung – das heißt der Schwerpunkt des Unterrichts wendet sich beispielsweise weg von den Spezialfällen der Bewegungsgleichungen hin zu einem verbesserten Grundverständnis von elementaren Zusammenhängen.

Die Leistungsfähigkeit der Modellierung zeigt sich in der Breite der möglichen Anwendungen:

- Bewegung mit Reibung
- Bewegung im Gravitationsfeld der Erde
- relativistische Massenveränderung
- Auf- und Entladevorgänge
- Mechanische und elektrische Schwingungen
- Lösungen der Schrödingergleichung für elementare Probleme der Quantenphysik
- Nichtlineare Systeme

Abhängig von den gewählten Anwendungen, Zielsetzungen und den verfügbaren Experimenten werden Modellbildungssysteme und Computeralgebra-Systeme unter verschiedenen Schwerpunkten eingesetzt.

4.2 Computeralgebrasysteme

Computeralgebra-Systeme (CAS) ermöglichen eine analytische Beschreibung physikalischer Vorgänge und eine Veranschaulichung der physikalischen Zusammenhänge.

Im Physikunterricht werden die in Mathematik / Informatik erworbenen Fähigkeiten in CAS aufgenommen und erweitert.

Die Haupteinsatzgebiete von Computeralgebra-Systemen liegen in folgenden Bereichen:

Visualisierung von Daten: Über elementare Grafen hinaus liefert der Unterricht Anlässe, Daten zu visualisieren, um physikalische Zusammenhänge zu ermitteln und herauszustellen.

- 2-D-Grafik (Beugungsbild auf dem Schirm, Bildverarbeitung)
- 3-D-Grafik (Feldverteilung in der Ebene, Wahrscheinlichkeitsverteilung von Quantenobjekten)
- Herstellung von Animationen (Ausbreitung von Wellen)
- Wasserfallgrafik (Bahnverlauf, Intensitätsverteilung in Abhängigkeit von Parametern)

Vereinfachung von mathematischen Arbeitsweisen in der physikalischen Anwendung: Mitunter reicht es die mathematischen Verfahren und die Ergebnisse vorzustellen und zu nutzen, die bei der Beantwortung physikalischer Fragestellungen verwendet werden.

- Lösen von Gleichungssystemen (Impulssatz, eindimensionaler elastischer und zweidimensionale Stoss, Comptoneffekt)
- Ermittlung der Ableitungsfunktion und Integralfunktion (Raketengleichung, Bewegung mit Reibung, Wechselstromlehre)
- Iterative Berechnungen (Nichtlineare Systeme)

Vielfach werden im Physikunterricht mathemati-

sche Verfahren verwendet, die aus dem Mathematikunterricht so noch nicht bekannt sind. Ein CAS ermöglicht die propädeutische Nutzung der Verfahren.

- Differenziation, Integration (Bewegungsgleichungen, Induktion)
- Differenzialgleichung (Bewegungsgleichung, Schwingungsgleichung, Schrödingergleichung)
- Vektoranalysis (Magnetfeld stromdurchflossener Leiter, Induktion, Maxwell'sche Gleichungen)

Abhängig von den gewählten Anwendungen, Zielsetzungen und den verfügbaren Experimenten werden Computeralgebra-Systeme und Modellbildungssysteme unter verschiedenen Schwerpunkten eingesetzt.

4.3 Computergestützte Messwerterfassung und -auswertung

Zu einer modernen Experimentierkultur gehört der Einsatz von computergestützter Messwerterfassung. Vgl. [7].

Sie trägt insbesondere wenn sie von Schülern selbst durchgeführt wird, zur Erreichung folgender Ziele bei:

- Sie erweitert das Wissen um die charakteristischen naturwissenschaftlichen Methoden der Erkenntnisgewinnung.
- Sie erweitert die Fähigkeit zum Erfassen von Naturphänomenen.
- Sie bietet den Schülern eine weitere Möglichkeit zu selbstständigem Handeln im Unterricht bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten. Beim Einsatz in Gruppenarbeit werden Team- und Kooperationsfähigkeit weiter entwickelt.

Die computergestützte Messwerterfassung bietet folgende Vorteile:

1. Die Aufzeichnung kurzzeitiger Vorgänge (z. B. Erfassung von Kraftstößen oder Einschaltströmen) bzw. von Prozessen langer Dauer (z. B. Aufnahme von Temperaturverläufen oder radioaktiven Zerfallskurven) wird einfacher und in einer Qualität und Quantität möglich, die bisher im Physikunterricht nicht oder sehr schwer realisierbar waren (z. B. Aufzeichnung von Bewegungen mit Ultraschallsensor).
2. Der Aufbau lässt sich bei einer Vielzahl von Versuchen vereinfachen und überschaubarer gestalten (z. B. Demonstrationsexperimente bei elektrischen Versuchen entfallen, Registrierung von Bewegungen ausschließlich mit einer Videokamera).
3. Sie vereinfacht die Weiterverarbeitung der erfassten Messwerte, da sie leicht in andere Programme (Tabellenkalkulationen, Modellbildungssysteme) übertragen werden können.
4. Das Messverarbeitungssystem ersetzt eine Vielzahl von teuren Einzelmessgeräten (Demonstrationsmessgerät, Speicheroszilloskop, x-y-Schreiber, Digitalzähler).

Die computergestützte Verarbeitung von Messwerten bietet folgende Vorteile:

1. Sie ermöglicht die Bearbeitung von großen Datenmengen im Unterricht.

2. Verschiedene Arten der Repräsentation der Daten sind einfach zu realisieren. So lassen sich Schülerideen zur Art der Auswertung leicht überprüfen.
3. Es sind völlig neue Auswertungsmethoden im Unterricht möglich (z. B. Fourieranalyse von Signalen).

4.4 Präsentation und Kommunikation

Wissenschaftliche Erkenntnisse sind ohne Präsentation und Kommunikation nicht verwertbar. Deshalb müssen entsprechende Techniken Unterrichtsgegenstand sein. Hierbei eröffnet der Computer eine Reihe von komfortablen Möglichkeiten, z. B.

- Erstellung von Multimediapräsentationen für Referate oder Schulwebsites,
- Weitergabe von umfangreichen Informationen auf Datenträgern,
- Aufgabenstellung und Lösung per E-Mail

4.5 Nutzung des Internets

Das Internet bietet eine Menge von aktuellen und interessanten fachlichen Informationen. Man findet unter anderem:

- Informationen über aktuelle Forschung,
- Informationen zu naturwissenschaftlich-technischen Themen der Zeit,
- Bilder und Animationen für die Veranschaulichung im Unterricht,
- komplette Unterrichtseinheiten,
- interaktive Lernprogramme,
- Aufgabensammlungen

Da die Informationen nicht immer seriös sind und ihre Menge unüberschaubar ist, gehört zur Nutzung des Internets die zielgerichtete und effiziente Suche, die sinnvolle Auswahl, die Bewertung und die Einbettung der Information in den eigenen Lernprozess.

Darüber hinaus eröffnet das Internet die Möglichkeit für Präsentation und Kommunikation in einem großen Teilnehmerkreis (z. B. E-Mail, Diskussionsforen, Internet-Arbeitsplattformen, Erstellung von Websites)

4.6 Computereinsatz in der Sek. I

Gerade die Naturwissenschaften sollten die Einsatzmöglichkeiten des Computers in der Sek. I frühzeitig nutzen. Dadurch kann dem PC-Einsatz der Charakter des Besonderen genommen werden.

So kann man exemplarisch den Computer zur Messwerterfassung und -auswertung verwenden (z. B. Abkühlungsvorgänge, Kennlinie).

Sinnvoll erscheint der Einsatz von Simulationen in der Sek. I, solange man die Grundlagen der Simulation nicht hinterfragt. Simulationen können dann insbesondere

- komplexe Vorgänge veranschaulichen (z. B. durch interaktive Vorgabe von Parametern),
- die räumliche Verteilung bzw. zeitliche Entwicklung von Größen, die nicht unmittelbar wahrgenommen werden können, bildlich darstellen (z. B. Kräfte, Potentiale, Feldstärken),
- die Beobachtungen auf wesentliche Aspekte eines Phänomens lenken, da die Komplexität reduziert ist,

- das Austesten von Versuchvarianten ermöglichen, ohne Geräte zu zerstören (z. B. Dimensionierung elektrischer Schaltungen),
- als Ersatz für gefährliche Experimente dienen (z. B. Radioaktivität).

Anleitungen zur Beschaffung von Informationen aus dem Internet und deren Prüfung sollte frühzeitig auch im Unterricht der Sek. I gegeben werden. Gleiches gilt für die Präsentationen mit Hilfe des Computers.

5 Folgerungen und Forderungen

Soll Unterricht mit neuen Medien verbessert werden, müssen die folgenden Aspekte zwingend im Zusammenhang gesehen werden:

5.1 Verfügbarkeit und Betreuung [3]

Es darf nicht übersehen werden, dass die Verfügbarkeit und Betreuung der Computer entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung der von uns formulierten Forderungen sind. Computersysteme und die im Unterricht eingesetzte Software müssen für alle Lernenden bei Bedarf einfach zugänglich sein. Dies gilt auch für die Arbeit außerhalb des Unterrichts. Es ist eine verbindliche Regelung zu treffen, wer Hard- und Software für Schüler finanzieren soll.

In den Schulen ist eine Gesamtvernetzung erforderlich, damit an jedem Lernort die Möglichkeit der Arbeit mit lokalen und globalen Ressourcen vorhanden ist. Die Administration der Schulnetze ist so zu regeln, dass sowohl eine professionelle technische Systembetreuung als auch eine Betreuung aus pädagogisch-fachdidaktischer Sicht gewährleistet ist. Vgl. [8].

Zur eigenständigen Informationsbeschaffung der Lernenden ist eine jederzeit zugängliche Mediothek mit vernetzten Computersystemen, einer CD- und Videosammlung und einer Bibliothek erforderlich. Wünschenswert ist eine fachkundige Betreuung der Mediothek, die bei Bedarf auch Hilfestellungen für Lehrende und Lernende geben kann.

5.2 Curriculare Verankerung

Computersysteme sind pädagogisch fruchtbar einsetzbare Werkzeuge und sollten daher im Unterricht als selbstverständliches Arbeitsmittel angesehen werden. Ziel ist eine umfassende Medienkompetenz, die Schülerinnen und Schülern ermöglicht, geeignete Hilfsmittel je nach Problemstellung auszuwählen.

Der curriculare Stellenwert des Computereinsatzes muss in den Rahmenrichtlinien der einzelnen Fächer als integraler Bestandteil verbindlich verankert werden.

Damit im Unterricht effektiv mit Computersystemen gearbeitet werden kann und deren Nutzung selbst nicht im Zentrum des Lernprozesses steht, ist eine grundlegende informatische Bildung als Fundament verbindlich festzuschreiben.²

² Ein eigenständiges Fach ist vorteilhaft. Vgl. [9].

5.3 Gestaltung von Software

Um Lernprozesse optimal zu unterstützen, müssen Systeme möglichst einheitlich zu bedienen sein. Deren Benutzung muss intuitiv möglich und leicht erlernbar sein. Dieses wird erleichtert durch ein kontextorientiertes Hilfesystem und eine objektbezogene Methodenauswahl. Effektive Erkenntnisprozesse und folgerichtige Dokumentationen von Ergebnissen sind nur dann möglich, wenn Programme unterschiedliche Darstellungen automatisch aktualisieren.

5.4 Lehrerausbildung

Zwingend notwendig ist eine Reform hinsichtlich der Einbindung neuer Medien in die universitäre, insbesondere fachdidaktische Ausbildung. Während des Referendariats müssen auch Konzepte zum Einsatz neuer Medien im Fachunterricht durch die angehenden Lehrerinnen und Lehrer entwickelt, in der Praxis erprobt und reflektiert werden. In der Prüfung muss die Kompetenz zur Planung und Durchführung von computergestütztem Unterricht nachgewiesen werden.

5.5 Lehrerfort- und -weiterbildung

Auch im Bereich der Lehrerfort- und -weiterbildung muss ein fortwährendes Angebot an Veranstaltungen vorgesehen werden, welche die Lehrerinnen und Lehrer in die Lage versetzen, den Computer als Werkzeug im Fach- und im fächerübergreifenden Unterricht sinnvoll und effizient einzusetzen. Dabei liegt der Schwerpunkt nicht in der produktspezifischen Schulung, sondern in der Entwicklung didaktisch methodischer Konzepte und deren Erprobung im Unterricht. Für eine erfolgreiche und nachhaltige Umsetzung im Unterricht ist auch eine schulinterne Fortbildung unerlässlich. Darüber hinaus ist ein kontinuierlicher regionaler und überregionaler Erfahrungsaustausch von Kolleginnen und Kollegen von entscheidender Bedeutung.

5.6 Fachdidaktische Forschung

Eine verstärkte wissenschaftliche Evaluation der Wirkungen des Medieneinsatz auf die Lernprozesse und die Akzeptanz der Schülerinnen und Schüler sowie der Abnehmer kann wesentlich dazu beitragen, eine qualitative Verbesserung von Unterricht langfristig zu erreichen. Daher fordern wir die Wissenschaft zu verstärkten Anstrengungen auf diesem Gebiet auf. Auch die Erstellung digitaler Lehrbücher bzw. computergestützter Lernumgebungen und deren Evaluation des Einsatzes im Unterricht sind wünschenswert.

5.7 Akzeptanz der Abnehmer

Die durch den sinnvollen und angemessenen Einsatz des Computers im Rahmen der schulischen Ausbildung erworbenen Kompetenzen sind in einer modernen Welt zu Schlüsselqualifikationen geworden. Für die wirtschaftliche und wissenschaftliche Weiterent-

wicklung unserer Gesellschaft bedeuten diese Kompetenzen eine große Chance. Die Verantwortlichen in der Wirtschaft und an den Universitäten können das Potenzial nutzen, das aus den veränderten Schwerpunktsetzungen schulischer Bildung resultiert. Ein Beharren auf Fertigkeiten, die durch den Einsatz von Computern als überholt gelten, wäre kontraproduktiv.

5.8 Schul- und Unterrichtsorganisation, Unterrichtskultur

Lernen mit neuen Medien erfordert eine flexible Schulorganisation, die auch längere zusammenhängende Zeiträume für die Arbeit einer Lerngruppe an einem Thema zur Verfügung stellt. Im Dreiviertelstundentakt sind die Chancen für ein »Neues Lernen mit Medien« im Sinne einer neuen Unterrichtskultur eingeschränkt. In jedem Fall müssen Lehrende und Lernende ihr Rollenverständnis ändern: Lehrerinnen und Lehrer müssen Raum lassen für individuelle Lernwege der Schülerinnen und Schüler und jene müssen bereit sein, mehr Verantwortung für ihren Lernprozess zu übernehmen.

Das kreativ-spielerische und unsystematisch-ausprobierende Arbeiten hat für den Erkenntnisgewinn durchaus seine Berechtigung. Es kann z. B. mit Hilfe von Simulationen seinen Platz finden, wodurch Gefährdungen der Experimentierenden oder die Zerstörung von Geräten vermieden werden.

5.9 Grenzen des Computereinsatzes

Der Computer kann nicht das Denken in Köpfen der Schüler ersetzen. So wie ein Textverarbeitungssystem keine Literatur auf Knopfdruck erzeugt, ist auch keine Mathematik auf Knopfdruck zu erwarten. Er kann auch nicht die direkte Beobachtung naturwissenschaftlicher Phänomene ersetzen. Computergenerierte Aussagen sind daher stets im Hinblick auf die Gültigkeit des zugrunde liegenden Modells am Naturphänomen zu prüfen. Er unterstützt den Weg der Erkenntnis im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht in vielfältiger Weise.

5.10 Ausblick

Der Computer hat bereits in den vergangenen Jahren unseren Alltag grundlegend verändert. Dieser Prozess wird zukünftig möglicherweise beschleunigt verlaufen. Will der Mensch in dieser Entwicklung nicht als Objekt dastehen sondern als Subjekt, das diesen Prozess aktiv zu seinem Wohl gestaltet, müssen die angesprochenen Ziele zu einem festen Bestandteil der Allgemeinbildung werden. Die Frage ist nicht, ob wir das wollen, sondern wie wir es machen. Wir hoffen mit dieser Schrift Anregungen hierfür gegeben zu haben.

Literatur

- [1] BLK für Bildungsplanung und Forschungsförderung, Heft 60, 1997.
- [2] PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Deutsches PISA-Konsortium (Hg.), 2001.

- [3] B. Barzel u. a. »Unterricht morgen«.
<http://www.vibido.de/mnu/content/pdfs/barzel1.pdf>
 bzw.
<http://www.studienseminare-ge-gym.nrw.de/D/konzept/perspektiven/zukunftunterricht.pdf>
- [4] BORNELEIT/ DANCKWERTS/ HENN / WEIGAND: Mathematikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In: TENORTH: Kerncurriculum Oberstufe, Beltz 2001.
- [5] Schülerleistungen im internationalen Vergleich. Eine neue Rahmenkonzeption für die Erfassung von Wissen und Fähigkeiten. Deutsches PISA-Konsortium (Hg.), 2000.
- [6] MNU: Chemieunterricht der Zukunft. MNU 53/3 (2000), MNU: Biologieunterricht und Bildung. MNU 54/4 (2001).
- [7] MNU: Physikunterricht und naturwissenschaftliche Bildung – aktuelle Anforderungen. MNU Lehrplantage Physik 2001.
- [8] Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V. zur Planung und Betreuung von Rechnersystemen an Schulen, <http://ddi.in.tum.de/fachgruppe/empfehlungen/dokumente/Empfehlungen-SysBetr-5-01.pdf>
- [9] GI, Empfehlungen für ein Gesamtkonzept zur informatischer Bildung an allgemein bildenden Schulen (September 2000), www.inf.fu-berlin.de/gi/fb7/empfehlungen/gesamt.pdf.

Teilnehmer

ARNOLD A CAMPO, Hagen
 JENS ANGERHÖFER, Pechüle
 MICHAEL BARTH, Sarstedt
 REINHARD BAYER, Stuttgart
 Dr. THOMAS BETHGE, Bremen
 Dr. HORST BICKEL, Düsseldorf

Dr. GÖTZ BIEBER, Potsdam
 RALF BÖHLEMANN, Eggersdorf
 HANS-JÜRGEN ELSCHENBROICH, Korschenbroich
 THOMAS HARTLEB, Dingelstädt
 Dr. IRMGARD HEBER, Mühlthal
 GERALD HEINZE, Dresden
 ALEXANDRA HERMES, Koblenz
 Dr. REINHARD KÖHLER, Melsungen
 HEIDI KOSCHE, Berlin
 FRANZ KRANZINGER, Waiblingen
 MATTHIAS KREMER, Tuttlingen
 BODO KRILLA, Dortmund
 Dr. HUBERT LANGLÖTZ, Ruhla
 WILLI LICHTENBERG, Magdeburg
 WERNER MÜLLER, Wertingen
 STEPHANIE PAULS, Sinzig
 DIETRICH POHLMANN, Elmshorn
 Dr. HANS-PETER POMERANZ, Halle
 INGO POSTLER, Eberswalde
 GUIDO VON SAINT-GEORGE, Bottrop
 Dr. GERHARD SAUER, Gießen
 REINHARD SCHMIDT, Zittau
 Dr. HEINER SCHWARZE, Neumünster
 MONIKA SEIFFERT, Hamburg
 DR. HEINZ STEUER, Schwabach
 SANDRA TAUBER, Koblenz
 REIMUND VEHLING, Stadthagen
 Dr. MICHAEL VOSS, Lebach
 GEORG WIEDERSTEIN, Höhr-Grenzhausen
 KURT WITTIG, St. Wendel
 Prof. Dr. ALEXANDER WYNANDS, Bonn
 MARTIN ZACHARIAS, Neumünster
 HELMUT ZIMMERMANN, Bremen