

STAATSINSTITUT
FÜR SCHULPÄDAGOGIK
UND BILDUNGSFORSCHUNG
MÜNCHEN



Handreichungen für den Physikunterricht im Gymnasium Band 4



Computereinsatz im Physikunterricht

Inhalt	Seite
Vorwort	6
1 Allgemeine Grundlagen	7
Informationstechnische Bildung im Physikunterricht	7
Der Computer als Werkzeug im Physikunterricht	11
2 Meßwerterfassung und Meßdatenverarbeitung	14
Vorbemerkungen	14
Messung physikalischer Größen - Sensoren	15
Kalibrierung eines Sensors im Programm UNILAB	18
Einsatzmöglichkeiten im Unterricht	
Jahrgangsstufe 8	22
- Aufnahme der Durchblutungskurve eines Fingers	22
- Messung des hydrostatischen Drucks	27
- Langzeitmessung des Luftdrucks	30
Jahrgangsstufe 9	33
- Reibungsarbeit und Temperaturerhöhung	33
- Aufnahme eines Zeit-Temperatur-Diagramms von Fixiersalz	35
Jahrgangsstufe 10	37
- Aufnahme des Einschaltstroms bei einer Glühlampe	37
- Bestimmung der Ladung und des Energieinhalts einer Batterie	39
- Bestimmung des Wirkungsgrades eines Elektromotors	41
- Halbwertszeit und Zerfallsgesetz beim Zerfall von Thoron	43
- Aufnahme von Diodenkennlinien	47
- Temperaturregelung mit einem Zweipunktreger	51
Jahrgangsstufe 11	53
- Aufnahme von t-v-Diagrammen mit einem Tachogenerator	53
- Zeit-Ort-Funktion einer harmonischen Schwingung	56
- Freier Fall - Versuche mit Fall-Schnur und Fall-Leiter	60
- Impulserhaltung beim zentralen Stoß	65
- Energiebetrachtungen beim vertikalen Federpendel	69
- Untersuchung der Abhängigkeiten der Zentripetalkraft	74
- Klanganalyse von Musikinstrumenten	77
- Akustischer Dopplereffekt	80
Jahrgangsstufe 12	82
- Überprüfung des Induktionsgesetzes in integraler Form	82
- Bestimmung der magnetischen Flußdichte des Erdmagnetfelds	85
- Untersuchung des Ausschaltvorgangs bei einer Spule	87
- Effektivwert einer sinusförmigen Wechselspannung	89
- Aufnahme einer Resonanzkurve	92
- Beugung von Laserlicht am Einfach- und am Mehrfachspalt	96
Jahrgangsstufe 13	104
- Anmerkungen zum Zählrohrbetrieb und zur Zählstatistik	104
- Ablenkung von β -Strahlung im Magnetfeld	107
- Bestimmung der Reichweite von α -Strahlung in Luft	110
- Schwächung radioaktiver Strahlung	112
- Radioaktiver Zerfall bei metastabilem ^{137}Ba	116

3 Modellbildung und Simulation	119
Jahrgangsstufe 10 MNG	119
Einführung in die Simulation dynamischer Vorgänge	120
Beispiele für die Simulation dynamischer Vorgänge	128
Heizungssteuerung und -regelung	128
Radioaktiver Zerfall	132
Länge einer Warteschlange vor einer zeitgesteuerten Ampel	134
Arbeitsblätter	136
Jahrgangsstufe 11	150
Einführung in die Simulation dynamischer Vorgänge - Wie fällt ein Ball?	150
Beispiele für Simulationen	161
Fallschirmspringer	161
Federpendel mit Dämpfung durch Luftwiderstand	162
Fadenpendel mit großer Elongation	163
Beschleunigung eines Autos im höchsten Gang	164
Beschleunigung eines Autos mit Gangschaltung	167
Schiefer Wurf mit Luftwiderstand	169
Einfaches Raketenmodell	170
Wasser-Luft-Rakete	171
Jahrgangsstufen 12 und 13	172
Beispiele für Simulationen	173
Geladene Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern	173
Beschleunigung eines Elektrons im elektrischen Längsfeld	178
Entladevorgänge bei einem Kondensator	179
Spule an einer Stromquelle mit Rechteckspannung	183
Einschwingvorgänge bei Spule, Kondensator und Serienresonanzkreis	184
Radioaktiver Zerfall	188
4 Einsatz von Unterrichtssoftware	189
Bildentstehung bei Sammellinsen - LINSE	189
Entstehung des Regenbogens - RAINBOW	190
Massenspektrometer nach Bainbridge - ELMAFELD	192
Physik mit der Maus - SVT	195
Ausbreitung von ebenen Wellen - MEDIUM2D	196
Geozentrisches und heliozentrisches Weltbild - KOPERNIK	197
Intensitätsverteilung bei Spalt und Gitter - BEND	198
Elektrische Felder von Punktladungen - E-FELD	200
Prinzip der Röntgen-Computertomographie - CT_DEMO	201
5 Weitere Computeranwendungen	203
Deterministisches Chaos - Einstieg	203
Methoden der Bildbearbeitung mit dem Computer	225
6 Anhang	232
Der Computer als Werkzeug des Physiklehrers	232
Illustrieren von Unterrichtsmaterialien	232
Graphische Darstellungen als Grundlage von Aufgaben	234
Ausdrucken von Meßwerten in Tabellenform	237
Aufbereitung von Meßdaten	238
Einbinden von VIVITAB-Graphiken in Texte	239
Darstellen und Auswerten von Daten mit EXCEL	241
Einsetzen der Datenfernübertragung	244
Telekommunikation in der Schule	245

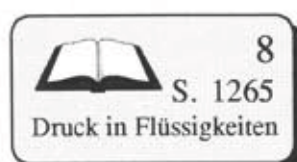
Einführung in die Datenfernübertragung (DFÜ)	247
Technische Voraussetzungen, Datenaustausch	247
Laden von Text- und Binärdateien aus dem bayerischen Schulnetz	249
Beschaffen von Ansichten der Erde aus dem Weltall	250
Beschaffen von Informationen aus dem Internet (WWW)	252
Hinweise zur Installation von VIVITAB und anderen GEM-Programmen	254
Auswahl von Interfaces für den Physikunterricht	256
Programmübersicht	259
Hinweise zur Begleit-CD	264

Erläuterung verwendeter Abkürzungen und Symbole

→ B; → V

Anregung zu fächerübergreifender Zusammenarbeit:

Möglichkeit zur fächerverknüpfenden Zusammenarbeit (hier: Biologie) bzw. zur Umsetzung fächerübergreifender Erziehungs- und Bildungsaufgaben (hier Verkehrserziehung; vgl. Lehrplan für das bayerische Gymnasium KWMBI I 1990 So.-Nr. 3 S. 125 und Handreichungen für den Physikunterricht im Gymnasium, Band 1, München 1992)



Kennzeichnung einer Lehrplanstelle:

Die beschriebene Anwendung kann in der Jahrgangsstufe 8 bei der Behandlung des Themas *Druck in Flüssigkeiten und Gasen* eingesetzt werden. Im Fachlehrplan für Physik (KWMBI I So.-Nr. 9/1991) findet man dieses Thema auf S. 1265.

VIVITAB

Computerprogramm, Softwarehinweis:

Die Namen der bei der Erarbeitung der Handreichungen verwendeten Software sind stets in Großbuchstaben angegeben; nähere Angaben zum Programm (z. B. Autor, Bezugsquelle) findet man im Abschnitt *Programmübersicht* im Anhang.

PULS.PAR

Dateiname eines Versuchs bzw. einer Datentabelle oder Simulation:

Die bei den einzelnen Versuchen aufgeführten Versuchsdateien (ggf. auch Meßwerttabellen) sowie angegebenen Auswertprogramme oder Simulationen sind über die Mailboxen des Bayerischen Schulnetzes erhältlich bzw. auf der Begleit-CD abgespeichert.

ELMAFELD
vgl. Anhang



Einsatz eines Computerprogramms im Unterricht:

Nähere Angaben zum Programm ELMAFELD (z. B. Autor, Bezugsquelle) findet man im Abschnitt *Programmübersicht* im Anhang.



CD - ROM:

Alle Gymnasien in Bayern erhalten zu dieser Handreichung eine CD-ROM, auf der sich die oben angegebenen Dateien (z. B. PULS.PAR) sowie die mit dem CD-Symbol gekennzeichneten Programme der Programmübersicht befinden. Nähere Angaben zur Gliederung und zum Bezug der CD-ROM findet man im Abschnitt *Hinweise zur Begleit-CD* im Anhang.



Arbeitsblätter, Kopiervorlagen:

Die Handreichung enthält eine Reihe von Arbeitsblättern bzw. Kopiervorlagen; zur besseren Verwendung sind diese nicht mit der fortlaufenden Seitennummerierung versehen.

Gemäß den deutschen Normen und den Empfehlungen der International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) sind physikalische Größen im Druck *kursiv* zu setzen (z. B. Frequenz *f*); dies dient u. a. zur besseren Unterscheidung von physikalischer Größe und Einheit. Um bei der Eingabe in ein Programm Fehlbedienungen vorzubeugen, wird in solchen Fällen von dieser Empfehlung abgewichen.

Vorwort

Seit der Einführung des Taschenrechners im Unterricht hat sich der Computer vom einfachen "Rechenknecht" zu einem vielseitigen Hilfsmittel in Handel, Gewerbe, Wirtschaft, Industrie, Forschung sowie im privaten Bereich entwickelt. Auch im Gymnasium hat der Computer im Bereich der Informatik, in der Informationstechnischen Grundbildung sowie in der Schulverwaltung und meist auch im privaten Arbeitszimmer der Lehrer seinen festen Platz gefunden.

Die Unterrichtspraxis im Physikunterricht dagegen sieht oft anders aus. Mit diesem Band 4 der Handreichungen für den Physikunterricht werden Anregungen für den Computereinsatz im Physikunterricht der Jahrgangsstufen 8 bis 13 in den Bereichen Meßwerterfassung und Meßdatenverarbeitung, Modellbildung und Simulation sowie beim Einsatz von fertigen Computerprogrammen im Unterricht gegeben. Ziel der Handreichungen ist weniger die Fortbildung des "programmierbegeisterten Computer-Spezialisten", es sollen vielmehr Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie durch den Computereinsatz der Physikunterricht interessant und zeitgemäß gestaltet werden kann; Programmierkenntnisse sind nur bei wenigen Beispielen erforderlich.

In allen Bereichen wird der kostengünstigen Lösung der Vorzug vor dem technisch Machbaren gegeben. Als Meßwerterfassungs- und Auswertungswerkzeuge werden deshalb vorwiegend die Programme UNILAB, OSZILAB bzw. VIVITAB verwendet, die von bayerischen Lehrern im Rahmen von Arbeitskreisen an der Zentralstelle für Computer im Unterricht erstellt wurden und die allen bayerischen Schulen kostenlos zur Verfügung stehen. Auch wenn die Beispiele bei der Meßwerterfassung und Meßdatenverarbeitung oft recht ausführlich gehalten sind, können sie doch ein gelegentliches Nachschlagen z. B. in den Handbüchern dieser Programme nicht ersetzen.

Die angegebenen Beispiele zum Computereinsatz erheben weder einen Anspruch auf Vollständigkeit, noch sollen alle Anwendungen im Laufe eines Physiklehrgangs zum Einsatz kommen. Es soll vielmehr durch exemplarische Anregungen zu einem sinnvollen Computereinsatz im Physikunterricht aufgezeigt werden, welche Beiträge das Fach Physik zur *Informationstechnischen Bildung* aus dem Unterricht heraus leisten kann.

Für viele Schüler stellt der Einsatz des Computers im Physikunterricht eine wichtige Motivationshilfe für das Fach Physik dar. Doch dürfen bei aller "Schönheit" einer vom Computer aufgenommenen und mit geeigneter Software ausgewerteten Messung bzw. einer überzeugend durchgeführten Simulation zwei Dinge nicht vergessen werden: Die Verwendung eines weiteren "Kastens" auf dem Experimentiertisch erleichtert dem weniger versierten Schüler nicht unbedingt das Verständnis bzw. den Blick für das physikalisch Wesentliche; es sind also vertrauensbildende Maßnahmen und zusätzliche Erläuterungen erforderlich. Ferner ist unbedingt darauf zu achten, daß durch den Computereinsatz insbesondere bei der Meßwerterfassung (nur ein Computer, nur ein Meßplatz) der Unterricht nicht stärker lehrerzentriert wird, sondern daß, vor allem bei der Meßdatenverarbeitung und dem Einsatz von Unterrichtsprogrammen, die Möglichkeiten zu handlungsorientiertem Unterricht genutzt werden. Aus Gründen des Umfangs bzw. der Wiederholung wird nicht an allen Stellen der Handreichung auf diese Problematik eingegangen.

Allen Mitgliedern des Arbeitskreises "Handreichungen für den Physikunterricht, Band 4", die an der Entwicklung dieses Bandes mitgewirkt haben, sei an dieser Stelle recht herzlich gedankt. Dank gebührt auch allen Kolleginnen und Kollegen, die durch Anregungen im Rahmen von Gesprächen, von Tagungen oder durch Zuschriften zur Erstellung beigetragen haben.

Ein besonderer Dank gilt allen, die durch Eigenprogrammierung bzw. Gewährung der Weitergabe von Computerprogrammen für den Unterricht die Zusammenstellung des Programm- und Daten-Pakets auf der Begleit-CD ermöglicht haben.

München, im März 1996



Roland Reger
Referent für Physik

1 Allgemeine Grundlagen

Informationstechnische Bildung im Physikunterricht (→ ITB)

Die informationstechnische Bildung wird im Gymnasium in mehreren Bereichen vermittelt: In der informationstechnischen Grundbildung, im Wahlunterricht Informatik, in den Wahlpflichtgebieten des Mathematikunterrichts am mathematisch-naturwissenschaftlichen Gymnasium und in den entsprechenden Grundkursen der Kollegstufe. Das Fach Physik ist, abgesehen vom Grundkurs Physik (Informatik), in diesen Bereichen nicht unmittelbar beteiligt. Der folgende Ausschnitt aus dem Gesamtkonzept für die informationstechnische Bildung in der Schule, Fortschreibung 1995, macht aber deutlich, daß die informationstechnische Bildung verstärkt als Teil einer zeitgemäßen Fachdidaktik zu verstehen ist:

"Heute spielt die Informationstechnik in vielen Lebensbereichen eine wachsende Rolle. Deshalb muß jedes einzelne Fach die Bedeutung der Informations- und Kommunikationstechniken reflektieren und daraus die notwendigen inhaltlichen (»Computer als Lerngegenstand«) und methodischen (»Computer als Werkzeug«) Konsequenzen ziehen. Dabei stehen fachdidaktische Gesichtspunkte neben dem Aspekt der informationstechnischen Bildung."

Schriften des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht,
Kultus, Wissenschaft und Kunst, Reihe B, Datenverarbeitung im
Bildungswesen, Heft 8, 1995, S. 13

Im folgenden soll deshalb gezeigt werden, welchen Beitrag der Einsatz des Computers im Physikunterricht zur informationstechnischen Bildung leisten kann, wobei man sich aber darüber im klaren sein muß, daß die beschriebenen Situationen noch längst nicht überall Unterrichtsrealität geworden sind.

Computer als Werkzeug für geistiges Arbeiten

Die Schüler lernen beim Computereinsatz im Physikunterricht über die physikalischen Lerninhalte hinaus, mit einem modernen Werkzeug umzugehen, und sie erfahren dabei seine Einsatzmöglichkeiten in Industrie, Wissenschaft und Forschung. In diesen Bereichen wird der Computer als multifunktionelles Gerät verwendet, das längst an die Stelle anderer Medien getreten ist:

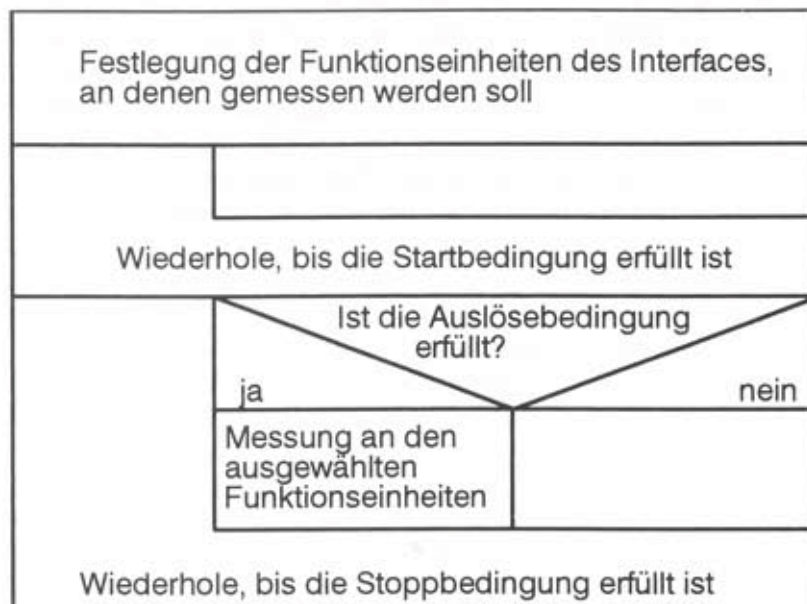
- als Maschine zur Durchführung mathematischer Berechnungen
- als Werkzeug zur Erstellung von Texten und Graphiken
- als Prozeßrechner zur Meßwerterfassung, Steuerung und Regelung im Rahmen der Prozeßdatenverarbeitung
- als Gerät zur Auswertung und graphischen Darstellung von Daten
- als Medium zur Durchführung von Simulationen

Für alle diese Anwendungen steht heute leistungsfähige Software zur Verfügung.

Algorithmische Denkweisen beim Computereinsatz im Physikunterricht

Während der Informatikunterricht Problemlösungen vorwiegend mit Hilfe einer Programmiersprache realisiert, wird man im Physikunterricht nach Möglichkeit fertige Software einsetzen. Aber auch zum Verständnis dieser Software werden die in der Informatik üblichen Grundelemente zur Formulierung eines Algorithmus benötigt.

Wird ein universelles Meßwerterfassungsprogramm (z. B. UNILAB) zur Aufnahme einer Meßreihe herangezogen, so muß der Anwender sein Werkzeug auf seine konkrete Situation bezüglich des zur Verfügung stehenden Experimentiermaterials und des vorgesehenen Versuchsablaufs anpassen. Diese Flexibilität, die ein universelles Programm bietet, erfordert eine gründlichere Analyse des Meßprozesses als dies bei anderen, traditionellen Methoden notwendig ist. So muß der Benutzer zumindest implizit die folgende Programmstruktur der Aufnahme einer Meßreihe verstehen.



Neben der Festlegung der Funktionseinheiten ist es Aufgabe des Anwenders, die Start-, Auslöse- und Stoppbedingung auszuwählen. In der Sprache der Informatik handelt es sich dabei um logische Ausdrücke, die den Ablauf des Meßprozesses steuern.

Beispiel: Aufnahme der Kennlinie einer Diode

Festlegung der Funktionseinheit:

Spannungsmessung an AD 1

Strommessung (nach Umrechnung) an AD 2

Startbedingung:

Betätigung einer Taste am Rechner

Auslösebedingung:

Der momentane Meßwert soll immer dann registriert werden, d. h. in die Meßreihe übernommen werden, wenn sich die Spannung an AD 1 um 0,02 V geändert hat. Diese Auslösebedingung erreicht man durch Veränderung der an der Diode anliegenden Spannung.

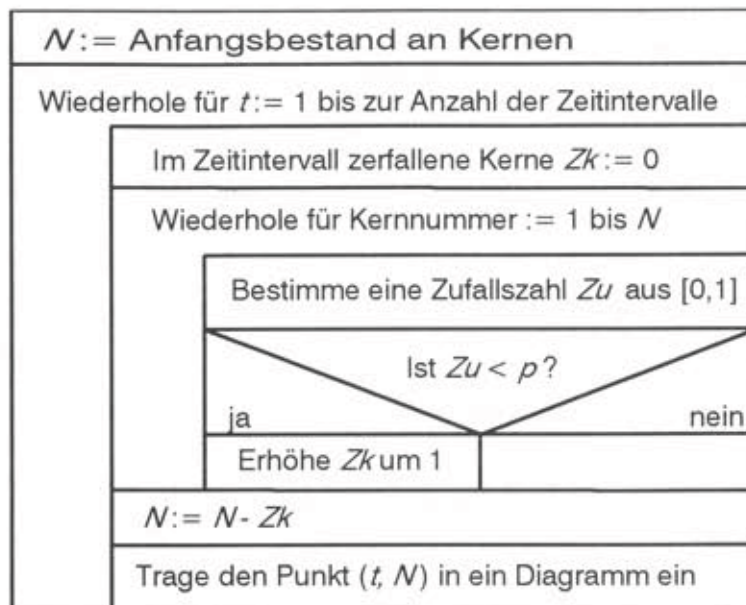
Stoppbedingung:

Die Meßreihe soll beendet werden, wenn 50 Meßwerte aufgenommen worden sind.

Noch deutlicher wird die Verwendung dieser Kontrollstrukturen der Informatik bei der Durchführung von Simulationen. Physikalische Modelle liegen im allgemeinen in Form von Differentialgleichungen vor, die in der Schule selten geschlossen gelöst werden können. Man gewinnt die Ergebnisse aus der Betrachtung eines Modells durch eine Simulation. Um die dazu notwendigen Algorithmen auszuführen, sind die Strukturen *Sequenz*, *Auswahl* und *Wiederholung* auch dann erforderlich, wenn die Simulation nicht mit einer Programmiersprache, sondern mit einem Modellbildungssystem realisiert wird.

Das folgende Struktogramm beschreibt eine Simulation des radioaktiven Zerfalls mit Hilfe eines stochastischen Modells. Eine gewisse Anzahl von Atomen N zerfällt in einem bestimmten Zeitintervall jeweils mit der Wahrscheinlichkeit p . Nach jedem Zeitintervall wird die Zahl der noch

vorhandenen Atome ermittelt und in ein Diagramm eingetragen. Die Simulation soll nach einer vorgegebenen Anzahl von Zeitintervallen beendet werden.



Eine Realisierung dieser Simulation mit Hilfe des Programms VIVITAB findet sich im Abschnitt *Modellbildung und Simulation, Jahrgangsstufe 13*.

Strukturierung von Meßdaten mit dem Computer

Die Auswertung einer physikalischen Meßreihe bedeutet im Kontext der Informatik die *Strukturierung einer im Meßprozeß erzeugten Datenmenge*. Dieser Prozeß läuft in drei Schritten ab:

- Eingabe

Die Daten werden im allgemeinen aus einer vom Meßwernerfassungsprogramm erzeugten Datei eingelesen oder über die Tastatur eingegeben.

- Verarbeitung

Je nach den Intentionen des Anwenders werden die Daten neu geordnet (z. B. durch eine Klasseneinteilung), oder es werden zur Erkennung von Gesetzmäßigkeiten Berechnungen durchgeführt (z. B. zur Ermittlung einer Regressionskurve).

- Ausgabe

Die Ausgabe erfolgt meist graphisch (z. B. als Histogramm) oder durch Zeichnen einer Regressionskurve.

Gemeinsame Strukturen in den Anwendungsfeldern der Datenverarbeitung

Ein wesentliches Anliegen der informationstechnischen Bildung besteht darin, die gemeinsamen Strukturen äußerlich unterschiedlicher Computereinsätze aufzuzeigen:

Informationen werden von Eingabegeräten (Sensoren) aufgenommen und über eine Schnittstelle (Interface), bestehend aus dem (Hardware)-Adapter und dem (Software)-Treiber, der Zentraleinheit des Rechners zugeführt, dort verarbeitet und über eine weitere Schnittstelle an ein Ausgabegerät gegeben, das das gewünschte Ergebnis an den angeschlossenen Aktoren erzeugt.



Wird diese Sichtweise im Physikunterricht thematisiert, so können die aus fachinternen Gründen im Physikunterricht eingesetzten Computeranwendungen genutzt werden, um die in allen Anwendungsfeldern gleichen Strukturen aufzuzeigen. Im folgenden werden dazu einige Beispiele gegeben.

Anwendung	Sensor	Aktor und Ergebnis
Meßwerterfassung	Ohmscher-Widerstand	Bildschirm: Zeit-Strom-Diagramm
Regelung einer Heizung	NTC-Widerstand	Schalter: geforderte Raumtemperatur
Konstruktion eines Werkstücks	Maus, Digitaltablett	CNC-Fräsmaschine: fertiges Werkstück
Textverarbeitung	Tastatur	Drucker: Text
Bildbearbeitung	Videorecorder, Scanner	Videorecorder: gestaltete Video-Sequenz
Komponieren	Keyboard	Synthesizer, Tonträger: fertige Komposition

Letztlich soll den Schülern klarwerden, daß jedes Peripheriegerät "in seiner Sprache" (Treibersoftware) "angesprochen" werden muß, damit es "seine Arbeitsaufträge" ausführt. So ist es prinzipiell völlig gleich, ob ein CAD-Programm einen Drucker für 300 DM oder eine CNC-Fräsmaschine für mehrere hunderttausend Mark ansteuert. Mit dem passenden Treiber druckt der Drucker die Umrisse eines mit dem CAD-Programm gezeichneten Gegenstands auf das Papier, während die Fräsmaschine die gleichen Umrisse aus einer vielleicht zentimeterdicken Stahlplatte herausfräst.

Kritische Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten des Computers (→ W)

Beim Einsatz des Computers im Physikunterricht muß den Schülern jeweils deutlich gemacht werden, ob die verarbeiteten Daten und die mit ihnen erzeugten Ausgaben auf Meßergebnissen beruhen, d. h. die realen Verhältnisse wiedergeben, oder ob sie von Simulationen stammen.

Einer der wichtigsten Beiträge des Faches Physik zur informationstechnischen Bildung besteht darin, den Schülern die Unterscheidungsfähigkeit zwischen Realität auf der einen sowie Modell und Simulation auf der anderen Seite zu vermitteln. Die Ergebnisse von Simulationen dürfen nicht unreflektiert auf die Wirklichkeit übertragen werden.

Die in letzter Zeit immer stärker werdenden Bemühungen, im Rahmen des sogenannten Cyberspace perfekte Simulationen auch des menschlichen Verhaltens zu erzeugen, eröffnen die Gefahr, daß vor allem junge Menschen vor den komplexen Problemen der Wirklichkeit in virtuelle Realitäten flüchten.

Im dem Bestreben, hier Klarheiten zu vermitteln, übernimmt der Physikunterricht Teile der fächerübergreifenden Bildungs- und Erziehungsaufgabe Medienerziehung und trägt auch zur Wertorientierung bei.