

## Mathematik als Grundlage beruflicher Kompetenz

### Computerunterstütztes Lernen in der mathematischen Ausbildung von Industriemeistern

Herrn Professor Dr. Ingo Weidig zum 60. Geburtstag

Hermann Stever, Klaus P. Wolff, Landau

**Abstract:** *Mathematics as a basis for vocational competence. Computer-aided learning in the training of foremen in industry. In honour of Prof. Dr. Ingo Weidig on his 60th birthday.* A concept of teaching basic mathematical knowledge and skills related to the vocational training of master craftsmen in the field of electrical engineering and metal engineering is described. The provision of application-oriented mathematics is pointed out as an important basis of competence needed by master craftsmen in their professional surroundings.

A framework for the development of training supporting materials for mathematics learning is explained on the basis of earlier experiences as well as on newer constructivistically oriented instructional approaches of educational psychology and in consideration of current professional guidelines and examination regulations of the Chambers of Industry and Commerce.

These materials are developed into three CBT-units which are to be of fundamentally different design in order to enable learning on different levels using the material on the learners' own initiative. Active self-organization is offered to the course participants via the use of interactive multimedia-based presentations.

**Kurzreferat:** Dargestellt wird ein Konzept zur Vermittlung grundlegender mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten für die Ausbildung von Industriemeistern der Fachrichtungen Elektro- und Metalltechnik. Die Bereitstellung anwendungsorientierter Mathematik wird dabei als Grundlage der von Industriemeistern benötigten Kompetenz im beruflichen Umfeld gesehen.

Es werden auf der Basis früherer Erfahrungen sowie neuerer konstruktivistisch orientierter Instruktionsansätze der Pädagogischen Psychologie und unter Beachtung der aktuellen fachlichen Rahmenrichtlinien und Prüfungsordnungen der Industrie- und Handelskammern Rahmenbedingungen für die Entwicklung von ausbildungsunterstützenden Materialien zum Mathematiklernen begründet.

Diese werden als drei grundsätzlich methodisch unterschiedlich zu gestaltende CBT-Einheiten entwickelt, um auf unterschiedlichem Niveau eigeninitiativ gesteuertes Lernen mit dem Material zu ermöglichen. Die aktive Selbstorganisation wird den Kursteilnehmern über die Nutzung interaktiver multimedialer

Präsentation angeboten.

**ZDM-Classification:** U57

### 1. Computerunterstütztes Lernen und Aspekte des Multimedia-Einsatzes

Computerunterstütztes Lernen erlebt angesichts der Verfügbarkeit neuer Informations- und Kommunikationstechniken eine Renaissance. Die derzeitige Euphorie wird gefördert durch die sich ständig erweiternden Perspektiven von Multimedia-Architekturen in Verbindung mit den Möglichkeiten der Telekommunikation. Diese Techniken durchdringen alle Bereiche des gesellschaftlichen Lebens, Lehrens und Lernens. Sie gelten damit als entscheidende Faktoren überhaupt für die wirtschaftliche Entwicklung in Europa.

Wir verwenden den Begriff Multimedia, wie er in fein ziselierter, reflektorischer Art von Schulmeister (Schulmeister 1997) expliziert wird. Die Klassifikation von Schulmeister gibt einen Überblick über die derzeit verfügbaren Möglichkeiten der technischen Gestaltung von multimedial basierten Lernsystemen. Da diese Analyse überwiegend auf das technische Potential dieser Systeme und deren Lernwirksamkeit zentriert ist, kann sie für eine konzeptionelle inhaltliche Gestaltung oder didaktische Konstruktion eines konkreten Kurses nur bedingt weiter helfen.

Nach allgemeiner Auffassung ist bei der Ausbildung von Industriemeistern einerseits die Verbindung von spezifischen Fachkenntnissen mit beruflichen Erfahrungen, andererseits das Verstehen von mathematischen Vorgehensweisen, Grundbegriffen und elementaren Algorithmen zur Bewältigung fachlicher Probleme unverzichtbar. Vorbereitend auf die berufliche Ausbildung haben daher Weidig et al. in ihrem mathematischen Unterrichtswerk GAMMA für allgemeinbildende Schulen der "Frage der Anwendbarkeit von Mathematik, aber auch (der) Analyse einer Situation durch Mathematik" (Weidig 1989) besonderes Gewicht verliehen. Weiterhin hat Weidig in zahlreichen Publikationen, insbesondere im Zusammenhang mit der unterrichtlichen Behandlung von Grundfragen der Statik (z. B. Weidig 1992), auf den notwendigen fächerübergreifenden Zugriff mit fachspezifisch bereitgestellten Komponenten aus Mathematik, Physik und Technik hingewiesen.

Eine konsequente Weiterentwicklung dieses Ansatzes zum Zweck der Vermittlung einer mathematischen Grundausbildung von Industriemeistern erfordert zusätzlich,

das Lernverhalten erwachsener Teilnehmer zu beachten (Schlöglmann 1994), um insbesondere eine intrinsische Motivierung der Teilnehmer zu gewährleisten. Dazu ist es auch nötig, das Dozentenverhalten dem veränderten Lernumfeld anzupassen (Kallmeyer 1996). In einem multimedial gestalteten Lernumfeld wird der Dozent stärker in der Rolle eines Lernberaters oder Moderators des Lernprozesses tätig. Der Einsatz moderner Medien ist für sich genommen keine Garantie, daß sich die Lernenden die im Anwendungsfeld notwendigen Schlüsselqualifikationen erwerben oder das dort ebenfalls erforderliche Denken in Systemen, Systemzusammenhängen oder Netzwerken ausdifferenzieren. Wir teilen die häufig vertretene Auffassung, daß ein Erfolg des Multimediaeinsatzes in der Lehre nur möglich ist, wenn bei der Entwicklung entsprechender Kurse die technischen Möglichkeiten nicht isoliert, sondern integrativ mit inhaltlichen, didaktischen und curricularen Entwicklungen bewertet und umgesetzt werden. Dazu bedarf es eines geeignet gestalteten Lernumfeldes (Engbring et al. 1995), das weit über eine ausschließliche Zusammenstellung von unterschiedlichen Materialien, Hilfsmitteln oder Tools hinausgeht, um durch geeignete lerner- und dozentengestaltete Moderation im Zusammenwirken den Lernprozess zu fördern und zu optimieren. Lehrende und Lernende übernehmen dabei in unterschiedlichen Teilen eines Lernprozesses veränderte Rollen.

Ziel unserer weiteren Ausführungen ist es, in einem integrativen Konzept fachliche und didaktische Rahmenbedingungen für die Entwicklung unterrichtsunterstützender Materialien in Form von interaktiven CBT-Einheiten für die Ausbildung von Industriemeistern in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen zu formulieren und zu begründen. Aktuelle instruktionspsychologische Ansätze sind dazu zielorientiert aufgearbeitet. In bezug auf die Gestaltung der CBT-Einheiten waren wir bemüht, möglichst weit über den Behaviorismus hinauszusehen und insbesondere die konstruktivistisch orientierten Instruktionsansätze der Pädagogischen Psychologie zu berücksichtigen. Besondere Beachtung fanden in diesem Zusammenhang der "Anchored Instruction Ansatz" (The Cognition and Technology Group at Vanderbilt 1991), der "Cognitive Flexibility Ansatz" (Spiro et al. 1992) und der "Cognitive Apprenticeship Ansatz" (Collins et al. 1989).

Die auf der Grundlage unseres Konzeptes von einem Projektteam der DIHT – Gesellschaft für berufliche Bildung entwickelten und beim Bertelsmann Verlag Bielefeld vertriebenen Lerneinheiten oder Module werden Kursteilnehmern per CD oder über das Netz verfügbar gemacht und bilden integrale Bestandteile entsprechender Meisterkurse für angehende Industriemeister der Metall- oder Elektrotechnik. Dabei geht es vordergründig um die Bereitstellung von Unterrichtseinheiten, die individuell aufzurufen, nach Bedarf zu wiederholen oder zu vertiefen sind. Spezielles Ziel besteht aber darin, eigeninitiativ gesteuertes Lernen gezielt zu fördern, d. h. die Selbstorganisation des Lernprozesses durch den Kursteilnehmer durch die Nutzung der dynamischen Möglichkeiten der interaktiven, multimedialen Präsentationen herauszufordern, ohne dabei allerdings durch eine rein auf das lernende Indi-

viduum zentrierte Sicht den Vermittlungsprozess um seine soziale Dimension zu verkürzen.

Aus dem Primat der beruflichen Verwendbarkeit der zu vermittelnden mathematischen Kenntnisse und Fähigkeiten für die Teilnehmer ergeben sich die folgenden *didaktischen Zielstellungen*<sup>1</sup>:

- 1) Verfügbarkeit von fachmathematischen Verfahren, Gegenständen oder Leitlinien als Nachweis der benötigten *Sachkompetenz*.
- 2) Entwicklung von mathematischen Arbeitsweisen zur Erreichung der geforderten *Methodenkompetenz*.
- 3) Einbindung in das erlernte und ausgeübte Berufs- und Tätigkeitsfeld zum Erreichen einer verstärkten *Handlungskompetenz*.

Unter der Voraussetzung weitgehend autonomen Lernens mithilfe von multimedial gestalteten CBT-Komponenten in Verbindung mit der klassischen direkten Unterweisung durch Dozenten läßt sich diese Zielstellung für die bei der Meisterausbildung relevanten, in dem Rahmenstoffplan implizit enthaltenen mathematischen Inhalte im Sinne eines zielorientierten Aufbaus von Sach-, Methoden- und Sozialkompetenz im Anwendungsfeld nur mit *Computerunterstützung unterschiedlicher Art* aufbauen. Dabei kommt dem Computereinsatz als einer Maßnahme, die die Unterweisung unterstützt, unterschiedliche Bedeutung und von daher unterschiedliche Gestaltung zu. Wir unterscheiden dabei die drei grundsätzlich differenzierten Einsatzmöglichkeiten rechnerunterstützter Multimedia-Komponenten, die entsprechend in ein dreistufiges Vorgehen eingebunden werden:

- 1) CBT Einheiten über grundlegende mathematische Kenntnisse und Verfahren (im weiteren *α-Module* genannt)
- 2) Integration von dozentengeleiteter Unterweisung und speziellen anwendungsorientierten CBT Einheiten (im weiteren *β-Module* genannt)
- 3) CBT Einheiten zur Prüfungssimulation (im weiteren *γ-Module* genannt).

Die Module werden multi-medial und interaktiv rechnerpräsentiert, wobei nach Möglichkeit Verfahrensabläufe auf dem Bildschirm sichtbar gemacht werden, wie überhaupt der Bildschirm als primäres Ausgabemedium wirkt.

Dabei ist der Schulungsbedarf, die zeitliche Gestaltung, das Lernumfeld und die Lernkultur jeweils durch die Zielgruppe (hier Industriemeister der Metall- und Elektrotechnik), deren Anwendungsfelder, den darauf bezogenen Qualifizierungsplan und die Prüfungsordnung festgelegt.

## 2. Zur Didaktik der *α-Module*

Die *Zielstellung* liegt in der Wiederholung und Systematisierung (zur Vorbereitung auf gezielte Anwendungen) von Teilen der Mathematik, die zum verbindlichen Lehrstoff der Sekundarstufe I gehören. Es gilt, im Sinne eines *Brückenkurses*, kompakt und übersichtlich nochmals diejenigen Teile des Schulstoffes darzustellen, die für die fachbezogene Arbeit des weiteren Kurses besonders relevant sind.

<sup>1</sup>Zusätzlich ist bei der Ausgestaltung eines Lehrganges zu beachten, daß die Entwicklung und Förderung der *Sozialkompetenz* (Team- und Verantwortungsfähigkeit) der Teilnehmer in angemessener Weise integrativer Bestandteil ist.

Methodische Leitlinien	Anwendungsorientierte Mathematik in $\alpha$ -Modulen					
	Bereich: -Darstellungsmittel -Rechenhilfsmittel der Mathematik	Bereich Formelsprache der Mathematik	Techno-mathematischer Bereich		Algebraisch orientierter mathematischer Bereich	Geometrisch orientierter mathematischer Bereich
Problemlöse -heuristiken -strategien -vorgehensweisen  Umgang mit - Formelsamml. - Tabellenbuch - Taschenrechner  Umgang mit Mathematik- Standardsoftware - Tabellen- kalkulation -CAS -CBL.  Werkzeug- charakter des Taschenrechners bei komplexen Aufgaben  Werkzeug- charakter von mathematischer Software in komplexen Situationen	$\alpha$ -Einheit 1: Tabellen und grafische Darstellungen  $\alpha$ -Einheit 10: Arbeiten mit dem elektronischen Taschenrechner  $\alpha$ -Einheit 22: Beschreibende Statistik	$\alpha$ -Einheit 17: Zahldarstellung, Stellenwert- systeme, Codierungen  $\alpha$ -Einheit 18: Rechnen mit Zahlen  $\alpha$ -Einheit 19: Terme, Formeln, Gleichungen: Rechnen mit Variablen	$\alpha$ -Einheit 4 Messen und Rechnen mit Größen: Kraft und Massen  $\alpha$ -Einheit 5: Messen und Rechnen mit Größen: Länge, Fläche, Volumen  $\alpha$ -Einheit 9: Messen und Rechnen mit Größen: Chemisches Rechnen  $\alpha$ -Einheit 6: Messen und Rechnen mit Größen: Zeit, Zeitpunkt, Zeit- spannen  $\alpha$ -Einheit 7: Messen und Rechnen mit Größen: Temperatur und Wärmemenge  $\alpha$ -Einheit 8: Messen und Rechnen mit Größen: Spannung, Stromstärke, Widerstand	$\alpha$ -Einheit 20: Ungerichtete Größen: Arbeit, Energie, Leistung  $\alpha$ -Einheit 21: Gerichtete Größen: Kraft und elementare Bewegungen	$\alpha$ -Einheit 2: Proportionalitäten  $\alpha$ -Einheit 3: Prozent- und Zinsrechnung  $\alpha$ -Einheit 11: elementare Funktionen und Koordinatensystem  $\alpha$ -Einheit 12: Rechnen mit Potenzen, Wurzeln, Logarithmen  $\alpha$ -Einheit 13: Lineare Gleichungen, lineare Ungleichungen Gleichungs- und Ungleichungs- systeme	$\alpha$ -Einheit 14: Grundbegriffe und Objekte der elementare Geometrie  $\alpha$ -Einheit 15: Darstellungen, Konstruktionen und Berechnungen  $\alpha$ -Einheit 16: Trigonometrie

Tab. 1: Fachdidaktische Struktur der  $\alpha$ -Module auf der Basis der Rahmenstoffpläne Metall- und Elektrotechnik (Stever/Wolff 1998)

Es geht vor allem um das sichere Rechnen mit Zahlen, Variablen und Größen sowie um den aktiven Gebrauch verschiedener Ausprägungen des Funktionsbegriffes, der als eines der wichtigsten theoretischen Werkzeuge zum Verständnis von Zusammenhängen im Mittelpunkt bei Anwendungen steht.

Die *Auswahl der Inhalte* ist so vorzunehmen, daß die beruflichen Anwendungsbereiche der Mathematik als Voraussetzung des Mathematiklernens ernst genommen werden. Eine ausschließliche Orientierung an der gegenwärtigen bzw. zukünftigen Berufspraxis ist aber nicht anzustreben, "weil so die spezifische Potenz der Mathematik für die berufliche Qualifizierung eher verdeckt würde" (Sträßer 1988).

Aufgrund heterogener Lernvoraussetzungen der Teilnehmer ist es sinnvoll, einen modularen Aufbau des Kurses vorzunehmen. Weiterhin legt die enge Kopplung der mathematischen und naturwissenschaftlichen Kenntnisse, die durch den Rahmenstoffplan vorgegeben ist, folgende *Doppelstrategie* der Auswahl der Inhalte von Modulen nahe:

- Einerseits wird die grundlegende Rechenfähigkeit in Modulen zu
  - Rechentechniken (Arithmetik)
  - Grundlagen trigonometrischer Funktionen
  - algebraischen Grundbegriffen und Verfahren
  - geometrischen Grundbegriffen und Verfahren ausführlich entwickelt.
- Andererseits werden anwendungsorientierte Module zum "technischen Rechnen" angeboten, u. a.

- Rechnen mit Längen, Flächeninhalten, Volumen
- Berechnungen im Dreieck
- Berechnen der Dichte
- Rechnen mit Zeitspannen
- Berechnen von Temperaturen
- Rechnen in der Chemie
- Rechnen bei Prüfunsicherheiten.
- Unverzichtbar ist wenigstens je ein Modul zum Arbeiten mit Tabellen und grafischen Darstellungen, sowie zur Benutzung des Taschenrechners, der Tabellenkalkulation oder einem integrierten Computeralgebrasystem (CAS). Dabei sind jeweils die bei der Ergebnisbewertung (Näherungs- und Fehlerrechnung) auftretenden numerischen Probleme transparent zu machen und in der Ergebnisinterpretation zu beachten.

Die Übersicht in Tab. 1 gibt eine Gesamtschau der für den  $\alpha$ -Bereich auf der Basis der ausgewerteten Rahmenstoffpläne Metall- und Elektrotechnik (Stever/Wolff 1998) notwendigen  $\alpha$ -Module anwendungsorientierter Mathematik. Dabei sind in der linken Spalte die tragenden Gesichtspunkte der methodischen Schwerpunktsetzung für das Gesamtkonzept der Industriemeisterausbildung formuliert.

Für die *didaktische Gestaltung* jedes  $\alpha$ -Moduls gilt es, den Lehrstoff so zu entwickeln, daß jeder Benutzer die Inhalte und Verfahren neu lernen oder wiederholen kann. Es sind folglich gestalterische Maßnahmen zu entwickeln, die ein eigenständiges Erproben, Üben und Selbstüberprüfen ermöglichen (autonomes Lernen).

Es ist damit angezeigt, Aufgabengeneratoren so zu

gestalten, daß Teilnehmer jederzeit zu Übungsaufgaben greifen können, die zu einem vorgegebenen Aufgabentyp in beliebiger Zahl generiert werden (vgl. Stever 1978).

Wegen der Funktion der  $\alpha$ -Einheiten als Brückenkurs kann hier der CBT-Einsatz schnell und ökonomisch eine Orientierung der Lernenden bewirken und deren Selbststeuerung bei grundsätzlich freiem Navigieren in diesem Informationsnetzwerk unterstützen. Zur Vermittlung der Lehrinformation wird unter Einsatz aller jeweils sinnvollen Multimedia-Komponenten und mit mediendidaktischer Unterstützung überwiegend auf die darbietenden Lehrverfahren zurückgegriffen.

Dabei sind die *didaktischen Prinzipien*

- Motivation und Anschaulichkeit
- lernprozeß-orientiertes Feedback
- Handlungsorientierung
- Isolation der Schwierigkeiten

besonders zu beachten. Dazu ist ein aufgabenorientiertes Hilfesystem im Rahmen einer umfassenden Lernersteuerung zu entwickeln und eine Möglichkeit zur Begriffsklärung (Lexikon) und zur Beschaffung notwendiger Daten (Formelsammlung, Tabellenbuch) bereitzustellen. Die *Lehrstoffvermittlung* geschieht in jedem dieser Module in folgender Reihenfolge:

1) *Zielorientierung:*

Überblick über die jeweilige Problemstellung oder eine Art Eingangstest für die Lernersteuerung durch Bearbeiten eines "Handlungsfeldes".

2) *Sachinformation:*

In überschaubaren Einheiten über relevante mathematische Inhalte informieren (Definitionen, Regeln, Verfahren). Handhabung am Beispiel demonstrieren. Variationen, Vertiefungen ermöglichen. Wenn möglich, die logische Umkehrung von mathematischen Sätzen diskutieren.

3) *Überprüfungsaufgaben:*

Selbständiges Üben der Teilnehmer zur Selbstüberprüfung; evtl. Fehlermanagement mit Verweis auf Inhalte anderer Module.

4) *Übungsaufgaben:*

Aufgabengenerierung im Sinne von drill and practice. Auftretende Fehler werden analysiert, mutmaßliche Ursachen den Teilnehmern erklärt und Wege zur Behebung aufgezeigt.

5) *Zusammenfassung:*

Strukturierte Übersicht über das Ergebnis der Lernsequenz und Hinweise auf offene Fragestellungen oder mögliche Weiterführungen in anderen Modulen.

Damit ergibt sich die folgende didaktische Struktur (Abb. 1) der mathematischen  $\alpha$ -Module, wobei die Präsentation der bereitgestellten Plattform einschließlich der Multimedia-Dokumente (Nutzersteuerung etc.) aus mediendidaktischer Sicht zu bearbeiten ist. Die grundlegenden Vorgaben für die Entwicklung eines  $\alpha$ -Moduls sind im weiteren Produktionsprozeß zunächst in ein Storyboard und dann in ein Drehbuch umzusetzen.

Mithilfe eines Autorensystems wird schließlich die CBT-Einheit unter Einbindung multimedialer Komponenten realisiert. Eine vollständige Übersicht über die fachlichen sowie die didaktischen Vorgaben sind im Ab-

schnitt "Fachdidaktische Konzeption der mathematischen  $\alpha$ -Module" bei Stever/Wolff (1998) dokumentiert.

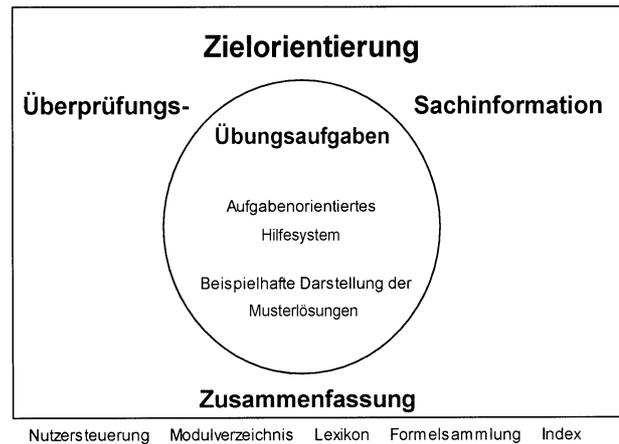


Abb. 1: Didaktische Struktur der mathematischen  $\alpha$ -Module. Die funktionale Gestaltung der außerhalb des Rechtecks platzierten Komponenten liegt ausschließlich im mediendidaktischen Kompetenzbereich.

### 3. Zur Didaktik der $\beta$ -Module

Die *Zielstellung* liegt in einer didaktisch sinnvollen Einbindung von CBT in das Gesamtcurriculum für die Phase der direkten, personalen Unterweisung und der Verstärkung der ganzheitlichen Gestaltung von Lernsituationen.

Die Rolle des Dozenten splittet sich dabei auf in die eines "Bildungshelfers" und die eines "Qualifikators" (Arnold 1985), wobei letztere wenigstens teilweise von den zu entwickelnden CBT Einheiten übernommen werden. Ein entsprechend modifiziertes Qualifikationsprofil des Fachdozenten gilt es in der Folge zu entwickeln (Kallmeyer 1996).

Während die  $\alpha$ -Module in ihrer Funktion als Brückenkurs für Wissenserwerb und Wissensspeicherung weitgehend ein erweitertes, fachdidaktisch basiertes CBT-Konzept realisieren, sind die  $\beta$ -Module ihrer Funktion nach als *Lerninseln* zu charakterisieren, die als *Lehr-Informationssysteme* konstruiert werden. Dabei wird die Rechnerpräsentation und die personale Unterweisung durch Fachdozenten zu einer didaktischen Einheit, die zu Synergieeffekten bei der *Wissensnutzung* durch die Teilnehmer führt. Gleichzeitig gilt es, insbesondere bei Gruppenarbeit, die Sozialkompetenz der Teilnehmer zu fördern und weiter zu entwickeln.

Inhaltlich gilt das Prinzip von der Isolation der Schwierigkeiten nur noch bedingt; es wird vielmehr die Verbindung der Mathematik zu den beruflichen Problemen im Sinne einer berufsbezogenen Mathematik (oder elementaren Technomathematik) entwickelt. Damit ist folgender Sachverhalt gemeint: Auch ein Teilnehmer, der den geometrischen Zusammenhang von Länge, Umfang und Volumen eines Zylinders verstanden hat, kann in einer Anwendungssituation in gedankliche Schwierigkeiten kommen, wenn z. B. ein tatsächlich herzustellender und einer bestimmten Funktion dienender Kolben zu konstruieren ist.

Es geht also bei diesen *Lerninseln* auch um die Verstärkung der Lertiefe. Eine Möglichkeit dazu besteht

in der Verbindung von Begriffen mit Vorstellungen durch eine multimedial gestaltete oder experimentelle Präsentation von Begriffen, Abläufen und Resultaten. Prototypen dazu sind von Fraunholz unter dem Begriff "interaktive Visualisierung" (Fraunholz 1996) entwickelt.

Die *Auswahl der Inhalte* ist so vorzunehmen, daß Erfahrungsbereiche der Teilnehmer, in denen Mathematik als angemessenes Mittel der Beschreibung oder Problemlösung benötigt wird, aufgegriffen werden und die Mathematik von ihnen als ein Werkzeug erlebt wird, dessen Auswahl und Handhabung der Lernende selbstständig bestimmt und organisiert.

Alle bei der Bearbeitung von situations-/anwendungsgebundenen Problemen ggf. gefundenen Lösungen sind gleichberechtigt bzgl. der Problemstellung. Sie sind aber stark abhängig von den verwendeten Eingangsdaten, deren Qualität/Korrektheit hier einfach theoretisch vorausgesetzt wird. Eine Bewertung der von einem Teilnehmer angegebenen Lösung ist stark kontextabhängig bzw. situationsgebunden. Die vorgenommene Bewertung ist dann vor diesem Hintergrund in der Gruppe zu diskutieren.

Für den *schematischen Aufbau des mathematischen Kernes von  $\beta$ -Modulen* ergibt sich aus dieser Zielstellung die folgende Stufung:

#### I. Problem

- ergibt sich aus Handlungsbedarf im jeweiligen Situationsumfeld (hier: Bereiche Metalltechnik oder Elektrotechnik)

...

#### II. Mathematische Formulierung der Sachverhalte

- durch Formalisierung der Beschreibung
- durch Idealisierung des Sachverhaltes
- durch Reduktion auf die mathematisch darstell- oder modellierbare Struktur

...

#### III. Hypothesengeleiteter Problemlösungsansatz

- Lösungsfindung im mathematischen Modell durch die Anwendung mathematischer Regeln und Heuristiken u.a.:
  - Berechnungen (Algorithmen)
  - Umstellung von Gleichungen
  - Zeichnerische Lösungsfindung (Skizze)
  - Weitere Werkzeugüberlegungen
  - Versuch und Irrtum (Modellrechnungen an Beispielen)
  - Vereinfachen, Rückwärtsarbeiten
  - Suchraumeinschränkung

....

#### IV. Modell-Lösung in mathematischer Sprache

- Lösung im mathematischen Modell
- Darstellung in der Sprache der Mathematik

....

#### V. Interpretation der formalen mathematischen Lösung auf die im Anwendungsfeld vorliegende Problemsituation

- Ableitung inhaltlicher Konsequenzen aus der formalen Lösung
- Möglichkeiten der Umsetzung im Handlungsumfeld

- Einbezug zusätzlicher nichtmathematischer Gegebenheiten in die Interpretation
- falls die Datenlage unbefriedigend ist, erneute mathematische Überprüfung

....

#### VI. Präsentation und Realisierung der Problemlösung

- Verständliche Begründung der zu treffenden Entscheidungen im Handlungsfeld
- Diskussion der Problemlösung im Anwendungsfeld
- Umsetzung der Konsequenzen im Handlungsfeld

....

Die Komplexität der Problemstellungen bei  $\beta$ -Modulen sollte derart sein, daß zentrale mathematische Begriffe oder geometrische Vorstellungen thematisiert werden. So kann in kleinen Projekten durch dozentengeleitete Gruppenarbeit ein grundlegendes Verständnis für die Methode der Mathematisierung bei Anwendungen der Mathematik ermöglicht werden. Auf der Basis der ausgewerteten Rahmenstoffpläne zeigt die Übersicht in Abb. 2 eine mögliche inhaltliche Strukturierung für die mathematischen  $\beta$ -Module und deren Bezug auf die  $\alpha$ -Module:

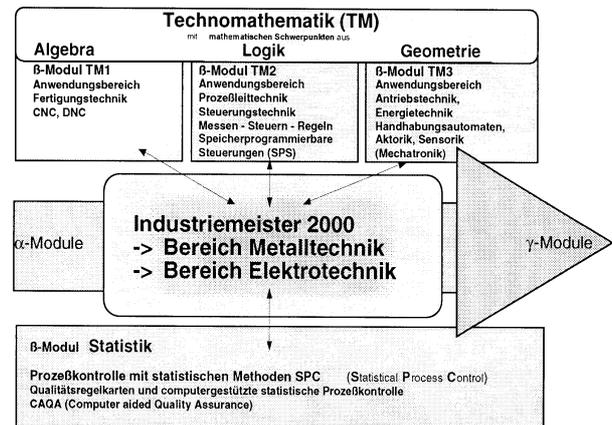


Abb. 2: Inhaltliche Struktur für mathematische  $\beta$ -Module auf der Basis der Rahmenstoffpläne Metall- und Elektrotechnik (Steuer/Wolff 1998)

Damit sind mathematische Problemstellungen der Industriemeisterausbildung benannt, bei denen algorithmisch-dynamische Zugänge die "statische" Betrachtung einer Buchpräsentation erfolgreich ersetzen und insbesondere einen "Schubladendenken" der Anwender vorbeugen können. Umwege oder Irrwege sind bei der Lösungsfindung möglich und durch das System, die Arbeitsgruppe oder den Dozenten aufzufangen.

Das Lernszenario ist so zu gestalten, daß die Lernenden in starkem Ausmaß zu Eigeninitiativen angeregt werden, da dies den nachhaltigsten Effekt auf den Lernerfolg zeitigt (Gräsch et al. 1994). Dies schließt aber gezielte Anleitungen oder Unterstützung bei der Fallbearbeitung nicht aus, da gerade in komplexen Lernumgebungen die Lernenden Unterstützung zur Bewältigung dieser Komplexität benötigen (Stark et al. 1995).

Für die *didaktische Gestaltung* der CBT-Anteile in den  $\beta$ -Modulen gelten grundsätzlich die für die  $\alpha$ -Module gemachten Ausführungen. Allerdings ist der Aufgabengenerator durch eine Aufgabenbank zu erset-

zen, in der verschiedene problemangepaßte Aufgaben nach Schwierigkeitsgrad hierarchisch geordnet zusammengefaßt sind, und zu der ein geeignetes Korrektur-, Fehler-, Therapie- und Lern-Diagnosesystem zu entwickeln ist. Es gilt, die Analyse und Vergabe von Aufgaben computerunterstützt zu organisieren (Stever 1978).

Erfahrungsgemäß bedarf es dabei einer Unterstützung durch Tutoren, da bis heute keine umfassende Lösung gefunden wurde, freiformulierte Lösungswege zu kodieren. Folglich muß hier die Korrektur und Bewertung von Lösungsvorschlägen in traditioneller Weise von einem Tutor oder von Dozenten durchgeführt werden. Es bleibt aber Aufgabe des Systems, mittels der von den Korrektoren erstellten Kennzeichnungen zu den diagnostizierten Fehlern dem Teilnehmer Hilfen zu geben. Insbesondere ist hier zwischen problemorientierten Lernhilfen und ergebnisorientierten Lernhilfen zu unterscheiden (Stever/Hirschmann 1978).

Damit ergibt sich folgende didaktische Struktur der CBT-Anteile der  $\beta$ -Module, wobei die Präsentation der bereitgestellten Plattform einschließlich der Multimedia-Dokumente (Nutzersteuerung etc.) aus mediendidaktischer Sicht zu bearbeiten ist. Eine vollständige Übersicht über die fachlichen sowie die didaktischen Vorgaben sind im Abschnitt "Fachdidaktische Konzeption der mathematischen  $\beta$ -Module" bei Stever/Wolff (1998) dokumentiert. Dabei ist zu beachten, daß die dargestellte Grobstruktur der  $\beta$ -Module jetzt nicht nur Hinweise zur Gestaltung der CBT-Anteile gibt, sondern die gesamte Lernsequenz, in unterschiedliche Phasen gegliedert, abbildet.

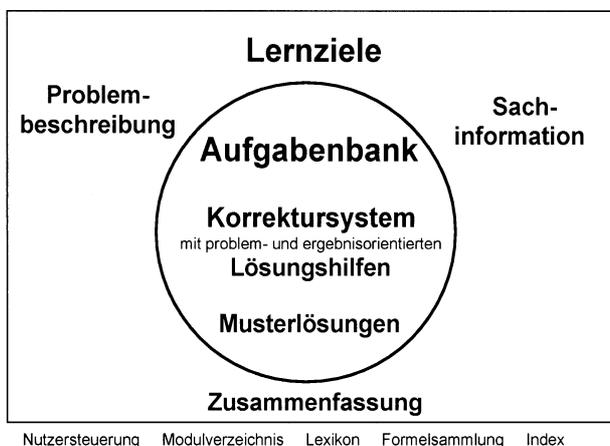


Abb. 3: Didaktische Struktur der CBT-Teile der mathematischen  $\beta$ -Module. Die funktionale Gestaltung der außerhalb des Rechtecks platzierten Komponenten liegt ausschließlich im mediendidaktischen Kompetenzbereich.

#### 4. Zur Didaktik der $\gamma$ -Module

Die *Zielstellung* liegt in einer Simulation des Prüfungsgeschehens. Es gilt also nachhaltig die Fähigkeit zu entwickeln, in aktuellen und zu erwartenden Berufssituationen selbstbestimmend handeln zu können und einsichtig begründete Orientierungen für Entscheidungen und Handlungen auf mathematischer Basis abgeben zu können. Kurz gefaßt geht es hier um die Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz in komplexen Problemsituationen, in denen berufliche und mathematische Begriffswelten zusammen kommen.

Die *Auswahl der Inhalte* ist so vorzunehmen, daß die Aufgaben / Fallbeispiele / Situationen mit der im Kurs vermittelten Mathematik zu bewältigen sind, wenn der berufliche Kontext und die Fachtermini verstanden sind. Die vorliegenden Klausuren können, solange das verbindliche Curriculum und die geltende Prüfungsordnung nicht geändert sind, als Beispiel dienen. Andererseits macht eine Neugestaltung der Qualifizierungspläne/Rahmenstoffpläne eine Modifikation des Prüfungsgeschehens unumgänglich. Um die dort geforderten Sach-, Methoden- und Sozial-Kompetenzen abzurufen, ist von umfassenden, ganzheitlich gestalteten Prüfungssituationen auszugehen. Hier muß der Teilnehmer insbesondere auch nachweisen, daß er situationsbezogen angemessene Lösungsverfahren wählt, diese korrekt einsetzt/koordiniert und die Lösung ansprechend darstellen, diskutieren und bewerten kann.

Für die *didaktische Gestaltung* sind die Ergebnisse von Fehleranalysen von in der Vergangenheit gehalten Prüfungen relevant. Diese haben für Berufsschulen ergeben, daß der Anteil der Denk- und Wissensfehler ungleich höher ist als der Fehleranteil in den Rechentechniken. Nach Ploghaus (1967) treten die häufigsten Fehler bereits im Ansatz und Lösungsentwurf auf. Mechanisches Anwenden "eingepackter Formeln", ungenaue Formelkenntnisse, Mängel im fachlichen Verständnis, mangelnder Sinn für die Bedeutung von Formeln, Benennungen und Rechenergebnissen (Kontrollen) sind einige der identifizierten Ursachen für die Fehlleistungen. Dem ist energisch gegenzusteuern, indem die beruflichen Anwendungsbereiche der Mathematik von Anfang an als Voraussetzung des Mathematiklernens ernstgenommen, in der Ausbildungsphase bearbeitet und in Prüfungssituationen geprüft werden.

Für die  $\gamma$ -Module gilt es, bei ausgewählten, prüfungsrelevanten Fragestellungen eine umfassende, ganzheitlich gestaltete Prüfungssimulation zu ermöglichen. Dabei sollen die Prüflinge nachweisen, daß sie simulationsabhängig geeignete Lösungsverfahren wählen, diese korrekt einsetzen und Lösungen ansprechend darstellen können.

Dieses Vorgehen ist mehrfach zu exemplifizieren, denn die Teilnehmer haben bei einem Kurs, der auf selbstgesteuertem Lernen als einem zentralen didaktischen Prinzip aufbaut, stets die Möglichkeit des freien Navigierens zwischen den Modulen und damit die Möglichkeit der individuellen Zusammenschau von Informationen, hier insbesondere mit Zielorientierung am Prüfungsstoff.

Die Simulation von Prüfungen muß in jedem Falle mit einer begründeten Bewertung der Prüfungsleistung abgeschlossen werden, die dem Prüfling eine realistische Rückmeldung über sein Prüfungsverhalten gibt und Hinweise für das weitere Lernverhalten in Hinsicht auf die Prüfung beinhaltet.

Damit ergibt sich die in Abb. 4 dargestellte didaktische Struktur der CBT-Anteile der  $\gamma$ -Einheiten, wobei auch hier die Präsentation der bereitgestellten Plattform einschließlich der Multimedia-Dokumente (Nutzersteuerung etc.) aus mediendidaktischer Sicht zu bearbeiten ist.

Ein mögliches *Prüfungsszenario* könnte dann folgendermaßen aussehen:

### Prüfung 1. Teil

Rechnerbasierte Abfrage von Fakten und Zusammenhängen; Definitionen oder Regeln; Berechnungen in Standardsituationen

### Automatisierte Prüfungsbewertung des 1. Prüfungsteiles

### Prüfung 2. Teil

#### Einstieg

Die Prüflinge bereiten sich in vorgegebener Zeit anhand eines umfassenden Fallbeispiels auf die Prüfung vor (rechnerbasierte Präsentation der Prüfungsunterlagen)

#### Prüfung

Die Prüflinge stellen ihre eigene Lösungsfindung vor und verteidigen ihre Präsentation vor einer Prüfungskommission nach Maßgabe der Prüfungsordnung

#### Gesamtbewertung

durch eine Prüfungskommission nach Maßgabe der Prüfungsordnung

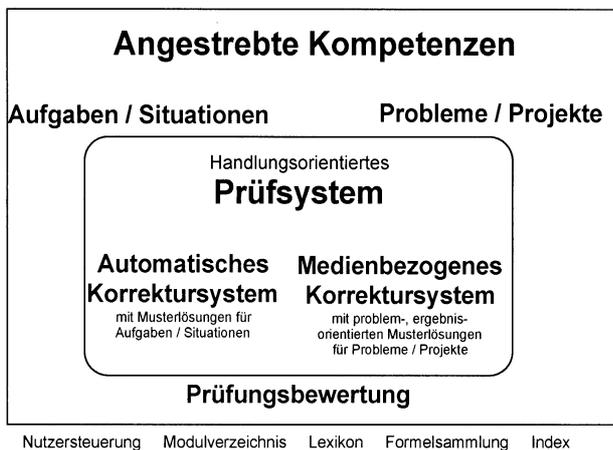


Abb. 4: Didaktische Struktur der CBT-Teile der mathematischen  $\gamma$ -Module. Die funktionale Gestaltung der außerhalb des Rechtecks platzierten Komponenten liegt ausschließlich im mediendidaktischen Kompetenzbereich.

## 5. Zusammenfassung

Die vorliegende didaktische Konzeption zur Planung und Entwicklung der multimedialen Module zur Vermittlung der mathematischen Grundlagen in der Ausbildung von Industriemeistern ist durch Rückgriff auf wissenschaftliche Didaktikansätze begründet. Für die inhaltliche, für die multimediale sowie für die lerntheoretische Gestaltung der Module wird stets versucht, Erkenntnisse der Fachdidaktik in Verbindung zu Forschungsergebnissen der Instruktionspsychologie, zu Aspekten von Lern- und Unterrichtstheorien und zur Mediendidaktik zu setzen.

Die umfangreiche Literaturanalyse zeigt aber deutlich, daß sich aus den bisher publizierten wissenschaftlichen Aussagen keine Handlungsprototypen für die Gestaltung einzelner interaktiver multimedialer Module ableiten lassen. Erst die Konstruktion von Prototypen der drei unterschiedlichen Modultypen führte zur Entwicklung pragmatischer Planungsmuster. Eventuell wird zukünftig sogar eine Darstellung von Planungsalgorithmen ermöglicht. Die

derzeit erkennbaren Planungsaspekte sind in diesem Papier zusammengefaßt und begründet.

Das vollständige Modulsystem wird dennoch nur wenig Ähnlichkeit mit dem vielzitierten "Nürnberger Trichter" (Oberle/Wessner 1998) haben, denn Lernen vollzieht sich nun mal im Denken *und* Tun. Auch eine multimediale und spielerisch eingerahmte Aufarbeitung des Lehrstoffes macht das Lernen nicht einfach und nur angenehm und eine berufliche Qualifizierungsmaßnahme nicht zu Edutainment.

## 6. Literatur

- Arnold, R.: Deutungsmuster und pädagogisches Handeln in der Erwachsenenbildung. – Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 1985
- Collins, A.; Brown, J. S.; Newman, S. E.: Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing and mathematics. – In: L. B. Resnick (Hrsg.), Knowing, learning, and instruction. Hillsdale: Erlbaum, 1989
- Engbring, D.; Keil-Slawik, R.; Selke, H.: Neue Qualitäten in der Hochschulausbildung – Lehren und Lernen mit interaktiven Medien. – Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, 1995 (Technischer Bericht; Nr. 45)
- Fraunholz, W.: Lernsoftware zur Trigonometrie und zur Infinitesimalrechnung im Telekolleg Mathematik. – In: Beiträge zum Mathematikunterricht. Hildesheim: Franzbecker, 1996, S. 142–145
- Gräsch, C.; Mandl, H.; Fischer, M.: Vergebliche Designernehmung? Interaktionsangebote in problemorientierten Computerlernprogrammen? – In: Unterrichtswissenschaft (1994), S. 312–333
- IHK-Weiterbildung: Industriemeister/Industriemeisterin Elektrotechnik. Rahmenstoffplan mit Lernzielen IHK. – Bonn: DIHT, Oktober 1995
- IHK-Weiterbildung: Industriemeister/Industriemeisterin Metall. Rahmenstoffplan mit Lernzielen IHK. – Bonn: DIHT, 4. November 1997
- Kallmeyer, C.: Effekte sozialer und fachdidaktischer Lehrkompetenz auf den Lernerfolg von erwachsenen Teilnehmern in EDV-Qualifizierungsmaßnahmen. – Berlin: Köhler, 1996
- Oberle, T.; Wessner, M.: Der Nürnberger Trichter – Computer machen Lernen leicht!? – Alsbach: Leuchtturm-Verlag, 1998
- Ploghaus, G.: Die Fehlerformen im metallgewerblichen Fachrechnen und unterrichtliche Maßnahmen zur Bekämpfung der Fehler. – In: Die berufsbildende Schule (1967), S. 519–531
- Schlöglmann, W.: Mathematiklernprozesse bei Erwachsenen. – In: Beiträge zum Mathematikunterricht. Hildesheim: Franzbecker, 1994, S. 326–329
- Schulmeister, R.: Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. – München: Oldenbourg, 1997
- Spiro, R.; Feltovich, P. J.; Jacobson, M. J.; Coulson, R. L.: Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext: Random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. – In: Educational Technology 31(1991) H. 5, S. 24–33
- Starck, R.; Graf, M.; Renckl, A.; Gruber, H.; Mandl, H.: Förderung von Handlungskompetenz durch geleitetes Problemlösen und multiple Lernkontexte. – In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie u. Pädagogische Psychologie (1995), S. 289–312
- Steuer, H.: Der Einsatz des CAVA-Systems zur Durchführung von vorlesungsbegleitenden Übungen im Direktstudium der Mathematik – Ein Erfahrungsbericht. – In: technic-didact 3(1978), S. 193–198
- Steuer, H.; Hirschmann, G.: Fachdidaktische Überlegungen zur Gestaltung mathematischer Aufgaben in einem computergestützten Korrekturdienst. – In: Der Computer im Fernstudium. Hannover: Schroedel-Schöningh, 1978
- Steuer, H.; Wolff, K. P.: Integratives Konzept für den Einsatz von Multimediakomponenten in der mathematisch-naturwissenschaftlichen Ausbildung von Industriemeistern. Bielefeld: Bertelsmann, 1998
- Sträßer, R.: Neue Technologien und mathematischer Unterricht in gewerblich-technischen Berufsschulen. – In: P. Bardy;

- F. M. Kath; H. J. Zebisch (Hrsg.), Diskussionsfeld technische Ausbildung III. Alsbach: Leuchtturm, 1988, S. 151–168
- The Cognition and Technology Group at Vanderbilt: Technology and the design of generative learning environments. – In: Educational Technology 31(1991) H. 5, S. 34–40
- Weidig, I.: Bundesbahn-Tarife – Ein Thema für das Sachrechnen. – In: mathematik lehren (1989) H. 33, S. 39–42
- Weidig, I.: Statische Grundfragen als Brücke zwischen Mathematikunterricht, Physikunterricht und Techniklehre. – In: Technic didact 5(1992), S. 117–133

---

#### **Autoren**

Steuer, Hermann, Prof. Dr., Wolff, Klaus P., Institut für Bildungsinformatik, Universität Koblenz-Landau, Im Fort 7, D-76829 Landau.  
E-mail: steuer@uni-landau.de

## **Vorschau auf Analysethemen der nächsten Hefte**

Für die Analysen der Jahrgänge 31 (1999) bis 32 (2000) sind folgende Themen geplant:

- TIMSS
- Computergestütztes Lösen offener Probleme im Mathematikunterricht
- Mathematikdidaktische Forschung im Primarbereich
- Mathematik an Hochschulen lehren und lernen
- Analysis an Hochschulen
- Mathematik in der Ingenieurausbildung
- Theoretische Betrachtungen zu Schulbuchanalysen.

*Vorschläge für Beiträge zu o.g. Themen erbitten wir an die Schriftleitung.*

## **Outlook on Future Topics**

The following subjects are intended for the analysis sections of Vol. 31 (1999) to Vol. 32 (2000):

- TIMSS
- Computer-aided solution of open problems in mathematics teaching
- Research in primary mathematics education
- Teaching and learning mathematics at university level
- Calculus at universities
- Mathematics and engineering education
- Concepts and issues in textbook analyses.

*Suggestions for contributions to these subjects are welcome and should be addressed to the editor.*