

In: Die Deutsche Berufs- und Fachschule, Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Hrsg.: Berke (u.a.), 72. Jahrgang, 1976, Franz Steiner Verlag GmbH, Wiesbaden, S. 671-686

WERNER BLUM

Mathematik in der Berufsschule  
-Curriculare Probleme, diskutiert am Beispiel  
des Berufsfeldes Elektrotechnik -

1. *Problemstellung*

Das Curriculum der *Berufsschule* innerhalb des *dualen Systems* enthält mathematische Inhalte unterschiedlichster Art und Tiefe. Diese Inhalte finden sich in der herkömmlichen Teilzeit-Berufsschule zum überwiegenden Teil im *Fachrech-*

nen<sup>1</sup>. In einigen Bundesländern werden nun neue curriculare Rahmenlehrpläne erarbeitet und erprobt, die in Form eines Lehrgangs- oder Kurssystems aufgebaut sind, wie z. B. in Hessen (siehe [28]). Die mathematischen Inhalte müssen dann in irgend einer Weise in dieses neue System eingefügt werden. Hier stellt sich die generelle Frage nach dem Stellenwert der Mathematik in der Berufsschule des dualen Systems. Diese Frage ist im Berufsfeld 02: „Elektrotechnische Berufe“ von besonderer Bedeutung, da hier — im Vergleich zu anderen Berufsfeldern — relativ viele mathematische Inhalte vorkommen.

Auch von einem anderen Blickwinkel aus zeigt sich bereits seit langem die Wichtigkeit dieser Frage nach dem Stellenwert der Mathematik in der Berufsschule. Bekanntlich entscheiden ja mathematische Kenntnisse in erheblichem Maße über Erfolg oder Mißerfolg bei den Lehr-Abschlußprüfungen, und die unbefriedigenden Resultate zwingen geradezu zu solchen Überlegungen<sup>2</sup>.

In der vorliegenden Arbeit soll nun versucht werden, einige Hinweise für die Beantwortung jener wichtigen Frage zu geben<sup>3</sup>. Wir beschränken uns dabei exemplarisch auf das Berufsfeld 02; unsere Überlegungen sind jedoch *auch auf andere Berufsfelder* (wie insbesondere auf 01: „Metallgewerbliche Berufe“ oder auf 06: „Kaufmännische Berufe“) anwendbar. Die Arbeit ist als Anregung für den Lehrer gedacht. Sie versucht, die bisherigen Ansätze aufzuarbeiten, und sie soll dazu beitragen, die in den letzten Jahren etwas in Gang gekommene curriculare Diskussion ein Stück weiterzubringen<sup>4</sup>. Dazu beschäftigen wir uns in Abschnitt 2 mit den mathematischen Inhalten im Berufsfeld 02, erörtern in 3 die Ziele der Mathematik in der Berufsschule und sprechen in 4 kurz über die mathematischen Vorkenntnisse der Berufsschüler. In 5, dem theoretischen Kern dieser Arbeit, stellen wir einige grundsätzliche Überlegungen zur Mathematik in der Berufsschule an<sup>5</sup>. Wir versuchen dann, diese Überlegungen in 6 konzeptionell und in 7 schulpraktisch umzusetzen<sup>6</sup>.

Der Schwerpunkt unserer Betrachtung liegt also auf der thematisch-intentionalen Problematik. Es werden jedoch auch methodische Probleme angesprochen, da sich diese Felder nicht voneinander trennen lassen (siehe Abschnitt 5.6).

Es soll und kann hier keineswegs eine fertige Lösung der curricularen Problematik gegeben werden, sowohl aus Platzgründen als auch und vor allem aufgrund

<sup>1</sup> Zur geschichtlichen Entwicklung des Fachrechnens vgl. [8] und [13]; zum traditionellen Fachrechnen vgl. auch [39].

<sup>2</sup> Hiermit soll keineswegs gesagt werden, daß die Lehrabschlußprüfungen in ihrer derzeitigen Form unkritisch als Richtschnur genommen werden.

<sup>3</sup> Ich danke Frau G. Kaiser, den Herren B. Andelfinger, P. Bardy, W. Heidrich, H. Letschert und A. Lipsmeier sowie meinen Mitarbeitern an der Gesamthochschule Kassel für kritische Durchsicht des Manuskripts.

<sup>4</sup> Oder, um mit Andelfinger [2b, S. 103] zu sprechen, das „didaktische Planen transparenter, objektiver . . . zu machen“.

<sup>5</sup> Diese Überlegungen basieren hauptsächlich auf den Zielen aus 3 und beanspruchen (im Gegensatz zu [2 a/b]) keine Gültigkeit für andere Schulformen. Insbesondere wird bei uns die Frage der Anrechenbarkeit mathematischer Qualifikationen auf andere Ausbildungsgänge zwar mitbedacht, steht aber nicht so sehr im Vordergrund wie bei Andelfinger [2 a/b].

<sup>6</sup> *Nicht* behandelt wird im Rahmen dieser Arbeit die Problematik der Schulbücher, insbesondere der Fachrechenbücher (vgl. dazu [6]).

der Tatsache, daß Unterricht nicht bis ins Detail vorgeplant werden kann<sup>7</sup>; deshalb sind auch die Abschnitte 6 und 7 notwendigerweise kurz gehalten. Aber es sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, in welcher Richtung Lösungen zu suchen sind, die gleichzeitig einen kleinen Schritt zur Erreichung der allseits angestrebten Gleichwertigkeit beruflicher Bildung im Vergleich zur allgemeinen Bildung bedeuten.

## 2. Mathematische Inhalte im Berufsfeld Elektrotechnik

Analysen von *Lehrplänen* (wie z. B. von *Hartlieb* [12], *Andelfinger* [2a, S. 36] oder *Keppler* [16]) ergeben, daß in etwa die folgenden mathematischen Inhalte in der fachtheoretischen Berufsausbildung aller Berufe des Berufsfeldes 02 auftreten<sup>8</sup>:

### *Arithmetik:*

Zahlengerade, Zahlenschreibweise, Brüche, Dezimalzahlen  
 Grundrechenarten, Rechengesetze  
 Variable, Terme, Termumformungen  
 Einfache Potenz-, Wurzel-, logarithmische Rechnung  
 Rechen-Hilfsmittel (Tabellen, Rechenstab, Taschenrechner)

### *Sachrechnen:*

Prozentrechnung  
 Größen<sup>9</sup>, Rechnen mit Größen  
 Schlußrechnung (Proportionen, Dreisatz)

### *Algebra:*

Einfache (insbesondere lineare) Gleichungen und Ungleichungen  
 Formeln, Formelumstellen<sup>10</sup>  
 Tabellen, Diagramme, Graphen  
 Einfache Funktionen (lineare, quadratische, „reziproke“<sup>11</sup>)

### *Geometrie:*

Umfang und Inhalt einfacher Flächen (Dreieck, Rechteck, Kreis)  
 Volumen einfacher Körper  
 Satz des Pythagoras  
 Kongruenz  
 Strahlensätze  
 Einfache Trigonometrie

<sup>7</sup> Vgl. dazu die Empfehlungen [5] der Bildungskommission des Deutschen Bildungsrats zur praxisnahen Curriculumentwicklung.

<sup>8</sup> Wir beschränken uns dabei notgedrungen auf eine stichwortartige Aufzählung. Die Inhalte des *Technischen Zeichnens* lassen wir außer Betracht, da dies eigenständige Überlegungen erfordern würde.

<sup>9</sup> Länge, Flächeninhalt, Volumen, Winkelmaß, Zeitmaß, Masse, Kraft, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Arbeit, Leistung, Spannung, Stromstärke, Widerstand, Kapazität usw.

<sup>10</sup> Bezüglich der auftretenden Formelstrukturen vgl. [25, S. 530].

<sup>11</sup> D. h.  $x \mapsto \frac{a}{x}$  ( $a \in \mathbf{R} / \{0\}$ ).

Darüber hinaus gibt es Themen, welche für einige, aber nicht für alle Berufe von Bedeutung sind, wie etwa

- Beschreibende Statistik
- Logik, Schaltalgebra
- Vektoren
- Exponentialfunktionen
- Trigonometrische Funktionen

In Umfragen<sup>12</sup> zeigt es sich allerdings, daß weit weniger mathematische Inhalte direkt im *Berufsleben* des gewerblich-technischen Bereichs relevant sind, nämlich in erster Linie

- Grundrechenarten mit Brüchen und Dezimalzahlen
- Rechen-Hilfsmittel
- Prozentrechnung
- Quadrate und Quadratwurzeln
- Schlußrechnung
- Geometrische Figuren

Bei derartigen Aufzählungen ist noch nichts gesagt über die Art (taxonomische Einordnung), in welcher der betreffende Inhalt auftaucht. Dazu ist es notwendig, zuerst die Ziele zu diskutieren, welche mit mathematischen Inhalten verfolgt werden sollen.

### 3. Ziele der Mathematik in der Berufsschule

Man kann diverse *allgemeine Erziehungsziele* der Berufsschule nennen: Berufliche Tüchtigkeit, Mündigkeit (vgl. [22, S. 20]), Kritikfähigkeit, Kompetenz zum „Lernen des Lernens“, Mobilität, soziale Kompetenz u. a. Mit ihnen korrespondierend kann man wohl die folgenden Ziele für den mathematischen Unterricht in der Berufsschule des dualen Systems unterscheiden:

- (Z 1) *Pragmatische Ziele*: Vermittlung der zur Bewältigung von relevanten Problemen aus a) Beruf und b) Alltag notwendigen mathematischen Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten<sup>13</sup>.
- (Z 2) *Ziele zur Förderung des Umweltverstehens*: Vermittlung der zum Verständnis von relevanten Problemen aus a) Beruf<sup>14</sup> und b) Alltag beitragenden mathematischen Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten.

<sup>12</sup> Siehe die Untersuchungen der Pädagogischen Arbeitsstelle des Deutschen Volkshochschulverbandes, dokumentiert in [26], [27], [36], [38], zusammengefaßt in [2].

<sup>13</sup> Insbesondere Rechenfertigkeiten, vgl. [10, S. 391].

<sup>14</sup> Vgl. [32 a, S. 418], [10, S. 391], [6, S. 495], [14, S. 699], [31, S. 160], [19, S. 597].

<sup>15</sup> Auch im Sinne einer Anrechenbarkeit der Mathematik in anderen Bildungsgängen; diese Frage spielt bei der Planung integrierter Oberstufen, welche die Teilzeit-Berufsschule miteinbeziehen (wie der Kollegstufenversuch Nordrhein-Westfalen), eine wichtige Rolle; vgl. [2 a/b].

<sup>16</sup> Vgl. [13, S. 715], [30, S. 691], [14, S. 699], [34, S. 418], [31, S. 159].

- (Z 3) *Ziele zur Erhöhung von Chancengerechtigkeit*<sup>15</sup>: Förderung der Durchlässigkeit zum allgemeinen Schulwesen<sup>16</sup>, Förderung der Bildungsmotivation<sup>17</sup> und Vermittlung von Kompetenzen für späteres Umlernen<sup>18</sup>.
- (Z 4) *Persönlichkeitsbildende und soziale Ziele*: Förderung von kognitiven Strategien<sup>19</sup> (z. B. Förderung von Problemlösefähigkeit, von Argumentationsfähigkeit oder von Kreativität) und Förderung von Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit.

Diese Ziele sind alle im Zusammenhang zu sehen. So sind etwa (Z 1) und (Z 2) insofern *eng aufeinander bezogen*, als einerseits zur Problembewältigung ein Erkennen und Verstehen der Probleme gehört und andererseits das Verständnis von Problemen eine Handlungskompetenz eröffnen soll, d. h. der Schüler soll dazu befähigt werden, in (gegenwärtigen und zukünftigen) realen Situationen seiner beruflichen und sozialen Umwelt angemessen handeln zu können. Sämtliche Ziele sind somit eigentlich nur auf theoretischer Ebene trennbar; sie sind verschiedene Aspekte ein- und desselben übergeordneten Ziels, welches man zusammenfassend als *emanzipatorisches Ziel* bezeichnen kann.

Wie die Literaturhinweise zeigen, sind in vielen Aufsätzen einzelne dieser Ziele weit stärker bewertet als andere. In der Tat sind einige Ziele in der Berufsschule sicherlich mit gewissen Einschränkungen zu versehen. So würde eine zu weitgehende Auslegung von (Z 2) zu einer hoffnungslosen Stoffüberfüllung führen, und entsprechend auch bei (Z 3). Daher liegt der Schwerpunkt der inhaltsbestimmenden Ziele bei (Z 1) sowie bei dem die Fachkunde<sup>20</sup> der Berufsschule betreffenden Teil (Z 2a), wobei (Z 3) ständig mitbeachtet werden muß. Bei sämtlichen Inhalten ist dann darauf zu achten, daß (Z 4) Genüge getan wird.

Die starke Betonung des Charakters der Mathematik als „Hilfswissenschaft“ grenzt die Berufsschule im dualen System partiell von anderen Schularten ab<sup>21</sup>. Eine reine Beschränkung auf Mathematik als „mehr oder weniger entbehrlicher Anhänger der Fachkunde“ ([14, S. 699]), der nur eine „Untermauerung der Fachkunde durch rechnerische Durchdringung“ ([39, S. 196]) — entsprechend (Z 1a) und teilweise (Z 2a) — leistet, wie dies beim traditionellen Fachrechnen oft der Fall zu sein scheint, muß jedoch entschieden abgelehnt werden<sup>22</sup> (genauerer siehe Abschnitt 5.1).

Um zu betonen, daß die genannte Vielfalt an Ziel-Aspekten berücksichtigt werden muß, gleichzeitig aber der Schwerpunkt auf Mathematik als „Hilfswissenschaft“ liegt, muß ein geeigneter Name für die Mathematik in der Berufsschule

<sup>17</sup> [6, S. 498], [30, S. 692], [31, S. 159]. <sup>18</sup> Vgl. [32 a, S. 417].

<sup>19</sup> Im Sinne von Wittmann [37, S. 38/39 und S. 83/84]; vgl. [16, S. 18/19]. Zu Zielen wie der Förderung von „logischem“, „funktionalem“, „operativem“ oder „produktivem“ Denken vgl. auch [25, S. 525], [8, S. 482], [6, S. 495], [10, S. 391], [33, S. 407], [30, S. 691].

<sup>20</sup> Wir subsumieren unter den Terminus „Fachkunde“ hier und im folgenden auch die berufsbezogenen fachtheoretischen Lehrgänge eines Kurssystems wie des hessischen (vgl. [28]).

<sup>21</sup> Vgl. [14, S. 700], [15, S. 497], [31, S. 160], [19, S. 597].

<sup>22</sup> Dies ist offensichtlich auch die Meinung eines großen Teils der Berufsschullehrer im gewerblich-technischen Bereich (siehe Heidrich [14, S. 699]).

gefunden werden. Meist wird der Terminus „*Technische Mathematik*“ verwandt (vgl. z. B. [28] oder [14]). Korrekter, treffender und gleichzeitig allgemeiner, d. h. nicht nur auf die gewerblich-technischen Berufsfelder beschränkt, wäre wohl „*Berufsbezogene Mathematik*“ oder vielleicht noch besser „*Praktische Mathematik*“; letzteren Terminus werden wir im weiteren benutzen.

Auf der Grundlage der genannten Ziele läßt sich nun erstens ganz global sagen, daß sämtliche in Abschnitt 2 aufgelisteten mathematischen Inhalte<sup>23</sup> als Bestandteile einer „Praktischen Mathematik“ im Berufsfeld 02<sup>24</sup> notwendig sind, allerdings in unterschiedlicher Gewichtung. So gewinnen etwa — um nur ein Beispiel zu nennen — einfache Probleme im Zusammenhang mit Exponentialfunktionen aufgrund ihrer Bedeutung in der Umwelt eine stärkere Bedeutung als nach der Aufzählung in Abschnitt 2. Zweitens lassen sich diese Inhalte nun — unter Berücksichtigung der für die jeweilige Klasse wichtigen Probleme aus beruflicher und außerberuflicher Umwelt — ungefähr taxonomisch einordnen. Wenn wir — wie Andelfinger [1, S. 8] — die Klassifikation von Wood/Skurnik [40] zugrunde legen, so ergibt sich eine Zuordnung der Inhalte nach

1. „Wissen, Techniken und Fertigkeiten“ (Aufruf von Definitionen, Notationen, Begriffen, rezepthaften Prozessen; Manipulation von Symbolen).
2. „Verstehen“ (lokales/globales Ordnen; Argumentieren; Folgern; Interpretieren symbolischer Ausdrücke; Anwenden von Algorithmen; Verfolgen und Durchführen von Prozessen; Planen).
3. „Anwenden“ (Formen des problemlösenden Verhaltens, z. B. Verallgemeinern, Spezialisieren, Beweisen, Analysieren, Synthesen bilden).

Sicherlich wird die Zahl der Themen von 1. bis 3. abnehmen, da keine überzogenen Ziele angestrebt werden dürfen (vgl. [8]). Eine bloße Beschränkung auf Kategorie 1. widerspräche aber den vorhin aufgestellten emanzipatorischen Zielen.

Bevor wir weitere curriculare Überlegungen anstellen, müssen wir zuvor auf die mathematischen Vorkenntnisse eingehen, welche die Berufsschüler aus der Sekundarstufe I mitbringen.

#### 4. *Vorkenntnisse der Berufsschüler in Mathematik*

Die Schülerschaft der Berufsschule ist sehr heterogen (vgl. z. B. [4]) und — bedingt auch durch die derzeitige bildungspolitische Situation — in ihrer Zusammensetzung in einem steten Veränderungsprozeß begriffen. Daher sind die mathematischen Voraussetzungen im allgemeinen ebenfalls sehr heterogen<sup>25</sup>. Aus diesem Grund werden wir in unseren weiteren Überlegungen keine mathematischen Inhalte — abgesehen von elementaren Kenntnissen im Rechnen — als von der Sekundarstufe I her bei allen Schülern voll vorhanden vorauszusetzen. Es wird statt dessen so sein, daß viele der in der Sekundarstufe I schon behandelten mathe-

<sup>23</sup> Und nicht nur z. B. die in den — in Fußnote 12 erwähnten — DVV-Umfragen auftauchenden.

<sup>24</sup> Die meisten jener Inhalte sind nicht nur auf das Berufsfeld 02, sondern auch im Hinblick auf eine berufsfeldübergreifende mathematische Grundbildung von Bedeutung.

<sup>25</sup> Man vergleiche auch die älteren Erhebungen von Leube [21].

matischen Gebiete für einen mehr oder weniger großen Teil der Klasse wieder „aufgefrischt“ werden müssen. Dies darf jedoch nicht bedeuten, daß der Berufsschullehrer beim Stande Null beginnt. Vielmehr sollte er gezielt an den Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I anknüpfen und sollte Defizite, die bei einem kleinen Teil der Klasse vorhanden sind, durch individuelle Förderung aufarbeiten. Wieviel der Lehrer tatsächlich generell voraussetzen kann, hängt von der jeweiligen Klasse ab und muß — etwa mit Hilfe von *Eingangstests* — ermittelt werden. Wie schon gesagt ist also stets — im Sinne praxisnaher Curriculumentwicklung — die jeweilige Schulklasse Grundlage detaillierterer Überlegungen.

Es sollte jedoch noch angemerkt werden, daß von seiten der Berufsschule aus aufgrund der Überlegungen der Abschnitte 2 und 3 umgekehrt auch *Forderungen an die „abgebenden“ Schulen* der Sekundarstufe I gestellt werden können, was die Relevanz verschiedener mathematischer Inhalte betrifft. So sollten *die für die Berufsschule wichtigen Themenbereiche* aus Arithmetik, Algebra, Geometrie und Sachrechnen (siehe 2) die alle bereits jetzt für den Mathematikunterricht der Sekundarstufe I vorgesehen sind, im Vergleich zu anderen Themen einen *deutlich höheren Stellenwert* erhalten, als dies gegenwärtig der Fall ist (vgl. *Vollrath* [35, S. 192]).

### 5. Curriculare Überlegungen zur Mathematik in der Berufsschule

Wir stellen im folgenden einige grundsätzliche Überlegungen zur Mathematik in der Berufsschule an.

5.1 Wie schon in Abschnitt 3 gesagt, darf sich die Mathematik nicht nur darauf beschränken, jeweils an der Stelle als Hilfe eingesetzt zu werden, an der sie in der Fachkunde benötigt wird. Ein derart extrem utilitaristischer Standpunkt (vgl. Standpunkt A bei *Schröter* [31, S. 158]) führt zu einer unverständenen Rezeptologie und ignoriert fast sämtliche emanzipatorischen Ziele, die wir in 3 aufgezählt haben. *Grüner* [8, S. 481] nennt die „Klärung des Fachkundestoffs durch rechnerische Verfahren, die bei dieser Klärung erst selbst erklärt und geklärt werden müssen“, eine „Contradictio in adjecto“<sup>26</sup>. Daher lehnen wir (wie auch *Grüner* [8], *Hauptmeier* [13], *Heidrich* [14] oder *Schröter* [30, 31]) eine solche Art „Mathematik“ ab<sup>27</sup>.

Übrigens ist dieser extreme Standpunkt wohl in den Hessischen Rahmenlehrplänen [28] für das Berufsfeld 01 verwirklicht worden, wie *Heidrich* [15, S. 496] und *Grüner* [11, S. 635] mit Recht monieren.

5.2 Es ist unverzichtbar, eine „*Eigensystematik*“ ([14, S. 700]) der Mathematik, d. h. einen stimmigen hierarchischen Aufbau der nach 2 und 3 in der Berufsschule auftretenden Mathematik zu berücksichtigen, und zwar

<sup>26</sup> Vgl. auch [24, S. 51].

<sup>27</sup> Ein entsprechend utilitaristischer Standpunkt (ausschließliche Verfolgung von (Z1b)) ist übrigens auch bei manchen Verfechtern von Projektunterricht im allgemeinbildenden Schulwesen zu finden.

- um die benötigte Mathematik *verständlich* erarbeiten zu können, wodurch insbesondere (Z 4) und (Z 3) berücksichtigt werden und auch (Z 2) gefördert wird<sup>28</sup>;
- um die benötigte Mathematik in *ökonomischer* Weise aufeinander aufbauend bereitstellen zu können;
- um gemeinsame mathematische Strukturen, die verschiedenen fachkundlichen Problemen zugrunde liegen, herausarbeiten zu können (Beispiel: gemeinsame Formelstruktur, etwa vom Typ  $a = b \cdot c$ ), auf diese Weise Transfer zu ermöglichen und dadurch sowohl zum Verständnis entsprechend (Z 2) beizutragen als auch die benötigte Mathematik ökonomischer erarbeiten zu können<sup>29</sup>;
- um (Z 3) gerecht zu werden<sup>30</sup>;
- um außermathematische Probleme nach (Z 1) und (Z 2) bzgl. der dazu benötigten Mathematik rationeller behandeln zu können<sup>31</sup>;
- um die aus der Sekundarstufe I mitgebrachten heterogenen Schüler-Voraussetzungen in Mathematik besser homogenisieren zu können<sup>32</sup>.

5.3 Das eben Gesagte bedeutet jedoch kein Plädoyer für ein Fach „Mathematik“ in der Berufsschule, welches entsprechend angelegt wäre, wie es in allgemeinbildenden Schulen die Regel ist. Wir grenzen uns damit von einem anderen extremen Standpunkt ab (vgl. Standpunkt B bei *Schröter* [21, S. 158/159]), der die Ziele (Z 3) und (Z 4) bei weitem in den Vordergrund stellt. Vielmehr sind einige wesentliche inhaltliche und methodische Einschränkungen zu beachten.

5.4 Zum *einen* sind die mathematischen *Inhalte* der Berufsschule im wesentlichen durch (Z 1) und (Z 2) abgesteckt und entsprechen somit (wie bereits in 3 gesagt) in etwa den in 2 aufgelisteten Themen, eventuell ergänzt durch einige wenige Inhalte im Umkreis dieser Themen, um einen Aufbau nach 5.2 zu ermöglichen.

5.5 Zum *zweiten* muß die Mathematik stets *praxis- und anwendungsbezogen* unterrichtet werden<sup>33</sup>, um unseren Zielen (vor allem (Z 1) und (Z 2)) gerecht zu werden. Es ist eine genügend abgesicherte Tatsache, daß ein Unterrichten einer von Anwendungen losgelösten „reinen“ Mathematik bei der Mehrzahl der Schüler überhaupt kein Anwendungsverständnis bringt<sup>34</sup>. Eine solche Art Mathematik würde auch an den Schülerinteressen vorbeigehen und keinerlei Motivation erzeugen (wie auch *Tollkötter* [34, S. 419/420] betont<sup>35</sup>). Daher fordern wir — noch stärker als für berufliche Vollzeitschulen<sup>36</sup> — für die Berufsschule im dualen System eine *problemorientierte und „beziehungsaltige“ Mathematik*; die Mathematik soll sich entwickeln durch *Mathematisierung von realen Problemen* aus Berufspraxis und Umwelt (vgl. auch [19]) und soll nach innermathematischer

<sup>28</sup> Vgl. [8, S. 481], [13, S. 714].

<sup>29</sup> Vgl. [30, S. 691—693], [19, S. 597].

<sup>30</sup> Vgl. [31, S. 159/160].

<sup>31</sup> Vgl. [31, S. 161].

<sup>32</sup> Vgl. [11, S. 635].

<sup>33</sup> Vgl. Heidrich [14, S. 700 und 706].

<sup>34</sup> Vgl. dazu auch die Untersuchungen von Nägerl [23].

<sup>35</sup> Vgl. dazu den klarstellenden Diskussionsbeitrag von W. Heidrich in der „Berufsbildenden Schule“ 26 (1974), H. 9, S. 628/629.

<sup>36</sup> Vgl. [4].

Weiterführung wieder auf solche Probleme angewandt werden. Eine (im obigen Sinne) „reine“ Mathematik, sei es als durchgängiges Fach oder sei es als „Vorkurs“, in dem die benötigten Inhalte zu Beginn der Grundstufe auf Vorrat bereitgestellt werden<sup>37</sup>, lehnen wir ab.

5.6 Zum *dritten* bedeutet ein *stimmiger* Aufbau der Mathematik auch keineswegs, daß dieser Aufbau genau einer wissenschaftlichen Fachsystematik (Logik, Mengen, Aufbau des Zahlensystems usw.) folgen und daß jedes auftretende Thema sofort in einer mathematisch vollkommen exakten und abschließenden Fassung behandelt werden müßte. Vielmehr ist es legitim und notwendig, *Vereinfachungen* vorzunehmen, die *keine Verfälschungen* sind und später ausgebaut werden können<sup>38</sup>. Damit sind sowohl „didaktische Reduktionen“<sup>39</sup> als auch „methodische Vereinfachungen“<sup>40</sup> gemeint. Über die Wichtigkeit solcher Vereinfachungen, gerade bei Berücksichtigung der Zusammensetzung der Schülerschaft in den Berufsschulen, besteht kein Zweifel<sup>41</sup>. Trotzdem scheint es nicht genügend bekannt zu sein, welche Konsequenzen dies für die Mathematik hat und welche Möglichkeiten die Fachdidaktik der Mathematik hierfür bereits vorgeschlagen hat. Wir können nur einige wenige Beispiele aufzählen:

- Es ist keineswegs erforderlich, mit einem systematischen Vorkurs über „Mengenlehre“ und Aussagenlogik zu beginnen<sup>42</sup> (wie dies, wenn auch bereits didaktisch reduziert, in der Gleichungslehre *Schröter* [30] ansatzweise tut). Im Gegensatz dazu kommt es darauf an, die *Schreib- und Sprechweisen der modernen Mathematik* nur bei Bedarf und genau dort (z. B. innerhalb der Gleichungslehre) zu verwenden, wo sie eine Hilfe zum Verständnis darstellen. Ziel ist also nicht eine begriffliche Fixierung der genannten Inhalte der modernen Mathematik, sondern deren *verständige Handhabung* in Anwendungssituationen.
- Es braucht kein systematischer „Aufbau des Zahlensystems“ geleistet zu werden. Allerdings sollten — insbesondere um (Z 3) zu genügen — die Zahlenmengen  $\mathbf{N}$ ,  $\mathbf{Z}$ ,  $\mathbf{Q}$ , und  $\mathbf{R}$  auf der Zahlengeraden dargestellt und bewußt gemacht werden.
- Es dürfte kein Zweifel bestehen, daß das mechanische Formelumstellen durch geeignete methodische Instrumentarien ersetzt werden muß, wenn die Ziele aus 2 verwirklicht werden sollen (vgl. *Schröter* [30]; bereits *Grüner* [8, S. 482/483] hat hierauf mit Nachdruck hingewiesen). Hierzu muß jedoch keine aufwendige Gleichungslehre mit logischer und mengentheoretischer Fundierung betrieben werden, was auch im Hinblick auf die Schüler völlig inadäquat wäre.

<sup>37</sup> Wie dies im Lehrgang „Technische Mathematik 1“ für Hessen (vgl. [28]) zum Teil geschieht.

<sup>38</sup> Brunersches Spiralprinzip; vgl. [37, S. 66].

<sup>39</sup> „Didaktisch“ hier im engeren Sinne, d. h. von „inhaltlich“; vgl. z. B. [9].

<sup>40</sup> „Vereinfachen“ im Sinne von „Zugänglich machen“; vgl. Kirsch [18].

<sup>41</sup> Vgl. *Grüner* [8, S. 48].

<sup>42</sup> Ein Vergleich der Schulbücher Kusch [20 a] und [20 b] zeigt die Gefahr, daß die neuen Inhalte einfach als eigenständiger Stoff den traditionellen Inhalten vorgepropft werden, ohne daß dies Verbesserungen zur Folge hätte — im Gegenteil!

Vielmehr muß der Lehrer neben dem *Waagemodell*, welches ja nicht mit unbegrenzter Gültigkeit einsetzbar ist und dadurch in der modernen Gleichungslehre oft — zu Unrecht — pauschal abgelehnt wird, noch andere methodische Instrumentarien der Gleichungslehre kennen, so vor allem den wichtigen *Operatorgedanken*. Trotzdem bleibt das Waagemodell wohl weiterhin die wichtigste methodische Hilfe in der Gleichungslehre der Berufsschule.

- Eine wichtige Möglichkeit, Schülern mathematische Inhalte zugänglich zu machen, ohne zu verfälschen, besteht in einem Wechsel des Repräsentationsmodus<sup>43</sup>. So ist es z. B. möglich, exponentiell verlaufende Prozesse auf elementarem Niveau zu behandeln (genauerer siehe *Kirsch* [17]).

Es fehlt hier der Platz, um diese oder weitere Beispiele<sup>44</sup> auch nur annähernd zufriedenstellend zu diskutieren, insbesondere das wichtige Gebiet der Algebra. Es sei jedoch betont, wie außerordentlich wichtig solche fachdidaktischen Überlegungen sind<sup>45</sup>. Sie sind konstitutiv für unseren Ansatz und ermöglichen erst eine Verwirklichung der Ziele aus 2 (insbesondere die Besetzung der dort genannten höheren taxonomischen Kategorien). Solange in der Berufsschule noch fast ausschließlich die traditionelle Fach-Methodik (vgl. [39, S. 198/199]) vorherrscht, ohne daß fachdidaktische Alternativen bekannt sind, können auch curriculare Neu-Ansätze nicht erfolgreich sein. Es ist eine der zentralen Aufgaben von Berufsschullehrern und Fachdidaktikern für das berufliche Schulwesen, derartige fachdidaktische Überlegungen weiteren Kreisen der Berufsschullehrerschaft zugänglich zu machen.

#### 6. *Konzeptionelle Realisierung der Grundsätze*

Es soll nun versucht werden, die bisher aufgestellten Grundsätze wie

- Beachtung eines mathematisch stimmigen Aufbaus,
- Ständiger Anwendungsbezug,
- Berücksichtigung fachdidaktischer Möglichkeiten zur verständigen Erarbeitung der Mathematik

in Form einer Konzeption für „Praktische Mathematik“ in der Berufsschule des Berufsfeldes 02 zu verwirklichen, und zwar noch unabhängig von der jeweils vorliegenden Unterrichtsstruktur nach Fächern, Kursen o. a.

##### 6.1 Die mathematischen Inhalte gemäß 5.4 werden unter Beachtung

- der Schüler-Voraussetzungen,
- der zu behandelnden Anwendungsprobleme gemäß 5.5,
- didaktischer Vereinfachungen gemäß 5.6

in — entsprechend 5.2 — stimmige Sequenzen gegliedert. Dies kann z. B. mittels Logogrammen geschehen (siehe [2 b, S. 97]). Dabei ist sicher nicht nur eine einzige Reihenfolge möglich; die Entscheidung für *eine* bestimmte Sequenz kann erst zusammen mit der speziellen Klasse getroffen werden. Beispielsweise ist die folgende

<sup>43</sup> Gemeint sind die *Brunnerschen Repräsentationsmodi*: Enaktiv — ikonisch — symbolisch; vgl. z. B. [37, S. 69].

<sup>44</sup> Vgl. zu fachdidaktischen Vorschlägen auch [25], [14], [30], [19].

<sup>45</sup> Daß allgemein-didaktische Gesichtspunkte ebenso wichtig sind, versteht sich von selbst; daher gehen wir hierauf nicht weiter ein.

Sequenz denkbar<sup>46</sup>, wobei vorerst nur die mathematischen Inhalte, nicht zugehörige Problem-Kontexte genannt werden:

- Rechnen mit Zahlen,
- Prozentrechnung,
- Rechnen mit Größen,
- Rechnen mit Variablen (insbesondere Termumformungen),
- Potenz- und Wurzelrechnung,
- Schlußrechnung,
- Lineare Gleichungen und Ungleichungen,
- Lineare Funktionen (Tabellen, Graphen),
- Formelumstellen,
- Einfache Flächen und Körper, Pythagoras,
- Weitere einfache Funktionen,
- Kongruenz, Strahlensätze,
- Einfache Trigonometrie.

Dabei gehören wohl zumindest die zuletzt genannten geometrischen Inhalte bereits in die Fachstufe. Weitere mathematische Inhalte, die nur für einige Berufe in der Fachstufe relevant sind, werden dann dort (als „Akzentuierungen“, vgl. [2]) anschließend behandelt.

Um Mißverständnisse auszuschließen sei deutlich gesagt, daß das „Rechnen mit Zahlen“ dabei nicht als zu Anfang der Grundstufe behandeltes und dann abgeschlossenes Gebiet zu verstehen ist. Vielmehr tritt es in Anwendungsproblemen ständig wieder auf, und zwar unter dem Aspekt der „Rechenvereinfachung“ (Heidrich [14, S. 713]), wobei insbesondere der Taschenrechner als Hilfe eingesetzt wird.

Ähnliches gilt auch für andere Themen. So wird etwa die Prozentrechnung öfter auftreten. An der Reihenfolge „Prozentrechnung vor Schlußrechnung“ zeigt sich übrigens, wie die obige Sequenz auch von methodischen Überlegungen beeinflusst ist: Prozentrechnung läßt sich als spezielle Art der Bruchrechnung einführen, benutzt jedoch dann u. a. die Schlußrechnung als wichtige methodische Hilfe.

Es sei hier nochmals gesagt, daß bei einigen dieser Inhalte wiederholend und vertiefend an die Sekundarstufe I angeknüpft werden kann und keine völlige Neu-Erarbeitung zu erfolgen braucht (dies wäre auch rein zeitlich nicht zu schaffen). Beim Problem, den unterschiedlichen Schüler-Voraussetzungen gerecht zu werden, spielen auch Fragen der *inneren Differenzierung* eine wichtige Rolle.

6.2 Wie gesagt, werden diese Inhalte in engem Zusammenhang mit außermathematischen Problemen behandelt. Diese Probleme sollten in recht großem Umfang aus der Fachkunde und hier wieder aus der Grundstufe entnommen werden. Dies wird insbesondere zu Anfang schwierig sein, da die meisten fachkundlichen Probleme (noch) nicht voll zugänglich sind und auf eine gewisse „Isolierung der Schwierigkeiten“ (im Sinne des *Grüner-Zitats* aus 5.1) zu achten ist. Hier muß geprüft werden, inwieweit jeweils eine vorläufige<sup>47</sup> Problembehandlung möglich

<sup>46</sup> Diese Sequenz ist nur *ein* Beispiel und erhebt nicht den Anspruch auf Optimalität!

<sup>47</sup> Im Sinne des Spiralprinzips, d. h. ausbaufähige.

ist, welche insbesondere auch die damit zusammenhängenden mathematischen Probleme aufzeigt. Eine weiterführende und abschließende Behandlung eines solchen vorläufig besprochenen Fachkundeproblems geschieht dann später in der Fachkunde.

Für die Schüler relevante und zugängliche Anwendungsbeispiele aus der Umwelt sind jedoch — gemäß unseren Zielen (Z 1)/(Z 2)/(Z 3) — genau so gut geeignet, z. B. aus dem *wirtschaftlichen* Bereich (vgl. *Hauptmeier* [13, S. 714/715]) — etwa im Zusammenhang mit betrieblichen Kosten oder mit Löhnen, mit Problemen des Kaufs oder der Miete, mit Rentabilitätsberechnungen oder mit Steuern —, aus der *Natur* — etwa im Zusammenhang mit Wachstumsprozessen —, oder aus der *sozialen Umwelt* — etwa im Zusammenhang mit Wahlen — usw. Es ist klar, daß ein derartiger Unterricht sinnvollerweise in enger Absprache mit den anderen Disziplinen Fachkunde, Sozialkunde usw. erfolgen sollte.

Beispielsweise könnte ein Ausschnitt aus der Sequenz dann stichwortartig dargestellt so aussehen:

*Lineare Gleichungen:* Einstieg über ein konkretes Problem der Weg-Berechnung bei gleichförmiger Bewegung, wenn Geschwindigkeit und Zeit gegeben sind; kurze Erarbeitung von  $v = \frac{s}{t}$  und Berechnung von  $s$  nach Einsetzung gegebener  $v$ ,  $t$  (also noch kein Formelumstellen); dies führt auf Gleichungen vom Typ  $ax = b$ ; Lösen solcher und weiterer linearer Gleichungen im Zusammenhang mit weiteren Anwendungen, z. B. Kostenproblemen; dabei konsequentes Einsetzen des Operatorgedankens, der bereits bei Termumformungen behandelt wurde; Erarbeitung der Regeln für Äquivalenzumformungen von Gleichungen an Beispielen.

*Lineare Funktionen:* Graphische Lösung linearer Gleichungen führt auf den Funktionsaspekt (Typ :  $x \mapsto ax$ ); Beispiel: Weg-Zeit-Diagramm einer gleichförmigen Bewegung; Diskussion an Hand von Tabellen und Graphen; Erarbeitung der Proportionalität  $s \sim t$  und sodann von  $s = v \cdot t$  (erstes ausführliches Beispiel der so außerordentlich wichtigen Mathematisierung eines realen Sachverhalts bis zur Erarbeitung einer Formel<sup>48</sup>, hier vom Typ  $a = b \cdot c$ ); weitere Beispiele linearer Funktionen (Typ :  $x \mapsto ax + b$ ) im Anwendungszusammenhang.

*Formelumstellen:* Vergleich der Formeln  $v = \frac{s}{t}$  und  $s = v \cdot t$  aus dem Beispiel; Erläuterung des Zusammenhangs, z. B. über den Operatorgedanken; weitere relevante Beispiele zum Formelumstellen und Aufzeigen des Zusammenhangs zum Gleichungsumformen.

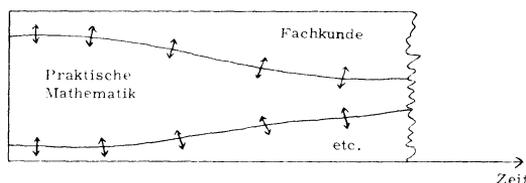
6.3 Nach Konzipierung eines solchen Kursaufbaus für „Praktische Mathematik“, der unsere Ziele sowie die spezielle Klassensituation berücksichtigt, werden feinere Lernziele erstellt<sup>49</sup>. Jedes mathematische Thema der Sequenz wird dann — unter Zuhilfenahme fachdidaktischer Überlegungen im Sinne von 5.6 — gemäß jener Lernziele mit den Schülern verständlich erarbeitet. Nachdem ein mathematischer Inhalt derart behandelt ist, kann er in der Fachkunde als Hilfsmittel benutzt

<sup>48</sup> Vgl. Heidrich [14] und Kirschner [19]; siehe auch das ausgearbeitete Beispiel zum Thema „Elektrische Leistung“ bei Keppler [16].

<sup>49</sup> Vgl. die Vorschläge von Heidrich [15] für das Berufsfeld 01.

werden. Dies bedeutet, daß zu Anfang der Grundstufe noch mathematische Lernziele im Vordergrund stehen — jedoch unter steter Beachtung des Anwendungsaspektes wie besprochen, d. h. nicht als mathematischer „Vorkurs“! — und nur solche Fachkunde-Probleme einigermaßen vollständig behandelt werden können, die nur wenig Mathematik erfordern; im Verlaufe der Grundstufe und insbesondere in der Fachstufe treten dann außermathematische Lernziele immer stärker in den Vordergrund.

Kurz zusammenfassend und grob vereinfachend läßt sich unsere Konzeption so darstellen:



Die Pfeile sollen dabei den anwendungsorientierten und fachübergreifenden Charakter der „Praktischen Mathematik“ betonen.

Es ist selbstverständlich, daß die Zuhilfenahme von Mathematik bei außermathematischen Problemen, insbesondere also in der Fachkunde, stets so erfolgen soll, daß an die Behandlung in der Sequenz „Praktische Mathematik“ angeknüpft wird; z. B. wird bei Formel-Umstellung stets an die verständige Erarbeitung dieses Punktes erinnert und werden die hierzu erarbeiteten methodischen Instrumentarien immer wieder eingesetzt. Auf diese Weise ergibt sich auch der notwendige Übungseffekt. So — und nur so — kann unser Ziel erreicht werden, mittels verständig eingesetzter Mathematik außermathematische Probleme zu verstehen und zu bewältigen und diese Probleme nicht durch immer von neuem wiederkehrende mathematische Schwierigkeiten zu überlagern.

### 7. Bemerkungen zur schulpraktischen Realisierung

Wir haben in Abschnitt 6 eine Konzeption für „Praktische Mathematik“ in der Berufsschule des Berufsfeldes 02 in groben Zügen dargestellt. Eine detailliertere Konstruktion ist hier nicht möglich, erstens wegen der Abhängigkeit jeder Planung von der konkreten Klasse und zweitens wegen des Demokratiegebots, das eine vorherige genaue Festlegung des Unterrichts ohne Beteiligung des Lehrers und der Schüler nicht gestattet.

Eine Realisierung unserer Konzeption stößt sicherlich auf große Schwierigkeiten. Sie paßt ohne Modifikationen weder in ein herkömmliches Fächer- noch in ein Kurs-System; sie setzt eine gute zeitliche und inhaltliche Abstimmung zwischen Mathematik und Fachkunde voraus; sie erfordert einen zeitlich ausreichenden Berufsschulunterricht (möglichst die volle Zahl von 12 Wochenstunden, wie dies nach Aussagen von Politikern seit langem angestrebt ist); sie erfordert fachwissenschaftlich (bzgl. Mathematik und Fachkunde) sowie fachdidaktisch hinreichend

ausgebildete Lehrer, was hinsichtlich der mathematikdidaktischen Kompetenz aufgrund der derzeitigen Berufsschullehrerausbildung wohl problematisch ist<sup>50</sup>.

Trotzdem ist eine schulpraktische Realisierung nicht von vornherein unmöglich. So bietet z. B. das hessische Lehrgangssystem (vgl. [28]) durchaus Realisierungsmöglichkeiten; in der Grundstufe des Berufsfeldes 02 sind nämlich 2 Lehrgänge „Technische Mathematik“ (kurz: TM 1 / TM 2) zu je 20 Stunden vorgesehen<sup>51</sup>. Wenn diese beiden Kurse im Sinne unserer Konzeption ausgelegt werden, so könnten von den Inhalten der Beispiel-Sequenz aus 6.1 etwa behandelt werden:

- in „TM 1“ die Themen etwa bis zur Schlußrechnung,
- in „TM 2“ die Themen etwa bis zu Pythagoras.

Diese Behandlung muß, wie gesagt, im Sinne unserer Konzeption aus 6 erfolgen, d. h. in stetem Anwendungszusammenhang unter anfänglich stärkerer Betonung mathematischer Lernziele (vgl. 6.2 und 6.3). Eine enge Abstimmung mit der Fachkunde ist dabei unerlässlich.

Durch „Vorwegnahme“ von Teilen aus der Fachkunde und aufgrund der für später erhofften Möglichkeit einer ökonomischeren Behandlung von Fachkunde-problemen<sup>52</sup>, ist die Erarbeitung der eventuell noch fehlenden mathematischen Gebiete aus 6.1 auch außerhalb der Kurse „TM 1/2“, d. h. de facto eine Fortsetzung der „TM“ (in unserem Sinn) auf einige Stunden innerhalb der fachkundlichen Lehrgänge, legitim und ohne sonstige größere Einschränkungen möglich. Ohne eine solch veränderte Konzeption der Lehrgänge „TM 1/2“ und ohne eine solche zusätzliche Zeit über die  $2 \times 20$  Stunden „TM“ hinaus ist eine Realisierung unseres Vorschlags allerdings auch im Rahmen des hessischen Systems unmöglich.

Wie bereits im einleitenden Abschnitt 1 gesagt, handelt es sich hier nur um *Vorschläge*, wie die noch ungelöste curriculare Problematik der Mathematik in der Berufsschule angegangen werden könnte. Diese Vorschläge scheinen jedoch auch realisierbar zu sein, wie wohl in diesem Aufsatz wenigstens ansatzweise deutlich geworden ist und wie Teil-Erprobungen im nordhessischen Raum zeigen. Es sei nochmals betont, daß die Beschränkung auf das Berufsfeld 02 exemplarischen Charakter hatte und daß als Ziel eine derartige curriculare Konzeption für *alle* Berufsfelder angestrebt werden sollte.

<sup>50</sup> In den Aufbaustudiengängen für Fachhochschulabsolventen an der Gesamthochschule Kassel hat die Fachdidaktik einen hohen Stellenwert, sowohl im Erstfach Technik als auch im Wahlpflichtfach Mathematik, so daß dieser Einwand auf die Kasseler Absolventen hoffentlich nicht zutreffen wird.

<sup>51</sup> Im ersten Entwurf war noch 1 Lehrgang zu 40 Stunden vorgesehen.

<sup>52</sup> Vgl. auch die positiven Erfahrungen von Schröter [31, S. 161].

## LITERATUR

- [1] Andelfinger, B.: Jahresbericht 74/75 der ÜFG Mathematik der Koordinierungsstelle Sekundarstufe II, Düsseldorf 1975.  
 [2a/b] Andelfinger, B.: Lehrgänge, Kurse, Bausteine, Teil 1/2. Neue Unterrichtspraxis 8 (1975), H. 1, S. 33—40 / H. 2, S. 96—103.

- [3] Bildungspolitische Informationen 1/1975 (Hrsg.: Der Hessische Kultusminister). Wiesbaden 1975.
- [4] Blum, W.: Ein Grundkurs in Analysis für die berufliche Oberstufe. Die berufsbildende Schule 27 (1975), H. 5, S. 290—301.
- [5] Deutscher Bildungsrat, Empfehlungen der Bildungskommission: Zur Förderung praxisnaher Curriculum-Entwicklung. Saarbrücken 1973.
- [6] Ernst, D.: Den Unterricht in den beruflichen Grundlagenfächern mathematisch durchdringen. Berufsbildung 25 (1971), H. 11, S. 495—498.
- [7] Felmy, W.-G.: Analyse von Fachrechenbüchern. Lernzielorientierter Unterricht 3/1973, S. 9—17.
- [8] Grüner, G.: Kritische Untersuchung des Bildungsgehaltes des Fachrechnens an Hand seiner Entwicklung. Die berufsbildende Schule 7 (1955), H. 7, S. 474—484.
- [9] Grüner, G.: Die didaktische Reduktion als Kernstück der Didaktik. Die deutsche Schule (1967), H. 7/8, S. 414—430.
- [10] Grüner, G.: Die Vermathematisierung... Die berufsbildende Schule 20 (1968), H. 6, S. 391—392.
- [11] Grüner, G.: Kritische Anmerkungen zu einem interessanten berufsschuldidaktischen Versuch. Die Deutsche Berufs- und Fachschule 71 (1975), H. 8, S. 631—638.
- [12] Hartlieb, G.: Erforderliche mathematische Kenntnisse in Lehrberufen am Beispiel Elektrohandwerk. Zulassungsarbeit zur 1. Staatsprüfung für das Lehramt an Volksschulen, Würzburg 1971.
- [13] Hauptmeier, G.: Wirtschaftliche Lehrinhalte im Mathematikunterricht an gewerblich-technischen Berufsschulen. Die berufsbildende Schule 21 (1969), H. 10, S. 708 bis 715.
- [14] Heidrich, W.: Die empirische Funktion als wesentlicher Bestandteil einer technischen Mathematik für konstruierende Berufe. Die berufsbildende Schule 25 (1973), H. 11, S. 699—714.
- [15] Heidrich, W.: Mögliche Lernzieldifferenzierungen in einer technischen Mathematik für Metallberufe. Die berufsbildende Schule 26 (1974), H. 7/8, S. 495—501.
- [16] Keppler, H.-J.: Didaktische und methodische Probleme bei der unterrichtlichen Durchführung des Lehrgangs „Technische Mathematik“ im Berufsfeld 02. Pädagogische Hausarbeit zur 2. Staatsprüfung für das Lehramt an beruflichen Schulen, Kassel 1976.
- [17] Kirsch, A.: Vorschläge zur Behandlung von Wachstumsprozessen und Exponentialfunktionen im Mittelstufenunterricht. Erscheint in: Didaktik der Mathematik 4 (1976).
- [18] Kirsch, A.: Aspekte des Vereinfachens im Mathematikunterricht. Haupt-Vortrag, gehalten am 19. 8. 1976 auf dem 3. Kongreß der Internationalen mathematischen Unterrichtskommission in Karlsruhe.
- [19] Kirschner, O.: Funktionales und operatives Denken als Lernziele der Technischen Mathematik und Physik der Berufsschule. Die berufsbildende Schule 26 (1974), H. 9, S. 597—610.
- [20a] Kusch, L.: Mathematik für Schule und Beruf, Teil 1, Arithmetik. Essen 1971.
- [20b] Kusch, I.: Mathematik auf der Grundlage der Mengenlehre: Algebra. Essen 1976.
- [21] Leube, K.: Die Leistungen von Berufsschulanfängern im Rechnen. Die berufsbildende Schule 20 (1968), H. 6, S. 393—404.
- [22] Lipsmeier, A./Nölker, H./Schoenfeldt, E.: Berufspädagogik. Stuttgart 1975.
- [23] Nägerl, H. et al.: Über die Schwierigkeiten der Studienanfänger in Medizin im Umgang mit der Mathematik. Didaktik der Mathematik 1 (1973), H. 2, S. 143 bis 157.

- [24] Ochs, E.: Didaktische Probleme des Fachrechnens in metallgewerblichen Berufsschul-  
klassen. Wissenschaftliche Abschlußarbeit zum 1. Staatsexamen für das Lehramt an  
beruflichen Schulen, Darmstadt 1968.
- [25] Ploghaus, G.: Die Fehlerformen im metallgewerblichen Fachrechnen und unterricht-  
liche Maßnahmen zur Bekämpfung der Fehler. Die berufsbildende Schule 19 (1967),  
H. 7/8, S. 519—531.
- [26] Raatz, U./Forth, H./Priemer, W.: Welche mathematischen Kenntnisse sind im Beruf  
erforderlich? Eine empirische Untersuchung. Lernzielorientierter Unterricht 2/1973,  
S. 29—34.
- [27] Raatz, U.: Mathematik am Arbeitsplatz — zwei empirische Untersuchungen. Päd-  
agogische Arbeitsstelle des DVV, Frankfurt/M. 1974.
- [28] Rahmenlehrpläne für die beruflichen Schulen des Landes Hessen — Fachbereich  
berufsbezogener Unterricht. Wiesbaden o. J.
- [29] Rappe, J.: Notwendigkeit und Problematik der Integration des Fachrechnens in  
den berufsbezogenen Unterricht des Berufsfeldes 02 (Elektrotechnische Berufe) —  
aufgezeigt an Beispielen. Pädagogische Hausarbeit zur 2. Staatsprüfung für das  
Lehramt an beruflichen Schulen, Marburg 1974.
- [30] Schröter, G.: Vom „Formelumstellen“ zur „Gleichungslehre“. Die berufsbildende  
Schule 25 (1973), H. 11, S. 691—698.
- [31] Schröter, G.: Mathematisierung des Fachrechnens in der gewerblichen Berufsschule.  
Die neue Berufsschule 23 (1974), H. 4, S. 158—162.
- [32a/b] Smidt, H.: Zum Problem der Schüler selbsttätigkeit im Fachrechnenunterricht  
der Berufsschule, Teil 1/2. Die berufsbildende Schule 20 (1968), H. 6, S. 416—421 /  
21 (1969), H. 5, S. 340—345.
- [33] Spengel, G.: Probleme des Fachrechnenunterrichts in der gewerblichen Berufsschule.  
Die berufsbildende Schule 20 (1968), H. 6, S. 405—412.
- [34] Tollkötter, B.: Technische Mathematik für die Grundstufe Berufsfeld Metall. Die  
berufsbildende Schule 26 (1974), H. 6, S. 416—423.
- [35] Vollrath, H.-J.: Probleme eines berufsorientierten Mathematikunterrichts an der  
Hauptschule. Beiträge zum Mathematikunterricht 1975, Hannover 1975, S. 192  
bis 201.
- [36] Wandelburg, J.: Innerbetriebliche Weiterbildungsaktivitäten in Mathematik/Sta-  
tistik. Eine empirische Untersuchung aus dem Projekt „Mathematik am Arbeits-  
platz“. Pädagogische Arbeitsstelle des DVV, Frankfurt/M. 1974.
- [37] Wittmann, E.: Grundfragen des Mathematikunterrichts. Braunschweig 1974.
- [38] Wolf, W.: Abschlußbericht über zwei empirische Untersuchungen bei Teilnehmern  
an den Zertifikatskursen „Mathematik-Grundwissen“. Pädagogische Arbeitsstelle  
des DVV, Frankfurt/M. 1974.
- [39] Wolff, F.-W.: Ziel, Stoff und Weg im Fachrechnen der Gewerblichen Berufsschule.  
In: F. Drenckhahn (Hrsg.): Der mathematische Unterricht für die sechs- bis fünf-  
zahnjährige Jugend in der Bundesrepublik Deutschland. Göttingen 1958, S. 195 bis  
200.
- [40] Wood, R./Skurnik, L. S.: Item Banking. National Foundation for Educational  
Research in England and Wales 1969.