Zum Können im Rechnen mit Dezimalbrüchen /1/
Ein empirischer Ost-West-Vergleich. Zur Addition

FRIEDHELM PADBERG; SABINE PRÜFER

Das Rechnen mit gemeinen Brüchen gilt allgemein als *schwer*, dagegen wird das Rechnen mit Dezimalbrüchen oft als wesentlich problemloser eingeschätzt, da es weitgehend dem vertrauten Kalkül im Bereich der natürlichen Zahlen entspricht.
Von uns in Nordrhein-Westfalen durchgeführte Untersuchungen /1/ belegen jedoch, daß selbst im Bereich des Gymnasiums das Rechnen mit Dezimalbrüchen in weiten Teilen deutlich fehlerträchtiger ist als das Rechnen mit gemeinen Brüchen. Die Frage nach möglichen Varianten gegenüber den herkömmlichen Lehrgängen ist daher naheliegend.
Durch die Vereinigung Deutschlands ergibt sich im Augenblick die einmalige Chance, in einem Land zwei deutlich verschiedene Konzepte zur Behandlung der Dezimalbruchrechnung vergleichen zu können, Konzepte, die sich beispielsweise unterscheiden bezüglich

- der Verteilung des Stoffes (Behandlung in Klasse 5 und 6 bzw. konzentriert nur in Klasse 6),
- der Abfolge der gemeinen Brüche und Dezimalbrüche (jeweils parallele Behandlung – mit dem Sonderfall der Multiplikation – bzw. zunächst komplette Behandlung der gemeinen Brüche, dann der Dezimalbrüche),
- der Betonung des algorithmisch-kalkülmäßigen Arbeitens (stärker ergebnisorientierte Unterrichtsgestaltung früher in der DDR) und
- des Stellenwertes von Veranschaulichungen und anschaulichen Begründungen (stärker prozeßorientierte Unterrichtsgestaltung in Westdeutschland).

Aus der Fülle des gewonnenen Datenmaterials aus Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt können wir in dieser Arbeit nur einige wenige Daten exemplarisch zur Belegung von gefundenen Trends vorstellen. Aus Umfangsgründen beschränken wir uns hier ferner auf den Aspekt der Rechenoperationen mit Dezimalbrüchen. Aussagen über Unterschiede und Gemeinsamkeiten beim Verständnis des Dezimalbruchbegriffs bleiben einer weiteren Arbeit vorbehalten.

1 Die beiden empirischen Untersuchungen – einige Bemerkungen

In beiden Untersuchungen arbeiteten wir mit demselben selbstentwickelten diagnostischen Test. Aus den verschiedenen Möglichkeiten, Schülerfehler empirisch zu erheben, entschieden wir uns für diese Vorgehensweise, da nur sie es uns ermöglicht, Probleme und Fehler bei einer hinreichend großen Anzahl von Schülern mit einem vertretbaren Aufwand zu untersuchen. Hierbei ist es nicht unsere Zielsetzung, (fehlerhafte) Denkvorgänge einzelner Schüler genauer zu analysieren (so interessant unstrittig diese Fragestellung auch ist). Wir verfolgen mit unserer Untersuchung vielmehr das Ziel, Hinweise auf typische Schülerfehler bei der Dezimalbruchrechnung zu finden, die für viele Klassen und viele Lehrer von praktischer Bedeutung sind. Wir sind uns dabei auch der möglichen Schwächen unseres Ansatzes bewußt und befürworten beispielsweise dessen Ergänzung durch diagnostische Interviews.

Unser Test besteht aus den beiden Teiltests A und B. Der *Test A* umfaßt neben einer größeren Anzahl von Aufgaben zum Dezimalbruchbegriff 15 Aufgaben zur Addition sowie 22 Aufgaben zur Multiplikation, um so Fehler und Problembereiche bei diesen Rechenoperationen differenziert untersuchen zu können. Der *Test B* besteht entsprechend aus Aufgaben zum Dezimalbruchbegriff sowie aus 19 Aufgaben zur Subtraktion sowie 31 Aufgaben zur Division. Eine vollständige Darstellung des Tests findet man in /2/.

Nach einer Erprobung der ursprünglichen Testversion in Voruntersuchungen und anschließender Verbesserung untersuchten wir mit dem Test im November 1987 34 vollständige Klassen des 7. Schuljahres mit knapp 900 Schülern an 11 Gymnasien in Westfalen. Die im folgenden genannten Daten aus dieser Untersuchung beruhen auf der Auswertung von jeweils der Hälfte der Schüler je Klasse.
Die Untersuchung in Sachsen-Anhalt erfolgte im Juni 1991 und umfaßte 423 Schüler aus 24 Klassen des 6. Schuljahres an 14 verschiedenen Schulen. Da erst mit Beginn des Schuljahres 1991/92 dort die äußere Differenzierung in Sekundarschule (Haupt- und Realschule) und Gymnasium vorgenommen wurde, die entsprechende Zuordnung aber im Juni 1991 schon bekannt war, wählten wir aus den Klassen die jeweils für das Gymnasium (219 Schüler) bzw. für die Sekundarschule (204 Schüler) empfohlenen Schüler aus.

Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, beachteten wir bei der Testerstellung und -durchführung insbesondere die folgenden Gesichtspunkte:

- Zwischen der systematischen Behandlung der Dezimalbrüche und dem Untersuchungszeitpunkt lag bei beiden Untersuchungen etwa ein halbes Jahr Zwischenraum. So mißt unsere Untersuchung jeweils die aussagekräftigeren Langzeiteffekte.

• Der Test dauerte jeweils eine Unterrichtsstunde. Für die schnelleren Schüler enthielt der Testbogen Zusatzaufgaben, die in die Auswertung nicht eingingen.
• Sämtliche Nebenrechnungen wurden auf dem Testbogen durchgeführt. Hierfür stand bewußt genügend Platz zur Verfügung.
• Der Einsatz von Taschenrechnern wurde nicht erlaubt.
• Die rechnerischen Anforderungen in N wurden insbesondere bei den Multiplikations- und Divisionsaufgaben bewußt niedrig gehalten, um so die spezifischen Probleme und Fehler beim Rechnen mit Dezimalbrüchen um so deutlicher sichtbar zu machen. (Wegen einer Analyse der Fehler beim Rechnen in N sei an dieser Stelle auf /3/ verwiesen.)
• Wir bemühten uns, die Testaufgaben so auszuwählen, daß Fehlerstrategien nicht zufällig zum richtigen Ergebnis führen – jedenfalls im Rahmen der von uns aufgrund eigener Erfahrungen und umfangreicher Literaturstudien erwarteten bzw. vermuteten Fehlerstrategien.
• Zur Vermeidung unnötiger Flüchtigkeitsfehler insbesondere durch eine irrtümliche Verwechslung der Rechenoperationen faßten wir meist drei bis sechs Aufgaben je Rechenoperation zu einem „Block" zusammen und grenzten diesen deutlich vom nächsten Block ab.
• Zur Vermeidung von Einschleifeffekten innerhalb der einzelnen Blöcke wechselten wir dort jeweils den Aufgabentyp ab und bildeten bewußt keine zu großen Blöcke.
• Zur Verhinderung des Abschreibens erhielten benachbarte Schüler jeweils verschiedene Teiltests (A bzw. B).
• Eine Vorbereitung von Klassen auf den Test verhinderten wir dadurch, daß unsere Vorgespräche mit den Schulleitern keine Hinweise auf die Dezimalbruchrechnung enthielten und sämtliche Klassen einer Schule an einem Vormittag getestet wurden.
• Um die Einheitlichkeit in der Testdurchführung zu gewährleisten, war neben dem Fachlehrer jeweils ein und dieselbe Mitarbeiterin (in Westfalen) bzw. einer der Verfasser (in Sachsen-Anhalt) persönlich in allen Klassen anwesend.

2 Zum Schulbuchkonzept in Ostdeutschland

Zum Untersuchungszeitpunkt wurde noch einheitlich in allen Schulen das Schulbuch *Mathematik 6* /4/ aus dem Volk und Wissen Verlag benutzt. Seither hat sich zwar die Schulbuchsituation grundlegend, die Abfolge und Schwerpunktsetzung bei der Behandlung der Dezimalbruchrechnung jedoch höchstens geringfügig verändert.
Die Dezimalbruchrechnung wird in diesem Schulbuchwerk im 5. und 6. Schuljahr behandelt /vgl. 4, 5 und dazu 6, 7/. Im 5. Schuljahr werden Addition und

Subtraktion von Dezimalbrüchen (mit jeweils fast ausschließlich gleicher Anzahl von Dezimalen) unmittelbar nach der Addition und Subtraktion gleichnamiger Brüche und durch einen knappen Rückgriff auf diese eingeführt. Es schließt sich direkt das Vervielfachen von Dezimalbrüchen – erklärt durch Übergang zu kleineren Größeneinheiten, durch Rückgriff auf die Addition und durch Rückgriff auf Zehnerbrüche – und dann die allgemeine Multiplikation von Dezimalbrüchen an, und zwar – abweichend von der Addition und Subtraktion! – vor der Behandlung der Multiplikation von Brüchen, die erst im 6. Schuljahr erfolgt. Pietzsch begründet diese – gegenüber früher veränderte – Abfolge damit, daß zur Berechnung des Inhaltes von Rechtecken und Quadern in Klasse 5 und ebenso für den Physikunterricht in Klasse 6 die Multiplikation von Dezimalbrüchen rechtzeitig zur Verfügung stehen und daß ferner im Hinblick auf den in Klasse 7 einzuführenden Taschenrechner die Dezimalbruchrechnung insgesamt aufgewertet werden soll /8/. Die Multiplikationsregel wird mit einigen wenigen Aufgaben von der Art *1 m Fahnentuch kostet 4,80 Mark. Wieviel muß man für 8,50 m bezahlen?*, die mit Hilfe einer Tabelle gelöst werden (können), mehr oder weniger plausibel gemacht. Sehr rasch folgt die Regelnennung. Eine exakte Begründung des Verfahrens ist laut Lehrerhandbuch /6/ kein Unterrichtsgegenstand in dieser Klassenstufe. Das im Buch anschließende, umfangreiche Kapitel *Größen* bietet einige Möglichkeiten, die erworbenen Kenntnisse – insbesondere auch zur Multiplikation von Dezimalbrüchen – anzuwenden.

Im 6. Schuljahr wird zunächst das Rechnen mit Brüchen und Dezimalbrüchen gründlich wiederholt. Nach der Behandlung der Addition und Subtraktion ungleichnamiger Brüche kommen auch verstärkt entsprechende Dezimalbruchaufgaben mit einer verschiedenen Anzahl von Dezimalen vor. Im Anschluß an die Multiplikation von Brüchen wird auf dieser Grundlage nachträglich knapp das aus Klasse 5 schon bekannte Multiplikationsverfahren für Dezimalbrüche begründet, und es werden weitere Multiplikationsaufgaben eingeübt. Die Division von Dezimalbrüchen folgt unmittelbar im Anschluß an die Division von Brüchen und wird hierdurch und durch Rückgriff auf den Divisionskalkül in N knapp begründet. Der Sonderfall der Division durch natürliche Zahlen wird vorher gesondert behandelt, ohne jedoch einen Kalkül abzuheben.

Zur groben Abschätzung des Umfangs der Behandlung der Dezimalbruchrechnung in diesem Schulbuchwerk können die folgenden Seitenangaben, die sich im wesentlichen auf die Einführung und die jeweils direkt anschließende Einübung der betreffenden Rechenoperation beziehen, dienen.

Klasse 5:	Addition/Subtraktion	3½ Seiten
	Multiplikation	8½ Seiten

Klasse 6:	Addition/Subtraktion	ca. 2 Seiten
	Multiplikation	2 Seiten
	Division	4 Seiten
	Rechnen mit Näherungswerten	
	(Add., Subtr., Mult., Div.)	6 Seiten

3 Zu den Schulbuchkonzepten in Westdeutschland

Bei der Untersuchung in Westfalen benutzte gut die Hälfte der 34 untersuchten Klassen das von Kuypers/Lauter (im folgenden abgekürzt mit K/L) herausgegebene Schulbuch *Mathematik 6. Schuljahr* /9/, knapp jede dritte Klasse das Buch Hahn/Dzewas (kurz: H/D) *Mathematik 6* /10/. Ferner wurde in 3 Klassen das Buch *Lambacher-Schweizer 6* (kurz: L/S) /11/ und in zwei Klassen das von Griesel/Postel (kurz: G/P) herausgegebene Schulbuch *Mathematik heute* /12/ eingesetzt. In all diesen Schulbüchern wird einheitlich zunächst gründlich die Bruchrechnung mit gemeinen Brüchen vollständig dargestellt, bevor dann anschließend deutlich knapper die Dezimalbruchrechnung behandelt wird. So widmet K/L 68 Seiten den Brüchen und 44 Seiten den Dezimalbrüchen. Typischer für die westdeutschen Gymnasialschulbücher ist jedoch der noch deutlich geringere Anteil der Dezimalbrüche bei H/D: 83 Seiten Brüche, nur 30 Seiten Dezimalbrüche (und davon nur 8 Seiten für die vier Rechenoperationen(!)). Ferner wird in all diesen Schulbüchern einheitlich die Bruch- und Dezimalbruchrechnung konzentriert in einem Schuljahr, nämlich in der Klasse 6, behandelt.

Die Addition/Subtaktion von Dezimalbrüchen wird in diesen Schulbüchern durch Rückgriff auf Zehnerbrüche (K/L), auf Stellentafeln (H/D, G/P) oder Größen (L/S) eingeführt. Die Multiplikation wird einheitlich bei allen untersuchten Schulbüchern durch Rückgriff auf Zehnerbrüche behandelt, wobei die beiden in unserer Untersuchung wichtigsten Schulbücher (K/L, H/D) direkt ohne Stufung zur allgemeinen Multiplikationsregel führen, während L/S und G/P vorweg den Sonderfall der Multiplikation mit und der Division durch Zehnerpotenzen thematisieren. Die Division beginnt man einheitlich bei allen Schulbüchern mit dem leichten Sonderfall der Division eines Dezimalbruches durch eine natürliche Zahl. Hier kann man die starken Analogien zum Divisionsverfahren in N gut ausnutzen. Dieser Ansatz wird z. T. ergänzt durch Rückgriffe auf Zehnerbrüche (K/L) oder Stellentafeln (G/P; ähnlich auch L/S). Der allgemeine Fall wird mittels Kommaverschiebungen auf den Sonderfall zurückgeführt, wobei die Kommaverschiebung an dieser Stelle z. T. mittels Zehnerbrüchen (H/D) oder über das Erweitern von Brüchen für natürliche Zahlen (G/P) begründet, z. T. aber auch nur an einigen Beispielen aus N (L/S) oder sogar gar nicht (K/L) plausibel gemacht wird.

Als Indiz für den Umfang der Behandlung der Dezimalbrüche listen wir auch hier abschließend die entsprechenden Seitenangaben auf:

	K/L	H/D	L/S	G/P
Addition	4			
		2	2	4
Subtraktion	3			
Mult./Div. mit 10^n	–	–	2	2
Multiplikation	5	3	2	5
Division	11	3	4	7

4 Rechenoperationen mit Dezimalbrüchen

4.1. Erfolgsquoten bei den vier Rechenoperationen

Trotz deutlicher Unterschiede in den Konzeptionen in Ost- und Westdeutschland können wir feststellen, daß den Schülern einheitlich die Addition und Subtraktion besonders leichtfällt (mit einem kleinen Vorsprung zugunsten der Addition), während die Division mit Abstand die meisten Probleme bereitet. Im Schwierigkeitsgrad der Multiplikation sind dagegen deutliche Unterschiede zu beobachten: Während zumindest den ostdeutschen Gymnasialschülern die Multiplikation genauso leichtfällt wie die relativ leichte Subtraktion, fällt sie den westdeutschen Gymnasialschülern wesentlich schwerer, und es sacken hier die Erfolgsquoten stark ab (vgl. Tab. 1).

Tabelle 1: Erfolgsquoten bei den vier Rechenoperationen

	Prozentsatz richtig gelöster Aufgaben		
	NRW	Sachsen-Anhalt	
	Gym.	Gym.	Sek.
ADDITION			
– gleiche Anzahl von Dezimalen	93%	92%	88%
– Dezimalbruch plus nat. Zahl	89%	88%	80%
– versch. Anzahl von Dezimalen	83%	89%	78%
SUBTRAKTION			
– gleiche Anzahl von Dezimalen	89%	89%	83%
– nat. Zahl minus Dezimalbruch	83%	87%	66%
– versch. Anzahl von Dezimalen	73%	79%	61%
MULTIPLIKATION			
– Dezimalbruch mal nat. Zahl	76%	87%	63%
– Dezimalbruch mal Dezimalbruch	48%	79%	53%
DIVISION			
– Dezimalbruch durch nat. Zahl	43%	54%	36%
– Dezimalbruch durch Dezimalbruch	38%	56%	34%
– nat. Zahl durch Dezimalbruch	37%	59%	29%

Ein genauerer Vergleich zwischen ost- und westdeutschen Gymnasialschülern ergibt, daß die Unterschiede bei der Addition und Subtraktion nur geringfügig sind, wobei allerdings bei dem schwierigeren Fall der Addition und Subtraktion mit einer verschiedenen Anzahl von Dezimalen die Ergebnisse einheitlich etwas höher zugunsten der ostdeutschen Schüler ausfallen. Kraß sind dagegen die Unterschiede zugunsten der ostdeutschen Schüler bei der Multiplikation und Division, und zwar mit Abstand am krassesten im Fall *Dezimalbruch mal Dezimalbruch*, kraß auch in den Fällen *Dezimalbruch durch Dezimalbruch* und *natürliche Zahl durch Dezimalbruch*, während die Unterschiede bei den unter semantischen Gesichtspunkten leichten Fällen *Dezimalbruch mal natürliche Zahl* und *Dezimalbruch durch natürliche Zahl* nur relativ gering sind.

Ein Vergleich der ostdeutschen Gymnasial- und Realschüler ergibt, daß bei den leichten Aufgabentypen (Addition und Subtraktion mit gleicher Anzahl von Dezimalen, Dezimalbruch plus natürliche Zahl) die Leistungsunterschiede nur gering sind, daß aber schon bei den unter syntaktischen Gesichtspunkten komplexeren Fällen der Addition und Subtraktion mit einer verschiedenen Anzahl von Dezimalen und der Subtraktion eines Dezimalbruches von einer natürlichen Zahl stärkere bis starke Abfälle zu verzeichnen sind. Besonders stark fallen die Leistungen der Realschüler bei sämtlichen Aufgaben zur Multiplikation und Division ab. Wieweit hierfür – aber auch für die Unterschiede zwischen ost- und westdeutschen Schülern – Unterschiede in der Häufigkeit typischer Fehlerstrategien verantwortlich sind, werden wir in den nächsten Abschnitten genauer darstellen. Der Vergleich zwischen ostdeutschen Realschülern und Gymnasiasten mahnt jedoch auch gleichzeitig zur Vorsicht, Unterschiede in den Erfolgsquoten zwischen ost- und westdeutschen Gymnasiasten ausschließlich oder weit überwiegend Unterschieden in den benutzten Methoden zuzuschreiben; denn zum Untersuchungszeitpunkt gab es – wie erwähnt – für die untersuchten ostdeutschen Schüler noch keine äußere Differenzierung. Es stand nur fest, welche Schulform sie direkt nach den Sommerferien besuchen würden. Für die Validität der gefundenen Ergebnisse ist es jedoch günstig, daß die Übergangsquoten zum Gymnasium zum Untersuchungszeitpunkt in Westfalen und Sachsen-Anhalt vergleichbar hoch waren (Westfalen ca. 40%, Sachsen-Anhalt ca. 35 bis 40%).

4.2 Addition – typische Fehlerstrategien

Bei der Addition von Dezimalbrüchen dominiert bei beiden Untersuchungen eine einzige Fehlerstrategie, nämlich die sogenannte *Komma-Trennt-Strategie* (kurz: KT-Strategie). Hierbei behandeln die Schüler die Ziffern vor bzw. nach dem Komma wie natürliche Zahlen und addieren sie getrennt. So wird bei der

Aufgabe *3,48 + 4,2* gerechnet *3 + 4 = 7* und *48 + 2 = 50* und entsprechend erhalten dann diese Schüler *7,50* als Ergebnis. Hintergrund dieses Fehlers ist eine allgemeine Strategie, die sonst häufig zum Erfolg führt, nämlich die Strategie *Fasse Gleiches zusammen*. Sind mit dem Gleichen Zehntel, Hundertstel usw. gemeint, so führt diese Strategie zum richtigen Ergebnis. Fassen die Schüler jedoch die Zahlanteile vor bzw. nach dem Komma als Gleiches auf, so führt dies zu obigem KT-Fehler. Dabei erwerben Schüler diese KT-Strategie besonders leicht, wenn bei der Einführung der Addition von Dezimalbrüchen anfangs zu häufig Aufgaben mit jeweils einer gleichen Anzahl von Dezimalen sowie ohne Übertrag über das Komma gerechnet werden. Hierbei sind diese KT-Fehler nicht nur Flüchtigkeitsfehler, sondern häufig systematische Fehler, wie Untersuchungen an westdeutschen Gymnasiasten /1/ und Realschülern /13/ belegen. Wie wir der Tabelle 2 entnehmen können, unterläuft ostdeutschen Gymnasiasten der KT-Fehler deutlich seltener als den entsprechenden westdeutschen Schülern, deren Fehlerquote auf der Höhe der ostdeutschen Realschüler liegt.

Tabelle 2: Typische Fehlerstrategien bei der Addition I

Aufgabe	falsches Ergebnis	Prozentsatz der Schüler NRW Gym.	Sachsen-Anhalt Gym.	Sachsen-Anhalt Sek.
3,48 + 4,2	7,50	18%	7%	20%
2,75 + 3,8	5,83	16%	5%	16%
6,3 + 2,42	8,45	10%	4%	8%
5,07 + 2,3	7,10	10%	2%	11%

Ein Vergleich der Schulbücher bringt keine Erklärung für diese Unterschiede. Konsequentes Anhängen von Endnullen dürfte jedoch die Gefahr von KT-Fehlern drastisch reduzieren. Ein Vergleich der Aufgabe *3,48 + 4,2* mit der Aufgabe *6,3 + 2,42* zeigt, daß bei der zweiten Aufgabe einheitlich bei beiden Untersuchungen seltener KT-Fehler gemacht werden, vermutlich, weil im ersten Fall bedenkenloser *48 + 2 = 50* gerechnet wird, während dies im zweiten Fall nicht so glatt „durchläuft". Der Übergang von reinen Dezimalbruchaufgaben (Beispiel: *3,48 + 4,2*) zu entsprechenden Aufgaben mit Größen (Beispiel: *3,48 m + 4,2 m*) könnte zu einer Erhöhung der Lösungsquoten führen, da den Schülern bei der Lösung der zweiten Aufgabe zusätzliche Lösungsstrategien zur Verfügung stehen (z. B. durch die Umwandlung in kleinere Größeneinheiten und dadurch Rechnungen in N) und da Rechnungen mit Größen möglicherweise anschaulicher sind als reines Zahlenrechnen. Dieser Effekt läßt sich jedoch bei den Gymnasialschülern in beiden Untersuchungen *nicht* beobachten (die Lösungsquoten bleiben unverändert), während bei den ostdeutschen Realschülern nur eine leichte Erhöhung der Lösungsquote festzustellen ist.

Auf die Frage *Wie addierst du zwei Dezimalbrüche?* geben selbst bei einer großzügigen Wertung der Antworten nur bemerkenswert wenige Schüler eine richtige Antwort, nämlich 38% der ost- und 30% der westdeutschen Gymnasialschüler und sogar nur 21% der ostdeutschen Realschüler. Gut eingängig ist offenbar die Kurzform *Komma unter Komma* zur Beschreibung des stellengerechten Addierens. Die vorstehenden Daten belegen auch, daß die erfolgreiche Beherrschung von Kalkülen selbst für Gymnasialschüler wesentlich leichter ist als die – selbst unscharfe – Formulierung der hierbei benutzten Rechenregeln.

Bei der Addition von Dezimalbrüchen und natürlichen Zahlen dominiert in Ost- wie in Westdeutschland bei den Gymnasiasten in etwa gleichem Umfang eine Fehlerstrategie, die man als *Weiterzählen*, eventuell aber auch als rechtsbündige Anordnung beider Summanden deuten kann. Bei den ostdeutschen Realschülern steigt die Fehlerquote auch in diesem Fall deutlich an, und dies, obwohl in der betreffenden Regelformulierung explizit das Anhängen von Nullen an die natürliche Zahl gefordert wird *(Man schreibt natürliche Zahlen als Dezimalbrüche, z. B. 2 als 2,00)* – vgl. Tab. 3.

Tabelle 3: Typische Fehlerstrategien bei der Addition II

Aufgabe	falsches Ergebnis	Prozentsatz der Schüler NRW Gym.	Sachsen-Anhalt Gym.	Sachsen-Anhalt Sek.
0,3 + 6	0,9	6%	9%	20%
0,45 + 7	0,52	5%	4%	10%
0,03 + 5	0,08	5%	6%	13%

/1/ Padberg, F.: *Problembereiche bei der Behandlung von Dezimalbrüchen – eine empirische Untersuchung an Gymnasialschülern.* – In: Der Mathematikunterricht. – Friedrich. – Seelze 37 (1991) 2. – S. 39–69
/2/ Padberg, F.: *Testaufgaben bei Dezimalbrüchen – Diagnostische Tests zur Analyse von Problembereichen bei Dezimalbrüchen.* – In: Mathematiklehren. – Friedrich. – Seelze (1991) 46. – S. 49–56
/3/ Padberg, F.: *Didaktik der Arithmetik.* – BI-Wissenschafts-Verlag. – Mannheim, 1992
/4/ *Mathematik 6. Lehrbuch für die Klasse 6.* – Volk und Wissen. – Berlin, 1988
/5/ *Mathematik 5. Lehrbuch für die Klasse 5.* – Volk und Wissen. – Berlin, 1980
/6/ *Mathematik, Klasse 5. Unterrichtshilfen.* – Volk und Wissen. – Berlin, 1983
/7/ *Mathematik, Klasse 6. Unterrichtshilfen.* – Volk und Wissen. – Berlin, 1988

/8/ Pietzsch, G.: *Die Behandlung der Dezimalbrüche in den allgemeinbildenden Schulen der ehemaligen DDR mit einem Ausblick auf die Behandlung der Dezimalbrüche in Ungarn und der Sowjetunion.* – In: Der Mathematikunterricht. – Friedrich. – Seelze *37* (1991) 2. – S. 22–38

/9/ Kuypers, W.; Lauter, J.: *Mathematik 6. Schuljahr. Neu.* – Schwann. – Düsseldorf, 1982

/10/ Cukrowicz, J.; Dzewas, J.: Hahn/Dzewas: *Mathematik 6. Schuljahr.* Neubearbeitung. – Westermann. – Braunschweig, 1988

/11/ Schmidt, A.; Schweizer, W.: *Lambacher/Schweizer 6.* – Klett. – Stuttgart, 1981

/12/ Griesel, H.; Postel, H.: *Mathematik heute. 6. Schuljahr.* – Schroedel. – Hannover, 1984

/13/ Padberg, F.; Neumann, R.; Sewing, N.: *Typische Schülerfehler bei Dezimalbrüchen.* – In: Mathematische Unterrichtspraxis. – Donauwörth *11* (1990) 4. – S. 31–44

Physik in der Schule
Ein Blick in das Heft 4/1994

Hartmut Wiesner: *Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Mechanik – Schülervorstellungen, Lernschwierigkeiten und fachdidaktische Folgerungen*

Margrit Ludwig: *Projektartige Unterrichtsphasen am Beispiel der Mechanik – Konzipiert für die Hauptschule*

Hans-Joachim Wilke: *Windenergie – Geschichte, Stand und Probleme der Nutzung*

Konrad Schmidt-Wohlbrandt: *Solarzellen im Physikunterricht – Ein methodisch-didaktisches Konzept*

Hans-Joachim Wilke: *Die elektromagnetische Induktion in Experimenten – Vielfältige Formen der elektromagnetischen Induktion (Teil 3)*

Jürgen Becker: *Versuche mit Luftballons (Teil 1)*

Dagmar Steiner; Werner Manlik: *Die Temperaturabhängigkeit von Leitern und Halbleitern – Ein Beispiel für computerunterstütztes Experimentieren in der Mittelstufe*

H. Joachim Schlichting: *Galilei und der physikalische Blick*

Lutz Clausnitzer: *Rätselecke*