

Forschungs- und Entwicklungsprojekte zum Einsatz von Taschenrechnern im Unterricht: Ueberblick und Auswertung

Autor(en): **Knopf, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bildungsforschung und Bildungspraxis : schweizerische Zeitschrift für Erziehungswissenschaft = Éducation et recherche : revue suisse des sciences de l'éducation = Educazione e ricerca : rivista svizzera di scienze dell'educazione**

Band (Jahr): **2 (1980)**

Heft 3

PDF erstellt am: **14.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-786086>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Forschungs- und Entwicklungsprojekte zum Einsatz von Taschenrechnern im Unterricht: Ueberblick und Auswertung

Peter Knopf

Die rasche Verbreitung elektronischer Taschenrechner überraschte die pädagogische Fachwelt. Die Folge war eine Vielzahl von Forschungs- und Entwicklungsprojekten seit etwa 1975. 52 Projekte werden bezüglich Art des Projektes, Projektdauer, Fragestellung, Schulstufe und Projektergebnissen ausgewertet. Einige Schlussfolgerungen drängen sich auf, die Projektdesign und Fragestellungen der Forschung sowie Organisation der Entwicklung betreffen, sofern eine geordnete Einführung des Taschenrechners in das Mathematikcurriculum gewährleistet und zukünftige Probleme im Zusammenhang kommender elektronischer Hilfsmittel in Alltag und Beruf bewältigt werden sollen.

1. Einleitung

Der Einsatz technologischer Hilfsmittel im Unterricht ist wegen seiner umstrittenen Wirkungen Gegenstand von Diskussionen und auch von Forschungen. Radio, Fernsehen, Sprachlabor und der Taschenrechner sind Beispiele solcher Hilfsmittel.

Die rasche Verbreitung des Taschenrechners in Berufswelt und Alltag stellte in den letzten Jahren zunehmend die Ziele des Mathematikunterrichts in Frage und überraschte die pädagogische Fachwelt. Dies bewirkte eine Situation, die wir etwas verallgemeinernd mit folgenden Thesen umreissen möchten:

- a. Die Schule wird zunehmend mit technologischen Entwicklungen, wie etwa der Verbreitung des Taschenrechners konfrontiert. Sie muss sich damit auseinandersetzen, wie auch mit andern Entwicklungen, die nicht von ihr ausgingen (Beispiele: Sexualerziehung, Medienerziehung, Umwelterziehung usw.).
- b. Die Curriculumentwicklung hält mit der technologischen Entwicklung nicht Schritt und gerät in eine Zwangslage.
- c. Diese Zwangslage kann zur unreflektierten Ausrichtung und Einführung neuer Curricula führen ohne hinreichende Evaluation und Begründung.

Welche Funktion kann und soll die Bildungsforschung und -entwicklung in einer solchen Situation ausüben und welche Rolle hat sie bisher gespielt? Die folgende Uebersicht und Auswertung von 52 Forschungsprojekten zum Thema Taschenrechner (TR) soll dazu ansatzweise Antworten geben.

2. Synopse über Forschungen zum Taschenrechner (Stand Februar 1979)

In der folgenden Synopse sind 52 Projekte klassiert mit Angaben über

- Autoren
- Jahr und Land, in dem die Untersuchung stattfand
- Schulstufe oder Alter der Schülerpopulation
- Art der Schülerpopulation (gute, schwache Schüler) und deren Grösse
- Projektdauer
- Art des Projekts (soweit ersichtlich)
- Projektbeschreibung und Resultate in Stichworten

Vier Fünftel der Projekte betreffen die USA, die übrigen stammen aus verschiedenen europäischen Ländern (Grossbritannien, BRD, Schweden, Dänemark). Diese amerikanische Dominanz erklärt sich nicht nur durch eine Führungsposition der USA in der TR-Forschung, sondern teilweise auch durch die Art und Weise, wie die Projekte identifiziert wurden. Ein Gross teil davon wurde nämlich durch gezielte Recherchen in den Datenbanken ERIC (primär national), Current Research (ausschliesslich national) und Social Scisearch (international) gefunden. Die Uebersicht kann also vor allem in bezug auf nicht-amerikanische Forschungs- und Entwicklungsprojekte zum TR keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben.

Im Herbst 1980 erscheint von der Schweizerischen Koordinationsstelle für Bildungsforschung ein Bericht «Der Taschenrechner in der Schule – Probleme, Forschungsergebnisse und didaktische Ansätze».

Synopse über Forschungen zum TR (Stand: Februar 1979)

<i>Autor(en)</i>	<i>Datum/ Land</i>	<i>Schul- stufe*</i>	<i>Population (N)</i>	<i>Dauer</i>	<i>Forschungstyp</i>	<i>Kurzbeschreibung</i>
1. Bitter, Nelson	1975/USA	4-7	schwache Schüler	-	Aktionsforschung	Gruppe mit TR zeigte bessere Leistungen als Kontrollgruppe; bessere Motivation
2. Hawthorne, Sullivan	1975/USA	6	96 Schüler	1 Jahr	Aktionsforschung	Gruppe mit TR bessere Leistungen hinsichtlich Konzepten und Rechnen, geringere Leistungen hinsichtlich Problemlösen; Interesse am Unterricht gleichbleibend
3. Kelley, Lausing	1975/USA	7/8	8 Klassen (schwache Schüler)	1 Jahr	Experiment	Bessere Leistungen der TR-Gruppe im Rechnen und schliessenden Denken
4. Meiring	1975/USA	7-12	111 Schulen	-	Übersichtsstudie	Uebersicht zum TR-Gebrauch: In 19 % der Schulen systematischer Gebrauch des TR; 35 % hatten Unterrichtshilfen dazu; 34 % verboten den TR
5. Spencer	1975/USA	5,6	84 Schüler	2 Monate	Experiment	TR-Gruppen bessere Leistungen im schliessenden Denken (5. Schuljahr), in Rechnen und Gesamttest (6. Schuljahr)
6. Weaver	1976/USA	2,3,5	7 Klassen	3 Jahre	exploratives Projekt	Kinder haben keine Probleme bei der Benutzung des TR und können auch je nach Situation beurteilen, ob dessen Gebrauch sinnvoll ist.
7. Langham	1973-76/GB	7-12	5 Schulen, alle Begabungsstufen	3 Jahre (wird fortgesetzt)	Experiment	Besseres Zahlenverhältnis bei schwächeren Schülern; ermöglichte vermehrt Probleme zu lösen; erhöhtes Selbstvertrauen und bessere Motivation, Lösung neuer Probleme, die ohne TR nicht bearbeitbar wären (Preisvergleich, Statistik usw.). Z. T. etwas unkritisches Rechnen und unkritischer Umgang mit Ergebnissen. Freude am TR als Spielzeug trat zugunsten des Interesses an neuen Problemen zurück.
8. The Mathematics Teacher Editorial Panel	1974/USA	-	Lehrer, Mathematiker, Öffentlichkeit	-	Meinungsumfrage	Sieben Items wurden zur Erkundung der Meinungen über Ziele des Mathematikunterrichts angesichts des TR gegeben. Rechengewandtheit als wesentlichstes Ziel elementarer Mathematikcurricula ist unbestritten.
9. Barrett, Keefe	1973/USA	6	30 Schüler	1 Jahr	explorative Pilotstudie	Keine wesentlich verbesserten Leistungen; gleichbleibendes Interesse der Schüler während des Jahres; Schüler akzeptierten TR als Hilfsmittel, das ihnen grössere Leistungen im Unterricht und eine gewisse Unabhängigkeit von Rechenfertigkeiten ermöglicht.

Synopsis über Forschungen zum TR (Stand: Februar 1979)

<i>Autor(en)</i>	<i>Datum/ Land</i>	<i>Schul- stufe</i>	<i>Population (N)</i>	<i>Dauer</i>	<i>Forschungstyp</i>	<i>Kurzbeschreibung</i>
10. Scandura A. und J., Lowrerre, Veneski	1974/USA	K bis 4 (5-9jährige)	kleine Gruppen 5- bis 9jähriger Schüler	kurze Studien verteilt auf 1 Jahr	exploratives Projekt und Feasibility-Studie	Studie über TR-Gebrauch auf den Stufen K-2 und Überprüfung der «Machbarkeit» einzelner zeitlich vorgezogener Themen auf den Stufen 3 und 4. Hohe Motivation der Kinder, vermehrtes selbständiges Arbeiten, Zeitgewinn für Vertiefung des Stoffes, Verstärkung der individuellen Leistungsunterschiede werden bei der TR-Gruppe festgestellt.
11. Schafer, Bell, Crown	1974/USA	5	5 Schulklassen, eher bessere Schüler (120 Kinder inkl. Kontrollgruppe)	wenige Lektionen	explorative Studie	Schüler des 5. Schuljahres erhielten einige Lektionen Mathematikunterricht mit TR. Prä- und Posttests ergaben bei der TR-Gruppe bessere Leistungen bei Rechenproblemen, jedoch geringere bei Denkaufgaben als bei der Kontrollgruppe.
12. Schmitt	1974/BRD	5-9	1567 Schüler aus 55 Klassen (Hauptschule)	—	Leistungstest Übersichts- untersuchung	Die Untersuchung überprüfte die Rechenfertigkeit der Schüler in Abhängigkeit von der Schulstufe. Dabei wurden Lösungswahrscheinlichkeit und mittlere Lösungszeiten bezüglich der Grundoperationen bestimmt. Die Resultate zeigen, dass nur ein geringer Prozentsatz Schüler (6 %) am Ende des 9. Schuljahres das Rechnen mit Grundoperationen sicher beherrschen, und die Rechenfertigkeit vom 5. und 9. Schuljahr stetig zunimmt. Der Autor zieht aus diesen Resultaten einige Folgerungen für den Einsatz des TR.
13. Sullivan	1973/74/USA	6	2 Klassen	1 Jahr	explorative Untersuchung	Die Studie galt der Frage, wie der TR den Unterricht bereichern kann. Grosses Interesse der Schüler am Unterricht; Verwendung des TR für Textaufgaben, Ergebniskontrolle, Lernen von Algorithmen auch der Grundoperationen waren häufige Anwendungen im Unterricht. Ausgesprochen exploratives Verhalten der Schüler wurde beobachtet.
14. Gaslin	1971/USA	9	3 Klassen, eher schwache Schüler	10 Wochen	Einstellungs- und Leistungstests mit statistischer Auswertung vor und nach dem Versuch, Experiment	Zwei verschiedene Teilcurricula zum Bruchrechnen, ein konventionelles und ein neuentwickeltes, das nur mit Dezimalbrüchen rechnet (gewöhnliche Brüche werden in Dezimalbrüche umgerechnet), wurden mit und ohne TR gelehrt. Die Leistungen und Einstellungen der Schüler wurden mit Prä- und Posttests ermittelt. Die Untersuchung ergab folgendes: Das neuentwickelte Teilcurriculum ist eine brauchbare Alternative. Der TR verbessert die Leistungen beim Alternativcurriculum, jedoch nicht beim konventionellen, das mit oder ohne TR unterrichtet wird. Es wurden keine signifikanten Einstellungsunterschiede hinsichtlich der Curricula und des Unterrichts mit oder ohne TR gefunden.

1. Im amerikanischen Schulsystem besteht zwischen Schul- und Altersstufe folgende Beziehung:

Schulstufe Alter

K 4-5 Kindergarten, wo Rechnen und Lesen gelernt wird

I 6 Die Schulstufen K bis 6 werden mit «Elementary Education» bezeichnet

2 7 usw.

2. Im englischen Schulsystem setzt die Schulpflicht im Alter von 5 Jahren ein (Primary Education). Die «Secondary Education» beginnt im 11. Schuljahr.

Synopse über Forschungen zum TR (Stand: Februar 1979)

<i>Autor(en)</i>	<i>Datum/ Land</i>	<i>Schul- stufe</i>	<i>Population (N)</i>	<i>Dauer</i>	<i>Forschungstyp</i>	<i>Kurzbeschreibung</i>
15. Fielker	1975/GB	Primar- und Sekundarstufe I (versch. Altersstufen)	Schüler von vier Primarschulen und einer Sekundarschule	–	exploratives Projekt	Der Schulversuch hatte zum Ziel, abzuklären, wie Schüler und Lehrer auf der Primar- und Sekundarstufe I vom Gebrauch des TR profitieren. Lehrer der Primarstufe berichteten von erhöhter Anregung der Schüler durch den TR, grösserem Selbstvertrauen der schwächeren, eher zögerndem Gebrauch bei guten und «Maschinengläubigkeit» bei einigen Schülern. Auf der Sekundarstufe I ist die Bereicherung durch den TR in der Mathematik und naturkundlichen Fächern grösser als in Handelsfächern; trotzdem wird er auch in diesen als ausserordentlich nützliches Hilfsmittel betrachtet.
16. Rudnik, Krulik	1975/USA	7 (12jährige Schüler)	600 Schüler in 2 Schulen, wovon je eine Hälfte als Kontrollgruppe	1 Jahr	Experiment	Ziel des Schulversuchs war, die Auswirkungen des TR auf Schülerleistung zu untersuchen, bei gleichzeitiger Ermittlung der Eltern-einstellung zum Schulversuch. Die Versuchsgruppe der Schüler mit TR zeigte leicht bessere Leistungen im schriftlichen Rechnen und im mathematischen Verständnis als die Kontrollgruppe. Die Einstellungen der Eltern zeigten echte Besorgnis bezüglich Abhängigkeit vom TR und Nachteilen für die Schüler wegen des Schulversuchs.
17. Schnur, Lang	1975/USA	9–14jährige	60 Schüler, die mehrheitlich Kinder von Migranten sind.	4 Wochen	Experiment	Experiment mit Migrantenkindern in einem kompensatorischen Programm zwecks Abklärung von Leistungszuwachs (Experimentalgruppe mit TR versus Kontrollgruppe), Zusammenhang von TR-Gebrauch und Geschlecht sowie kulturellem Hintergrund. Der durch die Analyse von Prä- und Posttests ermittelte Leistungszuwachs zugunsten der Experimentalgruppe war statistisch signifikant; im übrigen wurden keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den erwähnten Variablen gefunden.
18. Waaver	1976/USA	3	2 Klassen	7 Wochen	exploratives Projekt	Untersuchung von Faktoren der Schülerleistungen im Bereich von Addition und Subtraktion unter Berücksichtigung des TR. Je nach Typ der Aufgabenstellung erbrachten zwischen 23 % und 66 % der Schüler mathematisch korrekte Lösungen; hingegen waren 94 % der ausgeführten Rechnungen richtig.

Synopse über Forschungen zum TR (Stand: Februar 1979)

<i>Autor(en)</i>	<i>Datum/ Land</i>	<i>Schul- stufe</i>	<i>Population (N)</i>	<i>Dauer</i>	<i>Forschungstyp</i>	<i>Kurzbeschreibung</i>
19. Campbell, Virgin	1976/USA	-	Lehrer (N = 183) der Schulstufen 4, 5, 6; Schulleiter (N = 64)			Diese Erhebung galt den Einstellungen von Lehrern und Schulleitern gegenüber den Zielsetzungen des Mathematikunterrichts und dem Gebrauch des TR. Zielsetzungen: Grundbegriffe der Mathematik vermitteln (basic concepts), Entwicklung des logischen Denkens; ferner: Problemlösen, Rechenfertigkeit, Freude und Interesse an der Mathematik. Mehr als die Hälfte der Lehrer glauben nicht, dass diese Zielsetzungen mit dem TR besser erreicht werden könnten. Es wird über weitere Meinungen zum Zeitpunkt der Einführung des TR berichtet.
20. Campbell, Virgin	1975/76 USA	5, 6	je 150 Schüler als Kontroll- und Experimentall- gruppe in zwei Schulen	7 Monate	Experiment	In der Versuchs- und Kontrollgruppe wurden mit Prä- und Posttests Leistungen und Einstellungen der Schüler gemessen. Die Resultate zeigen keine Einbuße der Rechenfertigkeit der Versuchsgruppe mit TR. Bezüglich des Verständnisses mathematischer Konzepte und der Fähigkeit, Probleme zu lösen, erzielten die Schüler der Versuchsgruppe der 5. Stufe signifikant höhere Leistungen.
21. Allen	1976/USA	6	4 Klassen	25 Lektionen	Experiment	25 Lektionen über Dezimalbruchrechnen und metrisches Masssystem wurden in je zwei Klassen als Versuchsgruppe mit TR bzw. Kontrollgruppe ohne TR gegeben. Signifikante Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppen wurden zwar nicht in der unmittelbaren Leistung, wohl aber in bezug auf das Behalten gefunden (zugunsten der Versuchsgruppe).
22. Anderson	1976/USA	7	12 Klassen	20 Wochen	Experiment	An vier Schulen wurden je drei Klassen willkürlich gewählt, die durch denselben Lehrer unterrichtet wurden. Einer Klasse pro Schule wurde beschränkte Benützung des TR (Kontrolle schriftlicher Rechnungen, Hilfsmittel für Problemlösen), einer Klasse unbeschränkte Benützung erlaubt; der dritten Klasse war der TR untersagt. Testergebnisse: Klassen mit TR zeigten bessere Einstellungen dem Unterricht gegenüber; keine Unterschiede der drei Klassen hinsichtlich Leistung, Mathematikverständnis und Rechenfertigkeit. Die Anzahl richtig gelöster Aufgaben in Problemlösungstests war bei Klassen mit TR doppelt so hoch wie bei jenen ohne TR.
23. Fischman	1976/USA	9,10	je 3 Handelsklassen beider Schulstufen als Versuchs- und Kontrollgruppe (6 Kl. Handelschüler)	ca. 1/2 Jahr	Experiment	Versuchs- (mit TR) und Kontrollgruppe erhielten denselben Unterricht. Die Tests ergaben keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich Einstellung zum und Verständnis des Unterrichts. Die Versuchsgruppe erzielte jedoch bessere Ergebnisse in der Rechenfertigkeit.

Synopse über Forschungen zum TR (Stand: Februar 1979)

<i>Autor(en)</i>	<i>Datum/ Land</i>	<i>Schul- stufe</i>	<i>Population (N)</i>	<i>Dauer</i>	<i>Forschungstyp</i>	<i>Kurzbeschreibung</i>
24. Hutton	1977/USA	9	3 Versuchsgruppen	4 Wochen	Experiment	Eine vierwöchige Unterrichtseinheit über Potenzen und Wurzeln wurde von einer Gruppe von Schülern ohne TR, einer mit TR ohne spezielle Gebrauchsunterweisung und einer Gruppe mit TR und Gebrauchsunterweisung absolviert. Zwischen den Gruppen konnten keine Unterschiede bezüglich Einstellung und Leistung gefunden werden.
25. Jamski	1977/USA	7	6 Klassen (je 3 Klassen als Versuchs- bzw. Kontrollgruppe)	4 Wochen	Experiment	Eine vierwöchige Unterrichtseinheit über gewöhnliche Brüche, Dezimalbrüche, und Prozent wurde der Versuchs- (mit TR) und der Kontrollgruppe (ohne TR) gelehrt. Ein Posttest ergab einen signifikanten Leistungsunterschied zugunsten der Versuchsgruppe nur beim Umwandeln von einem gewöhnlichen Bruch in einen Dezimalbruch. Keine Unterschiede konnten bei einem Behaltenstest gefunden werden.
26. Jones	1976/USA	6	171 Schüler	9 Wochen	Experiment	Die Versuchsgruppe (113 Schüler mit TR) erzielte in den Tests signifikant höhere Leistungen allgemein und hinsichtlich Rechnen und Konzeptverständnis. Bezüglich letzterem waren die Mädchen signifikant besser als die Knaben. Keine Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe konnten hinsichtlich Einstellung und Selbstkonzept gefunden werden.
27. Lenhard	1977/USA	7-12	125 Schüler	ca. 1/2 Jahr	Experiment	Acht verschiedene Tests zeigten keine Unterschiede hinsichtlich Leistung, Konzeptverständnis, Rechenfehlerhäufigkeit und Einstellungen zwischen TR-Benutzern und Nichtbenutzern.
28. Muzeroll	1976/USA	7	207 Schüler	60 Tage	Experiment	Den Schülern wurde erlaubt, aus sieben Themenbereichen, worunter auch TR, einen zu wählen, während eine Kontrollgruppe keine Wahlmöglichkeit hatte. Die Leistungstests ergeben keine signifikanten Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe. Allgemein konnte bei beiden Gruppen eine signifikante Abnahme der (positiven) Einstellung zum Mathematikunterricht zwischen 6. und 7. Schulstufe festgestellt werden.

Synopse über Forschungen zum TR (Stand: Februar 1979)

<i>Autor(en)</i>	<i>Datum/ Land</i>	<i>Schulstufe</i>	<i>Population (N)</i>	<i>Dauer</i>	<i>Forschungstyp</i>	<i>Kurzbeschreibung</i>
29. Quinn	1975/USA	8, 9	184 Schüler	8 Monate	Experiment	Programmierbare TR wurden für die Untersuchung algebraischer Ausdrücke und die Lösung von linearen und quadratischen Gleichungen und Gleichungssystemen verwendet. Leistungsunterschiede waren keine festzustellen im Vergleich zu Schülern ohne TR, jedoch werden hinsichtlich «Angst» und «Selbstvertrauen» gegenüber der Mathematik bei der TR-Gruppe bessere Einstellungen berichtet.
30. Vaughn	1977/USA	9	8 Klassen, je 4 als Versuchs- und Kontrollgruppe	2 Monate	Experiment	Ein eigens entwickeltes Curriculum über Dezimalbrüche und Prozentrechnen wurde in der Versuchsgruppe mit TR gelehrt, während die Kontrollgruppe ohne TR ein konventionelles Curriculum absolvierte. Die TR-Gruppe erzielte höhere Testleistungen als die Kontrollgruppe. Keine Unterschiede konnten jedoch hinsichtlich der Einstellung und eines Behaltenstests gefunden werden.
31. Wajeesh	1976/USA	9	13 Klassen	15 Wochen	Experiment	Eine neu entwickelte Curriculumeinheit wurde den Schülern mit TR (Versuchsgruppe) gelehrt. Die Versuchsgruppe erzielte höhere Leistungen in einem standardisierten Rechentest als die Kontrollgruppe ohne TR mit demselben Curriculum. Bezüglich der Einstellungen konnten keine Unterschiede festgestellt werden.
32. Whitaker	1977/USA	1	–	4 Wochen	Experiment	Im Rechenunterricht standen einer Gruppe von Schülern TR zur Kontrolle der Resultate zur Verfügung, der andere Gruppe jedoch nicht (Kontrolle durch den Lehrer). Die Untersuchungsergebnisse deuten an, dass der TR in zeitlich nicht begrenzten Rechenaufgaben eine Hilfe darstellt jedoch nicht für das mathematische Verständnis. Keine Unterschiede zwischen den Gruppen konnten bezüglich der gesamten Leistung, zeitlich begrenzter Rechenaufgaben und Einstellungen gefunden werden.
33. Zopp	1975/USA	9 College	368 Schüler. Untersuchung in Gruppen guter, mittlerer und eher schwacher Schüler hinsichtlich der Lösung von Aufgaben m. Proportionen	–	Experiment	Eine programmierte Unterrichtseinheit über lineare Interpolation wurde den Leistungsgruppen gelehrt, wobei eine Hälfte jeder Leistungsgruppe mit TR arbeitete. Die TR-Gruppen zeigten keinen Leistungsgewinn gegenüber jenen ohne TR. Die Hypothese, wonach Schüler ohne die Barriere des Rechnens die Proportionen besser verstünden, konnte nicht bestätigt werden.

Synopse über Forschungen zum TR (Stand: Februar 1979)

<i>Autor(en)</i>	<i>Datum/ Land</i>	<i>Schul- stufe</i>	<i>Population (N)</i>	<i>Dauer</i>	<i>Forschungstyp</i>	<i>Kurzbeschreibung</i>
34. Graeber, Rim, Unks	1977/USA		1343 Lehrer der Stufen 1, 3, 5 und 7	–	Uebersichts- Studie	Die Befragung der Lehrer über Art und Häufigkeit des TR Gebrauchs in den Staaten Delaware, New Jersey u. Pennsylvania ergab folgendes: TR-Gebrauch Stufe 1: 3,9 % Stufe 3: 8,4 % Stufe 5: 19,4 % Stufe 7: 25,6 % Der Gebrauch auf Stufe 1: Drill. Abnahme dieser Verwendung mit höheren Stufen und Zunahme des Gebrauchs für Resultatkontrolle, Motivierung, Stützunterricht, Lösung von Textaufgaben.
35. Hopkins	1978/USA	9	83 Schüler (Ver- suchsgruppe), 84 Schüler Kontroll- gruppe) Schwache Schüler. Willkürli- che Wahl der Kl. als Versuchs- bzw. Kontrollgruppe	4 Wochen	Experiment	Kontroll- und Versuchsgruppe absolvierten eine Curriculumeinheit, die den TR vorsieht und neu entwickelt wurde (Schätzen, Rechnen, Probleme mit ganzen Zahlen, Grundoperationen). Die Analyse der Prä-/Posttests ergab signifikant höhere Testleistungen der Versuchsgruppe im Rechnen und Problemlösen. Ferner erzielten Schüler, denen der TR für den Posttest zur Verfügung stand, höhere Leistungen als die andern Schüler.
36. Weiss	1977/USA	K bis 12	alle Schulen der USA		Uebersichts- studie	Die Umfrage zwecks nationaler Uebersicht über den Gebrauch der TR in der Schule ergab: – Schulen, die TR zur Verfügung haben: Stufen K– 3: 28 % Stufen 4– 6: 36 % Stufen 7– 9: 49 % Stufen 10–12: 77 % Vorstadt- und Landschulen haben eher TR als urbane Schulen! – Schulen, die TR im Unterricht gebrauchen: Stufen K– 3: 6 % Stufen 4– 6: 14 % Stufen 7– 9: 30 % Stufen 10–12: 48 % Weitere Resultate über Lehreransichten zur Wünschbarkeit, die mit der Stufe zunimmt, sofern TR nicht verfügbar sind.

Synopse über Forschungen zum TR (Stand: Februar 1979)

<i>Autor(en)</i>	<i>Datum/ Land</i>	<i>Schul- stufe</i>	<i>Population (N)</i>	<i>Dauer</i>	<i>Forschungstyp</i>	<i>Kurzbeschreibung</i>
37. Yvon, Downing	1978/USA	–	250 Lehrer und Eltern von Schülern der Stufen K–9	–	Umfrage	Die positive Einstellung von Lehrern und Eltern nimmt mit der Schulstufe zu, wobei Lehrer eine signifikant positivere Einstellung aufweisen. Lehrer und Eltern hatten eher negative Einstellungen zur Verwendung des TR für Hausaufgaben und waren der Meinung, dass das Rechnen ohne TR eine wesentliche Fähigkeit auch für die Zukunft sein dürfte. Dies gälte auch, wenn der TR das schriftliche Rechnen vollständig verdrängen sollte.
38. Eckmier	1978/USA	4	6 Klassen (low-achievers)	10 Monate	Experiment	In Abhängigkeit von drei definierten Ebenen des sozioökonomischen Status wurden Leistungen im und Einstellung zum Mathematikunterricht von sogenannten low-achievers untersucht. Auf jeder Ebene des Status wurden eine Versuchs- (mit TR) und eine Kontrollgruppe vorgesehen. 50 % des Unterrichts entsprach demjenigen der Kontrollgruppe bezüglich schriftlichen Rechnens. Die anderen 50 % der Zeit wurden für die Lösung von Aufgaben mit und ohne Hilfe des TR verwendet. Weder bei den Leistungen noch in den Einstellungen wurden signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Gruppen gefunden.
39. Laursen	1978/USA	High School (14–17-jährige)	18 Klassen in 5 Schulen (je 9 Klassen als Versuchs- und als Kontrollgruppe)	–	Experiment	Mit Prä-/Posttests wurde versucht, Leistung, Einstellung und Unterrichts-beteiligung bei Kontroll- (ohne TR) und Versuchsgruppe (mit TR) zu vergleichen. Mit einer Varianzanalyse der Resultate konnten grösserer Leistungszuwachs bei der Versuchsgruppe, aber keine weiteren Unterschiede bezüglich Einstellung und Unterrichts-beteiligung (attendance) zur Kontrollgruppe festgestellt werden.
40. Lawson	1977/USA	7	willkürlich gewählte Schüler	4 Tage	Experiment	Anhand von Rechenaufgaben, bei deren Lösung die Schütler beobachtet (Videokamera) wurden, konnten durch statistische Auswertung folgende Resultate gefunden werden: 1. Rechenfähigkeit korreliert positiv mit der Fähigkeit zum Schätzen. 2. Der unterrichtete Schätzalgorithmus hat keine Einwirkung auf die vorhandene Schätzfähigkeit. 3. Schwächere Schüler machten auch die meisten Fehler bei der Benutzung des TR. 4. Die Aenderung der Tastatur des TR hatte keinen signifikanten Effekt auf fehlerhafte TR-Benutzung. 5. Viele Schüler verifizierten ihre Resultate nicht mit einer Schätzung (Videobeobachtung).

Synopse über Forschungen zum TR (Stand: Februar 1979)

<i>Autor(en)</i>	<i>Datum/ Land</i>	<i>Schul- stufe</i>	<i>Population (N)</i>	<i>Dauer</i>	<i>Forschungstyp</i>	<i>Kurzbeschreibung</i>
41. Lowerre, Scandura, Veneski	1978/USA	a) 3, 4 b) 5- bis 7- jährige	a) 3 Schüler b) kleine Schüler- gruppen	a) 10 Wo- chen b) –	explorative Studien	a) Unterricht von drei Kindern über Stellenwert, negative Zahlen, Schätzen, Dezimalbrüche u. a. ergab mit TR substantielle Leistungsverbesserungen (standardisierte Tests) b) In vier Kleinstudien wird Rechnen mit und ohne TR verglichen und beobachtet (es werden keine Resultate berichtet).
42. Prigge, Langemo	1978/USA	3 bis 6	30 Schüler eines Mathematik- sommerkurses	1 Monat	Experiment	Individualisierender Unterricht der Schüler mit Anweisung, TR zu gebrauchen bzw. nicht zu gebrauchen. Prä-/Posttests ergaben Leistungsunterschiede zugunsten der mit TR unterwiesenen Schüler bezüglich jener Aufgaben, wo Schwierigkeiten des Algorithmus vorlagen. Ansonsten keine Unterschiede bezüglich Leistung und Einstellung.
43. Toole	1979/USA	9	6 High Schools, 400 Schüler	6 Monate	Experiment	400 Schülern wurde ein TR-unterstütztes Programm (1 Tag/Woche) unterrichtet. Der Vergleich mit Schülern ohne TR-Unterricht mittels Prä-/Posttests ergab beträchtliche Leistungsgewinne in Rechnen, Konzept-Verständnis und Anwendungen zugunsten des TR-Unterrichts.
44. Wilson	1978/USA	5, 6	Schulen in 5 Städten	5 Monate	Experiment	Versuchsklassen, die von Lehrern mit Erfahrung im Unterricht mit TR unterrichtet wurden, wurden mit Klassen ohne TR-Gebrauch mittels Prä-/Posttests verglichen. Die statistische Analyse ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe in Rechnen, Mathematikverständnis (concepts) und Anwendungen. Auch in von Lehrern gemachten Prüfungen wurden keine Unterschiede festgestellt.
45. Ethelberg	1975-76/USA	8jährige (3. Schul- jahr)	4 Klassen als Versuchsgruppe 4 Klassen als Kontrollgruppe	1 Jahr	Experiment	Prä-/Posttests zur Addition, Subtraktion und Multiplikation mit Versuchs- und Kontrollgruppe ergaben folgende Resultate: Bezüglich Addition und Subtraktion waren die Schüler der Versuchsgruppe vor und nach dem Versuch besser, wobei jedoch die Kontrollgruppe etwas mehr Fortschritte in der Subtraktion verzeichnete (eher marginal). Bezüglich der Multiplikation war die Experimentalgruppe wesentlich besser, was auch die Fehleranalyse untermauerte. Der TR verminderte die Rechenfähigkeit während der Versuchsdauer nicht und erhöhte das Mathematikverständnis der Versuchsschüler wesentlich.

Synopse über Forschungen zum TR (Stand: Februar 1979)

<i>Autor(en)</i>	<i>Datum/ Land</i>	<i>Schulstufe</i>	<i>Population (N)</i>	<i>Dauer</i>	<i>Forschungstyp</i>	<i>Kurzbeschreibung</i>
46. Dentrup, Belhage, Nielsen u. a.	1975-76/DK	4 bis 10 je nach Schule	11 Schulen (normale Volksschulen, Hilfsschulen und Schulen für Schwerhörige)	2 Jahre	Experiment mit explorativem Charakter	Die TR wurden in den normalen und in den Hilfsklassen (schwache Schüler und Schwerhörige) als Mittel zur Motivierung und als Hilfe vor allem beim Lösen von Textaufgaben eingesetzt, ohne dass das schriftliche Rechnen vernachlässigt worden wäre. Besonders wertvoll war der TR für die Hilfsklassen. Der Einsatz betraf nebst dem Mathematikunterricht auch Buchhaltung, Physik, Geographie, Elektronik. Die Schüler aller Stufen (4 bis 10) hatten keine Schwierigkeiten, den TR zu gebrauchen. Die Resultate einer Prüfung ergaben, dass Rechenfehler z. T. zu weniger als 10 % Ursache einer falschen Lösung waren, d. h. der TR wenig bei der eigentlichen Problemlösung hilft.
47. School Mathematics Project (SMP)	1976-77/GB	11- bis 16jährige	7 Schulen, verschiedene Leistungsgruppierung	2 Jahre	Experiment mit explorativem Charakter	Die unterschiedlichen Sichtweisen der als Beobachter eingesetzten SMP-Mitarbeiter werden als erstaunlichstes Resultat erwähnt, was die Schlussfolgerung zulässt, dass der Versuchscontext (Art der Schule, Lehrer) grösseren Einfluss auf Versuchsablauf und -ergebnisse hat als der TR selbst. Positive Ergebnisse werden hinsichtlich Zahlenverständnis, schwacher Schüler, mehr Uebungsgelegenheiten genannt.
48. Royce, Shank	1977/USA	7, 8, 9	385 Schüler	–	Umfrage	Mit der Umfrage sollten Meinungen der Schüler zum Gebrauch des TR im Unterricht ermittelt werden, nachdem sie ihn schon einige Zeit gebraucht hatten (naturwissenschaftlicher Unterricht, Laborversuche). Mit wachsendem Schuleralter nimmt die Unabhängigkeit des Schülers von Lehranweisungen zum TR-Gebrauch zu (Gebrauchsautonomie). Die meisten Schüler schätzen den TR als Kontrollinstrument. Relative Unsicherheit herrscht darüber, ob der TR die Mathematikleistungen verbessern können.
49. Bell, Burkhardt, McIntosh, Moore	1977/78/GB	Primarstufe (5- bis 11jährige)	1 Schule (ganzes Bildungsspektrum der Schüler)	1 Jahr	Experiment mit explorativem Charakter	Das Projekt untersuchte, wie der TR in der Primarschule das Mathematiklernen unterstützen kann. Die Lernbereiche betrafen: Zahlenverständnis, Einmaleins, Stellenwert, Bruchrechnen, negative Zahlen, Rechenfertigkeit, angewandte Aufgaben. Die Autoren sind überzeugt, dass der TR bei entsprechend sinnvoller Verwendung das Mathematik- und Rechnenlernen positiv unterstützt: als unmittelbare Lernverstärkung, als Kontrollinstrument und um Aufgaben alltagsnäher zu gestalten.

Synopse über Forschungen zum TR (Stand: Februar 1979)

<i>Autor(en)</i>	<i>Datum/ Land</i>	<i>Schulstufe</i>	<i>Population (N)</i>	<i>Dauer</i>	<i>Forschungstyp</i>	<i>Kurzbeschreibung</i>
50. Hauf, Seidel, Sturm, Thöne	1975-77/BRD	6-13	ursprünglich 11 Schulen: Volksschule, Gesamtschule, Gymnasium, berufsbildende Schulen. 6 weitere Schulen schlossen sich dem Versuch an. (Insgesamt ca. 4500 Schüler).	2 Jahre	Experiment mit explorativem Charakter, Lehrerbefragung	Der Versuch galt der Abklärung von Fragen wie: TR-Gebrauch wie und wo. TR-Typen, ab wann TR-Gebrauch, Hausaufgaben und TR, Häufigkeit von Rechenfehlern, Zeitersparnis wegen des TR, Abhängigkeit vom TR und Verminderung der Rechenfertigkeit. Die Lehrerumfrage ergab bezüglich der TR-Wirkung: <ul style="list-style-type: none"> - Die Schüler sind besser motiviert - Auflockerung des Unterrichts - Weniger Rechenfehler, Zeitersparnis - Kontrolle der Rechenergebnisse mit TR besser machbar - Notwendigkeit, vermehrt das Schätzen zu üben - Notwendigkeit, Lehrmittel zu entwickeln, die auf TR abgestimmt sind. Günstige Auswirkungen werden bei schwachen Berufsschülern gesehen. Generell stand der TR als Rechenhilfsmittel im Vordergrund
51. Meissner	1976-78/BRD	5- bis 12jährige (Primarstufe)	Schüler der Grundschule	3 Jahre	didaktische Entwicklungsarbeiten, Experiment	Untersuchungen zum Einsatz des TR als didaktisches Hilfsmittel im Grundschulunterricht (Primarstufe) und zu den Einwirkungen auf den Unterricht. Der TR wird als Hilfsmittel auf der Ebene des Reaktionslernens gesehen. Der TR hilft insbesondere bei Drill von Kopfrechnen, Training des Zahlengedächtnisses, Entwicklung und Verständnis mathematischer Konzepte.
52. Brolin, Lindahl	seit 1975/S	4-12 (10- bis 18jährige)	versch. Schulen in Schweden, versch. Schulstufen und Begabungsgruppen (schwache, gute Schüler) und -richtungen	vorläufig unbegrenzt	Experiment mit Entwicklungscharakter	Das Projekt gilt der Analyse der Folgen des TR in der Schule und seiner Integration in die Curricula. Das Projekt umfasst alle Teilprojekte zum TR in Schweden.

3. Kommentar zu den Forschungen zum Taschenrechner

Die Durchsicht der Projekte ergibt eine Vielfalt, die eine Auswertung schwierig macht. Dazu seien folgende Überlegungen angeführt, die wir als *Prämissen* den Auswertungen voranstellen möchten:

1. Der Untersuchungsgegenstand «Mathematikunterricht» und «Einsatz des Taschenrechners» ist ausserordentlich komplex.
2. Die referierten Projekte werden dieser Komplexität nur teilweise gerecht. So haben zum Beispiel Kontextfaktoren (siehe etwa Projekt 49 der Synopse) einen kaum kontrollierbaren Einfluss auf Evaluationsergebnisse. Schlussfolgerungen und Verallgemeinerungen sind deshalb immer mit Vorsicht aufzunehmen.
3. Weitere Einschränkungen bei der Verallgemeinerung von Ergebnissen sind oft durch Mängel im Design der Projekte bedingt. Solche Mängel sind:
 - unklare Ziele des Projekts und der Evaluation
 - zeitliche Beschränkung des Versuchs (langfristige Wirkungen des Taschenrechners nicht erfasst)
 - mangelhafte Repräsentativität und Auswahl der Stichprobe von Schülern
 - unzulängliche Analyse der Versuchsbedingungen und der Einflussfaktoren des Versuchs
 - nicht valide Messinstrumente oder unklar definierte Untersuchungsgegenstände (wie ist etwa Rechenfertigkeit, Konzept- oder Mathematikverständnis definiert oder operationalisiert?)
4. Wissenschaftliche Relevanz von Untersuchungen ist nicht mit praktischer Relevanz oder Relevanz für pädagogische oder bildungspolitische Entscheidungen gleichzusetzen. Es mag zutreffen, dass mit dem Taschenrechner und entsprechenden Unterrichtsmethoden viel für die Vertiefung und das Verständnis gewisser Aspekte der Mathematik erreicht werden kann. Dies ist u. U. unerheblich für den Lehrer, der eine Abneigung gegen technische Hilfsmittel hat, oder für den Politiker, dem dieses Hilfsmittel zu teuer ist, der als Hauptziel des Mathematikunterrichts das Rechnen sieht oder der erst kürzlich eingeführte Lehrmittel in Frage gestellt wähnt.
5. Wissenschaftlich durchgeführte Schulversuche und Begleitforschungen ersetzen nicht eine Zieldiskussion über den Versuch selbst und über wesentliche Forschungsgegenstände, die sich im Zusammenhang mit diesen Versuchszielen (zum Beispiel bessere Rechenfähigkeit, besser Probleme lösen können, mehr Einsicht in mathematische Gegenstände, Freude haben am Unterricht usw.) ergeben. Viele Versuchsziele sind möglicherweise wichtig, jedoch streng empirischer Untersuchung unzugänglich.
6. Viele der referierten Untersuchungen sind Voraussetzung für die Abklärung neuralgischer Punkte, die genauer untersucht werden sollten. Neben dieser eher heuristischen Funktion haben Forschung und Evaluation zum Zweck, Hilfe zu leisten beim Suchen nach Mitteln und Wegen, gesetzte Reformziele zu erreichen (zum Beispiel explorative Projekte wie etwa Projekte 18, 47, 49, 51) und bei der Verwirklichung entsprechender Reformen (das heisst Unterstützung, Durchführung und Verwirklichung eines Reformvorhabens in der Praxis, zum Beispiel Projekt 52 der Synopse).
7. Ein grundsätzliches Problem ergibt sich für die Evaluation im Zusammenhang mit den Zielsetzungen einer Innovation. Wenn in der Mathematikreform neue Zielsetzungen angestrebt werden (also zum Beispiel nicht nur Rechnenlernen), so kann die Evaluation sich nicht darauf beschränken nachzuprüfen, ob die Schüler mit dem neuen Curriculum gleich gut Rechnen lernen wie mit dem alten. Es ist also fragwürdig, eine Evaluation des Taschen-

rechner-unterstützten Unterrichts anhand der Lernziele eines Curriculums vorzunehmen, das den Taschenrechner noch nicht berücksichtigt. Der Taschenrechner als methodisches Hilfsmittel bringt notwendigerweise neue Lernziele mit sich, deren Erreichung auch entsprechend lernzielorientiert überprüft werden muss.

4. Kritische Analyse der Projekte

4.1 Art und Dauer der Projekte

Die Klassierung der Projekte in der Synopse nach Art des Projektes ergibt folgendes Bild:

Experiment: 32 Projekte

Entwicklung: 13 Projekte

Surveys, Umfragen: 8 Projekte (1 Doppelnennung)

Betrachtet man die Projektdauer, so weisen von 52 erfassten Projekten nur 11 des Typs Experiment und 8 des Typs Entwicklung eine Dauer von mehr als einem halben Jahr auf; nur 3 resp. 4 Projekte haben eine Dauer von mehr als einem Jahr.

Bei der Mehrzahl der kleinen Projekte handelt es sich um amerikanische Untersuchungen von kurzer Dauer mit Prä- und Posttests und mit Versuchs- und Kontrollgruppen. Man könnte sie als Pilotprojekte bezeichnen, die Grundlagen für weiterführende Projekte liefern oder Anpassungen der bestehenden Curricula an die Verwendung des Taschenrechners vornehmen oder neu entwickelte Unterrichtseinheiten überprüfen. Solche kleineren Projekte mögen zwar als Grundlage grösserer Forschungs- und Entwicklungsvorhaben oder zur Untersuchung einzelner Aspekte des Mathematiklernens nötig sein. Die Projektvielfalt würde aber einen Gesamtrahmen voraussetzen, der eine Vergleichbarkeit der Resultate gewährleistet. Ein solcher Gesamtrahmen ist auch aus den detaillierten Projektbeschreibungen nicht ersichtlich. Die «grösseren» Projekte mit mehr als einem Jahr Dauer sind schwierig einzuordnen (Projekte 6, 7, 46, 47, 50, 51, 52), da es sich meist um Innovationen mit Entwicklungs- und Experimentcharakter gleichzeitig handelt (zum Beispiel Projekte 6, 47). Wir ziehen daraus den Schluss, dass von Forschung getrennte Entwicklung kaum sinnvoll ist und umgekehrt bedeutende Beiträge zu Mathematikcurricula und -didaktik, die den Taschenrechner integrieren, am ehesten von Projekten mit sowohl Forschungs- als auch Entwicklungscharakter zu erwarten sind. Interessant und nachahmenswert scheinen uns jene Projekte, die mit intensiver Unterrichtsbeobachtung arbeiten, da so am ehesten Einblick in das Mathematiklernen gewonnen werden kann (Projekte 40, 47).

4.2 Fragestellung der Projekte und betrachtete Schulstufe

Die Gruppierung der Projekte nach Fragestellung wurde pragmatisch auf der Basis der Themenvielfalt der Projekte festgelegt (siehe *Tabelle 1*). Die Zuteilung der Projekte wurde restriktiv vorgenommen, indem zum Beispiel bei den Einstellungen der Schüler nur Projekte klassiert wurden, die mit Tests oder Interviews Einstellungen empirisch ermittelt haben. Die Einteilung der einzelnen Projekte in die Kategorien gibt nur ein grobes Bild, das aber gleichwohl interessante Hinweise gibt.

Die Auswirkungen des Taschenrechners auf die Schülerleistungen bezüglich Rechnen, Problemlösen und Mathematikverständnis wurden mit Abstand am häufigsten untersucht. Dies deshalb, weil die Einführung des Taschenrechners in den Unterricht am ehesten durch bessere Schülerleistungen begründet werden könnte. Die Doppelnennung in den Kategorien 1 und 9 zeigen, dass als Leistung in manchen Projekten nicht nur die Rechenfähigkeit betrachtet wird, sondern zum Beispiel auch das Mathematikverständnis.

Motivation, Interesse und Einstellungen der Schüler zum Unterricht insgesamt und zum Taschenrechner werden ebenfalls in mehreren Projekten untersucht. Diese Aspekte hängen ja

Tabelle 1: Fragestellungen nach Schulstufe

Themen des Projekts	Schulstufe	1–3	4–5	6–9	>9	Total*
1. TR und Schülerleistungen		18, 32, 41 42, 45 (5)	1, 5, 10 11, 12, 17 20, 38, 41 42, 44 (11)	2, 3, 5, 9 12, 14, 16, 17 20, 21, 22, 24 25, 26, 27, 28 29, 30, 31, 33 35, 42, 43, 44 (24)	27, 29, 30 33, 39 (5)	33
2. Motivation/ Interesse		10 (1)	1, 10, 15 (3)	1, 2, 7, 9 13, 15, 16 (7)	7 (1)	8
3. Einstellungen der Schüler		32, 42 (2)	20, 38, 42 (3)	14, 16, 22, 24 26, 27, 28, 29 30, 31, 42, 48 (12)	23, 27, 29 39 (4)	17
4. Lehrer		– (1)	– (1)	– (1)	36 (1)	4
5. Eltern, Oeffentlichkeit		– (1)	– (1)	16 (1)	– (1)	3
6. Curriculumeinheiten, Integration des TR in Curriculum		41, 49, 51 (3)	1, 10, 15 41, 49, 51 52 (6)	13, 14, 15, 21 30, 31, 33, 35 47, 49, 50, 52 (12)	33, 47, 50 52 (4)	16
7. TR-Gebrauch: wie?		6, 10, 34 36, 49, 51 (6)	6, 10, 34 36, 49, 51 (6)	2, 34, 36, 40 47, 49, 50 (7)	36, 47, 50 (3)	11
8. Rechnen (Grundoperationen), Arithmetik		18, 41, 45 49 (4)	1, 5, 11 12, 15, 17 20, 38, 41 44, 46, 49 (12)	1, 2, 3, 5 12, 14, 15, 16 17, 20, 22, 27 35, 40, 44, 46 49, 50 (18)	23, 27, 46 50 (4)	24
9. Lernen von Konzepten, mathematisches Verständnis		6, 10, 18 32, 49, 51 (6)	6, 10, 15 44, 49, 51 52 (7)	2, 7, 9, 13 15, 22, 26, 27 33, 43, 44, 47 49, 52 (14)	7, 23, 27 33, 47, 52 (6)	20
10. Problemlösen, schliessendes Denken		49, 51 (2)	5, 10, 11 15, 20, 44 46, 49, 51 (9)	2, 3, 5, 7 15, 20, 22, 35 43, 44, 46, 49 (12)	7, 46 (2)	15
11. Naturkundlicher u. a. Unterricht		– (2)	15, 46 (2)	7, 15, 46 (3)	7, 46 (2)	3

* Mehrfachnennungen. Das Total bezieht sich auf die Anzahl der Projekte, die die entsprechende Themakategorie aufweisen, unter Ausschluss der Mehrfachnennungen bezüglich der Schulstufe. Die Zahlenwerte in Klammern sind die den Schulstufen und Themen entsprechenden Subtotals.

auch mit den Leistungen zusammen (mehr Leistung dank besserer Einstellung). Seltener sind Untersuchungen über Einstellungen von Lehrern und Eltern. Sie wurden vor allem aus innovationsstrategischen Gründen durchgeführt, um Hinweise auf Zustimmung oder auf Widerstände im Zusammenhang mit tatsächlichen oder geplanten Reformen zu erhalten.

Die Kategorien 6 bis 10 stehen im Zusammenhang miteinander, indem sie unter anderem die didaktischen Aspekte des Mathematikunterrichts im allgemeinen und des Taschenrechners im besonderen betreffen. In diesen Gruppen bildet das Rechnen mit den Grundoperationen einen Schwerpunkt, da das Rechnen nach wie vor eines der Grundziele des Mathematikunterrichts geblieben ist. Zudem dürfte die Angst, der Schüler werde wegen des Taschenrechners das Rechnen verlernen, mit ein Grund für die relativ grosse Zahl entsprechender Projekte sein. Voraussetzungen für das Rechnen als Grundfertigkeit sind das Verständnis der zugrundeliegenden Operationen und die Unterstützung entsprechender Lernprozesse. Dies kann die zweitgrösste Häufigkeit von Projekten in der Kategorie 9 erklären. Dem dritten, auch häufig genannten Ziel des Mathematikunterrichts, dem Lernen des Problemlösens und des «Denkens», ist ebenfalls eine ansehnliche Zahl von Untersuchungen gewidmet. Alle in diesen Kategorien klassierten Projekte dienen letztlich der Integration des Taschenrechners ins Curriculum. In der Kategorie 7 «Taschenrechner-Gebrauch» finden sich neben explorativen Studien darüber, wie der Taschenrechner als methodisches Hilfsmittel überhaupt einzusetzen sei, auch Uebersichtsreferate über den aktuellen Taschenrechnergebrauch (Art und Häufigkeit). Auch hier ist ein innerer Zusammenhang mit anderen Kategorien (8 bis 10) gegeben, was die kleine Zahl der hier eingereichten Projekte erklärt.

Erstaunlich ist die Regelmässigkeit der Verteilung der Projektthemen 6 bis 10 auf die Schulstufen 4-5 und 6-9. Sogar auf den Schulstufen 1-3, an die man im Zusammenhang mit dem Taschenrechnergebrauch eher weniger denkt, finden sich 11 Projekte. Insgesamt wird also in der Forschung die Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten des Taschenrechners auf der Primärstufe (Schulstufe 1-5) keineswegs vernachlässigt, wie aus Tabelle 1 hervorgeht.

4.3 Ergebnisse der erfassten Projekte

Greift man aus der Tabelle 1 die für das Mathematiklernen relevanten Kategorien heraus und ermittelt die in den Publikationen dargestellten Auswirkungen des Unterrichts mit dem Taschenrechner, so ergibt sich das Bild, das *Tabelle 2* wiedergibt.

Die berichteten Resultate deuten an, dass die Schülerleistungen verbessert oder zumindest nicht nachteilig verändert wurden. Diesbezüglich gilt es an Prämisse 7 zu denken, ging es doch zum Beispiel in den Projekten 6, 16, 17 und weiteren auch darum zu überprüfen, ob mit den Versuchen die Rechenfertigkeit der Schüler nicht gefährdet wird. Man kann also, mit einiger Vorsicht, den Schluss ziehen, dass durch pädagogisch vernünftigen Gebrauch des Taschenrechners die Rechenfähigkeit nicht beeinträchtigt, sondern eher gefördert wird, wobei natürlich die Rechenleistung aus Gründen der Zeitersparnis quantitativ erheblich ansteigt.

Bezüglich der Motivation und der Einstellung des Schülers ergibt sich ein etwas zwiespältiges Bild. Einerseits wird in vielen Projekten die erhöhte Motivation des Schülers geschildert und der Taschenrechner als geeignetes Hilfsmittel zur Motivierung (zum Beispiel bei der Einführung neuer Stoffe) beschrieben. Und doch vermag dies zumindest im Rahmen der eher kurzen Dauer der meisten Projekte nichts an der oft negativen Gesamteinstellung der Schüler dem Unterricht gegenüber zu ändern. Dies wäre auch zuviel verlangt; der Taschenrechner erleichtert nicht alles, was schwierig ist, und macht keine besseren Lehrer. Die verschiedentlich festgestellten negativen Einstellungen scheinen sich mit der Zunahme des Abstraktionsgrades des Curriculums etwa nach dem vierten Schuljahr zu akzentuieren. Diese Vermutung scheint uns eingehender Untersuchungen wert. Bestünde ein Zusammenhang zwischen Abstraktions-

<i>Tabelle 2: Projektergebnisse: Wirkungen des TR-Einsatzes in bezug auf wichtige Ziele des Matheamtikunterrichts*</i>			
	Wirkung des TR-Einsatzes		
	positiv	kein Unterschied, keine Nachteile	negativ
TR und Schülerleistungen	1, 2, 9, 17, 25, 26 30, 35, 39, 41, 42, 43 45 (13)	3, 6, 9, 14, 16, 20 21, 22, 24, 25, 27, 28 29, 32, 33, 38, 42, 44 45 (19)	–
Motivation/ Interesse	1, 7, 10, 11, 13, 15 20, 46, 47, 49, 50 (11)	2, 9 (2)	–
Einstellungen des Schülers	16, 22, 29, 48 (4)	14, 23, 24, 27, 30, 31 32, 38, 39 (9)	28
Rechnen Arithmetik	2, 3, 5, 11, 16, 26 31, 35, 43, 45, 50 (11)	16, 20, 22, 27, 44, 45 (6)	20
Lernen, mathe- matisches Verständnis	1, 2, 6, 7, 9, 15 20, 21, 26, 43, 45, 47 49, 51 (14)	6, 20, 22, 23, 27, 30 32, 33, 44, 48 (10)	–
Problemlösen, schliessendes Denken	1, 3, 5, 7, 10, 15 20, 32, 43 (9)	20, 32, 44, 46 (4)	11
Nicht klassiert	4, 8, 12, 18, 19, 34, 36, 37, 40, 52 (10)		

*Erläuterungen zur Klassierung: Einzelne Projekte wurden mehrfach klassiert z. B. wenn «Motivation/Interesse» gleichzeitig mit positiven Auswirkungen bezüglich «mathematischen Verständnisses» festgestellt wurde. Bei nur geringfügigen «positiven Effekten» wurde eine Klassierung auch in «kein Unterschied» vorgenommen.

resp. Schwierigkeitsgrad der Curriculuminhalte und Schülereinstellung, müssten sich Forschung und Entwicklung diesen Inhalten vermehrt zuwenden und nach pädagogischen Lösungen suchen (zum Beispiel Einsatz des Tascherechners zwecks intensiven Einübens schwieriger mathematischer Konzepte).

Versucht man Bilanz zu ziehen über die Auswirkungen bezüglich des mathematischen Verständnisses und des Problemlösens, so fällt sie positiv aus. Es bleibt hier allerdings einiges unklar, denn mathematisches Verständnis wird in den Projekten sehr verschieden und zudem bezüglich konkreter mathematischer Konzepte definiert. Oder sind etwa die ermittelten Lei-

stungen beim Problemlösen deshalb besser, weil mit dem Taschenrechner lästige Rechenfehler vermieden werden? Hier wären methodologisch saubere und langfristig angelegte Untersuchungen notwendig, um die Unklarheiten zu beseitigen.

Eingedenk der Ueberlegungen zur Vergleichbarkeit und Interpretation der referierten Forschung (siehe Prämissen) kann man festhalten, dass der Taschenrechner bei entsprechendem pädagogischen Gebrauch ein wertvolles Hilfsmittel auf allen Schulstufen (auch in der Primarschule!) darstellt, das allerdings nicht überschätzt werden darf. Viele Fragen im Zusammenhang mit dem Taschenrechner als methodischem Hilfsmittel sind nicht beantwortet, was aus dieser Auswertung klar hervorgeht.

D.M. Roberts (1980) zieht ähnliche Schlüsse aus einer mehr methodologischen Analyse von 34 Projekten (die zum grössten Teil in unserer Auswertung enthalten sind) und verweist auf die Schwierigkeiten, Effekte des TR-Einsatzes angesichts der «Kontamination» der Kontrollgruppen verlässlich festzustellen (also wegen des weitverbreiteten Taschenrechnergebrauchs durch die Schüler ausserhalb der Schule).

5. Schlussfolgerungen

Die Ausgangsfrage lautete, welche Funktion die Bildungsforschung und -entwicklung hinsichtlich der Integration des Taschenrechners in den Mathematikunterricht ausüben kann und soll und welche Rolle sie bisher gespielt hat. In der *Second International Mathematics Study* (1979) sind 16 Länderstudien zum Problem des Taschenrechners enthalten. Aus allen Länderberichten geht hervor, dass man von der raschen Verbreitung des Taschenrechners überrascht wurde, dass die Integration des Taschenrechners in den Unterricht durch Uneinheitlichkeit, unkoordinierte Schulversuche und Forschungen, durch mangelnden Informationsfluss auf nationaler und internationaler Ebene und durch unsystematische Lehrerfortbildung gekennzeichnet ist. Obwohl sich seit 1977 die Bildungsforschung und die Entwicklung zunehmend mit dem Taschenrechner befassen, bleiben noch wesentliche Fragen offen und Probleme ungelöst. Unzulängliche Forschungen sind häufig, langfristige Projekte laufen erst an. Bis heute weiss man über die längerfristigen Auswirkungen des Taschenrechners wenig. Die Entwicklung von Curricula, die den Taschenrechner berücksichtigen, steckt noch in den Anfängen. Negativ scheint auch die zu starke Trennung von Forschung und Entwicklung zu sein, insbesondere der Lehrmittelentwicklung.

Aus der Auswertung der Projekte und angesichts dieser Lage drängen sich folgende Schlussfolgerungen auf:

1. Langfristige Projekte, die gleichzeitig Forschungs- und Entwicklungscharakter haben, sind zu konzipieren.
2. Solche Projekte müssen sich vermehrt den Schwierigkeiten der Schüler mit den Inhalten des Mathematikcurriculums zuwenden, also dem Mathematiklernen selbst.
3. Dies kann wohl nur durch Projekte mit intensiver Schüler- und Unterrichtsbeobachtung geleistet werden.
4. Die Ziele des Mathematikcurriculums und die Legitimation seiner Inhalte sind zu überprüfen.
5. Massnahmen im Bereich der Lehrerbildung und -fortbildung sind im Rahmen solcher Projekte einzuplanen.
6. Die Bildungsforschung und -entwicklung muss auch zunehmend antizipatorische Funktionen wahrnehmen, damit sich künftig die Schule früh genug und pädagogisch sinnvoll auf weitere elektronische Geräte, deren Einzug in Alltag und Beruf zu erwarten ist (wie etwa der Personal Computer), einstellen kann und damit ähnliche «Ueberraschungseffekte» wie beim Taschenrechner vermieden werden können.

Projets de recherche et de développement concernant l'introduction des calculatrices de poche dans l'enseignement: vue générale et évaluation

La rapide propagation des calculatrices électroniques de poche a surpris les professionnels de la pédagogie. Il en est résulté, depuis 1975 environ, un nombre considérable de projets de recherche et de développement. 52 projets sont évalués quant à leur durée, à leur problématique, au degré scolaire et à leurs résultats. Quelques conclusions s'imposent concernant aussi bien la problématique et la structure des recherches que l'organisation du développement: garanties quant à l'introduction des calculatrices de poche dans le curriculum de la mathématique, et maîtrise à venir des problèmes relatifs aux auxiliaires électroniques qui interviendront dans la vie de tous les jours comme dans les professions.

Research and development projects concerning the introduction of pocket calculating machines at school. A general view and evaluation

The rapid propagation of pocket electronic calculating machines has surprised the professionals in the teaching field. Since 1975 there have resulted a good number of research and development projects. 52 projects are evaluated as regards their duration, their problematic, their school level and their results. Some conclusions can be drawn concerning the problematic, the research structure and the development organisation: Guarantees as to the introduction of pocket calculating machines into the mathematical syllabus as well as the possibility of mastering problems touching future electronic aids which will enter professional and everyday life.

LITERATUR

Roberts, D.M.: The Impact of Electronic Calculators. Review of Educational Research, volume 50/1, Spring 1980, p. 71-98.

Second International Mathematics Study: Working Paper on Hand-Held Calculators in Schools. November 1979, prepared by M.N. Suydam, the Ohio State University, Columbus, Ohio 43212, USA.

