

Clements, Douglas H.

Logo und ausführungsbezogene Verarbeitungsprozesse

Unterrichtswissenschaft 20 (1992) 1, S. 34-48



Quellenangabe/ Reference:

Clements, Douglas H.: Logo und ausführungsbezogene Verarbeitungsprozesse - In:
Unterrichtswissenschaft 20 (1992) 1, S. 34-48 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-298343 - DOI:
10.25656/01:29834

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-298343>

<https://doi.org/10.25656/01:29834>

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Unterrichtswissenschaft

Zeitschrift für Lernforschung

20. Jahrgang / Heft 1 / 1992

Thema:

Kind und Computer

Verantwortliche Herausgeber:

Gunther Eigler und Norbert M. Seel

Editorial	2
Gunther Eigler, Norbert M. Seel: Kind und Computer	4
Erik De Corte, Lieven Verschaffel, Hilde Schrooten: Kognitive Effekte computergestützten Lernens: Zum Stand der Forschung	12
Douglas H. Clements: Logo und ausführungsbezogene Verarbeitungsprozesse	34
Peggy C. Kirby: Wohlstand, individuelle Fähigkeiten und Computernutzung in der Schule	49
Rolf Monnerjahn: Lückenschließendes Lernen durch computerunterstütztes Üben	60
Norbert M. Seel: Computer im Unterricht — Auf dem Weg zu multimedialen Lernumgebungen	73

Allgemeiner Teil

Albert C. Tuijnman: Der Beitrag von Schule und Weiterbildung zur individuellen und gesellschaftlichen Entwicklung	83
---	----

Douglas H. Clements

Logo und ausführungsbegogene Verarbeitungsprozesse

Logo and Executive-Level Processing

Dieser Artikel berichtet über eine Serie empirischer Studien, in denen (a) die Effekte theoretisch begründeter Logo-Umgebungen auf ausführungsbegogene kognitive Prozesse junger Kinder und (b) das Ausmaß untersucht wurden, in dem bestimmte sozial-kognitive Prozesse diese Effekte vermitteln. Kinder, die in einer Logo-Umgebung arbeiteten, zeigten häufiger Verhaltensweisen, die auf eine ausführungsbegogene Verarbeitung hinweisen, und erzielten signifikant höhere Werte in Transfermaßen. Es zeigte sich ein geringerer Effekt auf Planungsprozesse (Auswahl einer Strategie, ein Problem zu lösen) als auf die Prozesse, die der Konstruktion elaborierter mentaler Schemata für Probleme zugrunde liegen. „Logo-Kinder“ benutzten häufiger kognitiv begründete Strategien, um kognitive Konflikte zu lösen, die Kinder der Kontrollgruppen bevorzugten eine Strategie der sozialen Verhandlung. Die Nutzung kognitiv begründeter Strategien führte zu Unterschieden zwischen den Treatments. Diese Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen stützen die Annahme, daß Logo die Entwicklung einer ausführungsorientierten Verarbeitung begünstigt, zum Teil durch das Erzeugen von Konfliktlösungen auf einer höheren Ebene der Informationsverarbeitung. Wir schließen daraus, daß die bedeutenden Merkmale von Logo-Umgebungen in der umfassenden Berücksichtigung sowohl kognitiver als auch sozialer Aspekte bestehen. Deren Wechselwirkung sollte weiter untersucht werden.

This article reviews a series of empirical studies investigating (a) the effects of theoretically-based Logo environments on young children's executive-level processing and (b) the extent to which certain social-cognitive processes mediate those effects. Children working in the Logo environment demonstrated greater frequencies of behaviors indicative of executive-level processing and scored significantly higher on (transfer) measures of this processing. There was less effect on planning processes (choosing a strategy for solving a problem) than on those processes that construct elaborated mental schemata for problems (deciding on the nature of the problem, selecting a representation, and cognitive monitoring). Logo children more frequently used cognitively-based resolution strategies for resolving cognitive conflict; the control group made greater use of social negotiation. The use of cognitively-based strategies mediated treatment differences. These findings suggest that Logo fosters development of executive-level processing, in part by engendering high-level conflict resolution. We conclude that the significant features of Logo environments are the comprehensiveness in both cognitive and social aspects; the interaction of these two features needs further investigation.

Die Forschung zur Nutzung von Lernumgebungen, in denen Kinder mit Logo arbeiteten, um Problemlösefähigkeiten zu trainieren, ist von einigen Inkonsistenzen gekennzeichnet. Diese sind auf Unzulänglichkeiten in (a) der Konzeptualisierung von Problemlösen, (b) der Messung dieses Denktyps, (c) der Gestaltung der Computer-Umgebungen und

(d) der Prüfung der in diesen Umgebungen ablaufenden sozialen Prozesse zurückzuführen. Meine Kollegen und ich haben über etliche Jahre hinweg zahlreiche Untersuchungen durchgeführt, um diese Unzulänglichkeiten zu verbessern. Der folgende Beitrag beschreibt kurz unsere Studien zur Effektivität theoretisch begründeter Logo-Umgebungen auf spezifische Problemlöseprozesse. Zunächst skizzieren wir, wie wir uns den Unzulänglichkeiten der bisherigen Forschung zuwandten, dann fassen wir die wesentlichen empirischen Befunde zusammen.

1. Unzulänglichkeiten der bisherigen Forschung

1.1 *Konzeptualisierung von Problemlösen als ausführungsbezogene Verarbeitung*

Unsere frühen Arbeiten mit Logo waren weitgehend explorativ (Clements & Gullo, 1984). Zwar waren die Ergebnisse ermutigend, doch war es schwierig, sie in eine umfassende Theorie des Problemlösens einzuordnen (vgl. Clements, 1986b; De Corte & Verschaffel, 1989). Um dies leisten zu können, beurteilten wir Sternbergs (1985) *Komponenten-Theorie der Kognition* als brauchbar. Komponenten sind hier elementare kognitive Prozesse, die auf mentalen Repräsentationen von Objekten operieren; Metakomponenten sind ausführungsbezogene Prozesse, die die Operationen des Systems als Ganzes kontrollieren und jede Informationsverarbeitung planen und evaluieren. Sie entscheiden über die Natur des Problems (Festlegen, was die Aufgabe erfordert), wählen eine relevante Strategie zur Problemlösung aus (Auswählen und Sequenzieren der notwendigen Schritte für die Problemlösung oder Planung), legen die Verwendung einer bestimmten Repräsentation nahe (Auswählen eines Situationsmodells) und gewährleisten die Kontrolle („monitoring“) der Lösungsprozesse (Einhalten des Lösungsweges, Erkennen von Denkfehlern).

Unsere Grundannahme lautete, daß bestimmte Umgebungen, in denen Kinder unter Verwendung der Sprache Logo lernen sollten zu programmieren, die metakognitive Verarbeitung verstärken können. Dabei stützten wir uns auf zwei sich ergänzende Erklärungen (Clements, 1986b). Der ersten zufolge können Logo-Umgebungen als Katalysator für eine unbewußte Anwendung elementarer kognitiver Prozesse dienen. Diese Erklärung ist auf der Annahme begründbar, daß spezifische Merkmale von Logo-Umgebungen eine „komponentielle Verarbeitung“ (im Sinne Sternbergs) auslösen bzw. begünstigen. So spielt zum Beispiel das kognitive Kontrollieren („monitoring“) sowohl in Sternbergs Theorie als auch in den psychologischen Theorien zur Begründung von Logo eine wesentliche Rolle (Minsky, 1986; Papert, 1980). Programmieren in Logo erfordert des weiteren elementare Operationen der Transformierung von Input-Informationen, um kausale Folgen zu konstruieren und zu modifizieren, sowie mentale Aktionen, um die Kontroll-

prozesse zu erleichtern (Markman, 1981). Zwar ist den Kindern die Natur von Fehlern und ihre Korrektur nicht immer unmittelbar einsichtig, aber Logo erleichtert die Fehlerbeseitigung („debugging“) dadurch, daß Fehler gemeldet, graphisch markiert und in einer leicht verständlichen Weise ediert werden. Darüber hinaus bietet die Lernumgebung Modelle des „debugging“ an und ermutigt die Kinder, selbst Fehler zu finden und zu korrigieren. In gleicher Weise beurteilen wir die anderen Metakomponenten (Clements, 1986b; 1990). Da Kinder sich in Logo-Umgebungen in jeder Phase der Problemlösung engagieren müssen, entscheiden sie selbst über die Natur der Probleme und über Formen ihrer Darstellung, und sie wählen selbst Strategien aus, um die Probleme zu lösen.¹

Unsere zweite Erklärung für o.g. Grundannahme lautet, daß Logo-Umgebungen Kinder zum Reflektieren über die eigenen Denkprozesse anregen. Die Kinder werden in die Lage versetzt, einfache Vorstellungen über Komponenten von Logo zu erwerben, dieses Wissen beim Lösen von Problemen zu benutzen und es schließlich automatisch, d.h. ohne äußere Anleitung anzuwenden. Mit anderen Worten: Das Bewußtmachen der relevanten kognitiven „Metakomponenten“ im Kontext der Logo-Programmierung zieht *metakognitive Erfahrungen* nach sich (Flavell, 1981), über die deklaratives Wissen konstruiert wird, auf dem sodann allgemeine kognitive Prozeduren operieren (Anderson, 1983; Minsky, 1986; Sternberg, 1985). Etwas konkreter: Nach Papert (1980) denken Kinder beim Programmieren nicht nur darüber nach, wie sie die anstehenden Aufgaben lösen können, sondern immer auch darüber, wie sie denken. Wenn das zutrifft, dann sollten „Logo-Umgebungen“ aufgrund spezifischer Eigenschaften metakognitive Erfahrungen erleichtern: (a) Kinder lösen Probleme, indem sie noch unvertraute Strategien anwenden; (b) sie „kommunizieren“ untereinander, mit einer Lehrperson oder mit dem Computer über die Organisation der Aufgaben und mögliche Lösungen; (c) die Kinder wählen die Probleme oft selbst aus, d.h. Kinder merken, daß sie „eigene“ Probleme im Umgang mit Logo haben; (d) die Kinder machen zwar oft gravierende Fehler, aber sie lernen, daß diese korrigierbar sind (Clements, 1986a; 1986b; Flavell, 1981).

1.2 Messung ausführungsorientierter Verarbeitung

In unseren frühen Arbeiten benutzten wir einige Meßdaten, die u.E. recht gut zu Sternbergs Komponenten-Theorie paßten. So betrachteten wir die quantitative Erfassung der kindlichen Fähigkeit, sich zu vergegenwärtigen, wann sie etwas verstanden hatten oder nicht (Markman, 1981), als Indikator dafür, die eigenen kognitiven Prozesse (i.S. von „monitoring“) kontrollieren zu können. Bei den entsprechenden Aufgaben bot ein „Lehrer“ Anleitungen für die Ausführung bestimmter Aktivitäten an, ließ aber bei einer Nachfrage die für die Ausführung wesentlichen

Informationen weg. Eine solche Aktivität beinhaltete zum Beispiel eine unvollständige Beschreibung eines magischen Tricks. Den Kindern wurde zunächst der Trick (eine Münze wird durch einen Ring und eine Untertasse in eine Tasse „gedrückt“) gezeigt, dann erbot sich der Interviewer, den Kindern zu erklären, wie sie den Trick selbst durchführen könnten. Er erklärte dann aber nur, wie die Münze durch den Ring durchgeführt werden kann, aber nicht, wieso der Ring plötzlich in der Tasse auftauchen kann. Die psychologisch interessante Frage dabei war, ob die Kinder überhaupt merkten, daß sie das gar nicht verstehen konnten.

Diese Aufgabe erwies sich im Hinblick auf das Training metakognitiver Fähigkeiten als äußerst effektiv, konnte doch belegt werden, daß Kinder einer Logo-Programmier-Gruppe sie signifikant besser lösen konnten als Kinder einer Kontrollgruppe, die nach einer computer-gestützten „drill-and-practice“-Bedingung gelernt hatten (Clements & Gullo, 1984). Bei dieser kognitiven Aktivität steht aber lediglich eine „von außen“ bedingte Anwendung einer bestimmten Metakomponente („monitoring“) im Vordergrund. Logo und Aufgaben der Verständniskontrolle enthalten Sequenzen von Anweisungen, was noch auf weitere potentielle Einschränkungen der Generalisierbarkeit der gerade skizzierten Befunde hinweist.

Um solche Einschränkungen zu erfassen, entwarfen wir verschiedene Interview-Aufgaben. Obwohl diese noch in Entwicklung begriffen sind, hat sich ein dynamisches Interview-Instrument als besonders effizient erwiesen (Clements & Nastasi, 1990): Der Interviewer präsentiert Probleme, deren erfolgreiche Lösung, wie wir annehmen, von der intensiven Nutzung bloß einer metakognitiven Komponente abhängig ist. Der Interviewer ermutigt die Kinder, die Probleme zunächst ohne Hilfestellung zu lösen; wenn ein Kind erfolglos bleibt, bietet er eine Folge von fünf Hilfestellungen an, die zunehmend spezifischer werden. So führen beispielsweise „monitoring items“ Fehler ein, indem Informationen gegeben werden, die absichtlich in die falsche Richtung führen. Eines der Probleme lautet: „Als Albert sechs Jahre alt war, war seine Schwester dreimal so alt wie er. Nun ist er zehn Jahre alt, und er berechnet das Alter seiner Schwester mit 30 Jahren. Wie alt wird seine Schwester sein, wenn Albert 12 Jahre alt ist?“ Als Hilfen kommen in Betracht: (a) „Mußt Du nach Fehlern schauen, wenn Du dieses Problem bearbeitest?“, (b) „Gibt es da etwas in dem Problem, das Dich austricksen kann, wenn Du nicht aufpaßt?“, (c) „Hat Albert recht, wenn er ausrechnet, daß seine Schwester 30 Jahre alt ist, wenn er 10 Jahre alt ist?“, (d) „Ist Alberts Schwester immer dreimal so alt wie er? Ist das ein Fehler? Müssen wir die Jahre multiplizieren oder addieren?“, (e) „Mach keinen Fehler. Als Albert sechs Jahre alt war, war seine Schwester 18, also 12 Jahre älter. Wie alt ist seine Schwester ein Jahr später — wenn Albert sieben Jahre alt ist? Ein Jahr später?“.

Zwei Grundannahmen leiteten uns bei der Differenzierung dieser Hilfen: Erstens, wenn ein Kind eine Aufgabe, die eine bestimmte Metakomponente betont, ohne fremde Hilfestellung erfolgreich lösen kann, dann benutzt es diese Metakomponente. Zweitens, je weniger Hilfen ein Kind für die Lösung benötigt, desto größer ist seine spezifische metakognitive Kompetenz.

Eine Einschränkung, die dieses Instrument nicht zu erfassen erlaubt, besteht darin, das Ausmaß einer ausführungsorientierten Verarbeitung innerhalb einer Logo-Umgebung zu bestimmen. Deshalb konstruierten wir ein spezielles Beobachtungsverfahren, mit dem wir die Häufigkeiten von Verhaltensweisen aufzeichnen konnten, die wir als indikativ für die verschiedenen Metakomponenten betrachten (Clements & Nastasi, 1988; Nastasi, Clements & Battista, 1990). Verhaltensbeispiele für verschiedene Metakomponenten sind: *Entscheiden über die Natur des Problems*: „Wir haben ein Quadrat mit einem Dreieck an der Spitze zu zeichnen“; *Auswählen einer Strategie*: „Wir werden die „turtle“ auf diesem Weg nach oben etwa um 10 bewegen, dann 90 rechts und 10 nach unten, dann 5 vorwärts und wieder 90 nach rechts . . .“; *Auswählen einer Repräsentation*: „Laß uns die Figur zunächst auf Papier zeichnen und die Winkel messen“; *Kontrollieren der Lösungsprozesse*: „Laß uns darüber nachdenken, was wir falsch gemacht haben. Bist Du fertig mit der Arbeit?“

1.3 Computer-Umgebungen

Eine pädagogisch-psychologische Interpretation bisheriger Logo-Studien gestaltet sich schwierig, weil sie gewöhnlich die jeweiligen Treatments nur unzureichend beschreiben; weiterhin fehlt auch häufig eine hinreichende theoretische Begründung. Bei der Gestaltung unserer Lernumgebungen gingen wir grundlegend davon aus, daß Kinder ihre eigenen Probleme mit Logo haben bzw. erzeugen. Während der grundsätzlich selbstgesteuerten Arbeit in der Logo-Umgebung sollten Lehrpersonen den Kindern bloß die Nutzung kognitiver Prozesse vermitteln; die einzelnen Interventionen sollten sich in den Rahmen der Komponenten-Theorie einfügen. Wenn die Lehrpersonen neue Information einführten, hatten sie diese auf die Erfahrungen der Kinder zu beziehen. Zielten sie beispielsweise darauf ab, aufgrund der kindlichen Erfahrungen mit neuen Routinen, Vorstellungen und Begriffen zur Entwicklung prozeduralen Denkens beizutragen, dann versuchten sie, dies dadurch zu erreichen, daß sie die „turtle“ belehrten. Die Kinder ihrerseits benutzten, wann immer sie es als nötig erachteten, ein spezielles Hilfsprogramm, das ihnen erlaubte, eine bestimmte Prozedur zu definieren, und zugleich zu beobachten, wie sie ausgeführt oder ediert wird (Clements, 1983-84; Clements & Battista, 1991).

In unseren neuesten Untersuchungen (Clements, 1990; Clements, 1991; Nastasi et al., 1990) versuchten wir, spezifische kognitive Prozesse explizit

einzuführen, indem wir mit cartoonartigen „*homunculi*“ arbeiteten, die leicht verständliche Anthropomorphismen zu metakognitiven Prozessen darstellen sollen. So ist zum Beispiel der „*problem decider*“ eine Person, die (laut) darüber nachdenkt, worin ein Problem überhaupt besteht. So stellt der „*problem decider*“ Fragen wie „Was versuche ich gerade zu tun?“, „Mache ich tatsächlich das, was ich auch will?“, „Habe ich schon einmal ein ähnliches Problem gelöst?“, „Wie passen die Teile des Problems zueinander?“ und „Welche Information habe ich und welche brauche ich noch?“. Der „*representer*“ ist eine Künstlerin, die den Daumen hoch haltend in die Ferne schaut. Sie trägt ein Stück Papier mit einer Zeichnung oder Tabelle, ein anderes Stück Papier mit Geschriebenem, einer Zeichnung und einem dreidimensionalen Modell bei sich. Diese dienen als Metaphern für verschiedene Möglichkeiten, ein Problem zu repräsentieren. Während des Unterrichts führten die Lehrpersonen dementsprechend spezielle Repräsentationen (z.B. Diagramme oder Bilder) ein, um bei der Lösung des Problems zu helfen. Der „*strategy planner*“ ist ein intelligent aussehender Mann, der einen Notizblock bei sich trägt und Kugelschreiber und Stifte in der Tasche hat. In verschiedenen Sitzungen führten die Lehrpersonen Strategien aus dem Repertoire des „*strategy planner*“ ein (wie zum Beispiel spezielle Programmierschritte, die Zerlegung eines Problems in Teilprobleme und Verfahren des systematischen Vermutens und Testens). Der „*debugger*“ ist eine Art Kammerjäger, eine Metapher für kognitives Kontrollieren (was beim Problemlösen allgegenwärtiger ist als das eigentliche „debugging“ im Sinne des Beseitigens von Fehlern). Um dieses allgemeinere „monitoring“ zu entwickeln, stellten die Lehrer häufig Fragen wie „Was genau machst Du gerade?“, „Warum machst Du das?“, „Hilft Dir das weiter?“, „Macht das einen Sinn?“.

Die Lehrpersonen führten die „*homunculi*“ als Bestandteil der Logo-Programmierung und des Problemlöseprozesses ein, um vier Lehrmethoden zu unterstützen: *Erklären*, *Modellieren*, *Helfen bei der Entwicklung eines Handlungsgerüsts* und *Reflexion*. Das Ziel des Erklärens bestand darin, den Kindern die für eine Problemlösung erforderlichen Prozesse bewußt zu machen. Dabei benutzte der Lehrer die „*homunculi*“, um solche Prozesse zu beschreiben, die im allgemeinen benutzt werden, um verschiedene Typen von Problemen zu lösen. Weiterhin verwendeten die Lehrpersonen die „*homunculi*“, um Modelle für die Lösung konkreter Probleme zu entwickeln. Bei der dritten Lehrmethode (des „scaffolding“) unterstützten die Lehrpersonen die Kinder bei ihrem ansonsten selbständigen Lernen mit Logo durch direkte Hilfen bei der Strukturierung des Problems; sie sollten die Prozesse absichern helfen, die zu vollziehen einem Kind schwer fiel. Deshalb waren die Hilfestellungen und Hinweise auch stets auf spezifische Prozesse bezogen. Wenn notwendig, konnte der Lehrer den Gebrauch dieser Prozesse natürlich auch direkt modellieren. Schließlich sollte die Lehrmethode der Reflexion Diskussionen darüber auslösen,

wie die Kinder die „homunculi“ für die Auflösung von Problemen benutzen können, die beim Programmieren auftreten. Insgesamt ermutigten die Lehrer die Kinder zum Gebrauch der verschiedenen Metakomponenten bei ihrer Arbeit in verschiedenen Projekten, die sich mit geometrischen Figuren, Variablen, regelmäßigen Polygonen, mit der Verarbeitung von Listen u.a. befaßten.

Für Vergleichszwecke hatten wir auch „Placebo-Kontrollgruppen“ eingeführt, die, um einen Hawthorne-Effekt zu vermeiden, unter vergleichbaren Bedingungen mit dem Computer wie die Logo-Gruppen arbeiteten (d.h. Paare von Kindern arbeiteten mit denselben Lehrpersonen). In unseren neuesten Untersuchungen arbeiteten die Kinder der Kontrollgruppen mit Textverarbeitungs- und Zeichenprogrammen. Für Logo- und Kontrollgruppen galt gleichermaßen das Prinzip, daß die Kinder die Themen für ihre Arbeit selbst auswählen konnten, und in beiden Bedingungen wurde großer Wert auf zwischenpersönliche Interaktionen gelegt; aber nur in der Logo-Gruppe verknüpften wir das Arbeiten mit dem Computer mit der eben skizzierten „anthropomorphen“ Unterweisung.

1.4 Zur Bedeutung des kognitiven Konflikts

Bislang ist die Forschung nur unzureichend der Frage nachgegangen, welche Effekte das Programmieren in Logo auf die Prozesse ausübt, die zur kognitiven Entwicklung beitragen. Die neueste Forschung deutet auf eine grundlegende Bedeutung des *kognitiven Konflikts* hin, wobei drei Möglichkeiten dafür in Betracht kommen, wie er die kognitive Entwicklung beeinflusst. Erstens können Konflikte zwischen Individuen bei jedem einzelnen zu einer Erweiterung des kognitiven Horizontes führen. Nach der Theorie der sozialen Kognition trägt die Interaktion zwischen Gleichgestellten (z.B. Gleichaltrigen, Gleichintelligenten usw.) wesentlich zur kognitiven Entwicklung bei, sofern sie eine Koordination von Handlungen oder Gedanken notwendig macht, die auf die Aufhebung eines Konflikts abzielen, der durch individuelle Orientierungen und/oder egozentrische Sichtweisen ausgelöst wird (Perret-Clermont, 1980). Zweitens kann angenommen werden, daß eine kognitive Weiterentwicklung auch auf intraindividuelle Orientierungskonflikte zurückgehen kann; diese können auch eintreten, wenn jemand mit einem anderen ein Problem bearbeitet und kein Konflikt zwischen beiden zu beobachten ist. Das heißt: Ein Orientierungskonflikt kann beim bloßen Austausch von Gedanken ausgelöst werden, auch wenn keine Unstimmigkeit mit dem Kommunikationspartner zu erkennen ist. Drittens kann eine kognitive Instabilität aus den Interaktionen eines Individuums mit seiner physikalischen Umgebung resultieren.

In den beiden letzten Fällen kommt der kognitive Konflikt eher internal (d.h. aufgrund subjektiv erlebter Unstimmigkeiten) als external (d.h. aufgrund von Diskrepanzen mit anderen Personen) zustande. Das

stimmt weitgehend mit theoretischen Annahmen von Piaget überein, denen zufolge ein kognitives Ungleichgewicht häufig aus dem Nachdenken einer Person über seine Handlungen in der physikalischen Umwelt resultiert (vgl. Piaget & Inhelder, 1967).

Obwohl Konflikte, die aus individuellen Orientierungen resultieren, zur kognitiven Entwicklung beitragen können, gehen wir davon aus, daß kooperative Zusammenarbeit diese Entwicklung mehr erleichtern kann als alle Bemühungen eines Einzelnen. Anders ausgedrückt: Wir behaupten, daß Kontexte, die SchülerInnen dazu ermutigen, zusammenzuarbeiten und Übereinstimmungen zu suchen, effektiver für das Lernen und die kognitive Entwicklung sind als Kontexte, in denen Lehrpersonen zum Wettstreit oder Einzellernen anregen (Johnson, Johnson & Stanne, 1986). Eine Steigerung des Lerngewinns ist u.E. möglich, wenn Kinder dazu ermutigt werden, (gleichgestellten) Kommunikationspartnern gegenüber auch einmal abweichende Auffassungen und Meinungen zu vertreten, denn das stellt größere Anforderungen an das Denken, als wenn stets Übereinstimmung besteht und Uneinigkeit vermieden wird (Johnson, Johnson, Pierson & Lyons, 1985). Doise und Mugny (1984) berichten, daß Kinder bei einer kontroversen Diskussion mit Gleichaltrigen die größten kognitiven Fortschritte erzielten. Wie wichtig sozial-kognitive Aspekte für die kognitive Entwicklung sind, zeigen die Befunde von Doise und Mugny, wonach Kinder, die Meinungen und Ideen mit anderen auch konfliktfrei diskutierten, größere Lerngewinne erzielten als Kinder, die alleine arbeiten. Nach diesem Ergebnis wird die kognitive Entwicklung möglicherweise auch erleichtert, wenn keine interindividuellen Konflikte vorliegen. Aber das kann wegen der bislang unzureichenden Forschung zu spezifischen Aspekten von Konfliktsituationen nicht schlüssig geklärt werden. Hier könnte aus unserer Sicht die Identifikation „vermittelnder Prozesse“ weiterhelfen; sie könnte nicht nur dazu beitragen, die besonderen Vorteile von Logo-Umgebungen für die kognitive Entwicklung zu klären, sondern ebenso auch einen wichtigen Beitrag zu einer allgemeinen Theorie der sozialen Kognition leisten.

Um die in dieser Hinsicht relevanten sozial-kognitiven Prozesse ausfindig zu machen, benutzten wir verschiedene Verfahren der Verhaltensbeobachtung mit den entsprechenden Methoden zur Kodierung der sozialen Interaktion (Clements & Nastasi, 1988; Nastasi et al., 1990). Im folgenden wollen wir einige relevante Prozesse beschreiben und diskutieren, die kooperative Interaktionen und verschiedene Typen von Konflikten und Lösungen umfassen.

2. Logo und sozial-kognitive Prozesse

2.1 Zur Entwicklung von Metakomponenten

Über verschiedene Untersuchungen hinweg ergab sich ein ziemlich konsistentes Muster von Ergebnissen: Im Vergleich zu Kindern, die in

Kontroll-Umgebungen lernten, äußerten Kinder nach dem Arbeiten in einer Logo-Umgebung signifikant häufiger Verhaltensweisen, die auf eine metakomponentielle Verarbeitung während der Computerarbeit hinweisen (Clements & Nastasi, 1988). Die Kinder übertrugen, was sie gelernt hatten, auch auf Aufgabenstellungen, die nicht von einem Computer dargeboten wurden (Clements, 1986a, 1990; Clements & Gullo, 1984).

Im Rahmen der Forschung, die auf die Feststellung einer besonderen Wirksamkeit von Logo auf das Problemlösen abzielte (z.B. Clements & Merriman, 1988), wurden entsprechende Effekte darauf zurückgeführt, daß Logo-Umgebungen alle bedeutsamen kognitiven *und* sozialen Aspekte umfassen. So explizieren Logo-Umgebungen beispielsweise die für die Problemlösung relevanten anwendungsorientierten Prozesse, beteiligen die Kinder an allen Phasen des Problemlöseprozesses und geben den Lehrpersonen eine umfassende Menge pädagogischer Ansätze an die Hand. Die Nützlichkeit metakognitiver Prozesse wird den verschiedenartigen Kontexten entsprechend expliziert, in denen sie möglich sind. Bevor Kinder eine Lösung am Computer versuchen, werden sie aufgefordert, ihre Ziele und Lösungsprozeduren ebenso zu verbalisieren wie die Nutzung metakognitiver Prozesse. Man vergleiche einmal dieses explizite Bewußtmachen metakomponentieller Prozesse mit der üblichen Praxis unserer Schulen, die Vermittlung von Faktenwissen in den Vordergrund zu stellen und dadurch Denkprozesse auf einem höheren Niveau in den Hintergrund zu drängen.

In den weiter oben beschriebenen Logo-Projekten waren die Kinder an allen Aspekten des Problemlösens beteiligt, angefangen bei der Bestimmung der Problemnatur und der Repräsentation eines Problems bis hin zum Auswählen von Lösungsstrategien und deren Kontrolle („monitoring“). Zusätzlich erlaubten die Lehrmethoden des „modeling“ und „scaffolding“ den Schülern, die gesamte Aufgabenstellung zu begreifen. „Modeling“ bot den Kindern ein Schema für die Anwendung der lösungsrelevanten Prozesse an, „scaffolding“ führte sie Schritt für Schritt an die metakognitiven Prozesse an, die für die Bewältigung einer Aufgabe notwendig waren.

Eine offene Frage ist, ob es notwendig oder effizient ist, Kinder dazu zu bringen, einen wesentlichen Teil ihrer Zeit für selbst-geleitetes Problemlösen aufzubringen. Eine Antwort hierauf ist in der Theorie zu finden, daß, da Kinder ihre eigenen Schemata aufbauen müssen, eine direkte Unterweisung durch Lehrer unzureichend und die Initiierung und Nutzung von Prozessen auf höherem Niveau notwendig sei (Simon, 1980). Dies wird auch durch Ergebnisse unserer Forschung unterstützt, die darauf hinweisen, daß Lehrer-Schüler-Interaktionen nicht die Unterschiede in den metakognitiven Testwerten der Schüler erklären können. Vielmehr sind die metakognitiven Fortschritte der Schüler auf ihr aktives Engagement beim Problemlösen zurückzuführen. Damit vergleichbar vermag das direkte Lehren einer großen Zahl spezifischer

Strategien nicht, auf Seiten der Kinder die Entwicklung und Anwendung von Denkprozessen auf einem höheren Niveau zu erleichtern. Deren Funktion besteht im wesentlichen darin, eine aufgabenspezifische Verarbeitung zu gewährleisten. So können zum Beispiel allgemeine „monitoring“-Prozesse als Teil eines lokalen Systems entwickelt werden, das auch relevantes bereichsspezifisches Wissen enthält. Im globalen System dient der „monitoring“-Prozeß dazu, Informationen über allgemein anwendbare Strategien (z.B. bewußte Erfassung des Fortschritts und periodischer Zielsetzungen) sowie über Situationen zu gewinnen, in denen eher eine bereichsspezifische Konkretisierung anwendbar ist und deshalb aktiviert werden sollte (z.B. „debugging“ eines Computerprogramms). Wir nehmen deshalb an, daß das Arbeiten mit Logo die Kinder nicht so sehr darin unterrichtet hat, spezifische kognitive Fähigkeiten anzuwenden, sondern eher, wie metakognitive Fähigkeiten an die Erfordernisse spezifischer Situationen *anzupassen* sind. Die Homunculi-Metaphern können als Organisationsrahmen für dieses Lernen gedient haben.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen (Clements, 1986a, 1990) deuten darauf hin, daß einzelne metakognitive Prozesse mehr als andere gefördert wurden; so zeigten die Metakomponenten des Entscheidens über die Natur eines Problems, des Auswählens einer Repräsentation und des Kontrollierens („monitoring“) eine signifikante Entwicklung. Aus unserer Sicht stützt das die Annahme, daß die Kinder ein mentales Schema für die Lösung von Problemen konstruierten, einschließlich eines „Monitors“, der eine Übereinstimmung der laufenden Problemlöseprozesse mit diesem Schema feststellt. Im Hinblick auf die Entwicklung der Fähigkeit, geeignete Lösungsstrategien auszuwählen, erwiesen sich die „Logo-Umgebungen“ als weniger wirksam. Es mag sein, daß reguläre Schulaufgaben und -tests den Kindern reichlich Gelegenheiten bieten, Erfahrungen in der Auswahl von Strategien zu sammeln. Andererseits werden in schulischen Settings die Fähigkeiten, über die Natur eines Problems zu entscheiden, eine geeignete Repräsentation auszuwählen und Problemlöseprozesse zu kontrollieren, seltener betont. Die geringere strategische Effektivität des Arbeitens mit Logo zeigte sich auch in Untersuchungen anderer, in denen es um Fähigkeiten des Planens ging (Pea & Kurland, 1984).

Eine alternative Erklärung dafür ist, daß Wissensstrukturen, die Kinder aufgrund der Arbeit mit Logo aufbauen, sich in ihrer Generalisierbarkeit über die verschiedenen Metakomponenten unterscheiden. Wurden die Kinder beispielsweise darin unterrichtet, eine Strategie (einen Plan) auszuwählen, betonten die Lehrer in der Logo-Umgebung eher spezifische Strategien wie zum Beispiel, eine Planzeichnung anzufertigen und Lösungsprozeduren zu skizzieren. In diesem Falle könnten sich die metakognitiven Prozesse durchaus als Teil eines lokalen Systems herauskristallisiert haben. Dann wären sie eng mit den hier gespeicherten spezifischen Strategien verbunden und nicht verfügbar für die Aus-

führung im globalen System. Das lokale System wäre somit nur eingeschränkt von Nutzen, um Probleme eines anderen Typs (wie die Testaufgaben) zu lösen. Demgegenüber wurden die anderen metakognitiven Prozesse ebenso in allgemeinen Termen ausgedrückt, wie sie in bereichsspezifischen Anwendungen verankert wurden. Deshalb fiel es den Kindern auch leichter, auf sie bei der Bearbeitung der Testaufgaben zurückzugreifen. Betrachten wir das Lehren von Strategien, sich selbst Fragen zu stellen, und zwar zur Natur des Problems (z.B. „Was versuche ich gerade zu tun?“) oder zum „monitoring“ (z.B. „Warum tue ich das, was ich tue?“ und „Macht das einen Sinn?“), so können wir feststellen, daß sich diese Fragen stets auf spezifische Handlungen des „debugging“ bezogen.

Relativ übereinstimmend wird in der einschlägigen Literatur von einem Effekt des Arbeitens mit Logo auf das kognitive „monitoring“ berichtet (Clements, 1986a; Clements & Gullo, 1984; Miller & Emihovich, 1986; Silvern, Lang, McCary & Clements, 1987). Analysiert man diese Befunde etwas näher, kann man zu der Annahme gelangen, daß die Logo-Umgebung, wie wir sie in unseren neuesten Untersuchungen benutzten (Clements, 1990), die Kinder eher befähigte, allgemeine Kontrollprozesse zu entwickeln, während der Aufbau bereichsspezifischen Wissens und andere metakognitive Prozesse als Aspekte des Problemlösens in den Hintergrund traten. Für das Entdecken von irreführender Information in den zwei Problemen, bei denen die geringste Differenz zwischen den Gruppen vorlag, war auch Wissen und eine sensitive Nutzung von Wissenserwerbsprozessen erforderlich (Sternberg, 1985). In einem Falle bestand beispielsweise die irreführende Information darin, das Gewicht eines Mädchens, das auf einem Bein stand, zu verdoppeln, um ihr Gewicht zu bestimmen, wenn sie auf zwei Beinen stand. Bei drei anderen Problemen (z.B. das Problem „Die Schwester, die dreimal so alt war wie Albert“) war weniger das verfügbare Wissen als die Evaluation internaler Konsistenz entscheidend; hier erzielten die Kinder, die mit Logo gearbeitet hatten, auch wesentlich höhere Testwerte.

2.2 Die Rolle sozialer Interaktionen

Die Logo-Umgebung erwies sich auch in bezug auf soziale Aspekte des Lernens als nahezu vollständig. Die Kinder lernten paarweise, und Lehrpersonen ermutigten sie, vorgegebene Probleme in kooperativer Weise zu lösen. Über verschiedene Studien hinweg stützen Beobachtungen der sozial-kognitiven Prozesse die Annahme, daß (a) unterschiedliche Typen von Lernumgebungen unterschiedliche Typen sozialer Interaktionen erzeugen, und daß (b) bestimmte sozial-kognitive Interaktionen den kognitiven Fortschritt erleichtern, indem sie die Effekte der Umgebungen verstärken.

Befunde unserer früheren Studien stützen die Annahme, daß Logo aufgrund der Interaktion zwischen Gleichaltrigen die metakognitive

Verarbeitung unterstützt und erleichtert (Clements & Nastasi, 1988). Logo- und CAI-Umgebungen regen gleichermaßen eine kooperative Interaktion an, aber in der Logo-Umgebung begünstigt die Existenz gemeinsamer Ziele und die Notwendigkeit gemeinsamen Problemlösens die Entwicklung von Fähigkeiten, spezielle Probleme (wie zum Beispiel kognitive Konflikte) zu lösen. Beziehungen zwischen den beobachteten sozialen Prozessen und den Fortschritten in der metakognitiven Verarbeitung konnten in dieser Studie aber nicht festgestellt werden. Darauf aufbauend, konnten Nastasi, Clements und Battista (1990) den Nachweis erbringen, daß die Lösung eines kognitiven (nicht eines sozialen) Konflikts von größerer Bedeutung ist als sein Eintreten. Während sich keine Differenzen im Ausmaß sozialer Konflikte feststellen ließen, fanden sie deutliche Unterschiede bei kognitiven Konflikten, wobei die Logo-Gruppe mehr Zeit für die Erfassung des kognitiven Konflikts aufbrachte als dafür, ihn zu lösen. Um die unterschiedlichen Effekte der Arbeit mit Logo auf eine ausführungorientierte Verarbeitung zurückzuführen, kam freilich die erfolgreiche Lösung eines kognitiven Konflikts eher in Betracht als seine bloße Existenz. Somit stützte diese Untersuchung die Annahme, daß die Entwicklung von Prozessen eines höheren Denkniveaus durch die Lösung kognitiver Konflikte, die aus der sozialen Interaktion erwachsen, erleichtert wird.

Unsere letzte Untersuchung zu sozial-kognitiven Prozessen entwarfen wir, um spezifische Lösungsstrategien zu identifizieren, die der kontinuierlichen Verbesserung kognitiver Funktionen dienen (Nastasi & Clements, i.Dr.). Strategien, die ein Aushandeln von Perspektiven und gemeinsamen Lösungen erlaubten, erwiesen sich als besonders relevant. Die Lösung kognitiver Konflikte stellte sich als der primäre Mediator zwischen dem experimentellen Treatment und den Zugewinnen in der Fähigkeit einer ausführungorientierten Verarbeitung heraus. Eine solche Verarbeitung wurde begünstigt, wenn die Kinder auftretende kognitive Konflikte auch „kognitiv“ lösten, indem sie ihre unterschiedlichen Vorstellungen und Meinungen ausdiskutierten. (Kinder der Vergleichsgruppe benutzten demgegenüber zur Konfliktlösung häufiger eine Strategie sozialer Verhandlungen, zum Beispiel „Gut, wir benutzen beim letzten Mal Deine Idee, so daß es nun Zeit wird, auch mal meine zu benutzen“.) Dies bestätigt die grundlegende Bedeutung kognitiver Konflikte (zwischen Personen) für die Förderung der kognitiven Entwicklung. Dementsprechend ist die Ausgangstheorie um die Annahme zu erweitern, daß die kognitive Entwicklung wesentlich durch das Lösen kognitiver Konflikte beeinflusst wird, und daß dabei Versuche, unterschiedliche Sichtweisen zu vereinen, von besonderer Bedeutung sind. Zukünftig sollte man durch gezielte Forschung herauszufinden versuchen, ob die kognitive Entwicklung auf direkte Beziehungen zwischen Konfliktlösungen und kognitiven Aktivitäten auf höherem Niveau zurückgeführt werden kann, oder ob sie im Zuge des Problemlösens eher

indirekt aus den Erfahrungen mit Perspektivensetzungen und/oder einer gleichzeitigen Kontrolle („monitoring“) eigener und fremder Sichtweisen erwächst. Da wir in unseren Studien auch sozial-kognitive Interaktionen beobachten konnten, die spontan abliefen, während die Kinder in einer spezifischen Logo-Umgebung arbeiteten, glauben wir, an zukünftige Forschungsaktivitäten die Forderung stellen zu können, das Augenmerk auf pädagogische Interventionen zu richten, die spontane sozial-kognitive Interaktionen erleichtern. Ihre Effizienz sollte empirisch evaluiert werden. Des Weiteren sollten zukünftig auch andere kognitive Aspekte der Lernumgebung sowie ihre Interaktion mit sozialen Aspekten untersucht werden.

2.3 Die Rolle von Logo

Die Logo-Sprache an sich konstituiert weder eine notwendige noch hinreichende Bedingung für die kognitive Entwicklung. Doch spielt Logo u.E. eine bedeutende Rolle als Katalysator, da sich die Arbeit mit Logo offensichtlich gut eignet, um auf implizite Weise metakognitive Prozesse auszulösen und metaphorisches Denken (als Hilfe für diese Prozesse) zu fördern. Das heißt, der Isomorphismus zwischen dem allgemeinen Informationsverarbeitungsansatz, in den Sternbergs Komponenten-Theorie eingebettet ist, und dem computerwissenschaftlichen Rahmen von Logo erlaubt uns, die prozedurale Programmierung als Metapher für das Funktionieren der Sternberg'schen Komponenten zu betrachten. Die Kinder externalisieren ihre Lösungen in Logo als Lösungen der „turtle“. Logo-Prozeduren können als Metaphern für mentale Schemata benutzt werden, die Lösungen für Probleme repräsentieren; diese werden somit auffälliger und einer Reflexion zugänglicher (Papert, 1980), und es wird wahrscheinlicher, daß sie das Denken über Denken erleichtern. Diese prozedurale Architektur von Logo kann wiederum als Metapher für das Funktionieren der Metakomponenten Sternbergs dienen — zum Beispiel das „debugging“ als Metapher für kognitives „monitoring“. Somit kann Logo als ein Mittel dienen, um die Rolle des Lehrers als Vermittler metakognitiver Erfahrungen zu erleichtern. Darüber hinaus unterstützen Logo-Umgebungen (wie die oben beschriebenen) soziale Interaktionen zwischen Gleichaltrigen, die stärker auf Lernen und Problemlösen ausgerichtet sind als traditioneller Klassenunterricht oder CAI. Sie regen selbstgeleitetes Problemlösen an (d.h. Kinder lösen Probleme, die sie selbst festgestellt haben — ohne Hilfe oder Anleitung durch den Lehrer) und vermitteln das Bewußtsein gemeinsamer Probleme. Schließlich erzeugen sie Konflikte, aber auch Verhandlungen, um die Konflikte zu lösen (Clements & Nastasi, 1985, 1988; Nastasi et al., 1990). Insbesondere aber begünstigen sie Konfliktlösungen auf einem höheren Denkniveau, indem kognitive Konflikte auch kognitiv gelöst werden.

Es gibt Autoren, die grundsätzlich davon ausgehen, daß alle Bemühungen, Denkfähigkeiten auf einem höheren Niveau zu entwickeln, in das gesamte Curriculum integriert werden sollten. Tatsächlich haben sich Transfereffekte in unseren Untersuchungen aufgrund ihrer unzureichenden Integration in den üblichen Schulunterricht der Kinder abgeschwächt. Obwohl eine solche Integration ratsam ist, führt sie oft zu Diffusion, was dann die Konzentration und den Einfluß von Unterrichtsprogrammen stark beeinträchtigt (Clements, 1990). Außerdem fällt es Lehrpersonen oft schwer, Lehrmethoden eines höheren Niveaus (wie Erklären, Modellieren, „scaffolding“ und Reflexion) — speziell im Kontext des Lehrens traditioneller Lehrinhalte — zu realisieren (vgl. Pogrow, 1988). Vor diesem Hintergrund gewinnt ein Trainingsprogramm wie das unsere, das in spezifischer Weise Denken auf einem höheren Niveau anvisiert und zugleich auch noch Unterrichtskonzeptionen für die Computerwissenschaft und Mathematik entwickelt (Clements & Battista, 1989), eine zentrale Bedeutung für die Förderung der kognitiven Entwicklung von Kindern.

Anmerkung der Herausgeber

- ¹ Wenn Clements hier und an anderen Stellen von „Kindern“ spricht, die als Versuchspersonen an seinen Untersuchungen teilnahmen, handelt es sich um Schüler und Schülerinnen im Grundschulalter (1.-3. Klassenstufe, 6-9 Jahre alt) (vgl. zum Beispiel: Clements & Nastasi, 1988; Clements, 1991).

Literatur

- ANDERSON, J.R. (1983): *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- CLEMENTS, D.H. (1983-84): Supporting young children's Logo programming. *The Computing Teacher*, 11 (5), 24-30.
- CLEMENTS, D.H. (1986a): Effects of Logo and CAI environments on cognition and creativity. *Journal of Educational Psychology*, 78, 309-318.
- CLEMENTS, D.H. (1986b): Logo and cognition: A theoretical foundation. *Computers in Human Behavior*, 2, 95-110.
- CLEMENTS, D.H. (1990): Metacomponential development in a Logo programming environment. *Journal of Educational Psychology*, 82, 141-149.
- CLEMENTS, D.H. (1991): Enhancement of creativity in computer environments. *American Educational Research Journal*, 28, 173-187.
- CLEMENTS, D.H. & BATTISTA, M.T. (1989): Learning of geometric concepts in a Logo environment. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20, 450-467.
- CLEMENTS, D.H. & BATTISTA, M.T. (1991): *Logo geometry* [Computer program]. Morristown, NJ: Silver Burdett & Ginn.
- CLEMENTS, D.H. & GULLO, D.F. (1984): Effects of computer programming on young children's cognition. *Journal of Educational Psychology*, 76, 1051-1058.
- CLEMENTS, D.H. & MERRIMAN, S.L. (1988): Componential developments in Logo programming environments. In R. Mayer (Ed.), *Teaching and learning computer programming: Multiple research perspectives* (pp. 13-54). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- CLEMENTS, D.H. & NASTASI, B.K. (1985): Effects of computer environments on social-emotional development: Logo and computer-assisted instruction. *Computers in the Schools*, 2 (2-3), 11-31.
- CLEMENTS, D.H. & NASTASI, B.K. (1988): Social and cognitive interactions in educational computer environments. *American Educational Research Journal*, 25, 87-106.
- CLEMENTS, D.H. & NASTASI, B.K. (1990): Dynamic approach to measurement of children's metacomponential functioning. *Intelligence*, 14, 109-125.
- DE CORTE, E. & VERSCHAFFEL, L. (1989): Logo: A vehicle for thinking. In B. Greer & G. Mulhern (Ed.), *New directions in mathematics education* (pp. 63-81). London/New York: Routledge.
- DOISE, W. & MUGNY, G. (1984): *The social development of the intellect*. New York: Pergamon.
- FLAVELL, J.H. (1981): *Cognitive monitoring*. New York: Academic Press.
- JOHNSON, D.W.; JOHNSON, R.T.; PIERSON, W.T. & LYONS, V. (1985): Controversy versus concurrence seeking in multi-grade and single-grade learning groups. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 835-848.
- JOHNSON, R.T.; JOHNSON, D.W. & STANNE, M.B. (1986): Comparison of computer-assisted cooperative, competitive, and individualistic learning. *American Educational Research Journal*, 23, 382-392.
- MARKMAN, E.M. (1981): Comprehension monitoring. In W.P. Dickson (Ed.), *Children's oral communication skills* (pp. 61-84). New York: Academic Press.
- MILLER, G.E. & EMIHOVICH, C. (1986): The effects of mediated programming instruction on preschool children's self-monitoring. *Journal of Educational Computing Research*, 2 (3), 283-297.
- MINSKI, M. (1986): *The society of mind*. New York: Simon and Schuster.
- NASTASI, B.K. & CLEMENTS, D.H. (in press): Social-cognitive behaviors and higher-order thinking in educational computer environments. *International Journal of Educational Research*.
- NASTASI, B.K.; CLEMENTS, D.H. & BATTISTA, M.T. (1990): Social-cognitive interactions, motivation, and cognitive growth in Logo programming and CAI problem-solving environments. *Journal of Educational Psychology*, 82, 150-158.
- PAPERT, S (1980): *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- PEA, R.D. & KURLAND, D.M. (1984): *Logo programming and the development of planning skills*. Technical Report No. 16. Unpublished manuscript, Bank Street College of Education, Center for Children and Technology, New York.
- PERRET-CLERMONT, A. (1980): *Social interaction and cognitive development in children*. New York: Academic Press.
- PIAGET, J. & INHELDER, B. (1967): *The child's conception of space*. New York: W.W. Norton & Co.
- POGROW, S. (1988): *Evaluation of the Chapter I higher order thinking skills project*. Unpublished manuscript, University of Arizona, Tucson, AZ.
- SILVERN, S.B.; LANG, M.K.; McCARY, J.C. & CLEMENTS, D.H. (1987, April): *Logo, teaching strategies, and computer effects on metacognition*. Paper presented at the meeting of the American Educational Research Association, Washington, DC.
- SIMON, H.A. (1980): Problem solving and education. In D.T. Tuma & F. Reif (Ed.), *Problem solving and education: Issues in teaching and research* (pp. 81-96). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- STERNBERG, R. (1985): *Beyond IQ*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Anschrift des Autors:

Douglas H. Clements, State University of New York at Buffalo, Department of Learning and Instruction, 593 Baldy Hall, Buffalo, NY 14260.