

Studien und Berichte 43

Eberhard Schröder

Entwicklungs- sequenzen konkreter Operationen

Eine empirische Untersuchung
individueller Entwicklungs-
verläufe der Kognition

Mit einem Vorwort von
Wolfgang Edelstein



Max-Planck-Institut für Bildungsforschung

[1986]



E 87/3057 5

Studien und Berichte

In dieser Reihe veröffentlicht das Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Lentzeallee 94, 1000 Berlin 33, abgeschlossene Forschungsberichte, die vorwiegend eine spezielle Thematik behandeln..

Bestellungen erbeten an den Verlag Klett-Cotta, Rotebühlstraße 77, 7000 Stuttgart 1.
Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit Zustimmung des Instituts gestattet.

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	7
	Zusammenfassung	10
	Summary	11
0.	Einleitung	13
1.	Theoretische Grundannahmen der kognitiven Entwicklungstheorie Piagets	15
1.1	Epistemologische Grundannahmen des genetischen Strukturalismus	15
1.2	Ein Grundmodell der kognitiven Entwicklung nach Piaget	17
1.3	Konzepte der Entwicklung in der Theorie Piagets	20
1.4	Die Entwicklung konkreter Operationen	24
2.	Methodologische Implikationen bei der Analyse von Entwicklungssequenzen	28
2.1	Eine Taxonomie entwicklungspsychologischer Hypothesenbildung	28
2.2	Sequenzhypothesen als aussagenlogisch formulierte Relationen	33
2.3	Die Sequenzmethode: Eine Weiterentwicklung der Bedingungsanalyse	37
3.	Logische Analyse der Erwerbssequenzen	42
3.1	Mögliche Entwicklungshypothesen bei der Genese konkreter Operationen und Sammlung empirischer Ergebnisse	42
3.2	Logische Analyse der Anforderungsstruktur von Invarianz-, Klasseninklusions- und logischen Multiplikationsurteilen	46
3.2.1	Konservierung/Invarianz	46
3.2.2	Klasseninklusion und Addition von Klassen	47
3.2.3	Logische Multiplikation von Klassen	48
3.3	Transformation der aufgabenstrukturellen Transitivitätsbeziehungen in ein entwicklungs- logisches Sequenzmodell	50

4.	Statistische Verfahren	55
4.1	Methodologische Anforderungen an die statistischen Verfahren	55
4.2	Statistische Verfahren: AMIR, DM5 und DEL	55
5.	Die Untersuchung und die Instrumente zur Überprüfung konkreter Operationen	63
5.1	Beschreibung und Design der Längsschnittstudie „Kindliche Entwicklung und soziale Struktur“	63
5.2	Erhebungsmethode und Testinstrumente für die konkreten Operationen	65
5.2.1	Invarianz/Konservierung	65
5.2.2	Klasseninklusion	66
5.2.3	Logische Multiplikation	66
6.	Die empirische Untersuchung und ihre Ergebnisse	69
6.1	Auswahl der Variablen für das Entwicklungsmodell	69
6.2	Arbeitshypothesen und statistische Auswertungen	71
6.2.1	Arbeitshypothese 1: Allgemeine Entwicklungstrends	71
6.2.2	Arbeitshypothese 2: Zusammenhänge zwischen den Aufgaben	71
6.2.3	Arbeitshypothese 3: Bereichsspezifische Entwicklung	74
6.2.4	Arbeitshypothese 4: Überprüfung des Entwicklungs- modells – Testmodell I	77
6.2.4.1	Diskussion der Ergebnisse von Testmodell I	85
6.2.5	Arbeitshypothese 5: Modifikation des Entwicklungs- modells – Testmodell II	90
7.	Gesamtdiskussion der Ergebnisse und Schlußfolgerungen	99
7.1	Gesamtdiskussion der Ergebnisse	99
7.2	Schlußfolgerungen	102
	Literaturverzeichnis	106

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Modell der geistigen Entwicklung nach Piaget	18
Abb. 2: Taxonomie von Entwicklungshypothesen nach Buss (1979) – Niveau I	29
Abb. 3: Taxonomie von Entwicklungshypothesen nach Buss (1979) – Niveau II	31
Abb. 4: Logische Relationstypen und Fehlermuster in Kontingenztafeln	36
Abb. 5: Konfigurations- versus Konstellationsanalyse – Sequenzanalyse	38
Abb. 6: Darstellung der Erwerbssequenz von A und B	40
Abb. 7: Taxonomie von Entwicklungshypothesen nach Buss (1979) – Niveau III	41
Abb. 8: Erwerbsabfolge der drei konkret-operationalen Substrukturen Invarianz (IN), Klasseninklusion (KI) und Logische Multiplikation (LM)	50
Abb. 9: Erhebungsdesign der Island-Studie als Basis für das Sequenzmodell	51
Abb. 10: Synchronmodell der Entwicklung konkreter Operationen	51
Abb. 11: Diachronmodell der Entwicklung konkreter Operationen	52
Abb. 12: Sequenzmodell der Entwicklung konkreter Operationen	53
Abb. 13: Kontingenztafel zweier nach Schwierigkeit geordneter Variablen	56
Abb. 14: Prozedere des statistischen Verfahrens AMIR zur Exploration von logischen Relationen	58
Abb. 15: Projekt „Kindliche Entwicklung und soziale Struktur“: Hypothetische Beziehungen zwischen Bereichen	63
Abb. 16: Stichprobenplan des Projektes „Kindliche Entwicklung und soziale Struktur“	64
Abb. 17: Korrelationskoeffizienten für jene Variablen, die in das Entwicklungsmodell eingehen	74
Abb. 18: Entwicklungsmodell der konkreten Operationen – Testmodell I	78
Abb. 19: Pfadmodell der Entwicklung konkreter Operationen I	80
Abb. 20: Matrizendarstellung des Entwicklungsmodells I	81
Abb. 21: Entwicklungsmodell der konkreten Operationen – Testmodell II	91
Abb. 22: Pfadmodell der Entwicklung konkreter Operationen II	93
Abb. 23: Matrizendarstellung des Entwicklungsmodells II	94

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Taxonomie von acht der neun von Piaget definierten Gruppierungen	27
Tab. 2: Entwicklungspsychologische Hypothesentypen und Methoden	32
Tab. 3: Kontingenztabelle zweier alternativer Ereignisse	35
Tab. 4: Zusammenfassende Tabelle der analytischen Merkmale des Sequenzmodells	53
Tab. 5: Projekt „Kindliche Entwicklung und soziale Struktur“: Erhebungsplan	64
Tab. 6: Beschreibung der konkret-operationalen Aufgaben	67
Tab. 7: Lösungswahrscheinlichkeiten der Invarianz-, Klasseninklusions- und Matrizenaufgaben	72
Tab. 8: Matrizen der phi-Koeffizienten aller Assoziationen zwischen den Substrukturen	73
Tab. 9: Matrix der logischen Relationen zwischen den Invarianzaufgaben zum Meßzeitpunkt 1	75
Tab. 10: Verlaufsstrukturen zwischen den Bereichen der Invarianz	76
Tab. 11: Verzeichnis der zulässigen Patterns gemäß Testmodell I	79
Tab. 12: Verzeichnis der durch das Verfahren DM5 geschätzten Parameter – Testmodell I	83
Tab. 13: Verzeichnis der durch das Verfahren DEL berechneten Schätzwerte – Testmodell I	84
Tab. 14: Matrizen aller logischen Relationen zwischen den Substrukturen	86
Tab. 15: Verzeichnis der zulässigen Patterns gemäß Testmodell II	92
Tab. 16: Verzeichnis der durch das Verfahren DM5 geschätzten Parameter – Testmodell II	96
Tab. 17: Verzeichnis der durch das Verfahren DEL berechneten Schätzwerte – Testmodell II	97

Vorwort

Die vorliegende Arbeit ist im Projekt „Kindliche Entwicklung und soziale Struktur“ entstanden. Dieses Projekt verfolgt längsschnittlich eine Stichprobe aus isländischen Stadtkindern und Landkindern vom 7. bis zum 15. Lebensjahr in der Absicht, die Entwicklung kognitiver und sozialkognitiver Kompetenzen und Persönlichkeitsressourcen in Interaktion mit performanzbestimmenden Bedingungssystemen der inneren und äußeren Natur zu analysieren. Die von E. Schröder vorgelegte Arbeit leistet einen wichtigen substanzwissenschaftlichen und methodischen Beitrag zu diesen Analysen.

Um den Stellenwert dieser strukturanalytischen Arbeit im Bereich der kognitiven Entwicklung einschätzen zu können, muß kurz der Zusammenhang entfaltet werden, in dem sie steht. In den späten siebziger Jahren haben wir Björnssons epidemiologische Daten über 1100 Familien in Reykjavik unter soziologischen und sozialisationstheoretischen Gesichtspunkten einer erneuten Analyse unterworfen (Björnsson, Edelstein, & Kreppner 1977). In diesem Zusammenhang wurden erstmals in Island Maße für soziale Schicht entwickelt. Die sechs in der Untersuchung validierten sozialen Schichten (ungelehrte Arbeiter, gelehrte Arbeiter und Handwerker, ungelehrte Angestellte, Lehrer und technische Dienstleistungsberufe, Selbständige, akademische Berufe und leitende Angestellte sowie hohe Beamte in Wirtschaft und Politik) erklärten einen unerwartet hohen Anteil der Varianz in einer Anzahl „psychologischer“ Variablen (zum Beispiel verbaler und nonverbaler IQ, Schulleistungen, Symptombelastung, Erziehungsstil). Interessant an diesen Befunden war, daß egalitäre Auffassungen das soziale Bewußtsein bis zur Leugnung der Existenz sozialer Schichtung in der isländischen Gesellschaft bestimmten, während Schichteffekte zugleich eine deutliche, systematisch interpretierbare Ordnung in den Individualdaten erzeugten. Die Befunde wurden vor allem im Hinblick auf den Einfluß der plötzlich einsetzenden Modernisierung der isländischen Gesellschaft im zweiten Drittel dieses Jahrhunderts interpretiert, welche die traditionellen Sozialisationskontexte zerstört und neue, teils allgemein, teils schichtspezifisch wirksame „Entwicklungsökologien“ ausgebildet hat.

Diese Befunde legten nahe, in einem längsschnittlich angelegten Projekt der Frage nach Mechanismen der Erzeugung „psychologischer“ Ungleichheit im Entwicklungsverlauf nachzugehen, die in der Kultur vorfindlichen differentiellen Muster von Entwicklungsverläufen im kognitiven, sozio-moralischen und Persönlichkeitsbereich zu beschreiben, sie aus der Interaktion sozial-struktureller, sozialisatorischer und psychologisch-struktureller Variablen zu erklären, und schließlich ihre Auswirkungen in entwicklungs- und sozialisationsabhängigen Kontexten (etwa der Schule) zu untersuchen.

Das Projekt wurde 1976 mit Messungen in den soeben genannten Bereichen an 121 neu eingeschulten 7jährigen in Reykjavik und 65 Kindern aus drei historisch und sozio-ökonomisch unterschiedlichen Landgemeinden begonnen. Die Stichprobe wurde seitdem periodisch erneut untersucht (Edelstein 1979).

Das Projekt verfolgt mehrere Ziele auf unterschiedlichen Ebenen: die längsschnittliche Beschreibung individueller Entwicklungsverläufe in den Bereichen der Kognition, der sozialen Kognition und Moral sowie der Ichentwicklung in der mittleren Kindheit und der Adoleszenz; die Rekonstruktion differentieller Muster dieser Entwicklungsverläufe, bereichsspezifisch und bereichsübergreifend; die Erklärung solcher Entwicklungstypen als Folge der Dialektik von interner Entwicklungsdynamik und Kontext – wobei sowohl subjektinterne Bedingungen, etwa affektive Dispositionen, als auch subjektexterne Strukturen der sozialen und sozialisatorischen Umwelt und deren Interaktion als Entwicklungskontexte gelten; schließlich die Analyse von Entwicklungsfolgen für die Anpassung an institutionelle Leistungskontexte.

In diesen Kontext fügen sich die Strukturanalysen ein, die E. Schröder im Bereich der kognitiven Entwicklung durchgeführt hat. Der Verfasser sucht dabei, anders als in der Entwicklungspsychologie der kognitiven Prozesse üblich, stringent der Theorie angemessene Methoden der Datenerzeugung, der Kodierung und der Modellbildung einzusetzen. In der Vergangenheit ist die kognitive Entwicklungspsychologie gerade in dieser Hinsicht häufig wenig rigoros verfahren. So hat sie relativ unbekümmert um die theoretischen Voraussetzungen bei der Überprüfung von hierarchischen Zusammenhängen an korrelationsstatistischen Verfahren festgehalten. E. Schröder setzt ein von ihm entwickeltes sequenzanalytisches Modell ein, um die empirischen Daten auf ihre hierarchischen Strukturen zu prüfen und die logischen Implikationsverhältnisse zwischen Items, die der Entwicklungshypothese gemäß unterschiedliche Positionen in einer Erwerbsequenz einnehmen, zu rekonstruieren. Der Gewinn einer stringenten Anwendung sequenzlogischer Modelle für die Entwicklungspsychologie kognitiver Prozesse liegt auf der Hand: Sie ermöglichen es, die Existenz notwendiger beziehungsweise hinreichender Bedingungen für den Erwerb einer Fähigkeit festzustellen und damit einerseits eine der Strukturtheorie der kognitiven Entwicklung angemessene Methode auszubilden, andererseits eine für die Entwicklungsdiagnose auch im Anwendungsbereich relevante Strategie einzuführen. Durch die mit Hilfe sequenzlogischer Verfahren vorgenommene Rekonstruktion individueller Entwicklungsmuster können theoretisch postulierte invariable – universelle – Entwicklungssequenzen, aber auch individuelle Entwicklungspfade rekonstruiert werden, die von dem über die Individuen aggregierten Entwicklungsverlauf abweichen. Die Rekonstruktion alternativer Entwicklungspfade stellt dabei eine Möglichkeit dar, qualitative wie quantitative Variationen zwischen individuellen Entwicklungsverläufen aufzudecken und damit dem Begriff der „*décalage*“ in der Tradition Piagets einen neuen und weiteren Sinn zu erschließen. Als Voraussetzung für die Analyse interindividueller Unterschiede intraindividuelle Veränderungen eröffnet die Rekonstruktion individueller Entwicklungspfade darüber hinaus die Möglichkeit, den Wirkungen performanzbestimmender Systeme (etwa

des Systems sozialer Ungleichheit, des Sozialisationsmilieus, der Entwicklungsintervention durch vorschulische Erziehungsmaßnahmen) auf die Kompetenzentwicklung nachzugehen oder die Folgen qualitativer Unterschiede der kognitiven Entwicklung auf entwicklungsabhängige Bereiche der individuellen Leistung (zum Beispiel in der Schule) zu analysieren.

E. Schröder hat seine sequenzlogische Methodologie empirisch auf die Entwicklung konkreter Operationen im Alter von sieben bis neun Jahren angewendet und die Konsolidierung der konkret-operationalen Gesamtstruktur rekonstruiert. Er leitet seine Arbeit durch eine knappe Darstellung relevanter Aspekte der Theorie der kognitiven Entwicklung von Piaget ein, um sodann die Logik der Sequenzanalyse zu entfalten. Dabei geht er von einer aussagenlogischen Formulierung von Entwicklungshypothesen aus und gelangt zu einem theoretisch begründeten Modell für die Analyse binär kodierter, hierarchisch strukturierter Längsschnittdaten. Dieses Modell wird auf die konkreten Operationen angewandt, die im Projekt „Kindliche Entwicklung und soziale Struktur“ vor allem durch Aufgaben zur Invarianz, Klasseninklusion und Logischen Multiplikation repräsentiert sind. In diesem Kontext macht Schröder die zentrale Rolle deutlich, die die Aufgabenanalyse für die Konstruktion von Entwicklungssequenzen hat, und liefert eine überzeugende Kritik der korrelationsstatistischen Beweisführung bei ihrer Prüfung. In einem eigenen Kapitel werden die statistischen Verfahren zur Prüfung von Entwicklungshypothesen eingeführt und bewertet, ehe im zweiten Teil der Arbeit die Anwendung der Sequenzanalyse auf die Daten des Projekts dargestellt wird. Die statistische Evaluation führte zu einer Bestätigung des postulierten Modells.

In dreifacher Hinsicht ist Schröders Arbeit für unsere Studie wertvoll: Sie stellt eine gelungene empirische Analyse unserer Daten dar; sie repräsentiert einen bemerkenswerten methodischen Beitrag zur entwicklungspsychologischen Forschung; und sie löst eine wichtige didaktische Aufgabe bei der Vermittlung einer Methodologie, die genuine Fortschritte in der Analyse intraindividuelle Veränderungen verspricht.

Wolfgang Edelstein

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit stellt einen Beitrag zur Theorie der Entwicklung konkreter Operationen dar. Es soll überprüft werden, ob drei konkret-operationale Konzepte (Konservierung, Klasseninklusion und Logische Multiplikation) sukzessive, das heißt in Form einer Entwicklungssequenz, erworben werden. Diese Erwerbshypothese (*décalage horizontal*) gründet sich auf eine aufgabenstrukturelle Analyse der untersuchten Konzepte. Zur Untersuchung längsschnittlich gemessener intraindividuelle Entwicklungsveränderungen wurde eine Auswertungsmethode, die sogenannte Sequenzanalyse, entwickelt. Dieses Verfahren erlaubt eine gegenstandsangemessene Analyse von sequentiellen Daten. In einem zweiten Schritt wurde die Erwerbshypothese aussagenlogisch formuliert; diese Überführung ermöglicht die Abbildung non-linearer Entwicklungsprozesse. Spezifische, zum Teil der Ordnungstheorie entstammende Verfahren wurden zur statistischen Evaluation der Ergebnisse der individuellen Entwicklung konkreter Operationen benutzt. Das aufgrund der Verschiebungshypothese postulierte Entwicklungsmodell konkreter Operationen wurde als Teil des Projektes „Kindliche Entwicklung und soziale Struktur“ am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin, an einer längsschnittlich gemessenen Stichprobe von 121 isländischen Kindern im Alter von sieben bis neun Jahren geprüft und bestätigt.

Summary

The present investigation is a contribution to the theory of the acquisition of concrete operations. The assumption is tested that three concrete-operational concepts (Conservation, Class Inclusion and Logical Multiplication) are acquired successively in form of an invariable stage sequence. The hypothesis of a developmental sequence (*décalage horizontal*) is based on a logical task analysis of the concepts. For the study of longitudinally measured, intraindividual developmental changes, a specific evaluation strategy, termed sequence method, was developed. This procedure permits an adequate analysis of sequential data. In a second step of the analysis the developmental hypothesis was formulated in terms of propositional calculus. This transformation is constitutive for the modelling of non-linear processes of acquisition in development. Specific procedures partly derived from order-theory were used to evaluate the results of individual development in concrete operations. Based on the *décalage* hypothesis, the postulated developmental model was tested and confirmed in a longitudinal study conducted as part of the project "Child Development and Social Structure" of the Max Planck Institute for Human Development and Education, Berlin, on an Icelandic sample of 121 children aged seven through nine.

0. Einleitung

In den letzten 15 Jahren kam es auf dem Gebiet der Analyse von Entwicklungssequenzen (intraindividuelle Veränderungen) im theoretischen, konzeptuellen und methodologischen Bereich zu zahlreichen Neuerungen, an denen unter anderem Autoren wie Elkind & Flavell (1969), Flavell & Wohlwill (1969), Froman und Hubert (1980), Henning & Rudinger (1984, im Druck), Hoppe, Schmid-Schönbein & Seiler (1977), Hoppe-Graff (1982) und Wohlwill (1977) beteiligt waren. Diese Fortschritte konnten sowohl disziplinübergreifend, etwa in der Statistik, als auch in unterschiedlichen Fachrichtungen der Psychologie, etwa der Entwicklungspsychologie oder der pädagogischen Psychologie, verzeichnet werden.

Daß gerade die Entwicklungspsychologie einen Vorstoß in diese Richtung gemacht hat, liegt wohl hauptsächlich am Gegenstandsbereich ihrer Forschung. Eine Wissenschaft, die bestrebt ist, ontogenetische Prozesse des Verhaltens und Handelns zu analysieren, muß zwangsläufig über eine Methodologie verfügen, die eine Untersuchung von *Veränderungen* gestattet. Einige genuin entwicklungspsychologische Theorien, die die Veränderung von Verhalten genetisch zu erklären suchten (zum Beispiel Piaget 1977), leisteten dem methodologischen Interesse auf der theoretischen Ebene insofern Vorschub, als sie theoriegeleitet Entwicklungssequenzen postulierten, für die jedoch eine angemessene empirische Evaluation nicht ohne weiteres durchführbar war.

Das diffizile Verhältnis zwischen epistemologischen und theoretischen Erfordernissen einerseits und empirischen Erfordernissen andererseits muß bei der Analyse und Prüfung theoriegeleiteter Hypothesen auch noch in Zukunft bestimmt werden; ebenso müssen die beiden Ebenen entwicklungspsychologischer Forschung noch stärker aufeinander bezogen werden (Campbell & Richie 1983; Fleisher Feldman & Toulmin 1976; Hoppe-Graff 1982).

Weiterhin werden dem Untersuchungsgegenstand angemessene Strategien in bezug auf Hypothesenbildung, Auswertung und statistische Verfahren gefordert (siehe unter anderem Brandtstädter & von Eye 1982; von Eye & Brandtstädter, im Druck; Henning & Rudinger 1984; Rudinger 1982; Rudinger, Chaselon, Zimmermann & Henning 1985); einen Ansatz dazu stellt zum Beispiel die Bedingungsanalyse von Hoppe-Graff (1982) dar.

In der vorliegenden Arbeit spielt die Analyse logischer Relationen eine große Rolle. Unter dieser Analyse wird aber nicht die empirische Untersuchung realer aussagenlogischer Funktionen verstanden. Diese bedürfen wohl keiner empirischen Evaluation. Vielmehr wird im vorliegenden Untersuchungskontext der Analyse logischer Relationen ein methodologischer Status in der Konstruktion

von Entwicklungsmodellen zugewiesen, die ihrerseits empirisch überprüft werden können. In diesem Kontext sind logische Relationen analytische Konstrukte, die Entwicklungs- beziehungsweise Erwerbssequenzen *strukturell* repräsentieren.

Im Rahmen dieser strukturanalytischen Forschungsrichtung untersucht die vorliegende Arbeit die Entwicklung konkreter Operationen. Dabei stehen Analyse und genetische Erklärung der intraindividuellen Veränderungen in der kognitiven Entwicklung im Vordergrund. Die Genese konkreter Operationen wird auf der Basis des Konzeptes der Entwicklungssequenz analysiert, da dieses Konzept speziell die intraindividuellen Veränderungen in der individuellen Entwicklung berücksichtigt. Dabei beschäftigen sich die ersten vier Kapitel allgemeiner mit den theoretischen und methodologischen Grundlagen für die Untersuchung, die dann in den Kapiteln 5 bis 7 beschrieben und mit ihren Ergebnissen diskutiert wird.

In Kapitel 1 der vorliegenden Arbeit werden die allgemeinen Konzepte der Entwicklung in der Theorie Piagets (und der Entwicklung speziell der konkreten Operationen) dargestellt; auch werden Termini und Definitionen in bezug auf theoretische und konzeptuelle Grundannahmen dieser Arbeit eingeführt.

Kapitel 2 ist der dem Untersuchungsgegenstand angemessenen Methode gewidmet. Es wird eine Methode (Sequenzmethode) vorgeschlagen, die es gestattet, Entwicklungssequenzen und individuelle Entwicklung auf der Grundlage einer Modellhypothese zu analysieren.

Kapitel 3 dient der Erstellung eines Entwicklungsmodells der konkreten Operationen. Die Entwicklungshypothese der horizontalen Verschiebung wurde durch eine logische Analyse der Anforderungsstrukturen der unterschiedlichen Aufgaben begründet.

Die statistischen Verfahren zur Überprüfung des Sequenzmodells werden im Anschluß daran in Kapitel 4 dargestellt, das den ersten, allgemeineren Teil abschließt.

Kapitel 5 leitet zu dem zweiten Teil der Arbeit über, in dem die empirische Untersuchung dargestellt wird. In diesem Kapitel werden die verwendeten Instrumente zur Erfassung konkreter Operationen diskutiert, anschließend wird die Längsschnittstudie beschrieben, aus der die Daten stammen.

Kapitel 6 ist den postulierten Arbeitshypothesen, die sich größtenteils aus den Kapiteln 1 bis 3 ergeben, und deren Überprüfung gewidmet, wobei die Abschnitte 6.2.4 und 6.2.5 der Überprüfung des postulierten Entwicklungsmodells der konkreten Operationen dienen.

In Kapitel 7 werden die Ergebnisse der Überprüfung des Entwicklungsmodells diskutiert und die Schlußfolgerungen daraus gezogen.

1. Theoretische Grundannahmen der kognitiven Entwicklungstheorie Piagets

1.1 Epistemologische Grundannahmen des genetischen Strukturalismus

Der erste Abschnitt dient sowohl dem Verständnis der epistemologischen Position Piagets als auch einer Begriffsbestimmung der wichtigsten Termini und ihrer Beziehung zueinander.

Der genetische Strukturalismus von Jean Piaget konzipiert kognitive Entwicklung und Erkennen als interaktiven und konstruktiven Prozeß. In Absetzung von anderen erkenntnistheoretischen Perspektiven, etwa der einer radikal empiristischen Tradition, betont Piaget, daß das Erkennen der äußeren Welt wie des eigenen Ichs nur im Rahmen von Interaktionen möglich ist, in denen das erkennende Subjekt eine aktive, konstruktive Rolle einnimmt, eine Notwendigkeit, die sich in den biologischen Anpassungs- (Adaptions-) und Erhaltungsnotwendigkeiten begründet. Auch Lorenz fordert, und zwar bezogen auf die phylogenetische Entwicklung, was Piaget bei der Analyse ontogenetischer Prozesse unterstellt, daß

„wie andere im Lauf der Stammesgeschichte entstandene und der Arterhaltung dienende Leistungen [...] auch die des menschlichen Erkennens [...] als Funktion eines realen und auf natürlichem Wege entstandenen Systems, das mit einer ebenso realen Außenwelt in Wechselwirkung steht, [untersucht werden soll].“ (Lorenz 1981, S. 14)

Eine Wechselwirkung zwischen dem Subjekt und den Objekten ist für jegliches Erkennen insofern konstitutiv, als keine „unmittelbare Erfahrung die Erkenntnis der Dinge oder des Ichs liefert“ (Piaget 1975b, S. 265). Somit stellt sich das Erkennen des eigenen Inneren komplementär zur erkannten äußeren Welt dar, das heißt, „beide Arten der Erkenntnis bilden sich in Entsprechung oder kreisförmig aus“ (Piaget 1975b, S. 265).

Erkennen ist weiterhin Handlung, also eine ordnende Aktivität des Subjekts. Piaget begreift diese Aktivität innerhalb logisch-mathematischer Strukturen. Dieser Prozeß der Handlungskoordination organisiert Information und strukturiert sie begrifflich. So sind den Dingen die durch klassifikatorische Operationen zugewiesenen Merkmale nicht inhärent, vielmehr ermöglicht das Klassifizieren dem Kinde das Ordnen, Organisieren und Konstruieren komplexer und gegenständlicher Erscheinungen der Welt.

Folglich ist Erkennen zugleich die Leistung eines aktiven und konstruierenden Subjekts. Diese konstruktive Leistung des Subjekts beschreibt Piaget (1974) folgendermaßen:

„... es gibt ein erkennendes Subjekt, das eine aktive Rolle [spielt] im Prozeß der Erkenntnis [...], in dem es jede Erfahrung a priori strukturiert oder allmählich konstruiert, wobei es

die für das Apriori charakteristische innere Notwendigkeit bewahrt, allerdings nicht mehr in statischer, sondern in dynamischer Form.“ (Piaget 1974, S. 72)

Was Piaget mit diesen Apriori der Erfahrung meint, läßt sich am besten am Beispiel der Genese der frühen Aktionsschemata zeigen. Zu Beginn der Entwicklung treten vor allem biologisch notwendige und wahrscheinlich genetisch determinierte Handlungsschemata auf, die in der Interaktion des Organismus mit dem physischen und sozialen Äußeren koordiniert werden. Darauf aufbauend werden sie in Abhängigkeit von neuen Erfahrungen rekonstruiert zu immer realitätsadäquateren Schemata, die gerichtetes Handeln ermöglichen. Hier wäre zum Beispiel der Saugreflex des Kleinkindes zu nennen, der durch die stete Übung weiterentwickelt wird und als Folge strukturell analoge Erfahrungen beim Erkennen der gegenständlichen Welt zuläßt, etwa in Form von Generalisierungen beim Lutschen unterschiedlicher Gegenstände und der anschließenden Distinktion dieser Gegenstände nach ihrer erfahrungsbedingten Erfolgsträchtigkeit (zum Beispiel Gegenstände mit und ohne Milch). Diese Schemata strukturieren also einerseits die Interaktion der Subjekte mit anderen Subjekten und mit der Welt der Objekte, werden aber andererseits ständig modifiziert durch neue Erfahrungen. Demgegenüber müßte „die Leistung einer fest angepaßten Struktur [...] stets durch den Verlust an Freiheitsgraden erkaufte werden“ (Lorenz 1981, S. 43).

Schon die etymologische Betrachtung des Begriffes „Struktur“ akzentuiert diesen Gesichtspunkt. Das Wort Struktur ist eine Ableitung des lateinischen Verbums „(con)struere“ und bedeutet bauen, herstellen und machen. Strukturen müssen also keineswegs invariant oder überdauernd sein, etwa in Form anthropologischer Konstanten, wie von Ethnologen der strukturalistischen Schule, etwa Levi-Strauss (1978), behauptet wird; vielmehr verweist das Konstrukt der Struktur, zumindest im Gedankengut der Genfer Schule, auf transformatorische Prozesse über die Zeitdauer der Ontogenese. Als allgemeine Definition wird im folgenden unter dem Begriff der operativen Struktur das homologe oder, mit Brainerds Worten (1978), „isomorphe Inbeziehungsetzen von physikalischen wie sozialen Entitäten“ verstanden¹. Piaget (1973, S. 29) arbeitet die folgenden drei wesentlichen Merkmale von Erkenntnisstrukturen oder, bei Akzentuierung des Handlungs- und Erfahrungsaspekts, von operativen Strukturen heraus – diese entsprechen im übrigen weitgehend den Merkmalen der Organisation biologischer Organismen: 1) Strukturen beziehen sich auf Totalitäten von Elementen als Systeme, in denen alle Elemente interdependent sind; 2) es bestehen auf übergeordneter Ebene Transformationsregeln, nach denen sich Strukturen verändern oder modifizieren, das heißt, operative Strukturen entstehen und werden erworben auf der Basis antezedenter Strukturen; 3) die Strukturen regulieren sich im Rahmen der Interaktion, die das Subjekt mit der Umwelt eingeht (Autoregulation). Dieses Merkmal der Autoregulation verweist auf die beiden

¹ Homologie bedeutet hier im Gegensatz zur Analogie, die eine Verbindung auf inhaltlicher Ebene darstellt, eine Übereinstimmung auf struktureller Ebene. So besitzen bereichsspezifische Entwicklungen des konkret-operationalen Denkens gemeinsame homologe Strukturen, die aber performanzabhängig unterschiedlich früh ausgebildet werden.

Adaptionsvorgänge „Assimilation“ und „Akkommodation“, die die Epigenese dynamisch regulieren. Unter Assimilation versteht man „die Integration externer Elemente in die sich entwickelnden oder abgeschlossenen Strukturen eines Organismus“ (Piaget 1981, S. 41), unter Akkommodation „jede Modifikation eines Assimilationsplanes [...], die durch die von ihr assimilierten Elemente hervorgerufen wird“ (ebenda, S. 44). Operatives Erkennen konstituiert sich also im Rahmen dieser beiden adaptiven Prozesse, die sich komplementär ergänzen und dynamisch regulieren.

Piaget unterscheidet grundsätzlich zwei verschiedene Formen der menschlichen Erkenntnis: a) das figurative Erkennen, das die Repräsentationsformen von Objekten zum Gegenstand hat; das symbolische Erkennen beispielsweise richtet sich auf die Fähigkeit des Subjektes, gewissen Ereignis- oder Objekträumen als Bezeichnetem Symbole als Bezeichnendes zuzuordnen; b) das operative Erkennen, das im weiteren Sinne auf alle verinnerlichten, das heißt intern repräsentierten Handlungsschemata zielt, die nicht, wie etwa noch in der frühen sensumotorischen Phase, über Handlungen exteriorisiert werden müssen. Dieser Aspekt wird in der vorliegenden Arbeit im Vordergrund stehen.

Im engeren Sinne bedeutet Operativität potentiell Handeln und impliziert in ihrer entwickelten Form die Umkehrbarkeit (Reversibilität) der interiorisierten Handlung. Bei der Darstellung des konkret-operationalen Denkens wird hierauf näher eingegangen. Struktur und Operation sind im Piagetschen Sinne komplementäre Begriffe und schließen wiederum ein, was Piaget „Apriori“ der Erfahrung genannt hat. Ein Zitat Piagets faßt diese Überlegungen kurz zusammen:

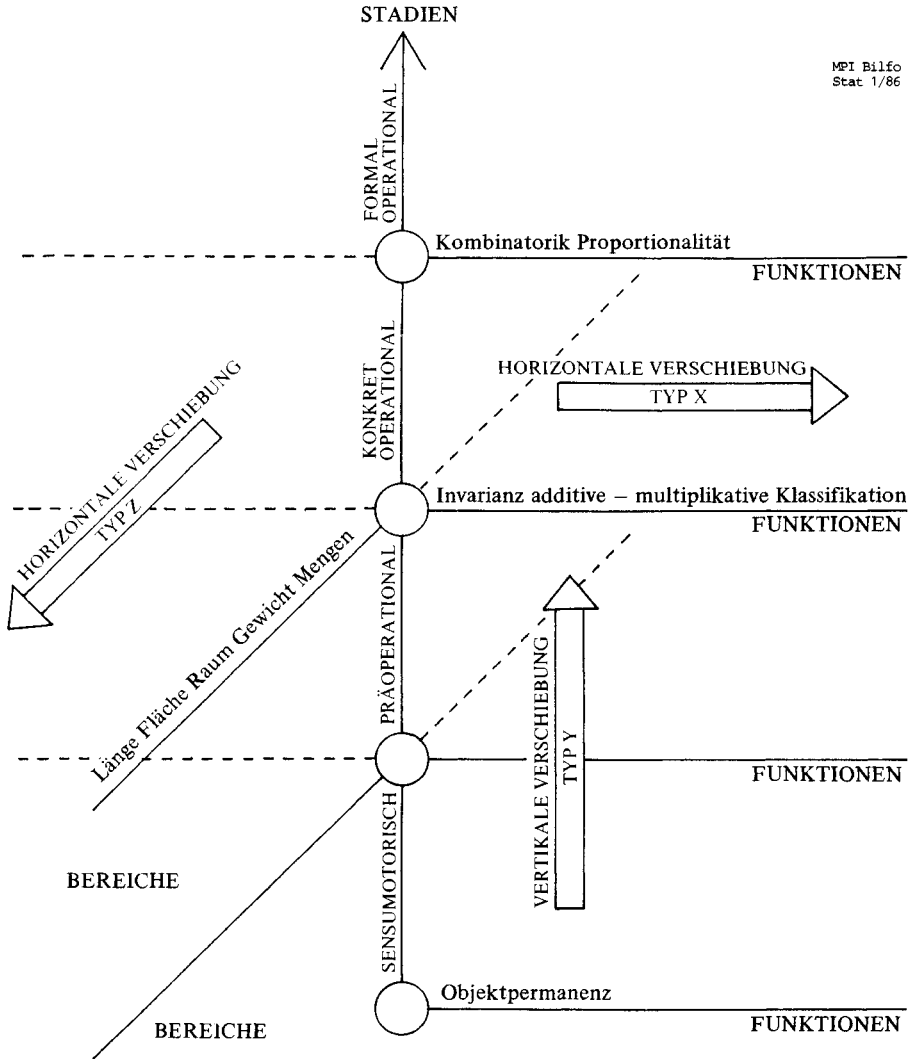
„Jede Erkenntnis besteht in einer untrennbaren Beziehung zwischen dem Subjekt und dem Objekt, wobei das Objekt durch seine Assimilation an die Aktivität des Subjektes bekannt ist und das Subjekt sich selbst ebenfalls nur durch das Mittel seiner eigenen Handlungen erkennt, d. h. durch seine Akkommodationen an das Objekt.“ (Piaget 1975b, S. 257)

1.2 Ein Grundmodell der kognitiven Entwicklung nach Piaget

Nach der Diskussion der epistemologischen Grundannahmen des genetischen Strukturalismus sollen im folgenden Abschnitt anhand eines dreidimensionalen Modells (siehe Abbildung 1) die unterschiedlichen analytischen Ebenen in der kognitiven Entwicklungstheorie von Jean Piaget dargestellt werden mit dem Ziel, diese unterschiedlichen Aspekte in Verbindung mit unterschiedlichen entwicklungstheoretischen Konstrukten übersichtlich zusammenzufassen. Die drei Dimensionen des Modells repräsentieren die drei wichtigsten entwicklungstheoretischen Ebenen in der genetischen Theorie Piagets: die Stadien der kognitiven Entwicklung (Koordinate Y), die Substrukturen oder Funktionen (Koordinate X) und die Bereiche, auf die die Substrukturen angewendet werden (Koordinate Z).

Die Dimension Y repräsentiert die gerichtete Entwicklung, das heißt die sukzessive Emergenz der Stadien in Piagets Entwicklungsmodell. In bezug auf die

Abbildung 1: Modell der geistigen Entwicklung nach Piaget



MPI Bilfo
Stat 1/86

Dimensionen X und Z liegen in der empirischen Forschung widersprüchliche Hypothesen vor. Piaget behauptet die synchrone Emergenz der Substrukturen der konkreten Operationen (zum Beispiel Piaget & Inhelder 1973b); außerdem behauptet er, daß die einzelnen Bereiche unabhängig voneinander emergieren (Piaget 1977). Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit der Entwicklung konkret-operationaler Substrukturen, wobei jedoch die Erwerbsabfolge der untersuchten Funktionen oder Substrukturen erst durch eine logische Analyse

der Anforderungsstrukturen der Aufgaben begründet werden soll. Die drei Koordinaten des Modells werden im folgenden näher spezifiziert.

Die unterschiedlichen Formen der Verschiebung (*décalage*) finden sich ebenfalls im Modell der kognitiven Entwicklung wieder. Es können generell zwei Formen der Verschiebung unterschieden werden (Piaget 1941): die vertikale (Typ Y) und die horizontale Verschiebung. Die letztere kann weiterhin unterteilt werden in horizontale Verschiebungen des Typs X und des Typs Z (siehe auch Abbildung 1; vergleiche zur genaueren Definition der beiden Typen Abschnitt 1.3).

(Y): Die vertikale Koordinate des Modells steht für die Abfolge der Stadien kognitiver Operationen. Ihre Spannweite umfaßt die Sensumotorik bis hin zum Stadium der reifen formalen Operationen. Piaget behauptet, daß sich diese „Gesamtstrukturen“ (*structures d'ensemble*) nach einer längeren Erwerbsphase äquilibrieren. Weiterhin wird die Erwerbsabfolge dieser Stadien als invariant und unidirektional postuliert.

(X): Eine horizontale Koordinate stellt die unterschiedlichen Funktionen eines Stadiums dar. Mit Funktionen sind alle Substrukturen oder einzelne logische Operationen gemeint, die im Rahmen einer Gesamtstruktur integriert und konsolidiert werden und die zudem noch den qualitativen Merkmalen des Stadiums genügen. An den konkreten Operationen zeigt sich beispielsweise, daß die Einzelfunktionen der Erhaltung und der Klasseninklusion trotz unterschiedlicher Aufgabenkomplexität zu ihrer Bewältigung die Reversibilität des operativen Denkens als gemeinsame Voraussetzung beanspruchen. Die Analyse der Funktionen zielt also auf eine Detailuntersuchung der kognitiven Entwicklung und setzt, falls eine Sequenz postuliert wird, eine entwicklungslogische Rekonstruktion der Abfolgen voraus.

(Z): Im Gegensatz zu den Stadien und Funktionen, die die strukturellen Merkmale der kognitiven Entwicklung beschreiben, beziehen sich die Bereiche oder Objekte auf die Inhalte oder Gegenstände der Kognitionen (2. horizontale Koordinate). Hierbei kommt der „Anwendungsaspekt“ (Performanz) zum Tragen. Das konkrete Material, mit dem das erkennende Subjekt interagiert (Personen oder Gegenstände), nimmt – etwa durch kulturspezifische Vertrautheit (versus Nicht-Vertrautheit) mit den Gegenständen oder durch die Abstraktheit (versus Konkrettheit) des Materials – Einfluß auf den Erwerb der logischen Operationen. Dieser Einfluß der Erkenntnisobjekte ist also erfahrungsbhängig und, beispielsweise im Falle formaler Operationen, zudem entwicklungsabhängig. Piaget (1971, S. 11) erklärt die Performanzabhängigkeit durch den natürlichen „Widerstand“ (physikalische Reibung) der Objekte.

Beispielsweise gilt für den Erwerb der Substruktur der Invarianz, daß das Kind beim Übergang in das Stadium der konkreten Operationen die Korrespondenz der Anzahl von Eiern und Eierbechern zu einem früheren Zeitpunkt konserviert, als es an die quantitative Konservierung bei Umgießexperimenten glaubt. Weiterhin können die Aufgaben unterschiedlich komplex sein. So ist zu erwarten, daß im Rahmen geometrischer Verstehensleistungen eine Linie früher konserviert wird als eine Fläche. Man sollte jedoch im Auge behalten, daß diese Entwicklungsdimension wiederum selbst entwicklungsabhängig ist; Mate-

rialabhängigkeit ist keineswegs ein differentielles Merkmal über die gesamte kognitive Entwicklung hinweg. So werden konkrete Operationen stark überlagert von bereichsspezifischen Entwicklungen. Dagegen steht Materialabhängigkeit geradezu im Widerspruch zum Begriff der reifen formalen Operationen, denn für diese gilt, daß sie die formale Anwendung logischer Operationen in Abstraktion von konkreten Gegenständen oder Ereignissen ermöglichen.

1.3 Konzepte der Entwicklung in der Theorie Piagets

Eine allgemeine Definition der Entwicklungspsychologie besagt, daß diese sich mit der Beschreibung, Erklärung und Veränderung oder Modifikation psychischer Phänomene im Verlauf der Ontogenese beschäftigt (Baltes, Reese & Nesselroade 1977). Trautner (1983) gibt für den Bereich der Erklärung von Entwicklung folgende Analyse- oder Anwendungsgebiete an: a) intraindividuelle Veränderungen und b) die interindividuellen Unterschiede der intraindividuellen Veränderungen. Das Erklären von Entwicklungen setzt weiterhin die „Angabe von Bedingungen für das Auftreten intraindividuelle Veränderungen des Verhaltens und Erlebens“ (Trautner 1983, S. 45) voraus. Hoppe, Schmid-Schönbein und Seiler (1977) unterscheiden nun vier Formen der entwicklungspsychologischen Erklärung. Sie trennen die genetische von der rationalen, kausalen und teleologischen Erklärung (a. a. O., S. 28 f.). Die vorliegende Arbeit wendet sich methodologisch und konzeptuell ausschließlich der genetischen Erklärung zu. „Bei der genetischen Erklärung [...] soll ein Ereignis dadurch erklärt werden, daß angegeben wird, was ihm vorausging.“ (a. a. O., S. 39) Die Konzeptualisierung einer Entwicklungsabfolge (Sequenz) durch die Analyse der Antezedenzen gemäß der genetischen Erklärung ist aber nur dann zulässig, wenn sie durch „begriffsanalytische oder sachlogische Argumente“ begründet wird (a. a. O., S. 42). Allgemein versteht man unter einer Entwicklungsabfolge oder Sequenz „jegliche Abfolge von Entwicklungsstufen eines Merkmales oder Merkmalsbereichs über die Spanne oder Abschnitte des Lebenslaufes“ (Hoppe-Graff 1983a, S. 58). Die methodologischen Implikationen sollen hier nur angedeutet werden; sie werden im methodischen Abschnitt (siehe auch Kapitel 3) eingehender diskutiert. Das Konstrukt der Sequenz oder Abfolge als entwicklungstheoretisches Konzept der Genfer Schule bezieht sich also auf entwicklungslogisch rekonstruierbare Folgen von Entwicklungsschritten, die nicht nur beschrieben oder klassifiziert, sondern auch als logisch notwendig begründet werden können.

Die Entwicklungstheorie von Jean Piaget unterscheidet nun vier Stadien der kognitiven Entwicklung, die sequentiell und zudem abfolgelogisch angeordnet sind: Sensumotorik, Präoperationales Stadium, Konkrete Operationen und Formale Operationen. Implizit wird angenommen, und es scheint auch weitgehend empirisch erwiesen, daß die Stadienfolge zwei Kriterien genügt: a) Universalität der Abfolgelogik oder Invariabilitätspostulat und b) Unidirektionalität.

Zu a): Die Abfolge der Stadien ist invariant; sie beginnt mit der Sensumotorik und entwickelt sich in der zuvor genannten Reihenfolge. Zudem liegt keine Kul-

turspezifität der Entwicklung vor; zwar variieren intra- wie interkulturell die Auftretenswahrscheinlichkeiten der Stadien relativ zum Lebensalter sehr stark, doch bleibt die Abfolge der Stadien bei allen Kindern gleich. Interindividuelle Unterschiede der altersspezifischen Emergenz lassen sich in dieses sequentielle Modell integrieren, da sie nicht der intraindividuellen Sequenz der Stadien widersprechen. Interindividuelle Unterschiede zeigen sich nur in den verschiedenen Erwerbspfaden in Abhängigkeit vom Alter.

Zu b): Kognitive Entwicklung kann man im teleologischen Sinne verstehen, das heißt, die Emergenz kognitiver Fähigkeiten ist zielgerichtet: Sie repräsentiert immer höhere Komplexität und umfassendere Integration. Davon ausgeschlossen sind kulturrelative Alternativen, die einen anderen Typus von Intelligenz darstellen würden. Zwar ist es vorstellbar, daß ein Heranwachsender nicht das Stadium der formalen Operationen erreicht hat, doch bedeutet das bei Unterstellung einer unidirektionalen Entwicklung, daß, wenn überhaupt noch weitere Operationen erworben werden, dies nur formale Operationen sein können, und zudem, daß der bisherige Entwicklungspfad der genetischen Emergenzlogik entspricht. Ein Beispiel für kulturspezifische Variabilität liefert Piaget (1966) selbst. Er berichtet von einer Untersuchung auf der Insel Martinique, die ergab, daß die dortigen Kinder im Vergleich zu ihren europäischen Altersgenossen im Durchschnitt erst drei bis vier Jahre später konkrete Operationen erwerben. Dieser interindividuelle Unterschied berührt jedoch nicht die Invariabilität der Stufen.

Mit Hoppe-Graff (1983a, S. 57) kann also festgestellt werden, daß „in Piagets Theorie [...] die Konzepte der Stufe und der Sequenz untrennbar miteinander verwoben [sind]“, und zwar insofern, als Piaget die Sequenzen sach- und entwicklungslogisch begründet und somit eine Abfolge von Entwicklungsstufen definiert (Piaget 1971). Zum Beispiel durchläuft das klassifikatorische Verhalten der Kinder mehrere Stufen, bildet aber auf jeder Stufe eine qualitativ unterschiedliche Fähigkeit. Die Klassifikation steht folglich einerseits für die allgemeine kognitive Entwicklung, andererseits für die entwicklungspezifischen Funktionen innerhalb einer Stufe der allgemeinen Entwicklung.

Ausgehend von den Konstrukten der Stufe und Sequenz können drei Emergenzebenen der kognitiven Entwicklung analytisch unterschieden werden. Sie beziehen sich auf die unterschiedlichen Formen der Verschiebung (*décalages*) und entsprechen den in Abbildung 1 eingeführten Entwicklungsdimensionen.

Piaget diskutiert erstmals 1941 (S. 251 ff. und S. 263 ff.) zwei der drei Formen der Verschiebung (horizontale und vertikale Verschiebung, vergleiche auch Abschnitt 1.2).

a) *Vertikale Verschiebung* (Typ Y): Sie beschreibt und erklärt die zeitliche Verzögerung beim Erwerb ähnlicher Funktionen über die Stadien hinweg, die sich hauptsächlich durch die stadienbedingten qualitativen Merkmale unterscheiden. Zum Beispiel erwirbt das Kind in der Sensumotorik die Objektpermanenz, die konstitutiv für Entwicklungen in späteren Stadien ist, etwa die Erhaltung in Stadien der konkreten Operationen.

- b) *Horizontale Verschiebung* (Typ Z; nach Beilin 1978, S. 265: „schräge“ Verschiebung): Sie bezieht sich auf die zeitliche Verzögerung beim Erwerb der Bereiche innerhalb einer Funktion und eines Stadiums; das heißt auf die Objektspezifität der Entwicklung. Am Beispiel der Erhaltung als einer Funktion des konkret-operationalen Denkens läßt sich zeigen, daß die Konservierung kontinuierlicher Mengen der Konservierung der nicht-kontinuierlichen Mengen vorausgeht. Erklärungen für diese Verschiebungen lassen sich, wie bereits erwähnt, teils in den unterschiedlichen (kulturabhängigen) Erfahrungsräumen der Kinder finden, teils jedoch sind sie durch die Komplexität des Materials bedingt. Es kann nicht angenommen werden, daß diese Form horizontaler Verschiebungen universell ist. Als entwicklungstheoretisches Phänomen bestehen sie aber und machen die Bestimmung des Verhältnisses zwischen Struktur und Inhalt notwendig. Wie im Abschnitt 1.2 angedeutet, gilt das entwicklungstheoretische Konstrukt der horizontalen Verschiebung (Typ Z) nicht im Stadium der formalen Operationen.
- c) *Horizontale Verschiebung* (Typ X): Sie wird als entwicklungslogische Beziehung oder Relation zwischen benachbarten Funktionen innerhalb einer operativen Stufe definiert. So ist zur vollständigen Ausbildung der konkreten Operationen der Erwerb mehrerer Substrukturen oder Funktionen notwendig, beispielsweise der Invarianz und der Gruppierungen. Horizontale Verschiebungen (Typ X) sind bisher zwar empirisch, aber selten unter dem Gesichtspunkt logischer Analysen entwicklungstheoretisch untersucht worden (siehe auch Winer 1981). Empirische Untersuchungen weisen diverse empirische Abfolgmuster aus.

Horizontale Verschiebungen (Typ X) werden im folgenden im Vordergrund der Untersuchung stehen, denn Ziel dieser Arbeit ist es, auf der Grundlage einer aufgabenstrukturellen Analyse der Sequenzialität dieser Funktionen oder Substrukturen empirische Sequenzen in Form horizontaler Verschiebungen nachzuweisen.

Was die Konzepte der horizontalen und der vertikalen Verschiebung angeht, so läßt sich analytisch noch ein weiterer Zugang finden, der die Ausbildung von Gesamtstrukturen (*structures d'ensemble*) erklärt. Pinard und Laurendeau (1969) weisen auf fünf Merkmale hin, die das Stufenkonzept von Piaget charakterisieren. Diese Merkmale lassen Schlüsse auf die theoretisch postulierbaren Erwerbssequenzen innerhalb einer kognitiven Stufe oder zwischen unterschiedlichen Stufen zu:

- 1) *Hierarchisierung*: Sie bedeutet die notwendige und sachlogisch begründbare Abfolge von Entwicklungsstadien. Die Abfolge ist nach Piaget invariant.
- 2) *Integration*: Strukturen antezedenter Stufen werden in übergeordnete Gesamtstrukturen integriert, zum Beispiel qualitative oder empirische Reversibilität auf der vor-operationalen Stufe wird durch quantitative Reversibilität innerhalb der konkreten Operationen erweitert und komplexer integriert.
- 3) *Konsolidierung*: Substrukturen einer Stufe werden zu einer *structure d'ensemble* (Gesamtstruktur) konsolidiert und enthalten gleichzeitig vorbe-

reitende Entwicklungsschritte für die nächsten operationalen Stufen; so sieht Piaget im logischen Multiplizieren des konkret-operationalen Denkens eine Vorstufe beziehungsweise einen Übergang zum aussagenlogischen Denken der frühen formalen Operationen (Piaget & Inhelder 1977, S. 274 ff.).

- 4) *Strukturierung*: Die Konsolidierungen verlaufen strukturiert, das heißt, der Verbund der Teiloperationen einer Stufe untereinander ist implikativ oder reziprok und bildet nach dem vollständigen Erwerb eine Gesamtstruktur (siehe oben).
- 5) *Äquilibration*: Mit den Entwicklungsstufen nimmt auch die Komplexität der Strukturen in Richtung adäquaterer Erkenntnis der Realität zu. Die adaptiven Prozesse „Assimilation“ und „Akkommodation“ stabilisieren sich in der Form ihrer Wechselwirkung und ihres Gleichgewichtes.

Die Merkmale der Hierarchisierung und der Integration beschreiben nun explizit die zuvor erwähnten Konzepte der vertikalen Verschiebung, wohingegen sich die letzten drei Merkmale auf die Emergenz unterschiedlicher Funktionen innerhalb einer operativen Stufe beziehen. Da diese Untersuchung vorrangig an den infrastrukturellen Aspekten der kognitiven Entwicklung interessiert ist, gilt den Merkmalen der Konsolidierung von Gesamtstrukturen und der Strukturierung der Teiloperationen unser besonderes Augenmerk. Flavell (1972) hat diese Merkmale diskutiert und weiter differenziert².

Das Konzept der Stufe als strukturierter Gesamtheit wurde im übrigen vielfach kritisiert. Brainerd als Protagonist dieser Kritik vertritt dabei eine extreme Position. Er spricht dem Konzept der Stufe den Realitätsgehalt ab. Bezüglich der Verwendung dieses Konstruktes in der Entwicklungspsychologie bemerkt er, „daß das Winken mit einem strukturellen Zauberstab, [...] in keiner Weise quantitative in qualitative Unterschiede verwandelt“ (Brainerd 1978, S. 216). Am Beispiel der Transformation vom Gruppierungsdenken der konkreten Operationen zum Gruppendenken der formalen Operationen versucht er, seine Kritik zu belegen. Im Sinne Piagets unterstellt er, daß beiden Denkformen isomorphe Strukturen zugrunde liegen, und auch, daß diese in ihrer steigenden Komplexität entwicklungslogisch geordnet sind. Der Übergang repräsentiert jedoch keineswegs einen strukturellen, qualitativen Sprung. Der einzige Unterschied zwischen den operationalen Stufen sei ein logisches Postulat. So beziehe sich „die Gruppe auf ein Transformationssystem mit einem einzigen Identitätselement, wohingegen die Gruppierungen sich auf Transformationssysteme beziehen, die mehrere Identitätselemente enthalten“ (a. a. O., S. 215). Abschließend betont er, daß diese „geringfügige Veränderung bezüglich eines Postulats [...] in Wirklichkeit ausgesprochen quantitativer Natur ist“ (a. a. O., S. 215). Sicher ist Brainerds Beitrag als Warnung vor naiver Verwendung des Konzeptes der Stufe zu verstehen. In unserem Untersuchungskontext kann seine Kritik jedoch keine

² Flavell (1972) hat diese beiden Merkmale der Entwicklung weiterdifferenziert und fünf Formen der Sequenzialisierung unterschieden: Addition, Substitution, Modifikation, Inklusion und Mediation.

Geltung beanspruchen, da sich das Denken des Heranwachsenden im Übergang von den konkreten zu den formalen Operationen durch einen grundsätzlich neuartigen Denkmodus auszeichnet, der nicht als bloße Zunahme von Komplexität begriffen werden kann (Beispiel: der Übergang von der Klassifikation zur Kombinatorik).

Auch Flavell setzt kritische Akzente, was den Gebrauch des diskutierten Konstrukts angeht. Er verlagert aber die „strukturelle Illusion“ auf die Seite des Forschers. Nach einer anregenden Darstellung über Homogenitäten und Heterogenitäten innerhalb der kindlichen Entwicklung und ihrer Bedingungsfaktoren gelangt er resümierend zu folgender Spekulation und gleichzeitig zur Relativierung des Gebrauchs des Konzepts der Stufe: „That is, perhaps adults tend to be implicit stage theorists [...] this might, if true, produce a self-fulfilling-prophecy situation.“ (Flavell 1982, S. 8) Der Kritik kann entgegengehalten werden, daß die Konzepte der Stufe, der Struktur und der Sequenz analytisch sehr wertvoll erscheinen, da sie es ermöglichen, kognitive Entwicklung über die Lebensspanne hinweg komplex zu analysieren und zu modellieren.

1.4 Die Entwicklung konkreter Operationen

Der folgende Abschnitt dient der Darstellung der theoretischen Implikationen des Entwicklungskonzeptes der konkreten Operationen. Der Übergang vom voroperationalen zum konkret-operationalen Denken läßt sich am verständlichsten am Beispiel des Erwerbs der Klasseninklusion zeigen. Merkmal der Klasseninklusion ist das hierarchische Ordnen von Gegenständen oder Personen, die auf mehreren logischen Ebenen klassifiziert werden können. Ein Beispiel ist die gleichzeitige Identifikation eines Objekts als „Primel“ und als „Blume“, das heißt ihre simultane Subsumption unter die Klasse der Primeln und die Oberklasse der Blumen. Schon in der voroperationalen Phase ordnen oder klassifizieren Kinder Gegenstände auf mehreren logischen Ebenen, doch die Klassenbildung bleibt auf ausschließlich qualitative Merkmale beschränkt; das heißt, sie bezieht sich auf die „Intension“ oder, in Piagets Worten, die „Komprehension“ der Klassen (Piaget & Inhelder 1973a). Im Gegensatz zur Intension kann aber die Extension, also der Umfang der Klassen auf dieser Stufe, noch nicht erkannt werden. Das Kind wird folglich die Primeln auch als Blumen bezeichnen, doch erst im Stadium der konkreten Operationen wird es einschließende und eingeschlossene Klasse vergleichend quantifizieren können, das heißt, quantitativ wird die Untermenge als kleiner als oder gleich groß wie die Obermenge erkannt. Erst diese Organisation der gegenständlichen Welt unter dem Primat der Quantifikation und mittels der Koordination von Intension und Extension ermöglicht dem Kinde der konkret-operationalen Stufe das hierarchische Klassifizieren. Auf die Frage, ob nun mehr Blumen oder mehr Primeln existieren, entgegnet das Kind, daß es stets mehr Blumen gebe, da es noch andere Blumen gebe als Primeln.

Diese innovative Möglichkeit, in Termini der Extension zu denken, haben Piaget und Inhelder (1973a, b) auf ein formal-logisches System zurückgeführt,

das heißt auf logische Grundoperationen, die konstitutiv für diese Art des Denkens sind. Piaget nennt dieses System „Gruppierungen“, abgeleitet vom mathematischen Begriff der Gruppe. Diese Struktur umfaßt noch andere Fähigkeiten oder Funktionen, die aber alle eine gemeinsame Basis in diesem formalisierten logischen Gerüst finden. Eine andere Fähigkeit ist beispielsweise die Erhaltung der Merkmale von Gegenständen bei gleichzeitiger Transformation derselben. Trotz raum-zeitlicher Veränderung eines Merkmalsträgers (Beispiel: Knetmasse als Merkmalsträger für Substanz) bleiben sowohl Merkmal als auch Träger erhalten. Das ihm zugrunde gelegte „Sosein“ oder Merkmal wird vom konkret-operationalen Kind als stabil oder beständig angesehen, wie beispielsweise beim Klassifizieren das „Primelsein“ durch das „Blumesein“ nicht aufgehoben, sondern bei Transformation der Klassifikationsebenen in ein hierarchisches System einbezogen wird. Im Falle der Klasseninklusion soll aber zusätzlich noch durch eine logische Operation (Junktor) ein geordneter Bezug aufgewiesen werden, und zwar in Form der Addition von Primär- und Sekundärmenge zur Obermenge ($A + A' = B$). In der Literatur (Flavell 1979; Ginsberg & Opper 1978; Mackay 1978) werden meist vier Merkmale genannt, die kennzeichnend sind für das konkret-operationale Denken. Obwohl diese Merkmale sich untereinander nicht systematisieren lassen, sollen sie doch insofern Erwähnung finden, als sie als analytischer Ausgangspunkt für die folgende Darstellung dienen. In Übereinstimmung mit Flavell (1979, S. 103), Mackay (1978) und Philips (1969) können folgende Merkmale bestimmt werden:

- a) *Konkretheit versus Abstraktheit*: Die Vorstellungskapazität sowie das Denken des Kindes können von den unmittelbar evidenten Wahrnehmungen abstrahiert werden. Beispielsweise kann das Kind trotz Veränderung der Form die Substanz konservieren.
- b) *Zentrierung versus Dezentrierung*: Das Kind koordiniert und organisiert gleichzeitig mehrere perzeptive Aspekte der Situation. Zum Beispiel können die Längen von nebeneinander liegenden Stiften konserviert werden, da das Kind beide Endpunkte derselben vergleichend kompensiert.
- c) *Zustände versus Transformationen*: Trotz einer räumlich-zeitlichen Veränderung des Merkmalsträgers bleibt seine Identität bestehen. Erweiternd zur Wahrnehmung rein statischer Zustände werden Abfolgen oder Serien von Handlungen (Transformationen) als miteinander verbunden betrachtet und in die Erkenntnisstrukturen integriert.
- d) *Irreversibilität versus Reversibilität*: Die Transformation wird als unabhängig vom Merkmalsträger begriffen, und zwar insofern, als die Umkehrung der Handlung (Reversibilität) antizipiert werden kann.

Das letzte Merkmal, die Reversibilität, zeigt sich am offensichtlichsten bei den Begründungen der Kinder für richtige Erhaltungsurteile, wobei ein erster Typ (Reversibilität) auf die Umkehrbarkeit der Transformationshandlung anspielt (im Falle der Umgießexperimente: „Du kannst es ja zurückschütten“), ein zweiter Typ (Kompensation) auf den Ausgleich zweier sich verändernder Dimensionen fokussiert ist („Ist zwar höher, aber nicht so dick“), und ein dritter Typ (Identi-

tät) sich direkt auf den Merkmalsträger bezieht, indem das Kind feststellt, daß die Menge Wasser durch die Transformation nicht verändert wurde („Es ist nichts hinzugekommen“).

Bei der Darstellung des Gruppierungssystems (groupements) und seiner Regeln wird im folgenden vorrangig auf Flavell (1963, S. 190 ff.), Piaget (1941, S. 246 ff.) und Piaget & Inhelder (1973a, b) verwiesen³.

Unterschieden werden zwei Formen logischer Junktionen, die zum einen in Klassenverbänden und zum anderen in relationalen Verbänden Anwendung finden.

Zu den Klassen: Eine Klasse ist zusammengesetzt aus Mengen von Elementen und einem logischen binären Operator, etwa einer Kombination, die die Elemente oder die Mengen logisch verbindet (zum Beispiel Addition).

Zu den Relationen: Ein relationaler Verbund bezieht sich auf die Relationen zwischen mehreren Elementen oder Ereignissen (oder Klassen; zum Beispiel Seriation).

Beispielsweise bilden Orangen und Äpfel (Elementmengen) die gemeinsame Oberklasse Früchte ($A + A' = B$, logischer Junktor „und“), wobei $B \geq A$ (Relation: größerer Umfang), das heißt, die Extension der Früchte subsumiert immer die der Orangen.

Eine zweite Unterscheidung betrifft die Komplexität der logischen Operationen. So können Klassenverbände auf Addition oder Multiplikation beruhen. Logische Addition bedeutet die Kombination aller unterschiedlichen Elemente aller kombinierten Klassen, wohingegen sich die logische Multiplikation nur auf den kleinsten gemeinsamen Nenner bezieht, das heißt, nur Elemente, die beiden Klassen angehören, gehen als logisches Produkt ein ($A + B = B$ versus $A \times B = A$).

Die folgende Übersicht (Tabelle 1; siehe auch Rauh 1972, S. 34) veranschaulicht in systematischer Weise das System der Gruppierungen, klassifiziert nach den eben erläuterten Dimensionen, wobei die numerischen Kennzeichnungen, die Piaget den Gruppierungstypen zugeordnet hat, beibehalten werden.

Die neunte Gruppierung ist eine Art Gleichheitsrelation; sie läßt sich nur bedingt in die Tafel einfügen.

Nach der Beschreibung der differentiellen Merkmale der Gruppierungen werden im Anschluß die vier gemeinsamen Eigenschaften (Flavell 1963) Erwähnung finden, die konstitutiv für das konkret-operationale Denken sind. Um eine allzu große Ausführlichkeit zu vermeiden, werden diese Eigenschaften nur am Beispiel der Klassenaddition (Typ I) dargestellt; sie können aber mühelos auf die anderen Typen der Gruppierung übertragen werden (a. a. O., S. 190 ff.).

1) Die *Komposition* oder *Abgeschlossenheit* besagt, daß die Kombination zweier Elemente oder Mengen wiederum ein Element oder eine Menge des Systems ergibt.

$A + A' = B$; die Frucht Orange und die Frucht Banane ergeben die Menge der

³ Weiterhin findet sich bei Ginsberg und Opper (1978) eine leicht verständliche Einführung.

Tabelle 1: Taxonomie von acht der neun von Piaget definierten Gruppierungen

			Operationen	
			additiv	multiplikativ
Gruppierungen	Klassen	ein-eindeutige Zuordnung	I	III
		mehr-eindeutige Zuordnung	II	IV
	Relationen	asymmetrische	V	VII
		symmetrische	VI	VIII

Früchte; somit bleibt das „Fruchtsein“ erhalten, trotz unterschiedlicher kategorialer Merkmale dieser Eigenschaft.

- 2) Die *Assoziativität* bedeutet, daß unterschiedliche Anordnungen der multiplen Kombinationen das Ergebnis (Produkt) selbst in keiner Weise verändern.

$(A + B) + C = A + (B + C)$; die Addition grüner Äpfel und anderer Äpfel mit dem übrigen Obst oder grüner Äpfel mit anderen Äpfeln und dem übrigen Obst resultiert stets, trotz unterschiedlicher Anordnungen der einzelnen Klassen, in der Kombination „Obst“.

- 3) Die *Identität* benennt ein neutrales Element, das, kombiniert mit einem Element oder einer Klasse, dasselbe Element oder dieselbe Klasse zum Ergebnis hat.

$A + 0 = A$; Orangen in Verbindung mit einem leeren Element bleiben Orangen.

- 4) Die *Negation* bedeutet, daß die Kombination eines Elementes oder einer Klasse mit dem inversen Element beziehungsweise der inversen Klasse das Element oder die Klasse aufhebt, also das neutrale Element oder die neutrale Klasse bildet.

$A + (-A) = 0$; subtrahiere ich die Klasse der Orangen von der gleichen Menge der Orangen, so resultiert daraus die Leermenge der Orangen, die die neutrale Klasse bildet. Die Negation ist also eine Form der Reversibilität, wie sie oben diskutiert wurde.

Flavell (1963, S. 175 f.) diskutiert noch weitere Eigenschaften der Gruppierungen, die aber letztlich ableitbar sind aus den vier beschriebenen Grundtypen.

2. Methodologische Implikationen bei der Analyse von Entwicklungssequenzen

2.1 Eine Taxonomie entwicklungspsychologischer Hypothesenbildung

Die Entwicklungspsychologie befindet sich bei der Untersuchung von Veränderungs- oder Entwicklungshypothesen methodologisch insofern in einer besonderen Lage, als explizit außer den üblicherweise methodologisch reflektierten Dimensionen der Variablen und der Individuen eine dritte Dimension, die der Veränderung über die Zeit hinweg, thematisiert werden muß. Um diesen Sachverhalt zu demonstrieren, und um Einblick in die methodologische Vielfalt beziehungsweise Komplexität bei der Generierung und Konstruktion von Entwicklungshypothesen zu geben, wird im folgenden auf ein methodologisches Rahmenmodell von Buss (1974, 1979) Bezug genommen, das auf der Grundlage der oben genannten Dimensionen entwicklungspsychologischer Forschung (Variablen \times Wiederholungsmessungen \times Individuen) unterschiedlich komplexe Hypothesentypen formuliert und postuliert. Das Niveau der Hypothesen oder der Modelle hängt nach Buss von der Inbeziehungsetzung der unterschiedlichen Dimensionen ab. Es kann zwischen ein- bis dreidimensionalen Hypothesen unterschieden werden.

Dargestellt in einem graphischen Modell (siehe Abbildung 2) lassen sich auf dem Niveau I, das heißt für eindimensionale Fragestellungen, drei Fälle unterscheiden (Buss 1979):

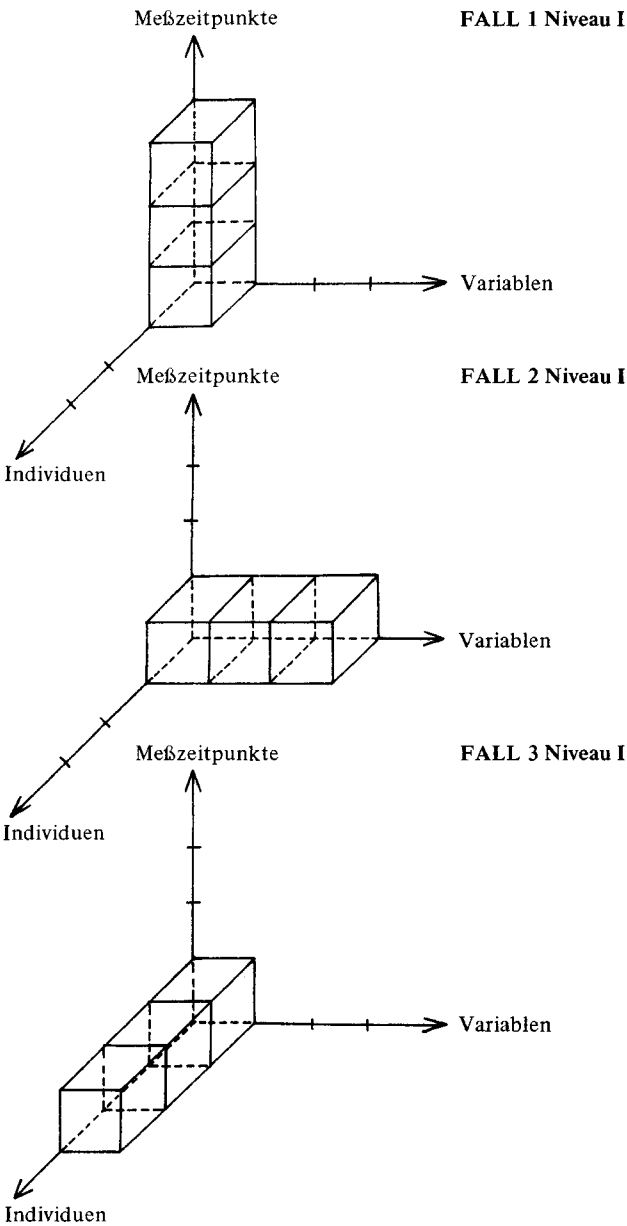
Niveau I

- Fall 1: *Intraindividuelle Veränderungen* (Koordinate Meßzeitpunkte): Veränderung der Ausprägung eines Merkmals einer Person über die Zeit hinweg.
- Fall 2: *Intraindividuelle Unterschiede* (Koordinate Variablen): Unterschiede der Ausprägungen mehrerer Merkmale einer Person zu einem Meßzeitpunkt.
- Fall 3: *Interindividuelle Unterschiede* (Koordinate Individuen): Unterschiede in der Ausprägung einer Variable über einen Meßzeitpunkt für alle Individuen.

Die Aussagemöglichkeiten dieser drei Fälle sind wegen des fehlenden Bezugs auf andere Dimensionen verständlicherweise gering. Meist werden sie nur in deskriptiven Analysen verwandt, etwa Fall 1 und 2 in der klinischen Psychologie bei zeitreihenanalytischen Einzelfalluntersuchungen (Fall 1) oder im kasuistisch-diagnostischen Bereich (Fall 2). Fall 3 entspricht der Analyse von Mittelwerten und Merkmalsverteilungen, die über die Dimension Individuen aggregiert sind.

Entwicklungspsychologisch relevanter erscheint das Niveau II der Dimensionierung psychologischer Hypothesen. Auf diesem Niveau werden zwei Dimensio-

Abbildung 2: Taxonomie von Entwicklungshypothesen nach Buss (1979) – Niveau I



nen differentiell kombiniert oder verglichen. Generell findet die Hypothesenkonstruktion auf Niveau II auf dem Wege der Aggregation des einen Merkmals (wie auf Niveau I) und der differentiellen oder vergleichenden Inbeziehungsetzung der anderen Dimension statt. Im Falle von Unterschiedshypothesen bedeutet dies beispielsweise, daß die Dimension Individuen zu Variablenkennwerten in Form von Mittelwerten oder Varianzen aggregiert wird und diese differentiell betrachtet werden.

Buss (1979) unterscheidet nun sechs Fälle der Hypothesenkonstruktion auf Niveau II, wobei die aggregierte und die differentielle Dimension analytisch getrennt werden müssen. Im folgenden werden nur die entwicklungspsychologisch relevanten Typen vorgestellt, die zum einen Variablen und Individuen und zum anderen Meßzeitpunkte und Individuen in Zusammenhang bringen. Je nach Wechsel der Bestimmung von aggregierter und differentieller Dimension lassen sich vier (beziehungsweise sechs im Buss'schen Modell) Typen der Hypothesenkonstruktion unterscheiden (vergleiche Abbildung 3).

Niveau II

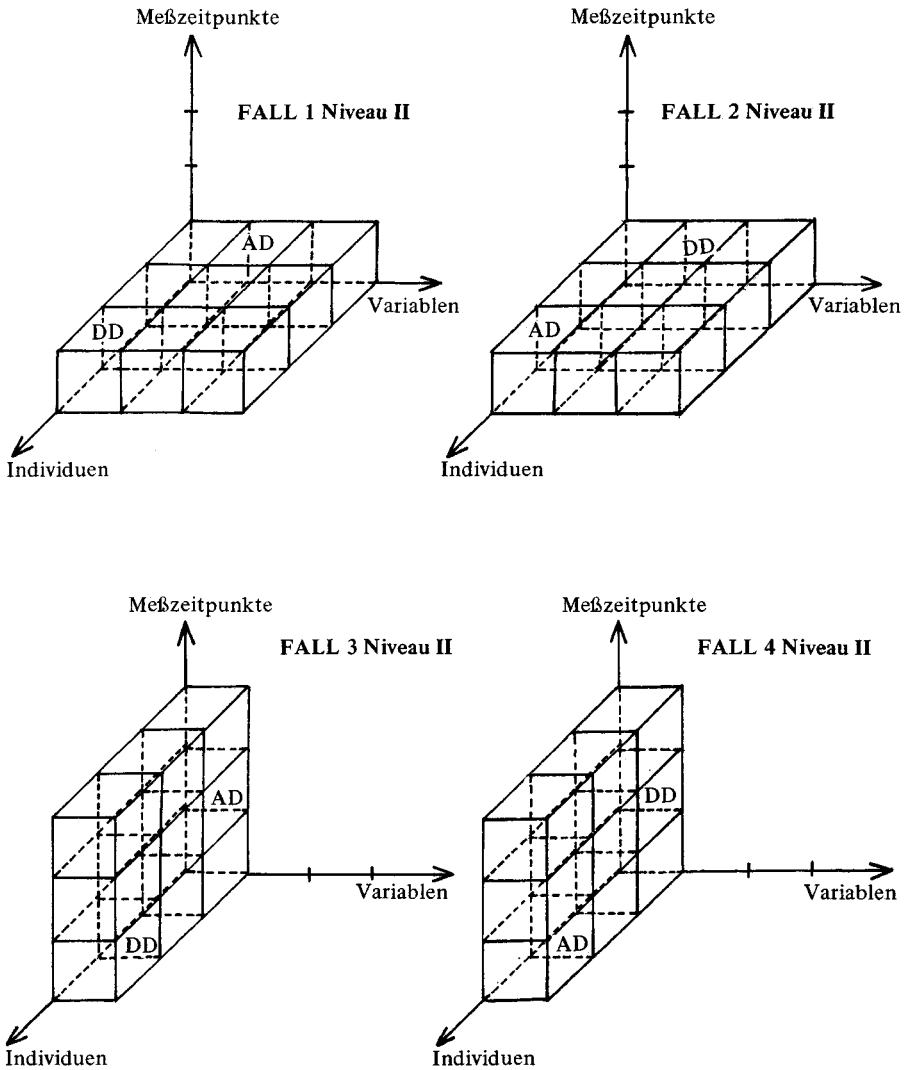
- Fall 1 (case 1, Buss 1979): *Interindividuelle Unterschiede von intraindividuellen Unterschieden*: Individuen (differentielle Dimension [DD]) werden zu einem Meßzeitpunkt über die Variablen (aggregierte Dimension [AD]) hinweg verglichen.
- Fall 2 (case 2, Buss 1979): *Unterschiede zwischen den Variablen in interindividuellen Unterschieden*: Variablen werden (DD) über alle Individuen (AD) hinweg zu einem Meßzeitpunkt verglichen.
- Fall 3 (case 5, Buss 1979): *Interindividuelle Unterschiede in den intraindividuellen Veränderungen*: Individuen (DD) werden über alle Meßzeitpunkte (AD) hinweg für eine Variable verglichen.
- Fall 4 (case 6, Buss 1979): *Unterschiede zwischen den Meßzeitpunkten in bezug auf interindividuelle Unterschiede*: Meßzeitpunkte (DD) werden über die Aggregation der Individuen (AD) hinweg für eine Variable verglichen.

Case 3 und case 4 (Buss 1979) bleiben unerwähnt, da es sich um Hypothesen für Einzelfallanalysen handelt. Die Fälle 2 und 4 kommen unter anderem bei der in der Entwicklungspsychologie bekannten Quer- und Längsschnittanalyse zur Anwendung. Hierbei werden jeweils Aggregate von Personen oder Individuen gebildet, beispielsweise in Form von arithmetischen Mittelwerten oder Varianzen.

Ein methodologisch andersartiger Fokus der Analyse liegt in den Fällen 1 und 3 vor. Im Fall 1 wird über die Variablen und im Fall 3 über die Meßzeitpunkte hinweg aggregiert. Als differentielles Merkmal bleibt in beiden Fällen die Dimension Individuen erhalten.

Henning, Rudinger, Chaselon und Zimmermann (1983) unterscheiden drei Formen entwicklungspsychologischer Hypothesenbildung bei der Analyse qualitativer Daten, die mit den hier diskutierten Typen annähernd übereinstimmen. Dabei lassen sich die Fälle 2 und 4 mit gewissen Einschränkungen dem Ansatz des „aggregated group development“ subsumieren, die Fälle 1 und 3 entsprechen

Abbildung 3: Taxonomie von Entwicklungshypothesen nach Buss
(1979) – Niveau II



AD: Aggregierte Dimension
DD: Differenzielle Dimension

jedoch ohne Einschränkung dem Ansatz des „individual development“ (Henning u. a. 1983, S. 23). Ein dritter Typ, den die Autoren von den bereits genannten abgrenzen, ist der Ansatz des „single case development“. Er entspricht zwar ebenfalls den Hypothesentypen der cases 3 und 4 in der Buss'schen Taxonomie, ist aber wegen der oben erwähnten Kasuistik der Analyse für die Entwicklungspsychologie weniger relevant. In diesem Kontext wird folglich nur zwischen „individual development“ und „aggregated group development“ unterschieden. Die Hypothesenkonstruktionstypen der Fälle 1 und 3 (individual development) finden Anwendung in strukturalistischen Entwicklungsanalysen, die explizit die synchrone (Fall 1) von der diachronen (Fall 3) Untersuchungsebene trennen (zur Synchron- und Diachronanalyse siehe auch Abschnitt 2.3). Synchrone Analysen aggregieren im Gegensatz zur Querschnittsmethode die Variablen anstatt der Individuen. Diachrone Analysen auf der anderen Seite aggregieren im Gegensatz zur Längsschnittmethode die Meßzeitpunkte statt der Individuen.

In Tabelle 2 werden die unterschiedlichen Hypothesentypen mit den korrespondierenden Methoden verbunden.

Die Nachteile der Buss'schen Taxonomie sollen indessen nicht unerwähnt bleiben. Zum ersten geht die Taxonomie von der impliziten Annahme aus, daß die

Tabelle 2: Entwicklungspsychologische Hypothesentypen und Methoden

Diff. Merkmal	Aggr. Merkmal	Fall	Case (Buss)	Analyt. Fokus	Methodische Anwendung
Individuen	Variablen	1	1	ID	Synchronanalyse (Konfigurationsanalyse)
Variablen	Individuen	2	2	AGD*	Querschnittsmethode (Varianzanalyse)
Meßzeitpunkte	Variablen		3	SCD	Einzelfallanalyse (Strukturdiagnose)
Variablen	Meßzeitpunkte		4	SCD	Einzelfallanalyse (Zeitreihenanalyse)
Individuen	Meßzeitpunkte	3	5	ID	Diachronanalyse (Konstellationsanalyse)
Meßzeitpunkte	Individuen	4	6	AGD*	Längsschnittmethode (Varianzanalyse mit Meßwiederholung)

Case: Hypothesentyp nach Buss (1979).

ID: Individual development (nach Henning u. a. 1983).

AGD: Aggregated group development (ebenda).

SCD: Single case development (ebenda).

*: Nur bedingt überführbar.

gemessenen Konstrukte über die Zeit hinweg konstant bleiben, das heißt, daß sie von den Individuen zu unterschiedlichen Zeitpunkten ähnlich verarbeitet und konzipiert werden (siehe auch Rudinger 1978, S. 183; Problem Meßwiederholung); zum zweiten läßt die Anlage des Untersuchungsplanes die Berücksichtigung von Kohorten nicht zu. Somit sind Kohorteneffekte (nach Baltes, Cornelius & Nesselrode 1979) als weiterer Faktor im Modell nicht kontrollierbar. Diese Nachteile wirken sich jedoch nicht auf die heuristische oder analytische Fruchtbarkeit des Modells aus, solange es im Rahmen der im nächsten Abschnitt zu entwickelnden Sequenzanalyse verwandt wird. Es sollte aber noch vorausgeschickt werden, daß diese Sequenzmethode auch mit der Buss'schen Taxonomie vereinbar ist. Es handelt sich um einen Hypothesentyp auf Niveau III der Hypothesendimensionierung (Buss 1979); hierbei werden alle drei Dimensionen analytisch eingeschlossen, das heißt, zwei Dimensionen gehen als Aggregate und eine als differentielle Dimension ein (siehe auch Abschnitt 2.3).

2.2 Sequenzhypothesen als aussagenlogisch formulierte Relationen

Die zuvor diskutierte Taxonomie entwicklungspsychologischer Hypothesenbildung wird für weitere methodologische Überlegungen als Ausgangspunkt dienen. Ziel der folgenden Diskussion ist es, eine geeignete entwicklungspsychologische Methode zu finden, die es erlaubt, aufgrund einer logischen Analyse der Beziehungen zwischen Variablen oder Meßzeitpunkten Entwicklungsabfolgen im Sinne von Sequenzhypothesen zu postulieren und zu analysieren.

Mit Hoppe-Graff (1982, S. 47) kann man „die ontogenetische Abfolge der Zustände an einer Menge (Stichprobe, Population) von Individuen [... soweit] eine gewisse *Regelmäßigkeit* (intraindividuelle Einheitlichkeit) der Abfolge [vorliegt], die zudem *theoretisch begründet* ist, [... als] *Entwicklungssequenz*“ bezeichnen. Die Regelmäßigkeit einer Abfolge ist aber nur dann gegeben, „wenn die Entwicklungsschritte (Zustände) in einer umschriebenen Population mit großer Wahrscheinlichkeit aufeinanderfolgen“ (Hoppe-Graff 1982, S. 48).

Diese Restriktion ist insofern von Bedeutung, als logisch begründete Beziehungen, wie im Spezialfall der Invariabilitätshypothese (siehe Abschnitt 1.3), deterministische Aussagen sind, also Aussagen, die aussagenlogisch stets einen und nur einen Wahrheitswert enthalten. Empirisch lassen sich derartig strenge Aussagen leicht falsifizieren. Darum werden in der Psychologie deterministische Aussagen meist durch pragmatische oder probabilistische Aussagen substituiert. Begründet wird diese Substitution durch die Notwendigkeit, in konkreten Untersuchungskontexten Meßfehler zu akzeptieren, die eine deterministische „wahre“ Relation verschleiern können.

Campbell und Richie (1983) fordern die logische Analyse und rationale Begründung von Abfolgestrukturen oder Sequenzen, indem sie feststellen, daß „establishing a developmental sequence as a lawful generalization requires a theoretical explanation of prerequisite relations between abilities“ (Campbell & Richie 1983, S. 156 f.). Präzisierend folgern die Autoren für die analytische Konstitu-

tion einer Erwerbsequenz zwischen zwei Merkmalen als der gleichsam kleinsten sequentiellen Assoziation innerhalb eines relationalen Verbundes, daß „a theoretical account that specifies how A and B are related, and why this is so, is needed to establish A-B sequences as a lawful generalization“ (Campbell & Richie 1983, S. 159; siehe auch Harré 1970; Harré & Madden 1975).

Aussagenlogisch formulierte Beziehungen zwischen zwei dichotomen Merkmalen oder Variablen können in 2×2 - Kontingenztafeln repräsentiert werden und finden ihr Pendant in spezifischen Fehlermustern innerhalb dieser Kreuztabelle. Unter Fehlermustern kann die Konfiguration oder Assoziationsstruktur zulässiger versus unzulässiger Ereignisse oder Zellen in einer Kreuztabelle (siehe auch Hoppe-Graff 1982) verstanden werden. Die Transformation logischer Beziehungen in Kontingenzen ist Voraussetzung für die Analyse und die statistische Auswertung logisch strukturierter Hypothesen. Auch Brandtstädter und von Eye (1982) konstatieren, daß

„damit [...] ein Mittel gegeben [ist], um zu a-priori-Hypothesen, die in Form logischer Funktionen bzw. als Boole'sche Ausdrücke vorliegen, hypothesenkonforme und hypothesen-diskrepante Datenmuster zu bestimmen und gegebene Hypothesen über eine Analyse der Frequentierungen bestimmter Elementarereignisse bzw. Konfigurationen zu evaluieren. [...] Fragestellungen dieser Art treten beispielsweise bei der Analyse von Entwicklungssequenzen [...] auf.“ (Brandtstädter & von Eye 1982, S. 6 f.)

Für den Fall einer Erwerbshypothese, die auf zwei alternative (dichotome) Merkmale bezogen ist, wird nun im folgenden das spezifische Fehlermuster analysiert und bestimmt. Die Kontingenztafeln sind mühelos erweiterbar, um ordinalskalierten Merkmalen zu genügen. Auch Froman und Hubert (1980, S. 139) und Wohlwill (1977, S. 262) deuten diese Möglichkeit an, indem sie die Kontingenzen zweier sequenzlogisch geordneter Fähigkeiten (k-stufig) pattern-analytisch umformen.

Aufgrund der logischen Analyse der Erwerbsabfolge zweier Entwicklungsmerkmale (Schritte) A und B wird eine invariable Sequenz beim Erwerb der zwei Funktionen postuliert, wobei B erwerbslogisch später auftreten soll (Verschiebungshypothese [Typ X] oder Invariabilitätspostulat; siehe auch Abschnitt 1.3). Die postulierte notwendige Bedingung (logische Implikation in der Aussagenlogik) läßt sich als die folgende Aussage formulieren: *wenn B dann A* ($A \leftarrow B$). Oder: A ist notwendige Bedingung von B.

Logisch möglich sind bei zwei alternativen Merkmalen 2×2 Kombinationen oder Ereignisse:

1.	A liegt nicht vor,	B liegt nicht vor	$(\overline{A}\overline{B})$	Zelle a
2.	A liegt nicht vor,	B liegt vor	$(\overline{A}B)$	Zelle b
3.	A liegt vor,	B liegt nicht vor	$(A\overline{B})$	Zelle c
4.	A liegt vor,	B liegt vor	(AB)	Zelle d

Angeordnet innerhalb einer Kontingenztafel finden sich die aussagenlogischen Ereignisse als Zellen wieder (siehe Tabelle 3):

Tabelle 3: Kontingenztabelle zweier alternativer Ereignisse

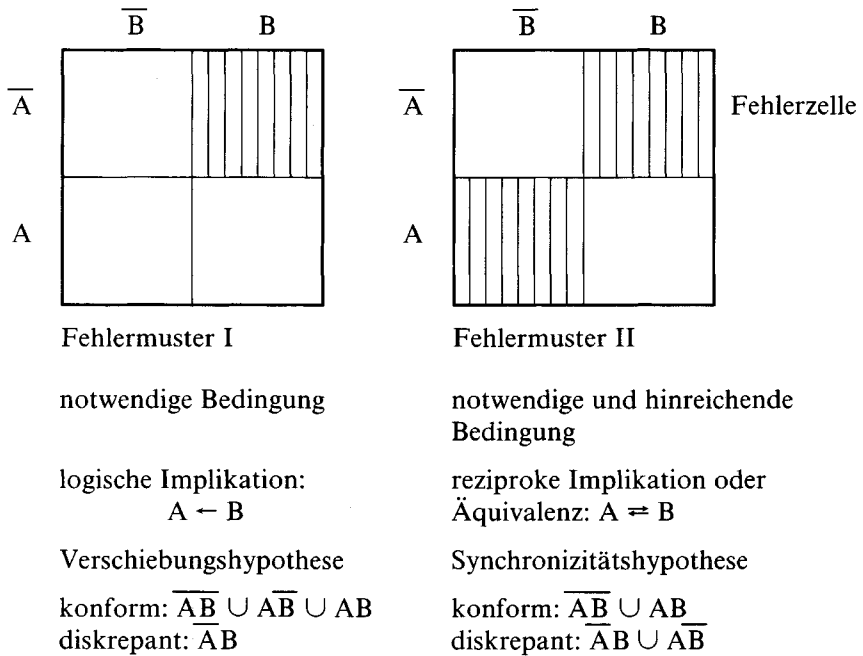
		Merkmal B	
		\bar{B}	B
Merkmal A	\bar{A}	a	b
	A	c	d

Gegen die logische Implikation spricht nur das Elementarereignis b, also die hypothesendiskrepante Kombination $\bar{A}B$ (Nicht-Implikation). Alle übrigen Ereignisse sind hypothesenkonzonform. Die erwerbslogische Sequenz zwischen A und B ist in eine aussagenlogische Implikation transformiert worden, die folgenden bedingungskonformen Ereignisraum eröffnet: $\bar{A}\bar{B} \cup \bar{A}B \cup AB$. Sollte sich nun empirisch erweisen, daß die Zelle b ($\bar{A}B$) nicht beziehungsweise nur innerhalb zuvor festgelegter Toleranzniveaus frequentiert ist (siehe oben, zur Begründung der probabilistischen Formulierung einer deterministischen Relation), das heißt, daß keine bedingungswidersprechenden Elementarereignisse auftreten, so kann beim Erwerb von A und B erwerbs- wie emergenzlogisch eine Sequenz vermutet werden. A wäre also erwerbslogisch Vorläufer von B. Die inferenzstatistische Behandlung dieser Bedingungsanalysen wird in einem späteren Kapitel ausgeführt.

Ein weiterer aussagenlogischer Bedingungstyp ist die notwendige *und* hinreichende Bedingung. Sequenzlogisch formuliert besagt sie, daß *immer* und *genau wenn* B, *dann* A. Es handelt sich um eine Verbindung der notwendigen und der hinreichenden Bedingungen, die, entwicklungslogisch betrachtet, das gleichzeitige Auftreten beider Merkmale postuliert (Synchronizitätshypothese; siehe auch Abschnitt 3.1). Aussagenlogisch wird dieser Sequenztyp als Äquivalenz oder reziproke Implikation bezeichnet. Dieser Relationstyp ist irrelevant für Emergenzmodelle, die eine entwicklungsbedingte Abfolge im Erwerb der Funktionen hypostasieren, da kein Zeitverzögerungs- oder Entwicklungsfaktor impliziert ist. Für die Äquivalenz ($A \Leftrightarrow B$) erhält man im Kontext von 2×2 -Kontingenztabelle folgendes Fehlermuster: hypothesenkonzonform $\bar{A}\bar{B} \cup AB$, hypothesendiskrepant $\bar{A}B \cup A\bar{B}$. Die aussagenlogischen Konjunktionstypen der Konjunktion (AB) und der negativen Konjunktion ($\bar{A}\bar{B}$) sind somit zulässig (das heißt in der Kontingenztabelle die Zellen a und d; siehe Tabelle 3). Die beiden diskutierten logischen Relationstypen (logische Implikation und Äquivalenz) werden in Abbildung 4 zum Vergleich dargestellt.

Auf der Basis dieser postulierten Einzelrelationen (bilateral) lassen sich nun beliebig erweiterte Modelle (multilaterale Relationen) formulieren und, solange

Abbildung 4: Logische Relationstypen und Fehlermuster in Kontingenztafeln



die statistischen Verfahren keine Restriktionen auferlegen, auch überprüfen. Ein Entwicklungsmodell auf dieser Grundlage wäre somit in der Lage, komplexe *multilaterale* Bedingungsbeziehungen oder *logische Verbände* zu berücksichtigen.

Andere Konzeptionen bei der Analyse aussagenlogisch formulierter Beziehungen zwischen Variablen (von Eye & Brandtstädter, im Druck) postulieren neben den hier angenommenen zulässigen (konformen) und unzulässigen (diskrepanz) Zellen einen weiteren Zellentyp, die sogenannte irrelevante Zelle. Irrelevant sind nach Meinung der beiden Autoren diejenigen Merkmalskonfigurationen, die durch die aussagenlogische Formulierung nicht „gemeint“ sind, das heißt diejenigen Zellen, die der aussagenlogisch formulierten Relation nicht widersprechen, aber auch nicht explizit zum Erfolg der Vorhersage des Modells beitragen. Eine Unterscheidung zwischen Fehler-, Erfolgs- und irrelevanten Zellen schien im vorliegenden Untersuchungskontext insofern nicht geeignet, als Erfolgskontexten von sogenannten irrelevanten Zellen analytisch nicht getrennt werden konnten. Im Falle der Implikation beispielsweise konnte eindeutig die Fehlerzelle (non-A B) bestimmt werden, die übrigen Zellen (A B, A non-B und non-A non-B) konnten jedoch aufgrund ihrer gleichwertigen Relevanz innerhalb der sequenztheoretischen Fragestellung in dem von den oben erwähnten Autoren benutzten Sinn nicht unterschieden werden, das heißt, die Auftretenswahrscheinlichkeiten aller drei Zellen tragen gleichermaßen zur Prädiktion bei (siehe auch Abschnitt 6.2.4).

2.3 Die Sequenzmethode: Eine Weiterentwicklung der Bedingungsanalyse

Für die oben beschriebene Vorgehensweise bei der Analyse von Entwicklungssequenzen hat Hoppe-Graff (1982) den Begriff der Bedingungsanalyse vorgeschlagen. Statistisch korrespondiert die Bedingungsanalyse mit der Prädiktionsanalyse von Hildebrand, Laing und Rosenthal (1977). Angedeutet, aber noch ungelöst bleibt dabei das Problem der Formulierung längsschnittlich dimensionierter Hypothesen in Form logischer Relationen. Zwar bestätigt Hoppe-Graff, daß „bei der Querschnittstudie [...] der Entwicklungsprozeß erschlossen [und] bei der Längsschnittstudie [...] beobachtet“ wird (Hoppe-Graff 1982, S. 52 f.), doch wird eine analytische Trennung der beiden Foci nicht systematisch unternommen, wohl aus Gründen der der Untersuchung zugrundeliegenden Querschnittsdaten; damit erübrigt sich der Zwang zu einer differentiellen Betrachtung. Innerhalb des Querschnittsdesigns können Entwicklungssequenzen also nur aus spezifischen Datenkonfigurationen abgeleitet oder erschlossen werden. Intraindividuelle Entwicklungspfade lassen sich indessen erst in Längsschnittsdesigns als faktisch aufgetretene Erwerbssequenzen nachweisen. Dies kommt der Forderung nach einem erweiterten methodologischen Zugang gleich, der eine methodologische Integration quer- wie längsschnittlicher Aspekte bildet. Der Erweiterung der Bedingungsanalyse auf diachrone Aspekte steht auf der anderen Seite aber ein meßtheoretisches Problem, das der Meßwiederholung, gegenüber. Sie kann die längsschnittliche Beobachtbarkeit von Entwicklungssequenzen zumindest relativieren. In dem vorliegenden Untersuchungskontext wird jedoch Meßwiederholungseffekten, etwa der Regression zur Mitte (Buss 1979), keine meßtheoretische Bedeutung zugemessen, da bei natürlich dichotomen Daten (Vorliegen und Nichtvorliegen eines Prozesses), das heißt strenggenommen bei bimodalen Merkmalsverteilungen, derartige Effekte ausgeschlossen sind.

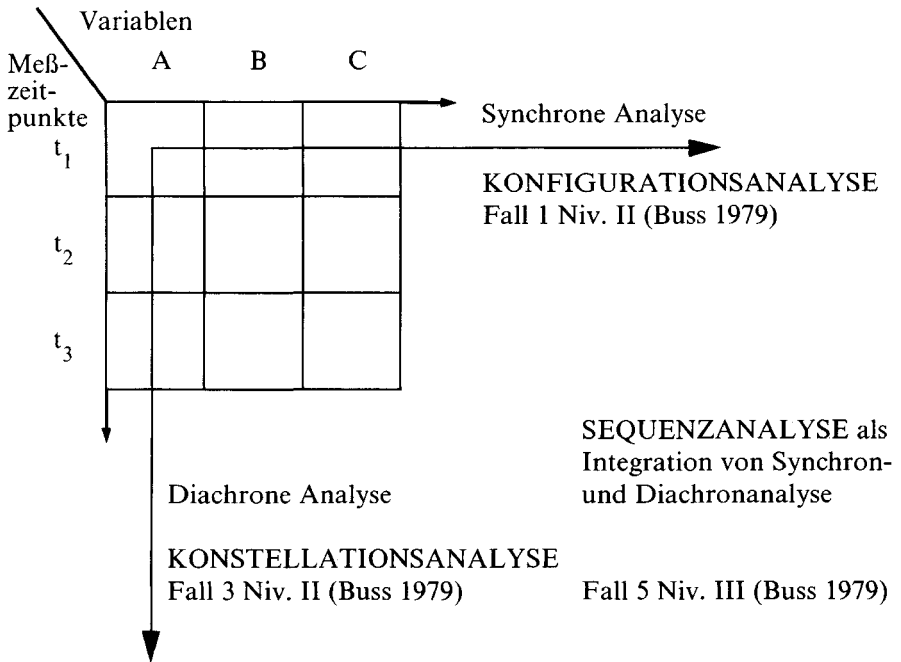
Der Anschaulichkeit halber wird auf die in Abschnitt 2.1 diskutierte Taxonomie entwicklungspsychologischer Hypothesenbildung zurückgegriffen. Damit läßt sich die von Hoppe-Graff (1982) vorgeschlagene Bedingungsanalyse als Methode zur Untersuchung von Hypothesen des Typs oder Falles 1 auf Niveau II (Buss 1979) bestimmen (siehe oben, Abschnitt 2.1). Es handelt sich also um einen Ansatz zur Analyse von „individual development“ (Henning u. a. 1983), der methodisch über die Variablen aggregiert und die Individuen vergleicht. Wie in Abschnitt 2.2 postuliert, soll eine logische Implikation die Erwerbsabfolge abbilden. Es wird also von den synchron angeordneten logischen Relationen zwischen den Merkmalen auf eine Erwerbssequenz geschlossen. Bei der längsschnittlichen (diachronen) Betrachtungsweise kann nur eine Variable über mehrere Meßzeitpunkte in einen logischen Verbund gestellt werden. Folglich benötigen wir einen anderen Typ aussagenlogischer Relationen, der der Erhaltung oder Kumulativität von Merkmalen im Laufe der Entwicklung entspricht. Im Falle der Kumulativitätshypothese würde die hinreichende Bedingung oder logische Replikation die aussagenlogisch formulierte Relation repräsentieren. Die analytische wie methodologische Unterscheidung beider Ebenen ist notwendig, um bei der Überprüfung sequenzlogischer Hypothesen im Rahmen von Längsschnitt- oder Entwick-

lungsgesigns die synchronen nicht mit den diachronen Aspekten zu vermengen. Zwar ist in der Realität Entwicklung ein kontinuierlicher Prozeß, der diese Trennung überflüssig macht, doch beziehen sich entwicklungspsychologische Erhebungen nur auf Punkte (Zustände) auf diesem Kontinuum, was die Unterscheidung untersuchungsmethodisch nötig macht.

Unter Vernachlässigung der Individualebene soll diese Unterscheidung im folgenden Modell (siehe Abbildung 5) deutlich gemacht werden. Die horizontale Koordinate beschreibt die Variablen, die vertikale Koordinate die Meßzeitpunkte.

Die Methode von Hoppe-Graff (1982) entspricht nun dem analytischen Fokus in der „Horizontalen“, das heißt der Aufklärung der abfolgelogischen Beziehungen zwischen mehreren Merkmalen zu einem Meßzeitpunkt. Die längsschnittliche Alternative, also die „Vertikale“, bezieht sich auf die aussagenlogisch formulierten Relationen (in unserem Falle Kumulativität oder logische Replikation) zwischen den zu unterschiedlichen Zeitpunkten gemessenen Merkmalen.

Abbildung 5: Konfigurations- versus Konstellationsanalyse
Sequenzanalyse



Im folgenden wird im ersten Fall der Terminus *Konfiguration* und im zweiten Fall der Terminus *Konstellation* verwendet. Krauth und Lienert (1973) definieren Konfigurationen als „Querschnittprofile mehrerer diskret verteilter Merkmale“ und Konstellationen als „Längsschnittprofile eines diskret verteilten Merkmals“ (Krauth & Lienert 1973, S. 163). Da die beiden Definitionen den Gegen-

standsbereich der hier anvisierten Methoden erschöpfend beschreiben, werden sie als Bezeichnungen übernommen. Methodologisch soll es jedoch nicht bei dem Terminus der Bedingungsanalyse bleiben, da die Bedingungsanalyse, wie oben erwähnt, die synchrone von der diachronen Ebene bei der Hypothesenbildung analytisch nicht trennt. Vielmehr soll die Untersuchung von Konfigurationen *Synchronanalyse* und die Untersuchung von Konstellationen *Diachronanalyse* genannt werden (siehe auch Abschnitt 2.1). Der Typ der Diachronanalyse entspricht übrigens in der in Abschnitt 2.1 erwähnten Taxonomie dem Hypothesentyp 3 auf Niveau II (Erklärung zu diesem Typ siehe S. 43). Verallgemeinernd wird auch häufig von *Patternanalysen* gesprochen, eine Bezeichnung, die wegen der fehlenden Distinktion konfigurativer und konstellativer Aspekte eher irreführend ist. Zum anderen verweisen die Termini Synchron- und Diachronanalyse auf den geänderten Gegenstandsbereich strukturanalytischer Methodologie (Aggregationsmerkmal Variablen/Meßzeitpunkte; siehe auch Tabelle 2 und Abbildung 3) gegenüber der Quer- und Längsschnittmethode, in die die Dimension Individuen (etwa varianzanalytische oder korrelationsstatistische Designs) als Aggregat eingeht.

Beispielhaft soll nun die Entwicklung der Konzepte A und B untersucht werden. Angenommen wird, daß sie über zwei Meßzeitpunkte wiederholt erhoben wurden. Aufgrund der methodischen Unterscheidung müssen Hypothesen, die die konfigurativen Aspekte der Daten betreffen, von jenen getrennt werden, die sich auf die konstellativen Aspekte beziehen. Das Ziel der Analyse ist es nun, eine Entwicklungssequenz zu überprüfen. Unterstellt sei, daß die logische Analyse ergeben hat, A sei stets Vorläufer von B, oder, anders formuliert, A sei notwendige Bedingung von B. Es sollen nun a) zwei konfigurative Hypothesen und b) zwei konstellative Hypothesen formuliert werden.

Zu a) B_1 verhält sich logisch implikativ zu (impliziert) A_1 und

B_2 verhält sich logisch implikativ zu (impliziert) A_2

(Transitivität – Synchronanalyse)

Zu b) A_2 verhält sich logisch replikativ zu (repliziert) A_1 und

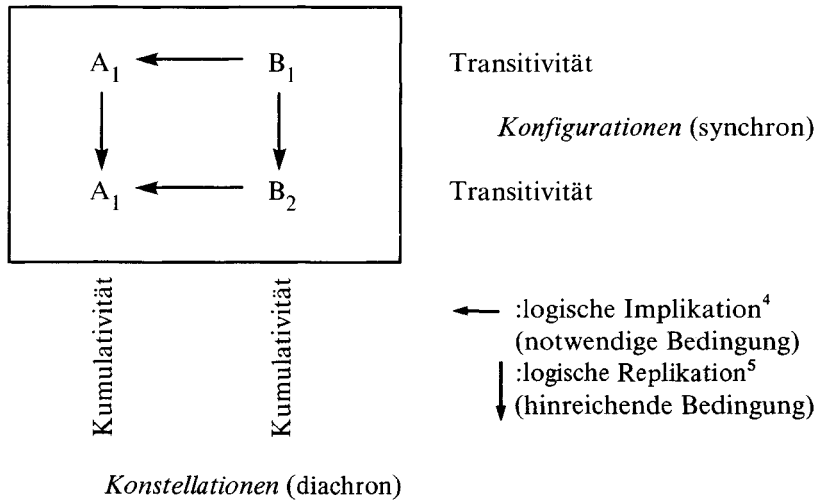
B_2 verhält sich logisch replikativ zu (repliziert) B_1

(Kumulativität – Diachronanalyse)

Bei Formulierung eines allgemeinen Entwicklungsmodells über beide Dimensionen (Variablen \times Zeitpunkte) müssen beide Hypothesentypen als Einzelrelationen in einer Modellhypothese zusammengefügt werden, die beide Aspekte und die jeweiligen Doppelrelationen berücksichtigt (siehe Abbildung 6).

Dieser Typ von Modellhypothese bedeutet in der Buss'schen Terminologie die Kombination zweier zweidimensionaler Hypothesen zu einer dreidimensionalen Hypothese, die einerseits die aggregierten Dimensionen Variablen und Meßzeitpunkte enthält und andererseits über die differentielle Dimension Individuen vergleicht. Buss (1979) hat diesen Typ der Modellhypothese auf dem dritten Niveau der Hypothesendimensionierung angesiedelt und bezeichnet diesen Typ, also die Kombination einer Konfigurations- und Konstellationshypothese, als „intervariable differences in interindividual differences in intraindividual changes“ (Buss

Abbildung 6: Darstellung der Erwerbssequenz von A und B



1979, S. 47; vergleiche auch Abbildung 7). Wenn dieser komplex anmutende Hypothesentyp nun ausformuliert wird, so verlangt er, daß die Ausprägungen einer Variablen über die Meßzeitpunkte hinweg (Konstellationen) über alle Individuen bezüglich der Variablendimension (Konfigurationen) verglichen werden (siehe auch Abschnitt 1.2).

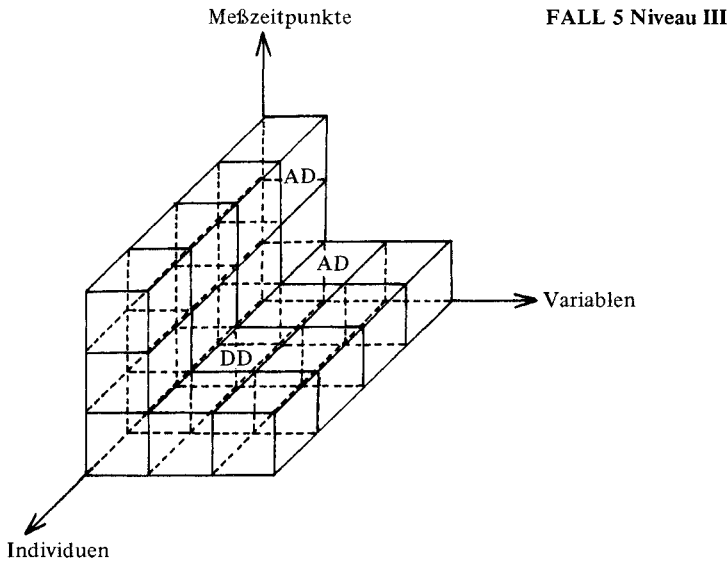
Aus Gründen inhaltlicher Konsistenz werden im folgenden dieser Modellhypothese, der eine Synthese aus Synchron- und Diachronanalyse darstellt, *Sequenzhypothese*, und die ihm zugehörige Methode *Sequenzmethode* genannt.

Buss (1979) unterscheidet noch fünf weitere Typen auf Niveau III. Sie finden aber bei der Postulierung des Entwicklungsmodells konkreter Operationen keine

⁴ Die in dieser und späteren Abbildungen verwendeten *Linkspfeile* (←) sind im Sinne der in der Aussagenlogik benutzten Symbole zu verstehen (vergleiche auch Abbildung 4). Entgegen der Bedeutung des *Rechtspfeils*, der im Hinblick auf Entwicklungsprozesse einen Fortschritt oder einen Erwerb von später auftretenden Merkmalen darstellt, wird im Bezugssystem der Aussagenlogik die logische Implikation, die ebenfalls einen Entwicklungsprozeß (im speziellen eine Entwicklungssequenz) analytisch repräsentiert, durch einen *Linkspfeil* symbolisiert. Hierbei deutet die Pfeilrichtung das Inklusionsverhältnis an.

⁵ Analog gilt für den verwendeten nach *unten* gerichteten Pfeil, daß dieser ebenfalls im Bezugssystem der Aussagenlogik zu verstehen ist, und zwar im Sinne der umgekehrten Implikation oder der logischen Replikation. Diese aussagenlogisch formulierte Relation bezieht sich auf den Zusammenhang eines Merkmales zwischen zwei Meßzeitpunkten, wobei das Auftreten eines Merkmales zur Messung I das Auftreten dieses zum zweiten Meßzeitpunkt im Sinne einer „notwendigen“ Replikation determiniert, das heißt ein Entwicklungsmerkmal, das zur ersten Messung auftrat, muß sich zur zweiten Messung replizieren.

Abbildung 7: Taxonomie von Entwicklungshypothesen nach Buss (1979) – Niveau III



AD: Aggregierte Dimension

DD: Differentielle Dimension

(siehe auch Abschnitt 2.1 zur allgemeinen Taxonomie der Hypothesenbildung)

MPI Bilfo
Stat 4/86

Anwendung, vielmehr liegt unserer Untersuchung nur der eben diskutierte Hypothesentyp zugrunde.

Nach der allgemeinen Darstellung der Entwicklungskonzepte in Abschnitt 1.3, die theoretisch die entwicklungspsychologische Dimension in der Theorie Piagets reflektierten, sollen im folgenden Abschnitt die beiden in der empirischen Literatur diskutierten möglichen Entwicklungs- oder Emergenzhypothesen dargestellt werden. Weiterhin sollen diejenigen empirischen Ergebnisse vorgestellt werden, anhand derer diese unterschiedlichen Hypothesen diskutiert werden können.

3. Logische Analyse der Erwerbssequenzen

3.1 Mögliche Entwicklungshypothesen bei der Genese konkreter Operationen und Sammlung empirischer Ergebnisse

Für die Analyse der Emergenz von Entwicklungsstufen zeigt Wohlwill (1977, S. 262 ff.) modellhaft mehrere Erklärungsalternativen auf. Von diesen sollen im folgenden aufgrund ihrer konzeptuellen Nähe zu Piagets Emergenzkonzept drei Typen diskutiert werden.

Modelltyp I (Wohlwill 1977, S. 252) repräsentiert synchrone Entwicklung, das heißt den gleichzeitigen Erwerb unterschiedlicher Merkmale. Dieser Typ entspricht der Synchronizitätshypothese $T_1(A) = T_2(B)$, wobei $T_n(x)$ den Erwerbszeitpunkt eines Merkmals x bedeutet (zu den unterschiedlichen Formen der Synchronizität siehe auch Flavell 1971).

Modelltyp II (Form a und b; Wohlwill 1977, S. 252 f.) repräsentiert die Konzepte horizontaler Verschiebungen, also zeitlicher Verzögerungen beim Erwerb mehrerer Merkmale: $T_1(A) < T_2(B)$.

Modelltyp III (Wohlwill 1977, S. 255) stellt die sogenannte reziproke Interaktion dar. Dieser Typ der Entwicklung wird jedoch in diesem Untersuchungszusammenhang unerwähnt bleiben.

Modelltyp IV (Wohlwill 1977, S. 256 f.) steht für das Äquilibrations- oder Stabilisierungskonzept, das heißt die Konsolidierung und Integration unterschiedlicher Substrukturen in ein strukturiertes Ganzes beziehungsweise in eine Gesamtstruktur (structure d'ensemble). Dieser Typ bezieht sich auf den übergeordneten Strukturierungsaspekt und kann konzeptuell sowohl zeitlich synchron als auch zeitlich verschoben gesehen werden. Er findet seine Entsprechung in den Konsolidierungshypothesen (vergleiche auch die Taxonomie von Pinard und Laurendeau 1969 – siehe oben, Abschnitt 1.3 – und zur terminologischen Eingrenzung van den Daele 1969).

Bezüglich der Emergenz der konkreten Operationen liegen unterschiedliche empirische Befunde oder Resultate vor, die entweder Modelltyp I oder II bestätigen. So stellen einige Autoren (Achenbach & Weisz 1975; Dudek, Lester, Goldberg & Dyer 1969; Little 1972) einen synchronen Erwerb, bezogen auf die Fähigkeiten des Erhaltens und der Klasseninklusion, fest. Andere Autoren hingegen (Brainerd 1973, 1974; Dimitrovsky & Almy 1975; Kingma 1983; Rosser & Horan 1982; Schwebel & Schwebel 1974; Winer & Kronberg 1974) können eine Sequenz beim Erwerb der Konzepte der Erhaltung und der additiven und multiplikativen Klassifikation aufzeigen, wohingegen Wohlwill (1968) zwar die Entwicklung ebenfalls auf der Grundlage der Verschiebungshypothese analysiert,

aber entgegen allen sonstigen Autoren zu dem empirischen Befund gelangt, daß die Klasseninklusion früher erreicht wird als die Erhaltung. Dieses verblüffende Ergebnis konnte indessen nicht repliziert werden.

Die Heterogenität und Widersprüchlichkeit der empirischen Ergebnisse hat unterschiedliche Gründe. Erstens handelt es sich in den meisten Fällen um A-posteriori-Analysen, das heißt, den ordnungstheoretischen Annahmen wird keine logische Analyse der aufgabenstrukturellen Bedingungen vorangestellt. Manche der berichteten Befunde sind als eher explorativ aufgrund empirischer Regelmäßigkeiten zu bewerten. Zweitens kann nicht davon ausgegangen werden, daß diese Studien und die abgeleiteten hypothetischen Entwicklungsmodelle aufgrund der unterschiedlich verwendeten Aufgaben direkt vergleichbar sind. So muß vermutet werden, daß Erhebungs- und Materialeffekte die komparative Evaluation der Befunde erschweren.

Piaget behauptet, daß der Erwerb unterschiedlicher Funktionen der konkret-operationalen Gesamtstruktur synchron erfolgt und bezieht sich dabei auf die Substrukturen der additiven und multiplikativen Klassifikation (so zum Beispiel Piaget 1941, S. 264 f.; Piaget & Inhelder 1973b, S. 196; siehe auch Piaget & Szeminska 1975, S. 312 f., hier bezogen auf die Strukturen der Konservierung und der Komposition). Dennoch wurde diese Fragestellung nicht zum Gegenstand einer eigenständigen empirischen Untersuchung. Entsprechend selten und unscharf sind auch Aussagen zu diesem entwicklungspsychologischen Ansatz.

Flavell und Wohlwill (1969) hingegen postulieren die sukzessive Emergenz unterschiedlicher operativer Funktionen. Gemäß der Hypothese der horizontalen Verschiebungen sehen sie den Erwerb der logischen Multiplikation von Relationen und der Addition von Relationen am besten durch den Entwicklungstyp der implikativen Mediation beschrieben und erklärt⁶. So behaupten die Autoren, daß „the ability to multiply or coordinate two relations presupposes the ability to apprehend the two relations individually“ (a. a. O., S. 86). Das heißt: Das einfache Ordnen von Relationen ist notwendige Bedingung für den Erwerb der multiplikativen Klassifikation von Relationen. Empirische Untersuchungen sprechen auch für die Verschiebungshypothese, zumindest, wenn man die Anzahl der Befunde in Betracht zieht.

Beispielhaft soll im folgenden eine Untersuchung dargestellt werden, die als repräsentativ für die übrigen Analysen gelten kann, zumindest, was den explizierten inhaltlich-theoretischen und methodisch-statistischen Rahmen angeht. So behauptet Brainerd (1973), daß entgegen Piagets Vorhersagen über den synchronen Erwerb der drei Substrukturen Transitivität, Konservierung und Klasseninklusion (Synchronizitätshypothese) a) die Transitivität vor der Erhaltung und b) und c) nicht nur die Transitivität, sondern auch die Konservierung vor der Klasseninklusion erworben werden. Diese empirischen Ergebnisse belegt der Autor einerseits durch varianzanalytische Verfahren und anschließende Einzelvergleiche

⁶ Zu den übrigen Entwicklungstypen siehe Flavell und Wohlwill (1969, S. 83), Tabelle über entwicklungstheoretische Relationstypen.

(Scheffé-Test), wobei er signifikante Unterschiede bezüglich der gemittelten Auftretenshäufigkeit der Funktionen feststellt. Andererseits führt er Prüfungen mittels Binomialtests durch, die die unterschiedliche Besetzung der Wechselzellen in der 2×2 - Kontingenztafel (Zellen b und c als die Elementarereignisse $\overline{A}B$ und $A\overline{B}$) testen. Als Indikatoren für entwicklungsmäßige Vorläufer werden signifikant von der Gleichverteilung abweichende Besetzungsmuster angenommen. Ohne nun Brainerds Untersuchung im Detail bewerten zu wollen, lassen sich doch auf einer allgemeinen Ebene zwei kritische Fragen stellen, die im folgenden diskutiert werden sollen, wobei das Ergebnis der Diskussion als Ausgangspunkt für unsere eigene Studie dienen wird: 1) die Frage nach der Angemessenheit der verwandten statistischen Verfahren und 2) die Frage nach der Notwendigkeit einer logischen Analyse der Erwerbsabfolge der untersuchten Konzepte.

Zur Angemessenheit der statistischen Verfahren

Die berichteten Analysen bedienen sich bei der ordnungstheoretischen Analyse von Entwicklungssequenzen diverser Verfahren zur Überprüfung von Mittelwertsunterschieden (zum Beispiel Varianzanalysen, Binomialtests usw.; siehe auch Brainerd 1973, 1974; Dimitrovsky u. a. 1975; Rosser u. a. 1982), oder auch nur deskriptiver Veranschaulichungen der Zusammenhänge, die die Evidenz der unterstellten Sequenzialität nahelegen sollen (siehe auch Wohlwill 1968 und Winer u. a. 1974). Die Verwendung von Unterschiedstests zur Überprüfung ordnungstheoretischer Annahmen wirft indessen das Problem der Verkehrung des analytischen Fokus auf. Denn individuelle Entwicklung (intraindividuelle Veränderung) läßt sich nicht oder nur mittelbar durch Varianzanalysen nachweisen, das heißt, die Abfolge der Stufen kann aufgrund solcher Analysen bestenfalls vermutet, nicht aber bewiesen werden. Die Verwendung varianzanalytischer Verfahren zielt auf die Überprüfung von Unterschiedshypothesen, die in der Buss'schen Taxonomie am ehesten den Hypothesen des Typs 2 und 6 (Niveau II; siehe Tabelle 2) entsprechen; beide Typen aggregieren jedoch über die Individuen hinweg. Analysen individueller Entwicklung mittels varianzanalytischer Verfahren sind somit auf die Feststellung der nach Möglichkeit inferenzstatistisch abgesicherten Unterschiedlichkeit der Variationen der Merkmale verwiesen. Das Verfahren läßt somit die Möglichkeit der Analyse von Zusammenhängen in Form logischer Relation zwischen den Merkmalen nicht zu, das heißt, intraindividuelle Entwicklungsveränderungen können wegen der der Varianzanalyse inhärenten Blickrichtung auf den Gruppenvergleich nicht überprüft werden.

Als Ausweg aus diesem Dilemma bei der Analyse von Entwicklungssequenzen hat Winer (1981) programmatisch gefordert, daß „correlative studies are needed, where one relates class-inclusion development to changes measured on different types of tasks“ (Winer 1981, S. 325). Diesem Ruf nach korrelationsstatistischen Verfahren, die die Zusammenhangsstruktur zwischen Merkmalen aufklären sollen, kann insofern nicht gefolgt werden, als Assoziationsmaße wie der Korrelationskoeffizient (ϕ oder Pearson) dem strukturellen oder hierarchischen Charakter der Daten nicht gerecht werden. Dieser Umstand läßt sich unter anderem

durch die für den Zusammenhangskoeffizienten konstitutiven Übereinstimmungs- oder Äquivalenzrelationen begründen. Ausschlaggebend für die Höhe der Assoziation sind die übereinstimmenden korrespondierenden Ereignisse, die im Falle des φ -Koeffizienten in Abhängigkeit von den Randsummen an den diskrepanten Ereignissen relativiert werden (siehe auch Henning 1981, S. 442 f.). So stellt auch Rudinger (1983, S. 41 f.) fest, daß bei Rückgriff auf Korrelationskoeffizienten, beispielsweise bei der Analyse von Längsschnittdaten, nur die Stabilität der interindividuellen Differenzen überprüft werden kann, Aussagen über die individuelle Entwicklung (intraindividuelle Veränderungen oder Unterschiede) hingegen nicht zulässig sind. Auch Edelstein, Keller und Wahlen (1982, 1984) gelangen zu dieser Auffassung bei der kritischen Sichtung korrelationsstatistischer Studien in ihrer Untersuchung der sozial-kognitiven Entwicklung und fordern die Verwendung ordnungstheoretischer Analysen und Verfahren.

Für ordnungs- und sequenztheoretische Analysen sind indessen statistische Verfahren erforderlich, die die individuelle Entwicklung der Probanden in Termini, wie sie in Kapitel 2 bei der Darstellung der Sequenzanalyse expliziert wurden, modellieren.

Zur Frage der logischen Analyse von Erwerbssequenzen

Wie zu Beginn des Abschnitts festgestellt, zeichnen sich alle Untersuchungen, über die berichtet wurde, durch mannigfaltige und auch widersprüchliche Befunde bezüglich der Ordnung des Erwerbs konkret-operationaler Funktionen aus. Zwar sind die Resultate häufig auf theoretisch abgeleitete Hypothesen bezogen, etwa auf die von Piaget und Inhelder (1975) postulierte Synchronizitätshypothese, doch läßt sich die Widersprüchlichkeit der Befunde größtenteils durch die Unterschiede in der Materialvorgabe erklären. Diese Unterschiede beziehen sich a) auf die verwandten Referenzobjekte (Bereichsspezifik) über die Funktionen hinweg, b) auf die unterschiedlichen Aufgabenstrukturen, die sich in veränderten Anforderungen bei gleichem Aufgabentyp widerspiegeln, und c) auf unterschiedliche Aufgabenpräsentationen oder Präsentationsmodi (Erhebungsmethode), beispielsweise rein verbales Befragen versus klinische experimentelle Methode nach Piaget. Bei Variationen dieser drei Einflußquellen lassen sich vermutlich mehrere unterschiedliche bis widersprüchliche Erwerbshypothesen empirisch bestätigen oder falsifizieren. Die zuvor berichteten empirischen Untersuchungen sind insofern auch nur bedingt vergleichbar, als unterschiedliche Methoden zur Datengewinnung benutzt wurden. Diese lassen sich nach den drei oben erwähnten Einflußfaktoren (a bis c) unterscheiden. Allgemeine Interpretationsfolie der widersprüchlichen empirischen Ergebnisse bleibt aber aufgrund der Konzeptualisierung der verwandten Konstrukte die genetische Entwicklungstheorie, die durch die empirischen Ergebnisse vermeintlich widerlegt oder bestätigt wurde.

Dieses empirische Dilemma läßt sich durch konsequente Kontrolle der variablen Faktoren beheben. Dies ist gleichbedeutend mit der Forderung nach der logischen Analyse der Aufgabenstruktur, der Notwendigkeit der Konstanthaltung der Erhebungsbedingungen und der Kontrolle der Referenzobjekte. Bezüglich

der Referenzobjekte wurde das Phänomen der Bereichsspezifität oder der „schrägen“ Verschiebung als Variationsquelle im Abschnitt 1.3 diskutiert und analytisch bestimmt. Überlappungen beispielsweise mit Effekten der horizontalen Verschiebung sind ohne weiteres denkbar. Bezüglich der Erhebungssituation sind Variationen unter dem Begriff „verbal facilitation effect“ (Wohlwill 1968) bekannt geworden, obwohl die Stärke dieses Effekts als unterschiedlich gewichtig angesehen wird. Als Extremfall sei auf die Untersuchung von Hoppe-Graff (1983b) verwiesen, die diesen Effekt nicht nachweisen konnte.

Die Notwendigkeit der logischen Analyse der Aufgabenstruktur wird folglich einerseits durch das oben diskutierte Dilemma beim Vergleich unterschiedlich erhobener Konzepte begründet; andererseits ist eine solche Analyse unerlässlich, weil das theoriegeleitete Erstellen von Entwicklungssequenzen nur dann sinnvoll ist, wenn rationale Erklärungen in Form von Rekonstruktionen der Vorläuferstrukturen oder in Form der Explikation der Entwicklungsvoraussetzungen sie begründen (vergleiche hierzu Abschnitt 2.2; Campbell & Richie 1983; Hoppe-Graff 1982). Dieser Forschungsstrategie folgen Edelstein, Keller und Wahlen (1982, 1984) in ihrer strukturellen Analyse der Entwicklung der Perspektiven-differenzierung und Schröder (1984) bei der Untersuchung der kognitiven Entwicklung.

3.2 Logische Analyse der Anforderungsstruktur von Invarianz-, Klasseninklusions- und logischen Multiplikationsurteilen

In diesem Abschnitt werden die untersuchten konkret-operationalen Fähigkeiten mit Bezug auf die logische Anforderungsstruktur der Aufgaben analysiert. Die logische Analyse soll klären, inwieweit sich Invarianz- von Inklusions- und Matrizenaufgaben und Inklusions- von multiplen Klassifikationsaufgaben unterscheiden und inwieweit die differentiellen Merkmale der Aufgaben die Behauptung eines sukzessiven Erwerbs der Substrukturen rechtfertigen.

Die Diskussion wird auf der Basis oder vor dem Hintergrund der Ausführungen von Flavell (1963), Piaget (1975a) und Piaget und Inhelder (1973a, b, 1975) geführt. Die Operationalisierung der drei konkret-operationalen Funktionen wird im übrigen im empirischen Teil dieser Untersuchung (Abschnitt 5.2) geschildert.

3.2.1 Konservierung/Invarianz

Im kognitionspsychologischen Kontext wird unter Konservierung die Erhaltung eines Merkmals eines Referenzobjektes bei raum-zeitlicher Veränderung des Gegenstandes oder bei manipulativem Eingriff (Transformation) in das Objekt verstanden. Beispielsweise wird bei der Erhaltung von Substanzen verlangt, daß das Kind die Quantität der Substanz (zum Beispiel Knete) bei Verformung derselben zu einer Kugel oder zu einer Wurst als identisch und gleich viel und demselben

Referenzobjekt zugehörig bezeichnet. Die Fragestellung bezieht sich also auf die vergleichende Quantifikation der Mengen und die Bestimmung einer Beziehung zwischen ihnen im Sinne der Erhaltung. Elkind (1967) differenziert die Auffassung Piagets bezüglich der Erhaltung insofern, als er das Konservieren der Identität von der Erhaltung der Äquivalenz zweier Mengen unterscheidet. Im ersten Falle handelt es sich um jeweils dieselbe Menge, die transformiert wird, im zweiten Falle um die Relation zweier Mengen, die nach der Veränderung verglichen werden (etwa im Eier-Eierbecher-Versuch).

Wichtigste Anforderungen an den Probanden zur Bewältigung der Aufgabe sind: a) die Wahrnehmung der Transformation in Abhebung von den nichttransformierten Zuständen der Objekte, b) die Dezentrierung der Perspektiven im Sinne der Koordinierung mehrerer sinnlich wahrnehmbarer Aspekte der Situation, c) die Koordination der Operation mit ihrem Ergebnis oder ihrer Wirkung, und d) spezifische Formen der Reversibilität, also der gedachten Umkehrung der Handlung, mit dem Zweck, die Erhaltung zu konzeptualisieren.

Die Begründungen für adäquate Erhaltungsurteile der Kinder geben nun Aufschluß über die zugrundeliegende operatorische Logik. So kann a) das Identitätsargument eingeführt werden („Die Menge ist die gleiche wie vorher, man hat nichts weggenommen“), und zwar als direkte oder inverse Operation, oder b) die Reversibilität der Operation behauptet werden („Man kann ja wieder zurückgießen“) – eine Reversibilität, die sich direkt auf die Handlung bezieht – oder c) die Kompensation zweier Merkmale analysiert und die Relationen („Was hier höher ist, war zuvor breiter“) im Sinne reifer konkreter Operationen logisch multipliziert werden (Piaget & Szeminska 1975, S. 129 f.). Die konzeptuelle Nähe der Konservierungsaufgaben zu den Gruppierungen wird am letzten Beispielargument deutlich, wobei hier auf die unterschiedlich weit entwickelten Niveaus der Argumentation im Sinne einer Entwicklungsanalyse (wiederum ein horizontaler Verschiebungseffekt innerhalb einer Aufgabe) nicht eingegangen werden soll. Festzuhalten ist indessen, daß, während reflexive oder argumentative Stile bei der Lösung des gleichen Problems variieren können, unabhängig davon die operationale Struktur der Invarianzaufgaben weniger komplex ist als die der additiven oder multiplikativen Klassifikation, da die Klassifikationsaufgaben die Grundoperation der Erhaltung stets implizieren. Piaget betrachtet das Konzept der Invarianz im Rahmen bereichsspezifischer Verschiebungen als Übergangs- oder Einstiegsmerkmal der konkreten Operationen.

3.2.2 Klasseninklusion und Addition von Klassen

Unter Klasseninklusion verstehen wir das Ordnen oder Klassifizieren von Merkmalsträgern nach hierarchisch geordneten Merkmalen, wobei die übergeordnete Klasse, die durch einen übergreifenden Klassifikationsgesichtspunkt konstituiert wird, aus der Addition der Subklassen besteht. Die Leistung der Klasseninklusion fordert die Quantifikation der Extensionen (Umfang oder Ausdehnung) der Unter- und Oberklassen, die allgemein auch als eingeschlossene und einschließende

Klassen bezeichnet werden. Ferner tritt beim hierarchischen Klassifizieren komplementär zur eingeschlossenen Klasse (Primärklasse) die Sekundärklasse auf. Die Komposition mittels Addition der Primär- und der Sekundärklasse durch Klasseninklusion bildet (solange beide Klassen nicht leer sind) nun die übergeordnete Oberklasse, die die Merkmalsträger auf einer übergeordneten Klassifikationsebene zusammenschließt (diese Fähigkeit entspricht der Gruppierungsoperation I in der Tabelle 1; siehe auch Flavell 1963). Der logische Operator dieser Komposition ist die logische Addition. Wenn man diesen Ausdruck formalisiert, zeigt er an, daß die beiden Subklassen zu einer Oberklasse addiert werden: $A + A' = B$ (zum Beispiel Orangen und andere Früchte bilden die Obermenge der Früchte). Unter der Voraussetzung, daß die Sekundärmenge keine Leermenge ist, gilt hinsichtlich der Extensionen der Primär- und Oberklasse, daß $B > A$, das heißt, aus der der Operation zugrundeliegenden Klassenaddition kann durch Umformung des mathematischen Terms gefolgert werden, daß B stets größer ist als A, da B stets A und A' enthält. Werden für das Klasseninklusionsurteil durch die Frage, ob es nun mehr A oder mehr B gebe, Begründungen verlangt, beziehen sie sich bei adäquater Beantwortung auf dieses klassenadditive Kalkül. Man erhält dann Antworten wie „B enthält A und A'“, oder „Es gibt ja noch A', die in B enthalten sind“. Mit Kofsky (1963, 1966) kann also festgestellt werden, daß die Klasseninklusion mehrere Fähigkeiten voraussetzt: a) die Distinktion und Koordination der einschließenden und eingeschlossenen Klasse; b) die Erhaltung oder Konservierung der Klasseneigenschaften bei Wechsel der Klassifikationsebenen (so bleibt ein orangefarbener runder Gegenstand bei Klassifikation als Frucht weiterhin eine Orange); und c) die Koordination von Komprehension (Intension oder Merkmalsqualität) und Extension der Klassen in dem Sinne, daß als Schlußfolgerung aus einer klassenadditiven Operation die unterschiedlichen Umfänge der hierarchisierten Klassen vergleichend bestimmt werden. Die Fähigkeit zur Klasseninklusion wird häufig als Beleg für reife konkret-operationale Strukturen gewertet.

3.2.3 Logische Multiplikation von Klassen

Diese Fähigkeit bedeutet das gleichzeitige Ordnen oder Klassifizieren von Merkmalsträgern nach zwei oder mehr Merkmalen. Im Unterschied zur Klassenaddition, bei der jedes Element einer Klasse einfach zugeordnet wurde, wird bei der Multiplikation von Klassen simultan nach mehreren Merkmalen, die jedem einzelnen Element zugeschrieben werden können, klassifiziert. Die Testleistung besteht darin, innerhalb einer Matrix, die zwei alternative Merkmale kombiniert, (etwa Farbe und Form), ein Element zuzuordnen, das beide Merkmale besitzt. So muß bei Vorgabe der drei Elementarereignisse: rote Quadrate, rote Kreise und gelbe Quadrate, das Ereignis gelb und Kreis ergänzt werden. Der logische Operator ist in diesem Fall die Logische Multiplikation, die nur diejenigen Elemente zuläßt, die beiden Merkmalen gleichzeitig genügen (gemeinsamer Nenner).

Formalisiert wird diese Operation als multiplikative Komposition zweier Merkmale: $A_1 \times A_2 = A_1 A_2$.

Die hohe Komplexität der Anforderungen dieser Aufgaben liegt nun in den simultanen multiplen Eigenschaftszuweisungen zu den zu klassifizierenden Gegenständen: Der Gegenstand muß gleichzeitig zwei- oder mehrfach gedacht werden als Träger der Merkmale A_1 und A_2 bis A_n . Innerhalb der Piagetschen Gruppierungstaxonomie (siehe Tabelle 1) entspricht das Denken in Matrizen dem Gruppierungstyp III. Im Vergleich zur Klasseninklusion und der additiven Klassifikation unterscheidet sich die Logische Multiplikation hauptsächlich durch die multiple im Gegensatz zur unitären Klassifikationsebene.

Mehrere Hinweise lassen sich bei Piaget und Inhelder (1977, S. 262 f. und S. 275 f.) finden, die das Matrizendenken als Übergangs- oder Schwellenmerkmal bezeichnen, da Logische Multiplikation konzeptuell auch als kombinatorische Aufgabe im Sinne formaler Operationen umgedeutet und gelöst werden kann. Innerhalb des konkret-operationalen Denkens wird die Logische Multiplikation als multiplikative Klassifikation konzipiert und stellt somit im Rahmen der konkreten Operationen und im Vergleich zu den übrigen, hier logisch analysierten Substrukturen vermutlich die größten operationalen Anforderungen an das Kind.

Ein Vergleich der drei konkret-operationalen Funktionen legt nun ein transitives Modell (multiple implikative Vernetzung) der Anforderungsstruktur der Aufgaben nahe:

- a) Das klasseninklusive Kalkül impliziert stets die Konservierungsleistung. Entwicklungslogisch betrachtet müßte Invarianz folglich *vor* der Klasseninklusion erworben werden, denn die Konservierungsleistung wäre notwendige Bedingung und entwicklungsmaßiger Vorläufer für den Erwerb der Klasseninklusion.
- b) Klasseninklusion wie Klassenaddition werden *vor* multiplikativen Klassifikationen erworben. Folglich impliziert die multiple Klassifikation stets die einfache Klassifikation, denn das Matrizendenken übersteigt durch das simultane Ordnen nach zwei oder mehr Gesichtspunkten das einfache Zuordnen qualitativ. Dieses Komplexitätsargument (steigende Komplexität der Klassifikationsleistungen) läßt sich vermutlich auf das gesamte System der Gruppierungen anwenden.
- c) Die Beziehung der Erhaltung (Invarianz) zum Matrizendenken muß wie in a) als implikatives Verhältnis angenommen werden, das heißt, Konservierung ist eine notwendige Vorläuferstruktur für die Logische Multiplikation.

Faßt man nun die drei Relationstypen zusammen, so erhält man ein transitives Modell der Aufgabenanforderungsstrukturen:

$$\text{Invarianz} \leftarrow \text{Klasseninklusion} \leftarrow \text{Logische Multiplikation} \\ (\text{wobei } \leftarrow \text{ logische Implikation bedeutet})^7$$

⁷ An dieser Stelle sei auf die Erläuterung in der Fußnote 4 verwiesen. Die entwicklungsmaßige Additivität der drei untersuchten Konzepte (Transitivität) wird aussagenlogisch als Implikation formuliert und symbolisch im Rahmen dieses Bezugssystems als *Linkspfeil* repräsentiert.

Nach der Transitivitätsregel gelten in dem Modell die drei oben geforderten Implikationen. Entwicklungspsychologisch gesehen, das heißt bei Transformation der logischen Relationen in Erwerbsstrukturen (Emergenzpfade) bedeutet der transitive Verbund, daß

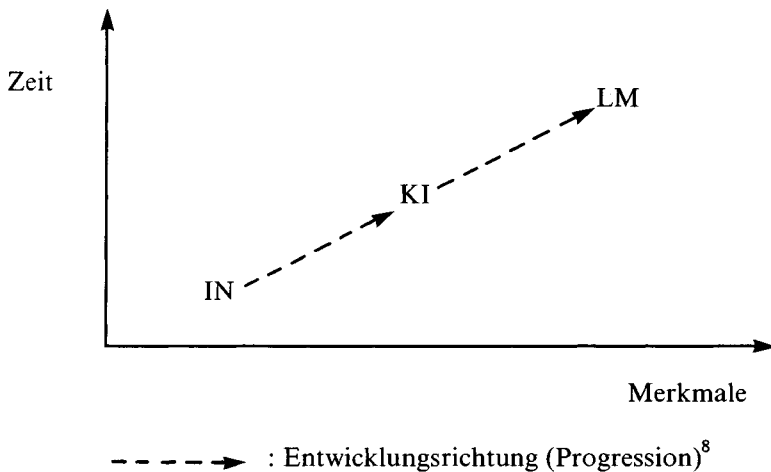
Invarianz *vor* Klasseninklusion, und diese
vor Logischer Multiplikation emergiert.

3.3 Transformation der aufgabenstrukturellen Transitivitätsbeziehungen in ein entwicklungslogisches Sequenzmodell

Wie oben postuliert, müssen Invarianz (IN) vor Klasseninklusion (KI) und Logischer Multiplikation (LM) und KI vor LM gelöst werden. Graphisch lassen sich diese Relationen folgendermaßen darstellen (siehe Abbildung 8).

Da eine Konfundierung der Zeit- und Merkmalsdimension methodologisch ausgeschlossen werden muß und eine ständige Datenmessung oder -erhebung bei den Individuen über die Zeit hinweg schwer realisierbar ist sowie vom metho-

Abbildung 8: Erwerbsabfolge der drei konkret-operationalen Substrukturen Invarianz (IN), Klasseninklusion (KI) und Logische Multiplikation (LM)



⁸ Entgegen den zuvor im Sinne aussagenlogisch formulierter Relationen zwischen Entwicklungsmerkmalen verwendeten *Linkspfeile*, bedeutet der in dieser Abbildung benutzte *Rechtspfeil* die Entwicklungsrichtung der Merkmale über die Zeit hinweg, das heißt, das Konzept der Klasseninklusion emergiert zum selben Zeitpunkt oder später als das Konzept der Invarianz, und Logische Multiplikation emergiert ebenfalls gleichzeitig oder später als Klasseninklusion.

dischen Standpunkt aus nicht wünschenswert erscheint, entsteht die Notwendigkeit, das spezifiziertere Modell sequenzanalytisch zu transformieren (siehe auch Abschnitt 2.3).

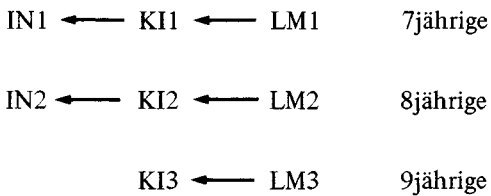
Im Rahmen der im Abschnitt 2.3 vorgeschlagenen Sequenzmethode, die die Notwendigkeit einer analytischen Unterscheidung zwischen Synchron- und Diachronanalyse (Konfigurations- versus Konstellationsanalyse) nahelegt, soll unter Berücksichtigung des Erhebungsdesigns der Längsschnittstudie, auf die hier Bezug genommen und die in Abschnitt 4.1 dargestellt wird, im folgenden zwischen Synchron- und Diachronhypothesen unterschieden werden. Erhoben wurden die drei konkret-operationalen Funktionen über drei Meßzeitpunkte (1. Schuljahr = 7jährige, 2. Schuljahr = 8jährige, 3. Schuljahr = 9jährige), wobei auf die Messung der Invarianz bei den 9jährigen wegen der hohen Lösungswahrscheinlichkeit der Items bei den 8jährigen (Deckeneffekt) verzichtet wurde (siehe Abbildung 9).

Abbildung 9: Erhebungsdesign der Island-Studie als Basis für das Sequenzmodell

IN1	KI1	LM1	7jährige
IN2	KI2	LM2	8jährige
	KI3	LM3	9jährige

Konfigurationsanalyse: Auf der synchronen Ebene werden über alle drei Meßzeitpunkte die oben explizierten Erwerbsrelationen postuliert, das heißt, zu jedem Meßzeitpunkt muß über alle Individuen die transitive Lösungsfolge der Items gelten (Transitivitätshypothese; vergleiche Abbildung 10).

Abbildung 10: Synchronmodell der Entwicklung konkreter Operationen (Transitivitätshypothese)

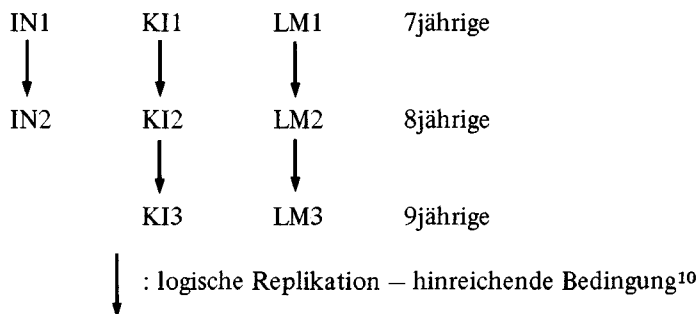


← : logische Implikation – notwendige Bedingung⁹

⁹ Zur Bedeutung des hier verwendeten, aus der Aussagenlogik entnommenen Symbols Linkspfeil (←) vergleiche auch die Fußnoten 4, 6 und 7.

Konstellationsanalyse: Auf der diachronen Ebene beziehen sich die logischen Relationen der wiederholt gemessenen Konzepte auf die Dimension Zeit. Unter Annahme eines längsschnittlichen Transitivitätsmodells des Erwerbs der Operativität bedeutet dies für den Diachronaspekt, daß zeitliche Additivität beziehungsweise Kumulativität vorliegt (siehe Abbildung 11):

Abbildung 11: Diachronmodell der Entwicklung konkreter Operationen (Kumulativitätshypothese)



Es gilt demnach: $IN \rightarrow IN + KI \rightarrow IN + KI + LM$ (siehe auch van den Daele 1969, S. 306; \rightarrow bedeutet Entwicklung). Aus der diachronen Analyse folgt also die Kumulativitätshypothese.

Entwicklungspsychologisch bedeutet die Kumulativität eines Merkmals, daß eine einmal erworbene Fähigkeit erhalten bleibt. Durch Integration der beiden analytischen Perspektiven innerhalb eines Sequenzmodells zu einem Verbund von logischen Einzelrelationen, der transitive wie kumulative Beziehungen integriert, entsteht das folgende Entwicklungsmodell der konkreten Operationen (wobei dieses Modell die graphische Projektion des Diachronmodells auf das Synchronmodell repräsentiert; siehe Abbildung 12).

In Tabelle 4 werden Quer- wie Längsschnitt(-profil)analyse nach den bisher eingeführten Begriffen und Modellen abschließend unterschieden.

In Absetzung zu den Erhebungsplänen der Querschnitt- und Längsschnittanalyse werden im vorliegenden Kontext unter Querschnittprofil Zusammenhangsstrukturen zwischen mehreren Variablen zu einem Meßzeitpunkt und unter Längsschnittprofilen Zusammenhangsstrukturen zwischen zu mehreren Meßzeitpunkten wiederholt erhobenen Variablen verstanden (vergleiche auch Abschnitt 2.3).

¹⁰ Zur weiteren Erläuterung des hier benutzten vertikalen Pfeiles (nach unten gerichtet) siehe Fußnote 5. Der Erwerb eines Entwicklungsmerkmals zur Messung 1 oder 2 legt das spätere Auftreten desselben Merkmals im Sinne einer Replikation fest, das heißt, das Merkmal muß sich später replizieren (Kumulativität).

Abbildung 12: Sequenzmodell der Entwicklung konkreter Operationen
(Sequenzhypothese)

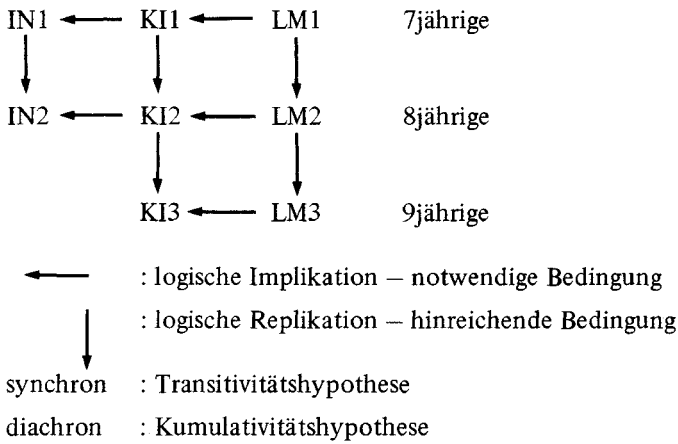


Tabelle 4: Zusammenfassende Tabelle der analytischen Merkmale des Sequenzmodells

Unterscheidungsdimensionen	Querschnitt (-Profil)	Längsschnitt (-Profil)
Aggregierte Dimension	Variablen	Meßzeitpunkte
Differentielle Dimension	Individuen	Individuen
Aggregationstyp	Konfiguration	Konstellation
Analytischer Fokus	synchron	diachron
Hypothesentyp nach Buss	Fall I Niv. II	Fall III Niv. II
Hypothesentyp nach Henning	Individual Development	Individual Development
Entwicklungshypothese	Transitivität	Kumulativität
Direktionalität der Entwicklung	unitär	unitär
Analytischer Zugang zu den Entwicklungssequenzen	erschlossen	beobachtet

Das Entwicklungsmodell integriert nun beide analytisch getrennten Aspekte in den oben dargestellten abfolgelogischen Verbund (Transitivität \times Kumulativität). Diese Sequenzhypothese (siehe auch Abschnitt 2.3) kann als Sequenzmodell abgebildet werden, das sowohl Variablen als auch Meßzeitpunkte aggregiert und intraindividuelle Veränderungen vergleichend analysiert; dies entspricht in der Taxonomie von Buss (1979) dem Hypothesentyp 5 auf Niveau III (siehe auch Abschnitt 2.3).

4. Statistische Verfahren

4.1 Methodologische Anforderungen an die statistischen Verfahren

Im Anschluß an die Diskussion in Kapitel 3 über die methodologischen Anforderungen bei der Analyse von Entwicklungssequenzen werden nun drei statistische Verfahren dargestellt und im empirischen Teil angewandt, die den folgenden Anforderungen genügen. Die statistischen Verfahren sollten in der Lage sein,

- a) qualitative, das heißt kategoriale Daten zu verarbeiten,
- b) aussagenlogisch formulierte Einzelrelationen zu analysieren und zu überprüfen,
- c) aussagenlogisch formulierte Gesamtverbünde (Modelle) in Form von Sequenz- oder Strukturhypothesen verfahrensmäßig umzusetzen und zu verarbeiten.

Hoppe-Graff (1982) hat die Prädiktionsanalyse von Hildebrand, Laing und Rosenthal (1977) als „maßgeschneidertes Verfahren“ zur Analyse von Bedingungsbeziehungen bezeichnet. Das sogenannte DEL-Verfahren erlaubt es nämlich, zuvor spezifizierte Bedingungshypothesen (logische Relationen) modellhaft zu transformieren und innerhalb des Verfahrens zu implementieren. Der einzige Nachteil des Verfahrens – darauf wird im folgenden noch eingegangen – liegt in der Dimensionierung der Modelle, und zwar insofern, als ohne größere Restriktionen nur logische Einzelrelationen (bilateral) überprüft werden können. Wegen der fehlenden Unabhängigkeit der Variablen untereinander (bezogen auf unabhängige und abhängige Variablen) können komplexe multilaterale Sequenzhypothesen nur bedingt überprüft werden.

Zur Überprüfung von ordnungstheoretischen Hypothesen sind diverse Skalierungsverfahren bekannt geworden, wie etwa die Guttman-Skalierung. Dieses Verfahren kennt indessen nur einen Typus logischer Relation (logische Implikation und transitive Verbünde). Außerdem kann die Güte der logisch strukturierten Skalen inferenzstatistisch nicht überprüft werden.

4.2 Statistische Verfahren: AMIR, DM5 und DEL

Drei Verfahren werden dargestellt. Sie zielen a) auf ordnungstheoretische Fragestellungen und überprüfen logische Einzelrelationen bis hin zu multiplen hierarchischen Skalen, und b) sie verarbeiten und testen strukturtheoretische Modelle in Form der in Kapitel 3 besprochenen Sequenzmodelle (also multipler logischer Verbünde).

a) *Ordnungstheoretische Verfahren*

Edelstein, Keller und Wahlen (1977) haben das statistische *Verfahren AMIR* (Analyse multipler implikativer Relationen) in Anlehnung an die ORDER-Analyse von Krus (1976) und Bart und Krus (1973; Bart, Lele & Antonak 1976) entwickelt. Grund (1980) erstellte das Computer-Programm. Es soll explizit die Analyse invariabler Entwicklungssequenzen ermöglichen. Eine Anwendung dieses AMIR-Verfahrens findet sich bei Edelstein, Keller und Wahlen (1982, 1984). Bezogen auf die vergleichbare ORDER-Analyse berichten Bart und Airasian (1974) von einer Anwendung des statistischen Verfahrens auf hierarchisch strukturierte Piaget-Items (vergleiche auch van Leeuwe 1974).

Verfahrenstechnisch geht das Programm folgendermaßen vor. Zuerst werden alle dichotomen (oder dichotomisierten) Items nach Schwierigkeitsgrad geordnet und in einer Matrix zusammengefaßt. Die jeweils leichter lösbaren Items eines Itempaares werden mit den schwerer lösbaren Items in 4-Felder-Tafeln kreuzklassifiziert, wobei für jedes Itempaar 2×2 , also vier Elementarereignisse möglich sind (vergleiche Abbildung 13).

Abbildung 13: Kontingenztafel zweier nach Schwierigkeit geordneter Variablen

		schwieriges Item	
		0	1
leichteres Item	0	a	b
	1	c	d

0: nicht gelöst

1: gelöst

Ein deterministisches Guttman-Modell (Transitivitätsbeziehung) verlangt nun, daß die Zelle b, deren Besetzung bei Annahme einer implikativen Relation zwischen den beiden Items hypothesendiskrepant ist, nicht frequentiert wird. Da es sich aber bei AMIR um eine probabilistische Version der Guttman-Skalierung handelt, wird ein Fehlertoleranzniveau e_t angenommen. Liegt die Häufigkeit (f) der b-Zelle unter dem e_t , also $f(b_{ij}) < e_t$, so muß gesichert sein, daß $f(b_{ij})$ signifikant unterschiedlich ist von der Besetzung der anderen Wechselzelle (Zelle c),

da sonst eine Äquivalenzbeziehung zwischen den beiden Variablen angenommen werden muß. Der Unterschied der Besetzung der beiden relevanten Wechselzellen wird mit einem abgewandelten Algorithmus von McNemar (1947) berechnet, wobei der z_{ij} -Wert sich aus dem Quotienten der Subtraktion der Besetzungen der Zellen c_{ij} und b_{ij} und der Quadratwurzel aus der Summe der Besetzungen der Zellen c_{ij} und b_{ij} ergibt.

$$z_{ij} = \frac{c_{ij} - b_{ij}}{\sqrt{c_{ij} + b_{ij}}} \quad \text{Formel nach McNemar (1947)}$$

Abbildung 14 stellt das Prozedere des statistischen Verfahrens AMIR in Form eines Ablaufmodells graphisch dar.

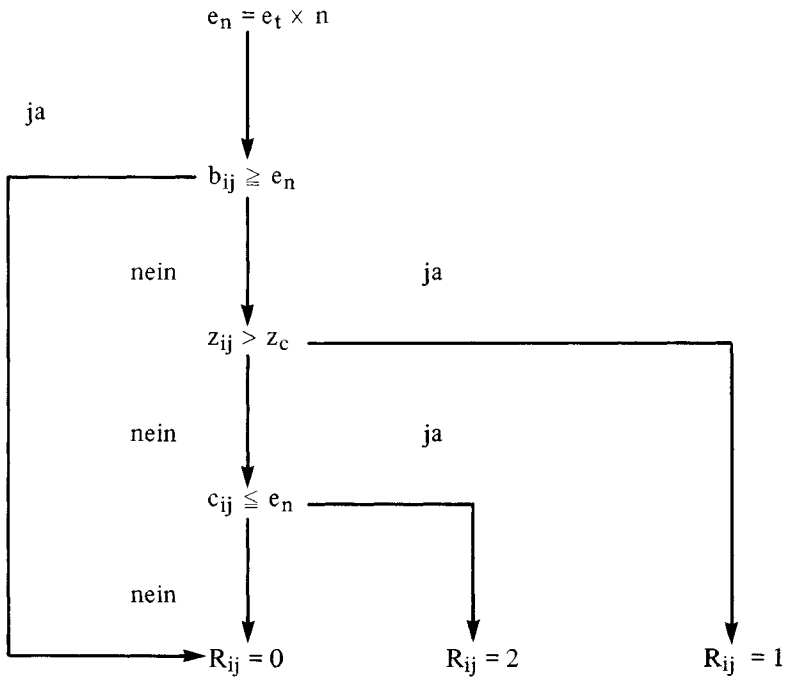
Der empirische z -Wert wird am kritischen z -Wert relativiert, das heißt, die Unterschiedshypothese wird bei Annahme eines zu bestimmenden Fehlerniveaus verworfen oder akzeptiert. Sollte dieser Test (im Sinne einer Implikationshypothese) positiv ausfallen – das heißt, die Zelle b_{ij} weist eine signifikant geringere Besetzung als die Zelle c_{ij} auf –, so wird dem Itempaar der logische Relationstyp 1, also die Implikation, zugeordnet. Eine Aneinanderreihung mehrerer transitiv geordneter Itempaare oder logischer Relationen führt zur Bildung multipler Strukturen oder Skalen, die mehrere Items in einem logischen (im gegebenen Falle transitiven) Verbund zusammenfassen.

Ein weiterer Relationstyp, den das Verfahren exploriert, ist die logische Äquivalenz. Sie wird angezeigt, wenn der z -Test keinen Unterschied bezüglich der Frequentierung der Wechselzellen feststellt und die Besetzung der Zelle $c_{ij} < e_t$ ist.

Bewertung des Verfahrens

- 1) Für das Verfahren ist keine explizite Fehlertheorie vorgesehen. Das Fehlertoleranzmaß e_n wird rein empirisch aus dem Umfang der Stichprobe, multipliziert mit dem akzeptierten Fehleranteil e_t , berechnet. Positive wie negative Fehler (negativer Fehler: Aufgabe nicht gelöst, obwohl der Proband die Fähigkeit zur Lösung besitzt [Vergessen]; positiver Fehler: Aufgabe wird durch Raten gelöst) können nicht abgeschätzt werden.
- 2) Der McNemar-Algorithmus ist insofern nur bedingt aussagefähig, als er nur die Wechselzellen berücksichtigt, das heißt, der Umfang der Stichprobe (N) hat keinen Einfluß auf das Ergebnis der Berechnung. Der Vorteil der Formel liegt andererseits in der Möglichkeit, extremverteilte Variablen (schiefe Verteilungen), die in der entwicklungspsychologischen Forschung nicht auszuschließen sind, ebenso gut verwerten zu können wie normalverteilte, da das Verfahren die Kompletzzellen und die Randsummen nicht berücksichtigt.
- 3) Multiple Skalen können nur empirisch und deskriptiv erstellt werden, da Prüfstatistiken für multiple Modelle fehlen. Die Möglichkeit der Additivität der Fehler kann in hochstrukturierten Modellen nicht ausgeschlossen werden.

Abbildung 14: Prozedere des statistischen Verfahrens AMIR zur Exploration von logischen Relationen (Grund 1980, S. 25)



- e_t : Fehlertoleranzniveau
- n : Umfang der Stichprobe
- b_{ij} : Besetzung der Wechselzelle b oder 01
- c_{ij} : Besetzung der Wechselzelle c oder 10
- z_{ij} : Empirischer z-Wert nach Formel von McNemar (1947)
- z_c : Kritischer z-Wert bei Toleranzniveau e_t
- R_{ij} : Logischer Relationstyp, wobei
 - $R_{ij} = 0$ keine logische Relation
 - $R_{ij} = 1$ logische Implikation
 - $R_{ij} = 2$ Äquivalenz bedeutet

Generell läßt sich aber festhalten, daß das Verfahren zur Exploration und Identifizierung logischer Einzelrelationen sehr geeignet ist. Hingegen muß die Überprüfung höhergeordneter Modelle eher als schwierig und statistisch unkontrollierbar gesehen werden.

b) Verfahren zur Überprüfung von Strukturhypothesen

b1) Im Gegensatz zum AMIR-Verfahren verfügt das „*probabilistic validation*“-Verfahren (DM5) über eine explizite Fehlertheorie. Das Verfahren wurde in mehreren Versionen, je nach dem Typ der Restriktion der Modelle, von Dayton und MacReady (1976, 1977) entwickelt. Chaselon und Zimmermann (1983) haben neuerdings eine erweiterte Version für polytome Daten vorgelegt. Eine Anwendung des DM5-Programms findet sich bei Schröder (1984).

Das Programm bedient sich eines iterativen Maximum-Likelihood-Schätzverfahrens (ML), mit dem aus einer bestimmbar Menge von Modellparametern ein theoretisch spezifiziertes Modell an empirische Verteilungen angepaßt werden soll. Als Anpassungskriterium oder Gütewert für die Passung des Modells (goodness of fit) wird die Summe der Chi-Quadrat (χ^2)-Anteile herangezogen, die die Übereinstimmung zwischen den beobachteten und den aufgrund des Modells vorhergesagten Patterns aufzeigen. Das Verfahren geht, bei Annahme der stochastischen Unabhängigkeit aller Variablen, von der Unterscheidung zwischen true-score-patterns und error-score-patterns aus. True-score-patterns (θ_i) sind all jene Konfigurationen, die hypothesen- oder modellkonform sind. Als Fehler-patterns werden jene bezeichnet, die von den vorhergesagten Patterns abweichen. So wären bei drei dichotomen Items acht Patterns logisch möglich, bei Annahme einer Guttman-Struktur wären aber von diesen acht nur vier zulässig: 000, 100, 110 und 111 (0: gelöst, 1: nicht gelöst). Unzulässig sind die Patterns: 010, 001, 101 und 011. Das Programm nach Dayton und MacReady (1976) versucht nun iterativ, alle empirisch vorgefundenen Konfigurationen den theoretisch postulierten Patterns zu subsumieren. Die Fehlklassifikationen von Patterns aufgrund der Strukturhypothese drücken sich in den modellabhängigen Fehlerparametern alpha (α_i) und beta (β_i) aus, die zum einen den positiven Fehler (Wahrscheinlichkeit, daß die Variable i empirisch 1 ist, obwohl sie im theoretischen Modell als 0 postuliert wurde – Fehlklassifikation) und zum anderen den negativen Fehler (Wahrscheinlichkeit, daß die Variable i empirisch 0 ist, obwohl sie im theoretischen Modell als 1 postuliert wurde) repräsentieren. Als weitere Modellparameter gehen die Auftretenswahrscheinlichkeiten der Patterns theta (θ_i) in die ML-Schätzung ein. Da ein Testmodell bei unabhängiger Schätzung aller Parameter aber heillos überdeterminiert wäre, werden verfahrensbedingt drei Typen von Restriktionen bei der Modellanpassung unterschieden:

1. Gleichsetzung aller thetas (θ_i)
(DM3-Verfahren, Dayton & MacReady 1977);
2. Gleichsetzung aller alphas (α_i) und Gleichsetzung aller betas (β_i)
(DM5-Verfahren; Dayton & MacReady 1976);
3. Gleichsetzung aller gleichgesetzten alphas (α_i) und betas (β_i)
(Proctor-Modell; Proctor 1970).

Nach Abbruch der iterativen ML-Schätzung macht das Programm eine Vorhersage über die Besetzung der einzelnen Patterns bei Annahme des theoretischen Modells. Die Abweichung dieser vorhergesagten von den beobachteten Be-

setzungen wird im Anschluß mittels eines Tests der Modellanpassung (goodness of fit) überprüft. Problematisch erweist sich das χ^2 bei gering erwarteter Zellenbesetzung (bei Bortz 1977: $f_{ij} \geq 5$). Im Extremfall gehen erwartete Nullzellen in den Anpassungstest ein, was zu einem sogenannten over-fit führen kann (Überanpassung). Genauere Hinweise über den ML-Algorithmus finden sich bei Rudinger, Chaselon, Zimmermann und Henning (1985).

Bewertung des Verfahrens

- 1) Der größte Vorzug des Verfahrens besteht in der Unabhängigkeit aller Variablen. Dadurch wird ein statistisch einwand- und restriktionsfreies Testen komplexer logisch strukturierter Hypothesen oder Modelle möglich.
- 2) Ein expliziter Bezug auf eine Fehlertheorie ist gegeben; die α_i - und β_i -Parameter geben genaue Auskunft über positive und negative Fehlklassifikationen bei Anpassung des Modells an die Daten.
- 3) Der Modellanpassungstest kann leider nur dann bedenkenlos interpretiert werden, wenn a) keine geringen theoretischen Zellenhäufigkeiten auftreten und folglich b) der χ^2 -Wert die bedeutsamen Unterschiede zwischen den Verteilungen im Gegensatz zu Banalmodellen und Banaltests, die einen over-fit zur Folge haben, angemessen abbildet. Zur Diskussion stehen könnte ein anderes Anpassungskriterium, etwa der Regressionskoeffizient, der die Vorhersage der erwarteten durch die beobachteten Patterns gestatten würde.

b2) Zur Überprüfung aussagenlogisch formulierter Relationen hat, wie oben erwähnt, Hoppe-Graff (1982) die Verwendung der *prediction analysis* von Hildebrand, Laing und Rosenthal (1977) vorgeschlagen. Leicht verständliche Darstellungen des Verfahrens haben Henning und Petermann (1983) und Petermann (1982) vorgelegt. Die Vor- und Nachteile des Verfahrens gegenüber dem DMS-Programm sollen im folgenden diskutiert und beurteilt werden. Anwendungen der *prediction analysis* finden sich bei Hoppe-Graff (1982, 1984) und Schröder (1984).

Die Basis der *prediction analysis* bildet eine Kontingenztabelle, die eine (dichotome oder ordinale) unabhängige Variable (UV) mit einer dichotomen oder ordinalen abhängigen Variablen (AV) verbindet. Das Verfahren soll, ausgehend von theoretisch postulierten Fehlerzellen (im Modell: unzulässige Patterns), das Ausmaß der Fehlerreduktion bei der Vorhersage der UV auf die AV bestimmen. Alternativ- oder Vergleichsmodell sind die Randsummenverteilungen. Die Regel K (bekannt) spezifiziert nun den Anteil der Stichprobe, der aufgrund der Strukturhypothese vorhergesagt werden kann. Die Regel U (unbekannt) bestimmt im Gegensatz dazu den Anteil der Stichprobe, der ohne Kenntnis der Hypothese aufgrund der Randsummenverteilung richtig klassifiziert wurde. Das PRE-Maß (proportional reduction of error) oder DEL (∇) resultiert nun aus dem Verhältnis der Regel U und der Regel K und zeigt den Grad der Fehlerreduktion aufgrund der Strukturhypothese an, wobei der Wert 1 eine Aufklärung von 100 % der Regel U relativ zur Regel K bedeutet. Die Kontingenztafeln können nun unterschiedlich strukturiert werden. In unserem Falle sollen sie für dichotome Da-

ten gelten. Der PRE-Koeffizient läßt sich nach Definition der Fehlerzellen über folgende Formel berechnen:

$$\text{PRE: } \nabla (\text{DEL}) = 1 - \frac{\sum_i \sum_j \omega_{ij} \cdot P_{ij}}{\sum_i \sum_j \omega_{ij} \cdot P_{i.} \cdot P_{.j}} \quad \begin{array}{l} \text{(Regel K)} \\ \text{(Regel U)} \end{array}$$

ω_{ij} : Gewichtungsfaktor, üblicherweise nehmen Fehlerzellen den Wert 1 und zulässige Zellen den Wert 0 an.

P_{ij} : Auftretenswahrscheinlichkeit der Zelle ij

$P_{i.}$: Randsumme über i relativiert an N

$P_{.j}$: Randsumme über j relativiert an N

Die Fehlerstruktur kann mit dieser Formel äußerst flexibel gehandhabt werden; bezogen auf die Einzelrelationen lassen sich zum Beispiel mehrere Typen logischer Relationen ohne größere Restriktionen überprüfen. Soll aber ein multilateraler Verbund überprüft werden, muß abgewogen werden, welche Variablen als unabhängige und welche als abhängige stehen sollen, da nur die Prädiktion von den UV auf die AV in den Test eingeht. Über die Struktur zwischen den unabhängigen Variablen kann wegen der fehlenden statistischen Unabhängigkeit keine Aussage gemacht werden.

Bewertung des Verfahrens:

- 1) Besetzungsarme Zellen oder Nullzellen können von vornherein als Fehlerzellen ausgeschlossen werden; sie können modellgetreu abgebildet werden und produzieren infolgedessen keine Verzerrungen bei der Berechnung des $\nabla(\text{DEL})$ -Koeffizienten.
- 2) Wegen mangelnder Unabhängigkeit der UV untereinander können hochstrukturierte multiple Hypothesen in Form von Sequenzmodellen nur bedingt überprüft werden (Prädiktion aller UV für die AV).
- 3) Das PRE-Maß wirft die sogenannte Randsummen-Problematik auf. Extremverteilungen von Variablen, die in entwicklungspsychologischen Untersuchungskontexten nicht ausgeschlossen werden können, können aufgrund fehlender Trennschärfe zu Verzerrungen des $\nabla(\text{DEL})$ -Koeffizienten führen.

Generell kann festgehalten werden, daß sich das PRE-Maß gut dazu eignet, aussagenlogisch formulierte Einzelrelationen zu überprüfen; bei höhergeordneten logischen Verbänden stellt sich aber das Problem der Bestimmung der unabhängigen Variablen. Hierfür ist zweifelsohne das DM5-Programm besser geeignet. Aufgrund der unterschiedlichen Logik der beiden Verfahren erhält man zwei nur partiell ineinander überführbare Aussagen; so versucht die DEL-Analyse aufgrund der Verteilung der UV die Verteilung der AV vorherzusagen; das Verfah-

ren nach Dayton und MacReady (1976) hingegen überprüft die Anpassungsmöglichkeit des theoretisch postulierten Modells (erlaubte Patterns) an die Daten, wobei alle Variablen als unabhängige Parameter in die Schätzgleichung eingehen. Im DEL-Verfahren können also nur bedingt logische Relationen zwischen Variablen überprüft werden. Dieser Test bleibt dem „probabilistic validation“-Verfahren vorbehalten.

Im Gegensatz zum DM5-Verfahren, das der Überprüfung der Gesamtmodelle oder Sequenzmodelle dient, wird das AMIR-Verfahren in der vorliegenden Arbeit ausschließlich zur Exploration logischer Einzelrelationen zwischen Variablen benutzt.

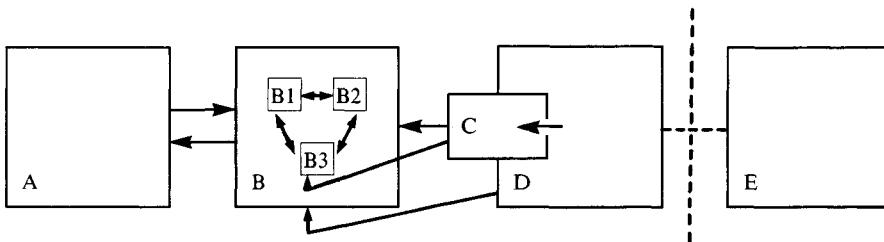
5. Die Untersuchung und die Instrumente zur Überprüfung konkreter Operationen

5.1 Beschreibung und Design der Längsschnittstudie „Kindliche Entwicklung und soziale Struktur“

Die Daten dieser Untersuchung stammen aus einer 1976 begonnenen Längsschnittstudie an isländischen Kindern (Edelstein 1975, 1979, 1984; Edelstein, Keller & Wahlen 1977, 1981). Ziel und Zweck der Studie war es, individuelle Entwicklungspfade in den Bereichen der Kognition (Schröder 1984), der sozialen Kognition (Edelstein, Keller & v. Essen 1983; Keller & Reuss 1983; Kliegl 1984), der Persönlichkeit (Zébergs 1984) und der Ich-Ressourcen (Spellbrink 1984) vor dem Hintergrund sozialer Bedingungen (Björnsson & Edelstein 1977) in einer sich schnell modernisierenden Gesellschaft zu analysieren. Abbildung 15 zeigt ein Modell der Beziehungen zwischen unterschiedlichen psychologischen und soziologischen Bereichen, die zu Beginn der Untersuchung postuliert wurden.

Die erste Messung fand 1976 in Reykjavik statt. Die Kinder besuchten die erste Grundschulklasse und waren im Durchschnitt zwischen 7 und 8 Jahre alt.

Abbildung 15: Projekt „Kindliche Entwicklung und soziale Struktur“
Hypothetische Beziehungen zwischen Bereichen



A: Schule

B: Individuelle Entwicklung

C: Sozialisation

D: Soziale Struktur

E: Makrodimensionen der gesellschaftlichen Entwicklung

B1: Kognition

B2: Soziale Kognition

B3: Persönlichkeit und Ich-Ressourcen

Tabelle 5: Projekt „Kindliche Entwicklung und soziale Struktur“:
Erhebungsplan

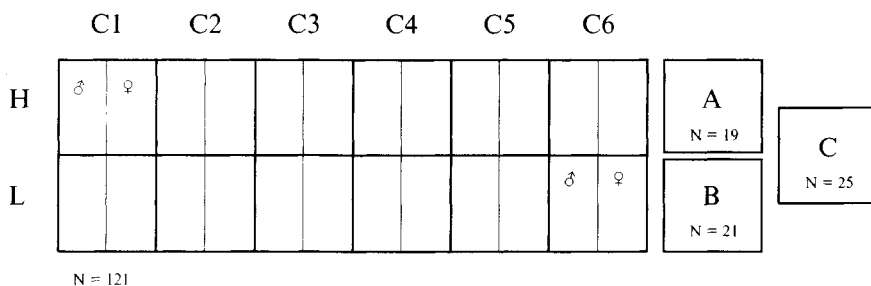
1976	1. Erhebung	1. Schulklasse	7jährige
1977	2. Erhebung	2. Schulklasse	8jährige
1978	3. Erhebung	3. Schulklasse	9jährige
1981	4. Erhebung	6. Schulklasse	12jährige
1984	5. Erhebung	9. Schulklasse	15jährige

Die fünfte und vorerst letzte Erhebung fand im Winter 1984/85 statt (siehe Tabelle 5).

Die Population, der die Stichprobe aus Reykjavik (N = 121) entnommen wurde, wurde vor der Ziehung der Stichprobe nach drei analytisch relevanten Merkmalen stratifiziert: a) dem Geschlecht der Kinder; b) der sozialen Schicht der Eltern oder Pflegepersonen (Björnsson & Edelstein 1977) und c) der Lehrereinschätzung des Entwicklungsstandes der Kinder zur Zeit der Einschulung. Eine zusätzliche Stichprobe (N = 65) umfaßt den gesamten Geburtsjahrgang der Kinder in den nicht-städtischen Gemeinden (vergleiche Abbildung 16).

Trotz des langen Erhebungszeitraumes von über acht Jahren ist die Verlustrate der Stichproben relativ gering; sie liegt unter 10 %. Die hier vorliegenden Analysen beruhen auf den Daten der Reykjavik-Stichprobe. Die konkreten Operationen der Kinder wurden entwicklungsabhängig nur zwischen 7 und 9 Jahren

Abbildung 16: Stichprobenplan des Projektes „Kindliche Entwicklung und soziale Struktur“



C1 — C6: 6 soziale Schichten (nach Björnsson & Edelstein 1977)

H, L: Lehrerrurteile über den Entwicklungsstand der Schulanfänger
(H = high; L = low)

A, B, C: Landgemeinden; vollständige Geburtsjahrgänge

gemessen. Die Entwicklung der konkreten Operationen kann folglich über drei Meßzeitpunkte nachvollzogen werden, wobei zum zweiten Meßzeitpunkt nur etwa die Hälfte der Kinder (spätentwickelte Kinder) befragt und getestet wurden (N = 59).

Die relativ strenge Schichtung der Stichprobe stellt die nachfolgenden statistischen Auswertungen und Ergebnisse insofern nicht in Frage, als die hier benutzten Tests nicht differentielle Aspekte der kognitiven Entwicklung überprüfen sollen; vielmehr soll eine invariable Entwicklungssequenz rekonstruiert und belegt werden, die unabhängig von differentiellen Merkmalen wie Geschlecht, Schicht und Lehrereinschätzung gültig ist.

5.2 Erhebungsmethode und Testinstrumente für die konkreten Operationen

Für den Bereich der Kognition (speziell der konkreten Operationen) standen die klassischen Instrumente der kognitiven Entwicklungsforschung zur Verfügung, die nach gängigen Testkriterien als gut überprüfte und standardisierte Verfahren gelten können.

5.2.1 Invarianz/Konservierung

Zur Erfassung der Konservierung oder Invarianz wurde ein Test von Goldschmid und Bentler (1967) herangezogen. Dieser Test mißt die durch die quasi-experimentelle Situation evozierten Operationen des Kindes in bezug auf das Konzept der Erhaltung. Erhebungsmethodisch wurde der Test analog zur klinischen Methode nach Piaget angelegt. Das Kind beobachtet die experimentelle Manipulation (Transformation) der vorgegebenen Materialien. Dabei vergewissert sich der Versuchsleiter ständig des Verständnisses des Kindes in bezug auf das untersuchte Konzept. Die Testfrage lautet, ob die Mengen (Quantitäten) vor und nach der Transformation gleich geblieben sind oder ob eine der Mengen größer ist als die andere. Die Aufgaben wurden nach zwei Kriterien bewertet. Das erste Kriterium betrifft die Verhaltensebene, also die Richtigkeit des abgegebenen Urteils; das zweite Kriterium bezieht sich auf die Adäquatheit der abgegebenen Erklärung (Begründung) des Urteils.

Eine Antwort gilt dann als angemessen begründet, wenn einer der drei folgenden Argumentationstypen benutzt wird: a) Das Identitätsargument („Es ist nichts hinzugekommen“ oder „Es ist nichts weggenommen worden“); b) das Kompensationsargument („Was hier mehr erscheint, ist dort weniger“) oder c) das Reversibilitätsargument („Man kann das Ganze umkehren, was zum gleichen Ergebnis führt“) (vergleiche auch Abschnitt 1.4). Sollte das Kind indessen seine Wahrnehmungen und seine Aufmerksamkeit auf nur einen Aspekt der Handlung zentrieren („Es ist mehr, da es [bei Umgießversuchen] höher ist“), so muß die Testleistung (Begründung) als *nicht* konkret-operational bezeichnet werden.

Das Konzept der Konservierung wurde nun inhaltlich an acht Bereichen getestet: Zweidimensionaler Raum, Zahl, Substanz, kontinuierliche Quantitäten, Gewicht, diskontinuierliche Quantitäten, Fläche und Länge, wobei die Flächen- und Längenkonservierungsaufgaben zudem in jeweils drei unterschiedlich komplexe (Schwierigkeitsgrad) Testeinzelleistungen aufgeteilt wurden. Die Zuordnung der Variablen zu den unterschiedlichen Bereichen und den Aufgabentypen kann der Tabelle 6 entnommen werden.

5.2.2 Klasseninklusion

Zur Erfassung der Klassifikation wurden von Smedslund (1967) entwickelte Testaufgaben herangezogen, und zwar für die Substrukturen der Klasseninklusion sowie der Logischen Multiplikation von Klassen und Relationen.

Die Klasseninklusionsaufgaben überprüfen die Fähigkeit des Kindes, hierarchisch zu klassifizieren und die Extensionen der einschließenden und der eingeschlossenen Klasse vergleichend zu quantifizieren. Voraussetzung für diese Testleistung ist die Fähigkeit des Addierens von Klassen (siehe auch Hoppe-Graff 1982). Plastikplättchen, die nach zwei Merkmalen klassifizierbar sind (weiße versus rote Farbe und runde versus quadratische Form), wurden als Material vorgelegt. Für die Klasseninklusion wurden ausschließlich Plättchen mit dem gemeinsamen Merkmal „rote Farbe“ verwandt, wobei die roten Plättchen sich in runde und quadratische unterscheiden lassen und die Anzahl der runden Plättchen größer als die der quadratischen ist. Die Testfrage bezieht sich nun auf die vergleichende Quantifizierung der Sub- und Oberklassenumfänge: „Gibt es mehr rote Plättchen oder gibt es mehr quadratische Plättchen?“

Ebenso wie die Konservierungsaufgaben wurden die Klasseninklusionsaufgaben nach a) dem Urteil und b) der Begründung des Urteils kodiert. Als adäquat wurden die Begründungen dann eingeschätzt, wenn die Kinder auf die hierarchische Relation zwischen einschließender und eingeschlossener Klasse hinwiesen, etwa in Form von Antworten wie „Alle sind rot, aber nur diese sind quadratisch“ oder „Es gibt mehr Kreise und Quadrate als nur Quadratische“ oder „Es gibt ja noch Runde unter den Roten“. Eine Antwort wie „Es sind mehr Kreise als Quadrate da“ wurde wegen des fehlenden Bezugs auf die hierarchische Klassifikation als ungenügend und somit nicht konkret-operational bewertet.

5.2.3 Logische Multiplikation

Das logische Multiplizieren von Klassen verlangt vom Befragten die Zuordnung von Elementen nach zweifachen, also multiplikativen Merkmalszuweisungen ($A_1 \times A_2$). In einer 2×2 - Matrix, die zwei alternative Merkmale kreuzklassifiziert (Formen und Farben), soll ein Elementarereignis im Rückgriff auf die drei vorgelegten Elemente erschlossen werden. So wäre, wenn gelbe und blaue Sterne und gelbe Kreise in einer Kreuztabelle vorgelegt würden, das gesuchte Element

Tabelle 6: Beschreibung der konkret-operationalen Aufgaben

Item	Konservation (Invarianz IN)
IN01	<i>Zweidimensionaler Raum</i> : Quadratische Plättchen als Fläche und als Linie
IN02	<i>Zahl</i> : Zuordnung von sechs Eiern zu sechs Eierbechern
IN03	<i>Substanz</i> : Knetkugel als Ball und Pfannkuchen
IN04	<i>Kontinuierliche Quantitäten</i> : Wassermenge in einem Glas und aufgeteilt in fünf Gläsern
IN05	<i>Gewicht</i> : Knetmasse als ganze Kugel und aufgeteilt in fünf Kugeln
IN06	<i>Diskontinuierliche Quantitäten</i> : Getreidemenge in einem hohen und einem breiten Glas
IN07	<i>Fläche I</i> (Menge des Futters für Kühe): Zwei Scheunen auf je einer Wiese, verschieden gestellt
IN08	<i>Fläche II</i> (Menge des Futters für Kühe): Sechs Scheunen auf je einer Wiese, verschieden gestellt
IN09	<i>Fläche III</i> (Menge des Futters für Kühe): Zwölf Scheunen auf je einer Wiese, verschieden gestellt
IN10	<i>Länge Ia</i> : Zwei Längen gegeneinander verschoben (Blau-Rot)
IN11	<i>Länge Ib</i> : Zwei Längen gegeneinander verschoben (Rot-Blau)
IN12	<i>Länge II</i> : Einer der Vergleichsstifte mit Pfeilen an den Enden
Item	Klasseninklusion (KI)
KI01	<i>Rote Kreise und Rote Quadrate</i> : unverdeckte Aufgabenpräsentation
KI02	<i>Rote Kreise und Rote Quadrate</i> : verdeckte Aufgabenpräsentation
KI03	<i>Weißer Quadrate und Weiße Kreise</i> : unverdeckte Aufgabenpräsentation
KI04	<i>Weißer Quadrate und Weiße Kreise</i> : verdeckte Aufgabenpräsentation
Item	Multiplikation von Klassen (Logische Multiplikation LM)
LM01	<i>Vierfeldertafel Form × Farbe</i> : Ergänzen des vierten Feldes, unverdeckte Aufgabenpräsentation
LM02	<i>Vierfeldertafel Form × Farbe</i> : Ergänzen des vierten Feldes, verdeckte Aufgabenpräsentation
Item	Multiplikation von Relationen (Logische Multiplikation LM)
LM03	<i>Drei Felder Farbintensität × Größe</i> : Ergänzen des mittleren Feldes, unverdeckte Aufgabenpräsentation
LM04	<i>Drei Felder Farbintensität × Größe</i> : Ergänzen des mittleren Feldes, verdeckte Aufgabenpräsentation

die blauen Kreise. Dazu stellt der Versuchsleiter die Testfrage: „Welches (Hinweis auf die Vergleichsmenge von Elementen) gehört in das leere (vierte) Feld?“ Wiederum werden Begründungen für die abgegebenen Urteile separat bewertet, wobei Antworten wie „Weil diese Plättchen blau und diese Plättchen rund sind“ oder „Weil wir keine Gelben und keine Sterne haben“ als adäquat kodiert werden. Unangemessen waren Begründungen (auch dann, wenn ein richtiges Urteil abgegeben wurde), die nur auf einen Klassifikationsgesichtspunkt Bezug nahmen („Weil dieses blau ist, muß das gesuchte blau sein“) oder in denen Ähnlichkeiten mit anderen Elementen behauptet wurden („Weil diese ähnlich aussehen“, usw.).

Die logische Multiplikation von Relationen wurde mittels einer Versuchsanordnung von drei Feldern getestet. In diese Versuchsanordnung wurden wiederum Plättchen gelegt, die als Rechtecke flächenmäßig kleiner und farbintensiver (grüner) wurden. Das mittlere Feld blieb zu Beginn der Befragung leer. Dem Kind wurde nun die Frage gestellt: „Welches der Plättchen (Hinweis auf die Vergleichsmenge) gehört in das leere Feld?“ Als konkret-operational wurde die geforderte Testleistung dann bezeichnet, wenn es dem Befragten gelang, aufgrund der Multiplikation der beiden gegenläufigen Merkmalsrelationen das richtige Element zu finden (mittelgroß und mittelgrün). Als angemessen begründet galten folgende Antworten der Kinder: „Weil die Plättchen immer kleiner und dunkler werden“ oder „Weil das gesuchte Element zwischen dem großen Hellen und dem kleinen Dunklen eingeordnet werden kann“. Inadäquat waren Antworttypen, die sich, wie bei der Multiplikation von Klassen, entweder nur auf einen Aspekt der multiplen Klassifikation zentrierten oder auf vermutete Ähnlichkeiten zwischen den Elementen stützten. Die Aufgaben zur Multiplikation von Klassen und von Relationen wurden zum einen als unverdeckte und zum anderen als verdeckte Versuchsanordnung präsentiert (zur Beschreibung der konkret-operationalen Aufgaben siehe Tabelle 6).

Mit Sicherheit kann nur vom zweiten Kodierungstyp (Begründungen) auf die volle Operationalität der Kinder geschlossen werden, da das Urteil allein Fehlermöglichkeiten in Form zufällig richtiger Beantwortung der Frage (positiver Fehler oder Ratewahrscheinlichkeit; siehe auch Flavell 1979, S. 268 ff.) in sich birgt. Zwar besteht die Gefahr, daß die Begründung der Urteile von den verbalen Fähigkeiten der Kinder beeinflusst wird, doch sind dadurch entstehende negative Fehler (Vergessenswahrscheinlichkeit; das Konzept wurde bei der Messung vergessen; siehe Flavell 1979, S. 268 ff.) im Sinne der angestrebten Sequenzanalyse als weniger schwerwiegend zu bewerten. Auch konnte Hoppe-Graff (1983b) zeigen, daß der „verbalization effect“ keinen inferenzstatistisch nachweisbaren Einfluß auf die Messung hat.

6. Die empirische Untersuchung und ihre Ergebnisse

6.1 Auswahl der Variablen für das Entwicklungsmodell

Bevor Arbeitshypothesen formuliert und mittels statistischer Analysen überprüft werden, sollen die Möglichkeiten der Aggregation und Auswahl der Variablen, die in die statistischen Analysen eingeschlossen werden, diskutiert werden. Allgemein kann man zwei Möglichkeiten bei der Auswertung von Variablen, die dasselbe inhaltliche Konzept repräsentieren, unterscheiden:

- 1) Die Variablen eines Konzeptes können zu Skalen zusammengefaßt werden. Wenn die Voraussetzung der Skalierbarkeit oder der internen Konsistenz (Reliabilität) gegeben ist, lassen sich die Variablen zu einem Gesamtwert aufaddieren. Der Vorteil dieser Methode liegt in der möglichen Mittelung der Meßfehler, das heißt, positive Meßfehler können durch negative Meßfehler ausgeglichen werden.
- 2) Die statistischen Analysen werden auf der Basis von Einzelvariablen durchgeführt, die repräsentativ für das untersuchte Konzept sind. Diese Methode wird häufig verworfen, da die Skalierung von Items in Form von Gesamtwerten aufgrund der möglichen Datenreduktion und der oben erwähnten Fehlermitteilung wünschenswert erscheint. Im Kontext strukturanalytischer Untersuchungen, beispielsweise bei Analysen aussagenlogisch formulierter Beziehungen zwischen Variablen, gelten die Vorteile dieser Datenaggregation nur bedingt, da die Relationen zwischen den zu einer Skala zusammengefaßten Variablen von theoretischem Interesse sein können.

Das Ausmaß der Meßfehler ist, wie oben erwähnt, durch die quasi-klinische Erhebungsmethode und den Kodierungstyp, der sich auf die Begründungen der Testurteile stützt, vermindert. Weiterhin sind in diesem Untersuchungskontext die logische Analyse der aufgabenstrukturellen Bedingungen der Variablen und der Vergleich der Aufgaben von besonderem Wert, denn mehrere Variablen können nur dann zu einem Gesamtwert zusammengefaßt werden, wenn sie hochreliabel sind und aufgabenstrukturell dasselbe messen. Dies trifft a priori nur bei zwei Variablenpaaren zu. Die Klasseninklusionsaufgabe wurde, wie aus Tabelle 6 zu ersehen ist, in zwei geringfügig veränderten Variationen (Veränderung der Farbe) vorgelegt. Es wurde angenommen, daß die Kinder aufgrund der minimalen Veränderung in der Materialvorgabe kein anderes Lösungsverhalten zeigen.

Die Möglichkeiten der Datenzusammenfassung sollen im folgenden getrennt für jede Funktion oder Substruktur der konkreten Operationen diskutiert werden (siehe auch Tabelle 6):

- 1) *Invarianz-Aufgaben*: Theoretisch können Effekte horizontaler Verschiebung (Typ Z) über die acht untersuchten Bereiche der Invarianz erwartet werden (bereichsspezifische Entwicklung); methodologisch jedoch muß eine Konfundierung des untersuchten horizontalen Verschiebungseffekts (Typ X) mit der bereichsspezifischen Entwicklung (Typ Z) ausgeschlossen werden. Etwaige Überlappungen der beiden Formen der Verschiebung würden zudem die analytische Unterscheidung von strukturellen (Kompetenz-) und inhaltlichen (Performanz-) Anteilen bei der Entwicklung und dem Erwerb konkreter Operationen erschweren. Es wäre daher voreilig, die Variablengruppe aufgrund statistischer Kennwerte der Skalenkonsistenz zu einem Gesamtwert zusammenzufassen. Die Aufgaben zum Invarianzkonzept werden somit einerseits auf der Basis von Einzelitems bei der Überprüfung der Entwicklungsmodelle weiterverarbeitet und andererseits mit dem Ziel der Bestimmung und der Kontrolle des bereichsspezifischen Verschiebungseffekts ordnungstheoretischen Analysen unterzogen. Aufgrund dieser Analysen und in Verbindung mit theoretischen Vorüberlegungen bezüglich der Repräsentativität eines Bereiches soll eine Variable (Bereich) ausgewählt werden, die in das Entwicklungsmodell als Indikator für das Konzept der Erhaltung eingehen wird. Rauh (1972) gelangt in Übereinstimmung mit Piaget und Inhelder (1975) sowie anderen Autoren zu der Auffassung, daß die Erhaltung der korrespondierenden Anzahl (Invarianz der Zahl) bei der Ausbildung reifer konkreter Operationen „ein wesentlicher und charakteristischer Bereich ist“ (Rauh 1972, S. 69), da sie eine Kombination aus der Logik der Klassen und der Logik der Relationen darstellt. Infolgedessen wird bei der Überprüfung der Entwicklungsmodelle die Invarianz der Zahl als Indikator für das Konzept der Konservierung in die Analyse einbezogen.
- 2) *Klasseninklusionsaufgaben*: Diese vier Aufgaben wurden nur in einem Anwendungsbereich erhoben; dabei wurden jeweils zwei unterschiedliche Präsentationsmodi (verdeckt und unverdeckt) und zwei Variationen des benutzten Materials (weiße und rote Plättchen) unter denselben aufgabenstrukturellen Bedingungen verwandt. Um eine Übereinstimmung von Operationalisierungs- und Präsentationsmodus der Klasseninklusions- und Invarianzaufgaben herbeizuführen, werden nur diejenigen Aufgaben in die Analyse des Entwicklungsmodells eingeschlossen, die sich auf die Erhebungssituation bei unverdeckt präsentiertem Testmaterial beziehen. Die beiden verbleibenden Variablen können entweder aus Gründen des weitgehend konsistenten Antwortverhaltens der Kinder (beispielsweise ϕ [KIB102-KIB104] = 0.82) als dichotomisierter Gesamtwert oder aufgrund des eben erwähnten geringen Meßfehlers als Einzelvariable in die Analyse des Entwicklungsmodells eingehen.
- 3) *Multiplikation von Klassen*: Da in dieser Untersuchung keine gesonderten Hypothesen über die Entwicklung der Logischen Multiplikation von Relationen bestehen, werden die Variablen LM03 und LM04 in bezug auf das Sequenzmodell nicht weiter berücksichtigt. Die Auswahl der verbleibenden beiden Items orientiert sich am Argument der Vergleichbarkeit der Erhebungsbedin-

gungen für die Invarianz- und Klasseninklusionsaufgaben. Nur dasjenige Item, das für den unverdeckten Präsentationsmodus der Aufgabe steht (LMB02), wird übernommen.

Aufgrund der Reduktion der Stichprobe zum zweiten Meßzeitpunkt auf das zweite Stratum (nur spätentwickelte 8jährige Kinder; $N = 59$) werden in das Testmodell der konkreten Operationen nur die Meßzeitpunkte 1 (7jährige) und 3 (9jährige) aufgenommen (longitudinal; $N = 113$).

6.2 Arbeitshypothesen und statistische Auswertungen

Die folgende Darstellung der statistischen Auswertungen ist so aufgebaut, daß jeweils zu Beginn eines Abschnitts eine Arbeitshypothese formuliert wird. Meist indizieren die Hypothesen die benötigten statistischen Verfahren. Die Hypothesen resultieren aus dem in Kapitel 3 entwickelten Sequenzmodell der konkreten Operationen. Von heuristischem Wert sind einige der vorangestellten explorativen und deskriptiven Teilanalysen, da sie in anschaulicher Weise Erwerbs- und Entwicklungsdimensionen aufzeigen.

6.2.1 Arbeitshypothese 1: Allgemeine Entwicklungstrends (Mittelwertvergleiche)

Durch deskriptive Mittelwertvergleiche sollen der Entwicklungstrend einzelner Konzepte über die Meßzeitpunkte und der Erwerbstrend innerhalb eines Meßzeitpunkts über unterschiedliche Funktionen (Invarianz, Klasseninklusion und Logische Multiplikation) gezeigt werden. Es wird angenommen, daß einerseits die Lösungswahrscheinlichkeiten der transitiv geordneten Itemgruppen (synchron) abnehmen und andererseits die Lösungswahrscheinlichkeiten der einzelnen Variablen diachron zunehmen werden (siehe Tabelle 7).

Ergebnisse

Deskriptiv bestätigen sich die erwarteten Entwicklungs- und Erwerbstrends bis auf eine Ausnahme. Diese Ausnahme betrifft den Vergleich der Lösungswahrscheinlichkeiten der Klasseninklusions- und der Logischen Multiplikationsaufgaben zum ersten Meßzeitpunkt. Hierbei zeigt sich, daß die Aufgaben der Klasseninklusion (jeweils nur unverdeckte Version) im Vergleich zu denen der Logischen Multiplikation eine höhere Lösungswahrscheinlichkeit aufweisen. Dieser Unterschied läßt sich aber nicht inferenzstatistisch absichern.

6.2.2 Arbeitshypothese 2: Zusammenhänge zwischen den Aufgaben (Interkorrelationsmatrix)

Aufgrund der angenommenen hierarchischen Strukturiertheit der Variablen im Sinne der logischen Implikation (synchron) und der logischen Replikation (diachron) sollten die Korrelationskoeffizienten relativ geringe Assoziationen aufwei-

Tabelle 7: Lösungswahrscheinlichkeiten der Invarianz-,
Klasseninklusions- und Matrizenaufgaben

	7jährige N = 121	9jährige N = 114
<i>Invarianz</i>		
zweidimensionaler Raum	.64	nicht erhoben
Zahl	.86	nicht erhoben
Substanz	.62	nicht erhoben
kontinuierliche Quantitäten	.58	nicht erhoben
Gewicht	.61	nicht erhoben
diskontinuierliche Quantitäten	.71	nicht erhoben
Fläche I	.82	nicht erhoben
Fläche II	.66	nicht erhoben
Fläche III	.59	nicht erhoben
Länge Ia	.60	nicht erhoben
Länge Ib	.59	nicht erhoben
Länge II	.61	nicht erhoben
<i>Klasseninklusion</i>		
Rot Kreis unverdeckt	.27	.84
Rot Kreis verdeckt	.23	.82
Weiß Quadrat unverdeckt	.28	.84
Weiß Quadrat verdeckt	.23	.81
<i>Multiplikation von Klassen</i>		
Form × Farbe unverdeckt	.38	.50
Form × Farbe verdeckt	.21	.32
<i>Multiplikation von Relationen</i>		
Intensität × Größe unverdeckt	.32	.57
Intensität × Größe verdeckt	.12	.28

sen. Wie in Abschnitt 3.1 erwähnt, repräsentieren diese Korrelationskoeffizienten eher eine logische Äquivalenzrelation (Konsistenz oder Stabilität). Die Variablen müßten um so niedriger korrelieren, je weiter die Messungen zeitlich auseinanderliegen und je unterschiedlicher die Aufgabenschwierigkeit ist (siehe Tabelle 8).

Ergebnisse

Es zeigt sich, daß die ϕ -Korrelationen zwischen den verglichenen Aufgaben (ohne Einbezug der Variablen der Logischen Multiplikation von Relationen) relativ ge-

Tabelle 8: Matrizen der phi-Koeffizienten aller Assoziationen zwischen den Substrukturen (synchron wie diachron; Itembeschreibung siehe Tabelle 6)

Synchron: Invarianz/Klasseninklusion und Logische Multiplikation (1. MZP, N = 121)

	KI101	KI102	KI103	KI104	LM101	LM102	LM103	LM104
IN101	.22*	.28**	.23*	.28**	.23**	.04	.22*	.12
IN102	.25*	.22*	.25*	.22*	.12	.15	.23*	.08
IN103	.21*	.23*	.22*	.23*	.30**	.19	.23**	.19
IN104	.26*	.27*	.24*	.27*	.22*	.10	.34**	.22*
IN105	.22*	.24*	.16	.20	.34**	.20	.30**	.20
IN106	.23*	.22*	.20	.26*	.27*	.10	.25*	.18
IN107	.14	.11	.10	.16	.24*	.13	.33**	.18
IN108	.16	.14	.18	.19	.27*	.11	.38**	.27*
IN109	.21*	.18	.23*	.22*	.28*	.06	.44**	.32**
IN110	.31**	.32**	.32**	.32**	.32**	.16	.34**	.15
IN111	.33**	.34**	.34**	.34**	.35**	.18	.33**	.11
IN112	.30**	.28*	.27*	.28*	.31**	.28**	.33**	.20

Synchron: Klasseninklusion/Logische Multiplikation (1. MZP, N = 121)

	LM101	LM102	LM103	LM104
KI101	.21	.15	.29**	.11
KI102	.26*	.20	.29**	.15
KI103	.23*	.14	.32**	.16
KI104	.26*	.20	.29**	.09

Synchron: Klasseninklusion/Logische Multiplikation (3. MZP, N = 113)

	LM301	LM302	LM303	LM304
KI301	.19	.09	.25*	.17
KI302	.18	.12	.11	.03
KI303	.19	.04	.11	.11
KI304	.17	.05	.16	.16

Diachron: Klasseninklusion (1./3. MZP, N = 114)

	KI301	KI302	KI303	KI304
KI101	.16	.18	.16	.15
KI102	.18	.20	.13	.17
KI103	.11	.13	.11	.11
KI104	.18	.20	.18	.16

Diachron: Logische Multiplikation (1./3. MZP, N = 113)

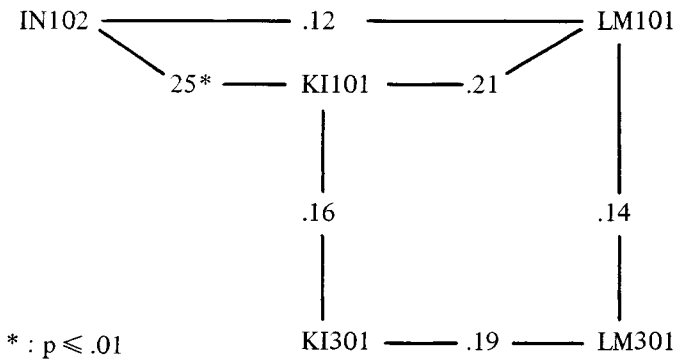
	LM301	LM302	LM303	LM304
LM101	.14	.04	.18	.06
LM102	.11	.17	.18	.02
LM103	.18	.21	.19	.31**
LM104	.08	-.10	.08	.22

Zur Nomenklatur der Variablen siehe Tabelle 6

Signifikanzniveaus: * alpha \leq .01
** alpha \leq .001

ring sind und meist nicht inferenzstatistisch abgesichert werden können; die höchsten Werte liegen bei .34. Bezogen auf die in das Entwicklungsmodell eingehenden Variablen (siehe Abbildung 17) liegt der höchste Wert jedoch bei .25; dies ist der einzige Wert der sechs berechneten Korrelationen, der sich inferenzstatistisch absichern läßt.

Abbildung 17: Korrelationskoeffizienten für jene Variablen, die in das Entwicklungsmodell eingehen



Auf der synchronen Ebene kann das Ergebnis dahingehend interpretiert werden, daß bei der Beantwortung der unterschiedlichen Aufgaben nur in seltenen Fällen Übereinstimmung vorliegt; das geringe Ausmaß der Assoziationen kann daher als Indiz für mögliche Beziehungen im Sinne logischer Implikationen angesehen werden. Auf der diachronen Ebene kann festgestellt werden, daß die Stabilität der Merkmalsträger über die Zeit gering ist, was gleichbedeutend mit der Annahme einer Entwicklungsveränderung der von ihnen repräsentierten Dimensionen ist.

6.2.3 Arbeitshypothese 3: Bereichsspezifische Entwicklung (Ordnungstheoretische Verfahren)

Da dieser Arbeit keine expliziten Hypothesen über bereichsspezifische Entwicklungen (horizontale Verschiebung – Typ Z; vergleiche auch Abschnitte 1.2 und 1.3) innerhalb des Invarianzkonzepts zugrunde liegen, sollen im folgenden die logischen Relationen zwischen den Bereichen der Konservierung nur explorativ bestimmt werden. Zu diesem Zwecke wird das statistische Verfahren AMIR herangezogen, das in Abschnitt 4.2 vorgestellt wurde. Die Exploration verfolgt

Tabelle 9: Matrix der logischen Relationen zwischen den Invarianzaufgaben zum Meßzeitpunkt 1
(die Horizontale impliziert die Vertikale)

	IN107	IN106	IN108	IN101	IN103	IN105	IN112	IN110	IN109	IN111	IN104
IN102	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IN107		0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
IN106			0	0	1	1	0	1	0	1	1
IN108				0	0	0	0	0	1	0	0
IN101					0	0	0	0	0	0	0
IN103						0	0	0	0	0	0
IN105							0	0	0	0	0
IN112								0	0	0	0
IN110									0	2	0
IN109										0	0
IN111											0

Relationstyp 1: Logische Implikation.

Relationstyp 2: Reziproke Implikation oder Äquivalenz.

Relationstyp 0: Keine logische Beziehung.

e_t (error tolerance level) ≤ 0.05 .

Tabelle 10: Verlaufsstrukturen zwischen den Bereichen der Invarianz
(1. MZP, N = 121)

<i>Logischer Relationstyp 1 (Implikation)</i>		
Invarianz der	geht stets voraus der	Invarianz der (des)
Zahl		zweidimensionalen Raums Substanz kontinuierlichen Quantitäten Gewichts diskontinuierlichen Mengen Fläche II Fläche III Länge Ia Länge Ib Länge II
Fläche I		Substanz kontinuierlichen Mengen Gewichts Fläche II Fläche III Länge Ia Länge Ib
diskontinuierlichen Menge		Substanz kontinuierlichen Quantitäten Gewichts Fläche II Fläche III
Fläche II		Fläche III
<i>Logischer Relationstyp 2 (Äquivalenz)</i>		
Invarianz der	tritt gleichzeitig auf mit	Invarianz der
Länge Ia		Länge Ib

die Absicht, mögliche Überlappungen von bereichsspezifischen Entwicklungen (Typ Z) und Effekten der horizontalen Verschiebungen (Typ X; vergleiche auch Abschnitte 1.2 und 1.3) zu kontrollieren beziehungsweise auszuschließen (siehe Tabellen 9 und 10).

Ergebnisse

Die beiden am häufigsten gelösten Aufgaben (Invarianz der Zahl und der Fläche I) stellen sich als Einstiegsbereiche für den Erwerb des Konzepts der Konservierung heraus und stehen zu den meisten der übrigen Bereiche in einem implikativen Verhältnis. Logische Beziehungen zwischen diesen beiden Aufgaben konnten

nicht gefunden werden. Allgemein kann festgestellt werden, daß es keinen eindeutigen horizontalen Verschiebungseffekt (Typ Z) im Sinne einer unitären Entwicklung gibt. Dieser Befund erscheint zunächst plausibel, da von individuell unterschiedlichen Performanzbedingungen beim Erwerb der verschiedenen Bereiche des Invarianzkonzeptes ausgegangen werden kann; es zeigt sich jedoch, daß die drei Invarianzaufgaben der Flächen I bis III aufgrund steigender Aufgabenkomplexität (bezogen auf den gleichen Bereich) einen transitiven Verbund eingehen. Ein entsprechendes Modell (transitiver Verbund der drei Items) konnte durch eine DM5 - Analyse ohne Fehlerpattern an die Daten angepaßt werden.

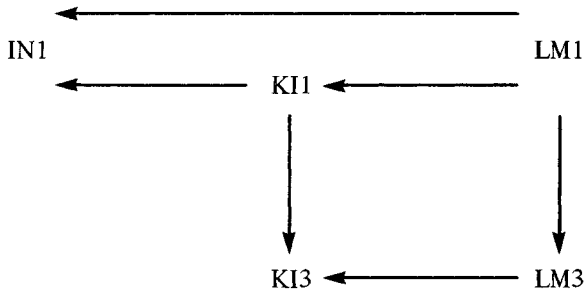
6.2.4 Arbeitshypothese 4: Überprüfung des Entwicklungsmodells – Testmodell I (Verfahren zur Überprüfung multilateraler Verbände)

Die logische Analyse der Aufgabenstrukturen der Konzepte der Invarianz, der Klasseninklusion und der Logischen Multiplikation (siehe Abschnitt 3.2) rechtfertigt das Postulat einer transitiven Abfolge der drei Aufgabentypen. Im Rahmen entwicklungspsychologischer Erklärungen kommt diese transitive Aufgabenfolge einer sukzessiven Erwerbsabfolge der entsprechenden Konzepte gleich (vergleiche auch Abschnitt 2.2), und zwar in dem Sinne, daß die Invarianz notwendige Bedingung (Vorläuferstruktur oder Antezedens) für die Klasseninklusion und das Matrizendenken ist; ebenso ist die Klasseninklusion notwendige Bedingung für die Logische Multiplikation (vergleiche Abschnitt 3.3). Bei der Transformation dieser Beziehungen in ein längsschnittliches Design wurde methodologisch die Unterscheidung zweier analytischer Foci notwendig (vergleiche Abschnitt 2.3): a) Synchrone versus b) diachrone Beziehungsmuster, wobei die Transitivitätshypothese den synchronen und die Kumulativitätshypothese den diachronen Relationen entspricht. In Abbildung 18 wird das Modell des Verbundes logischer Beziehungen für das Entwicklungsmodell der konkreten Operationen dargestellt. Es wird an dieser Stelle auf den Abschnitt 2.2 hingewiesen, in dem der methodologische Rahmen für die Analyse aussagenlogisch formulierter Relationen bestimmt und expliziert wurde. Wie in Abschnitt 2.2 bereits festgestellt, bleibt die mögliche dritte Zellenklassifikation (irrelevant) ausgeschlossen, da in dem vorliegenden sequenztheoretischen Design inhaltlich alle zulässigen Zellen zur Bestätigung der Modellhypothese beitragen.

Ein weiterer Schritt ist die Überprüfung der postulierten logischen Beziehungen in Form eines multilateralen Verbundes (Gesamtmodell) durch das statistische Verfahren „probabilistic validation“ (DM5). Im Vergleich zu diesem Verfahren wurde die Strukturhypothese durch das Verfahren der Prädiktionsanalyse (DEL) überprüft.

Die Bestimmung der erlaubten Entwicklungsmuster und die Umsetzung der multilateralen Strukturhypothese in statistische Verfahren wird der Anschaulichkeit halber a) über ein Pfadmodell, b) über eine patternanalytische Darstellung und c) über eine Matrix (mehrdimensionale Kreuztabelle) vorgenommen.

Abbildung 18: Entwicklungsmodell der konkreten Operationen
Testmodell I



- IN1 : Invarianz der Zahl (IN101) 1. Messung
 KI1 : Klasseninklusion – unverdeckte Version (KI101) 1. Messung
 LM1 : Multiplikation von Klassen – unverdeckte Version (LM101)
 1. Messung, ansonsten Index 3 für 3. Messung
 (Variablenkürzel siehe auch Tabelle 6)

← : Transitivität (notwendige Bedingung)¹¹

↓ : Kumulativität (hinreichende Bedingung)¹²

Die Transformation der multiplen logischen Relationen in ein statistisches Verfahren beginnt mit der Aggregation der Variablen zu Patterns (vergleiche Tabelle 11) oder Konfigurationen derselben Variablen (vergleiche Abbildung 20). Bei drei Variablen zum Meßzeitpunkt 1 und zwei Variablen zum Meßzeitpunkt 3 (jeweils dichotome Ausprägungen) sind mathematisch 2^5 , also 32 unterschiedliche Patterns oder Konfigurationen möglich. Diesen Patterns entsprechen entwicklungspsychologisch 32 unterschiedliche Entwicklungs- beziehungsweise Emergenzpfade der Kinder beim Erwerb der konkreten Operationen. Gemäß der Konzeptualisierung der Sequenzhypothese, also bei gleichzeitiger Voraussetzung von Transitivität und Kumulativität, sind von diesen 32 möglichen Patterns nur neun zulässig (hypothesenkonform). Diese neun zulässigen Patterns erfüllen gleichzeitig (multilateral) alle Modellbedingungen in Form der sechs hypostasierten logischen Einzelrelationen (bilateral; vergleiche auch Abbildung 18); die übrigen 23 Patterns sind hypothesendiskrepant, da sie mindestens eine der logischen Bedin-

^{11 + 12} An dieser Stelle sei bezüglich der Bedeutung der Pfeilsymbole auf die Fußnoten 4 und 5 verwiesen.

Tabelle 11: Verzeichnis der zulässigen Patterns gemäß Testmodell I

1. MZP			3. MZP		
IN1	KI1	LM1	KI3	LM3	
0	0	0	0	0	U (unverändert)
1	0	0	0	0	U
1	1	0	1	0	U
1	1	1	1	1	U
0	0	0	1	0	E (Entwicklung)
0	0	0	1	1	E
1	0	0	1	0	E
1	0	0	1	1	E
1	1	0	1	1	E

9 theoretisch zulässige Patterns bei 32 möglichen Patterns.

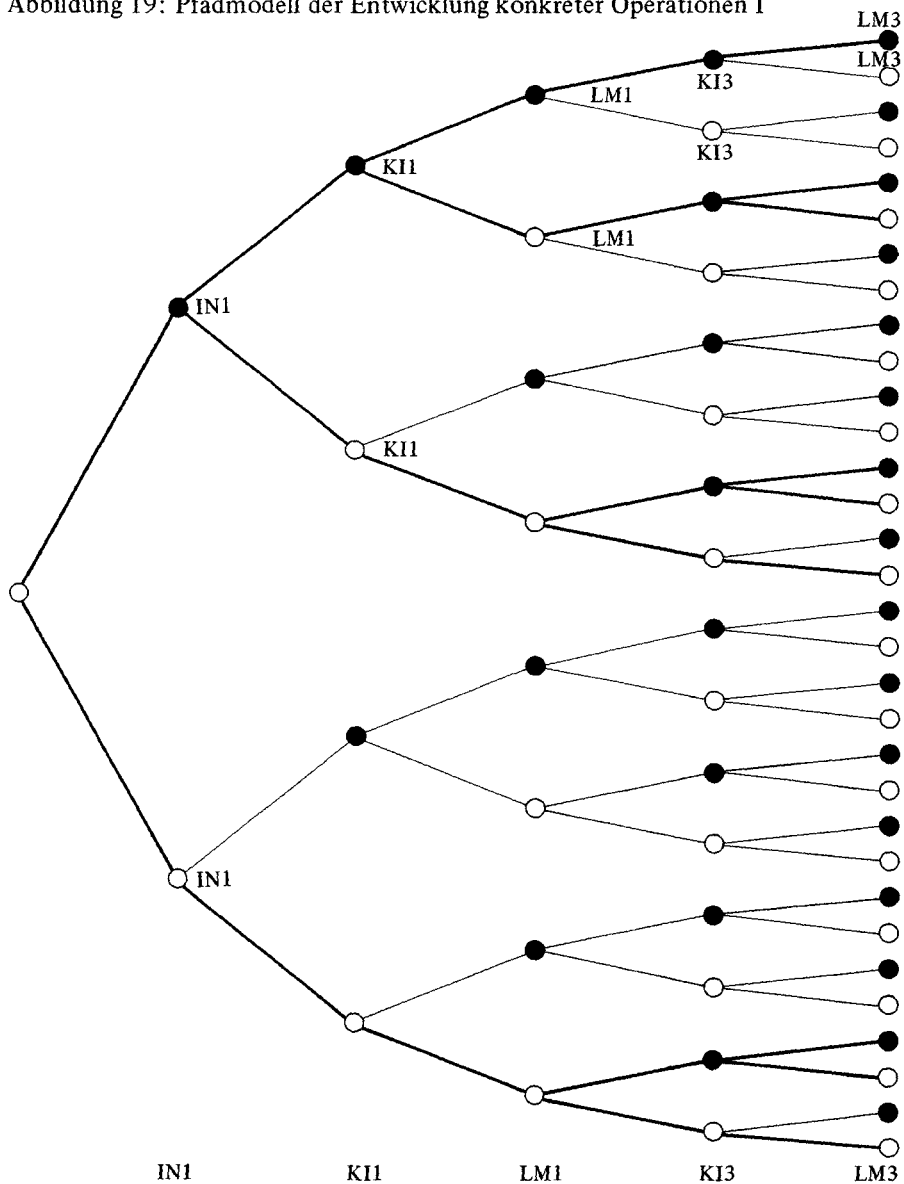
gungen nicht erfüllen. Abbildung 19 zeigt die Verlaufspfade in Form eines Pfadmodells; die zulässigen Patterns sind als durchgezogene Linien kenntlich gemacht.

Der Deutlichkeit halber werden im folgenden die zulässigen Patterns nach der Art der Entwicklung unterschieden. So lassen sich diese Kinder danach kategorisieren, ob sie im Zeitraum von sieben bis neun Jahren in ihrer kognitiven Entwicklung progredierte (E für Entwicklung) oder ob ihr Entwicklungsstand unverändert (U) blieb (siehe Tabelle 11).

Für die Anpassung des Testmodells I an die empirischen Verteilungen durch das statistische Verfahren nach Dayton und MacReady (1976; siehe auch Abschnitt 4.2) werden die obenstehenden hypothesenkonformen Patterns (true-score-patterns) übernommen und der statistischen Prozedur als Parameter eingegeben.

Das Verfahren nach Hildebrand, Laing und Rosenthal (1977; siehe auch Abschnitt 4.2) analysiert die Strukturhypothese im Gegensatz zum „probabilistic validation“-Verfahren auf der Basis der spezifizierten Fehlerpatterns (hypothesendiskrepante Muster). Diese Fehlerpatterns repräsentieren die Residualmuster nach Abzug der zulässigen von den möglichen Konfigurationen. Man erhält 23 Fehlerpatterns, die in der nachfolgenden Matrixdarstellung (fünfdimensionale verschachtelte Kontingenztafel) als intransitiv (X), das heißt hypothesendiskrepant, indiziert sind (siehe Abbildung 20). Die zulässigen Pfade, dargestellt als unterschiedliche Zellen der Kontingenztafel, werden je nach Entwicklungstyp als Progression (E) oder unveränderte Entwicklung (U) definiert.

Abbildung 19: Pfadmodell der Entwicklung konkreter Operationen I



- : nicht gelöst
- : gelöst
- : zulässige hypothesenkonforme Emergenzpfade

Abbildung 20: Matrizendarstellung des Entwicklungsmodells I

9jährige
(KI3 - LM3)

7jährige
(IN1 - KI1 - LM1)

0	1	1	0
0	0	1	1

0	0	0	U	E	E	X
1	0	0	U	E	E	X
1	1	0	X	U	E	X
1	1	1	X	X	U	X
0	1	0	X	X	X	X
0	0	1	X	X	X	X
0	1	1	X	X	X	X
1	0	1	X	X	X	X

U: Unveränderter Entwicklungsstand
 E: Entwicklung im Sinne einer Progression
 X: Intransitiv - hypothesendiskrepant
 O: nicht gelöst
 1 : gelöst

Ergebnisse

Durch das Verfahren nach Dayton und MacReady (1976) wird versucht, die beobachteten Daten durch ein theoretisches Modell (Sequenzmodell) zu rekonstruieren. In diesem Zusammenhang werden Parameter für a) die Auftretenswahrscheinlichkeit der zulässigen Patterns (Θ_i); b) die Wahrscheinlichkeit der von den zulässigen Patterns abweichenden Beobachtungen (negativer Fehler – beta β_i) und c) für die Wahrscheinlichkeit der irrtümlichen Zuordnung einer Beobachtung zu den zulässigen Patterns (positiver Fehler – alpha α_i) geschätzt.

Die Anpassung der Daten an das postulierte Entwicklungsmodell der konkreten Operationen (Testmodell I) gelingt nur bedingt (siehe auch Tabelle 12). Bei Überprüfung der Übereinstimmung (Anpassung) einer theoretischen und einer beobachteten Verteilung muß dem inferenzstatistischen Schluß eine Alternativhypothese zugrunde gelegt werden (H_0 : Die theoretische und die beobachtete Verteilung entstammen der gleichen Population). Infolgedessen muß der β -Fehler sehr geringfügig sein oder umgekehrt das α -Niveau sehr hoch gehalten werden (siehe Bortz 1977, S. 193). Bei einem α von 25 % wird die Alternativhypothese verworfen, da das beobachtete χ^2 größer als das kritische χ^2 bei α (75 %, 21 df) ist.

Andererseits läßt sich eine Unterschiedshypothese (H_1 : Die theoretische und die empirische Verteilung entstammen unterschiedlichen Populationen) auf einem hohen α -Niveau ebenfalls nicht inferenzstatistisch absichern, da das beobachtete χ^2 kleiner als das kritische χ^2 bei α (95 %, 21 df) ist. Die Zurückweisung des Gesamtmodells aufgrund der inkompatiblen Befunde läßt sich dadurch absichern, daß der Anteil positiver Fehler alpha (α_i), die die Rekonstruktion des Modells ermöglichten, relativ hoch ist. Gewöhnlich werden positive oder negative Fehler bis zu einem Ausmaß von .10 akzeptiert. Bei einem Anteil positiver Fehler von über 20 % muß das Modell im Gesamttest zwar verworfen werden, doch zeigten die Fehlerparameter α_i und β_i wie auch die Modellanpassungen selbst, daß über 80 % der Kinder der geforderten Erwerbslogik folgten; 20 % der Kinder hingegen mußten als hypothesendiskrepant klassifiziert werden. Auf der empirisch-deskriptiven Ebene läßt sich also die Adäquatheit des Entwicklungsmodells für etwa 80 % der Stichprobe aufzeigen.

Auch die Prädiktionsanalyse bestätigte diesen Befund (siehe Tabelle 13). Das Ausmaß der Vorhersagbarkeit der Konfigurationen des dritten Meßzeitpunkts aufgrund derjenigen zum ersten Meßzeitpunkt lag bei 12 % ([DEL] = .12). Dieses signifikante Ergebnis läßt sich dahingehend interpretieren, daß die Strukturhypothese im Gegensatz zu einer Vorhersage aufgrund der Randsummen nur etwa 12 % Fehlerreduktion erbringt; jedoch wären 29 % der Stichprobe ohne die Kenntnis der Hypothese falsch klassifiziert worden (Regel K = .29). 33 % der Stichprobe hätten ohne die Strukturhypothese vorhergesagt werden können (Regel U = .33).

Die nur bedingt akzeptable Anpassung des Testmodells I an die Daten führte zu einer Analyse der Fehlerpatterns, das heißt derjenigen Entwicklungspfade, die stark frequentiert waren und aus diesem Grunde kein zufälliger Meßfehler sein konnten. Drei hypothesendiskrepante Patterns fielen aufgrund ihrer hohen

Tabelle 12: Verzeichnis der durch das Verfahren DM5 geschätzten Parameter (thetas, alpha, beta, Chi-Quadrat) – Testmodell I (N = 113)

Pattern	Theta	Beobachtetes N	Vorhergesagtes N	Chi-Quadrat
00000	0.058899	4	2.2099	1.4500
10000	0.078839	9	4.7202	3.8806
01000		0	0.6788	0.6788
11000		0	1.4548	1.4548
00100		0	0.6786	0.6786
10100		0	1.4515	1.4515
01100		0	0.2109	0.2109
11100		0	0.4840	0.4840
00010	0.079459	6	4.7422	0.3336
10010	0.406642	16	20.9733	1.1793
01010		0	1.4616	1.4616
11010	0.000001	5	6.5255	0.3566
00110		2	1.4583	0.2012
10110		10	6.4760	1.9177
01110		0	0.4861	0.4861
11110		5	2.5671	2.3056
00001		1	0.7396	0.0917
10001		1	2.3720	0.7936
01001		0	0.2328	0.2328
11001		1	0.8151	0.0419
00101		0	0.2295	0.2295
10101		0	0.7656	0.7656
01101		0	0.1089	0.1089
11101		2	0.8141	1.7276
00011	0.000001	2	2.3789	0.0603
10011	0.258846	19	20.3616	0.0911
01011		0	0.8172	0.8172
11011	0.011405	8	7.5619	0.0254
00111		2	0.7677	1.9783
10111		9	6.8147	0.7008
01111		0	0.8147	0.8147
11111	0.105910	11	10.8269	0.0028
Σ		113		$\chi^2 = 27.0129$

beob. $\chi^2 = 27.0129$ (bei 21 Freiheitsgraden)

krit. $\chi^2 = 24.9384$ (bei 21 df und $\alpha = 75\%$ (niedriges β))

krit. $\chi^2 = 32.6705$ (bei 21 df und $\alpha = 95\%$)

alpha (α_j) = 0.234883; beta (β_j) = 0.062171

Pattern: Konfiguration (IN1-KI1-LM1-KI3-LM3)

Theta: Auftretenswahrscheinlichkeit des erlaubten Pattern J

Beobachtetes N: Beobachtete Häufigkeit

Vorhergesagtes N: Vorhergesagte Häufigkeit

alpha (α_j): (positiver Fehler)

beta (β_j): (negativer Fehler)

Tabelle 13: Verzeichnis der durch das Verfahren DEL berechneten Schätzwerte – Testmodell I (N = 113)

Patterns von IN1-KI1-LM1	Patterns von KI3-LM3				$\Sigma f_{.j}$
	00	01	10	11	
000	4 (0)	1 (1)	6 (0)	2 (0)	13
001	0 (1)	0 (1)	2 (1)	2 (1)	4
010	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0
011	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0
100	9 (0)	1 (1)	16 (0)	19 (0)	45
101	0 (1)	0 (1)	10 (1)	9 (1)	19
110	0 (1)	1 (1)	5 (0)	8 (0)	14
111	0 (1)	2 (1)	5 (1)	11 (0)	18
$\Sigma f_{i.}$	13	5	44	51	113

$$\nabla (\text{DEL}) = 0.12$$

$$\alpha (\text{alpha}) = 0.015$$

$$\text{Regel U} = 0.333$$

$$\text{Regel K} = 0.292$$

(0, 1): ω_{ij} = Gewichtungsfaktor
 ω_{ij} = 0: true score pattern
 ω_{ij} = 1: error score pattern

Auftretenswahrscheinlichkeiten Θ_i auf: 10110, 10111 und 11110 (N = 24). 19 dieser Kinder verfügten über das Konzept der Logischen Multiplikation zum ersten Meßzeitpunkt, ohne über das Konzept der Klasseninklusion zu verfügen. Weiterhin scheinen 9 dieser 19 Kinder zudem in ihrer Entwicklung des Matrizen Denkens zu „regredieren“, das heißt, sie lösten als 9jährige nicht diejenigen Aufgaben, die sie mit sieben Jahren beherrscht hatten. 5 Kinder des Patterns 11110 zeigten, wie die 9 oben erwähnten Kinder, „Regressionen“ bezüglich der Erhaltung der erworbenen Fähigkeit der Logischen Multiplikation. Eine große Anzahl von Kindern entwickeln sich im Übergang von der Klasseninklusion zur Logischen Multiplikation und in bezug auf die Entwicklung der Logischen Multiplikation hypotesenkonform. Dieser Befund soll nun vorerst die durch den Gesamt-

test verworfenen Strukturhypothesen (Transitivität zwischen KI1 und LM1, Kumulativität zwischen LM1 und LM3) aufrechterhalten.

Die vorliegenden Detailergebnisse können im Sinne eines Modells divergenter Entwicklung der Klassifikation beim Übergang vom präoperationalen zum konkret-operationalen Stadium integriert werden. Bezogen auf die Genese und Konsolidierung der Gesamtstruktur des konkret-operationalen Denkens (Gesamtmodell) entspräche dieser Entwicklungstyp einem konvergenten Modell der Entwicklung, da aus dem Stadium der Divergenz und logischen Unstrukturiertheit zum Meßzeitpunkt 1 eine logisch strukturierte Einbindung in das konkret-operationale System zum Meßzeitpunkt 3 entsteht (Konvergenz).

Aufgrund der bedingten Gültigkeit des Entwicklungsmodells (Testmodell I) und der daraus folgenden Notwendigkeit der Bestimmung der hypothesendiskrepanten Entwicklungsmuster wird im Anschluß eine theoriegeleitete Diskussion folgen, die der Reformulierung, Modifikation und Begründung des Entwicklungsmodells dienen soll.

6.2.4.1 Diskussion der Ergebnisse von Testmodell I

Die zuvor bei der Sichtung der Ergebnisse aufgeworfenen Fragen in bezug auf die Anpassung der Daten an das theoretisch spezifizizierte Modell (Testmodell I) sollen im folgenden interpretiert und diskutiert werden.

Im Gesamttest, also in bezug auf die gesamte Population, mußte das Testmodell verworfen werden, doch zeigt sich, daß sich 80 % der Stichprobe durch das Erwerbsmodell erklären lassen; nur 20 % der Stichprobe folgten hypothesendiskrepanten Entwicklungsmustern, die folgendermaßen bestimmt werden können:

- a) Sie sind gekennzeichnet durch den Erwerb des Konzepts der Logischen Multiplikation vor dem Konzept der Klasseninklusion im Alter von sieben Jahren, und
- b) sie sind dadurch gekennzeichnet, daß die im Alter von sieben Jahren erworbene Fähigkeit des Matrizendenkens im Alter von neun Jahren verlorengeht.

Diese beiden Einzelbefunde sollen vor der Diskussion durch eine Analyse der logischen Einzelrelationen zwischen allen Items der drei Substrukturen (über beide Meßzeitpunkte) spezifiziert werden. Zu diesem Zweck wurden Matrizen der logischen Einzelrelationen zwischen den Substrukturen synchron und diachron angelegt. Wie bei der Analyse der bereichsspezifischen Entwicklung der Invarianz (Abschnitt 6.2.3) wurden auch hier die logischen Relationen durch das statistische Verfahren AMIR ermittelt ($e_t = 0.05$). Sollten die oben bestimmten hypothesendiskrepanten Einzelrelationen (zwischen KI1 und LM1 und zwischen LM1 und LM3) ausschlaggebend für die Fehlanpassung des Gesamtmodells sein, so lassen sich diese angenommenen logischen Beziehungen durch das Verfahren AMIR nicht explorieren (logische Implikation oder logische Replikation; siehe auch Abbildung 18). In Tabelle 14 finden sich die logischen Relationen zwischen den Substrukturen.

Tabelle 14: Matrizen aller logischen Relationen zwischen den Substrukturen (synchron/diachron)

Synchron: Invarianz/Klasseninklusion und Logische Multiplikation (1. MZP, N = 121; Transitivität)

	KI101	KI102	KI103	KI104	LM101	LM102	LM103	LM104
IN101	1	1	1	1	1	1	1	1
IN102	1	1	1	1	1	1	1	1
IN103	1	1	1	1	1	1	1	1
IN104	1	1	1	1	1	1	1	1
IN105	1	1	1	1	1	1	1	1
IN106	1	1	1	1	1	1	1	1
IN107	1	1	1	1	1	1	1	1
IN108	1	1	1	1	1	1	1	1
IN109	1	1	1	1	1	1	1	1
IN110	1	1	1	1	1	1	1	1
IN111	1	1	1	1	1	1	1	1
IN112	1	1	1	1	1	1	1	1

Synchron: Klasseninklusion/Logische Multiplikation (1. MZP, N = 121; Transitivität)

	LM101	LM102	LM103	LM104
KI101	0	0	0	0
KI102	0	0	0	0
KI103	0	0	0	0
KI104	0	0	0	0

Synchron: Klasseninklusion/Logische Multiplikation (3. MZP, N = 113; Transitivität)

	LM301	LM302	LM303	LM304
KI301	1	1	1	1
KI302	1	1	1	1
KI303	1	1	1	1
KI304	1	1	1	1

Es zeigt sich, daß zwischen den acht Bereichen der Konservierung (12 Items) auf der synchronen Ebene logisch implikative Relationen zu allen Klasseninklusionsaufgaben bestehen; dies gilt auch für die Relationen zwischen den Invarianz- und den logischen Multiplikationsaufgaben zum ersten Meßzeitpunkt (7jährige). Weiterhin gelten diese Einzelrelationen auch zwischen der Klasseninklusion und der Logischen Multiplikation zum dritten Meßzeitpunkt (Transitivität). Die zweite und die letzte Matrix dokumentieren und bestätigen die zuvor erwähnten Einzelbefunde insofern, als sich die Logische Multiplikation (alle vier Aufgaben),

Fortsetzung von Tabelle 14

Diachron: Klasseninklusion (1./3. MZP, N = 114; Kumulativität)					Diachron: Logische Multiplikation (1./3. MZP, N = 113; Kumulativität)				
	KI301	KI302	KI303	KI304		LM301	LM302	LM303	LM304
KI101	-1	-1	-1	-1	LM101	0	0	0	0
KI102	-1	-1	-1	-1	LM102	0	0	0	0
KI103	-1	-1	-1	-1	LM103	0	0	0	0
KI104	-1	-1	-1	-1	LM104	0	0	0	0

Nomenklatur der Items in Tabelle 6. Ansonsten bezieht sich die erste Ziffer auf den Meßzeitpunkt.

Relationstyp 1 : logische Implikation
 Relationstyp -1 : logische Replikation
 Relationstyp 0 : keine logische Beziehung

e_t (error tolerance level) ≤ 0.05

gemessen bei den 7jährigen, aufgrund der fehlenden transitiven Beziehung zur Klasseninklusion und der fehlenden kumulativen Beziehung zum dritten Meßzeitpunkt nicht in den logischen Gesamtverbund einfügen läßt. Die a) geforderte logische Implikation zwischen den Klasseninklusions- und Matrizenaufgaben zum ersten Meßzeitpunkt und b) logische Replikation zwischen den vier Matrizenaufgaben des ersten und dritten Meßzeitpunktes lassen sich folglich durch ordnungstheoretische Analysen nicht nachweisen.

Die Exploration der logischen Relationen zwischen allen Variablen der Konzepte der Invarianz, der Klasseninklusion und der Logischen Multiplikation zeigt deutlich das Problem der Anpassung des Testmodells I an die Daten. Somit scheint sich eine altersunabhängige Erwerbssequenz zwischen der Klasseninklusion und der Logischen Multiplikation bei den untersuchten 7jährigen Kindern nicht nachweisen zu lassen; vielmehr handelt es sich hier um eine Entwicklung im Sinne multipler Emergenzpfade (statt eines unitären Modells). Außerdem treten bei 15 Kindern „Regressionen“ in bezug auf das Matrizendenken auf, das heißt, bereits erworbene Fähigkeiten im logischen Multiplizieren von Klassen und Relationen gehen wieder verloren.

Diese „Regressionen“ in Verbindung mit dem Erwerb der Logischen Multiplikation, der unabhängig vom Erwerb der Klasseninklusion stattfand, können in zweifacher Weise interpretiert werden:

- 1) Es kann sich um *reale* Regressionen im Sinne einer Rückentwicklung handeln. Laut dieser These haben manche Kinder im Alter von neun Jahren eine Fähigkeit verloren (in unserem Falle die der Logischen Multiplikation), die sie mit sieben Jahren besaßen. Diese Annahme kann nur unter Berücksichtigung der

Emergenz der übrigen konkret-operationalen Fähigkeiten entschieden werden (Regressionshypothese).

- 2) Es ließe sich auch die These vertreten, daß manche Kinder die Aufgaben der Logischen Multiplikation, und nur diese Aufgaben, alters- und entwicklungsabhängig unterschiedlich zu den übrigen Kindern konzipieren und lösen. Unter dieser Voraussetzung wäre zu überlegen, inwieweit eine adäquate Lösung der Matrizenaufgaben ohne explizite klassifikatorische Operationen im Sinne reifer konkreter Operationen möglich ist. Es wäre zum Beispiel denkbar, daß einige der 7jährigen erst mit neun Jahren die Matrizenaufgaben als operationale Problemstellung erfahren, sie aber zuvor bei der Lösung der Aufgaben auf andere Art zum Ziel gelangen (Divergenzhypothese).

Die These 1) ist insofern unwahrscheinlich, als alle Kinder, bezogen auf das Konzept der Klasseninklusion, im Sinne einer kumulativen Entwicklung progredieren. So läßt sich auf der bilateralen Ebene eindeutig zeigen, daß bei den 7jährigen nur die Logische Multiplikation zum Meßzeitpunkt 1 dem geforderten Sequenzmodell zuwiderläuft. These 2) läßt sich unter dieser Perspektive eher aufrechterhalten, da die „Regressionen“ als unterschiedliche Lösungswege desselben Aufgabenproblems angesehen werden können. Diese Annahme läßt sich zudem durch die sowohl synchrone als auch diachrone Divergenz des Konzeptes der Logischen Multiplikation stützen.

Auf der bilateralen Ebene kann nicht eindeutig entschieden werden, welche der beiden Hypothesen die empirischen Unregelmäßigkeiten am besten erklärt; auf der multilateralen Ebene hingegen, also bei Betrachtung der hypothesendiskrepanten Entwicklungsverläufe, müßte sich eindeutig eines der Argumente stützen lassen.

Es existieren, wie oben schon erwähnt, drei empirisch stark frequentierte Patterns, die die zuvor diskutierten hypothesendiskrepanten Merkmale aufweisen (siehe auch Tabelle 12):

Theta 1: 10110 (N = 10)

Theta 2: 10111 (N = 9)

Theta 3: 11110 (N = 5),

wobei 0 = nicht gelöst und 1 = gelöst bedeutet und die Reihenfolge der Items IN1 – KI1 – LM1 – KI3 – LM3 ist.

Bei Betrachtung dieser intraindividuellen Entwicklungsmuster läßt sich die Regressionshypothese nicht mehr aufrechterhalten, obwohl offensichtlich 15 der 24 Kinder die einmal gelösten Aufgaben der Logischen Multiplikation bei der dritten Messung nicht mehr beherrschen. Dies erklärt sich aus der Tatsache, daß, bezogen auf andere konkret-operationale Leistungen (etwa die der Klasseninklusion), 80 % der betreffenden Kinder im Alter von sieben bis neun Jahren progredieren und die restlichen 20 % einen unveränderten Entwicklungsstand zeigen. Gleichermäßen gilt für alle Kinder auf der synchronen Ebene, daß sie das Konzept der Invarianz stets vor dem der Klasseninklusion erwerben. Insofern können die hypothesendiskrepanten Patterns nicht als Regressionen in der kognitiven Entwicklung definiert werden, da in anderen Substrukturen eine Progression vor-

liegt; vielmehr muß davon ausgegangen werden, daß die Logische Multiplikation von manchen 7jährigen anders konzipiert wird und Aufgaben dieses Typs anders gelöst werden, daß folglich die Logische Multiplikation sich divergent entwickelt. So ließe sich ebenfalls erklären, daß im Stadium reifer konkreter Operationen bei den 9jährigen die Logische Multiplikation und die Klasseninklusion eine transitive Beziehung im Sinne des Sequenzmodells eingehen.

Piaget und Inhelder (1977) haben die Möglichkeit unterschiedlicher Konzeptualisierungen ähnlicher oder gleicher Aufgabenstellungen am Beispiel der Logischen Multiplikation von Klassen beschrieben. Sie stellen zum Beispiel fest, daß beim Übergang zwischen den Stufen der konkreten und der formalen Operationen völlig verschiedene Lösungswege bei der Bewältigung derselben Aufgaben eingeschlagen werden können. So kann eine multiple Zuordnungsaufgabe einerseits durch Multiplikation von Merkmalen und andererseits durch eine einfache Kombinatorik, die frühe formale Operationen kennzeichnet, gelöst werden (vertikaler Verschiebungseffekt nach Piaget & Inhelder 1977, S. 262 ff.).

Für den Übergang vom präoperationalen zum konkret-operationalen Stadium postulieren sie ebenfalls verschiedene Lösungsmöglichkeiten für dasselbe Aufgabenproblem (Piaget & Inhelder 1973b). So gibt es einerseits, wie in der logischen Analyse der Aufgaben in Abschnitt 3.3 dargelegt, den „operativen“ Lösungsweg der gleichzeitigen Multiplikation der beiden Merkmale im Sinne der Operation ($A_1 \times A_2 = A_1 A_2$), andererseits jedoch ein im Hinblick auf das Ergebnis völlig analoges Verfahren der „figuralen“ Kollektion, das sich die perzeptiven Eigenschaften der vorgegebenen Matrizen zu eigen macht. So stellen die Autoren fest, daß

„die der multiplikativen Klassifikation eigenen Bedingungen [...] in der perzeptiven Gestalt der Matrizen bereits erfüllt [sind], was die gegebenen Elemente betrifft, und um das vierte Element zu finden, braucht man lediglich noch diese figuralen Eigenschaften zu erweitern, indem man sich der Symmetrien links \times rechts und oben \times unten bedient, die in sichtbarer Art und Weise für die ersten drei Elemente bereits festgelegt wurden“ (Piaget & Inhelder 1973b, S. 12 f.).

Bei den Invarianz- und Klasseninklusionsaufgaben konnte aber – anders als bei der Logischen Multiplikation – die „figurale“ im Gegensatz zur „operativen“ Lösung aufgrund der eindeutigen Fokussierung auf die Quantifikation der Mengen oder Klassenumfänge nicht angewandt werden. Da aber bei den Aufgaben der Multiplikation von Klassen die multiple Zuordnung oder Kollektion im Vordergrund stand (also nicht die Quantifikation der multiplikativen Klassen), kann, wie die zuvor dargestellten hypothesendiskrepanten Entwicklungspfade aufzeigen, eine „figurale Kollektion“ der Matrix nicht ausgeschlossen werden. Vielmehr ist zu vermuten, daß Kinder zu Beginn der konkret-operationalen Entwicklung zur „figuralen“ Lösungsvariante neigen, da sie bei der Bewältigung schwieriger Aufgaben auf die in der präoperationalen Phase erworbenen Fähigkeiten der figuralen Kollektionen zurückgreifen. Dieses Argument stützt sich zudem darauf, daß, wie bereits erwähnt, 80 % der Kinder, die durch eine divergente Entwicklung gekennzeichnet sind, die Klasseninklusionsaufgaben nicht lösen. Diese Kinder wählen bezüglich der Klasseninklusion vermutlich den „figuralen“ bezie-

hungsweise „voroperationalen“ Lösungsweg. Erst im Stadium reifer Operationen wird die Aufgabe von ihnen als „operatives“ Testproblem definiert und, falls möglich, auch gelöst.

Die vollständige Vergleichbarkeit der aufgabenstrukturellen Bedingungen kann folglich nicht angenommen werden. Es besteht jedoch die Möglichkeit, den Effekt divergenter Emergenzpfade aufgrund „figuraler“ Lösungen durch den Vergleich mit denjenigen Aufgaben, die sich auf die verdeckte Versuchsanordnung beziehen, zu kontrollieren. Wie aus den Mittelwerten (Tabelle 7) zu ersehen ist, sinkt die Lösungswahrscheinlichkeit der verdeckt präsentierten Aufgabe der Multiplikation von Klassen von .38 auf .20, das heißt, ein wesentlich geringerer Anteil der Kinder bewältigt diese Aufgabe operativ.

Folglich kann der zu Beginn dieser Diskussion als „divergente Entwicklung“ bezeichnete Erwerb der Logischen Multiplikationen nun präziser als vertikale Verschiebung (vertikale Verschiebungshypothese) definiert werden; das heißt, dasselbe Konzept der Logischen Multiplikation wird entwicklungsabhängig qualitativ unterschiedlich (also auf unterschiedlichen operationalen Niveaus) gelöst.

Dies stimmt mit dem Befund der fehlenden Transitivität und Kumulativität der Logischen Multiplikation zum ersten Meßzeitpunkt überein. Die Möglichkeit einer „figuralen“ beziehungsweise einer „operativen“ Lösung findet in unterschiedlichen, divergenten Erwerbsmustern ihren Ausdruck, da die beiden Varianten nur über eine vertikale Verschiebung in Verbindung zueinander stehen.

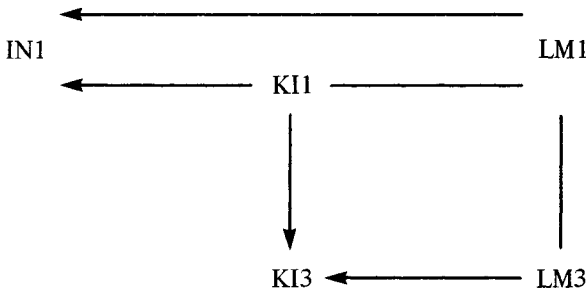
Es erscheint plausibel, daß die strukturell schwierigste Aufgabe – die Logische Multiplikation – am ehesten von solchen Kindern „figural“ gelöst wird, die sich ansonsten noch im Übergang zwischen präoperationalen und konkret-operationalen Stadien befinden. Es sind vermutlich diese Kinder, die das Testproblem noch präoperational begreifen und lösen.

6.2.5 Arbeitshypothese 5: Modifikation des Entwicklungsmodells – Testmodell II (Verfahren zur Überprüfung multilateraler Verbände)

Wie die zuvor geführte Diskussion zeigt, können die hypothesendiskrepanten Entwicklungsmuster (etwa 20 % der Stichprobe) auf Effekte vertikaler Verschiebung zurückgeführt werden (vertikale Verschiebungshypothese). Das Testmodell wird unter diesen Voraussetzungen reformuliert, und die Daten werden an das modifizierte Testmodell anhand des statistischen Verfahrens nach Dayton und MacReady angepaßt.

Das Entwicklungsmodell wird insofern modifiziert, als auch diejenigen Kinder, die einen „figuralen“ Lösungsweg zum ersten Meßzeitpunkt gewählt haben, in das Modell eingeschlossen werden. Diese Zusatzvoraussetzung stellt in keiner Weise das zu Beginn logisch analysierte Grundmodell der konkreten Operationen in Frage; vielmehr kann das Erwerbsmodell nochmals durch die Erweiterung der Modellrestriktionen (im Sinne entwicklungsbedingter Einflüsse beim Übergang zwischen den zwei operationalen Stadien; vertikaler Verschiebungseffekt) einem Gesamtmodellanpassungstest unterzogen werden. Sollte der Anpassungstest un-

Abbildung 21: Entwicklungsmodell der konkreten Operationen
Testmodell II



- IN1 : Invarianz der Zahl (IN101)
 KI1, 3 : Klasseninklusion (Ki101 o. LM301)
 LM1, 3 : Multiplikation von Klassen (LM101 o. LM301)
 ← : Transitivität
 ↓ : Kumulativität
 — : Unabhängigkeit – Komplette Affirmation¹³

ter diesen modifizierten Voraussetzungen gelingen, so können die theoretischen Argumente, die die Fehlerpatterns des Testmodells I begründeten, als analytisch relevant bezeichnet werden.

Die divergente Entwicklung läßt sich aussagenlogisch transformieren in den Relationstyp der kompletten Affirmation. Die Variablen, die diese aussagenlogische Beziehung aufweisen, sind stochastisch voneinander unabhängig. Dargestellt in einer 2×2 - Kontingenztafel wären, im Gegensatz zu den drei theoretisch erlaubten Zellen, im Falle der logischen Implikation alle vier Elementarereignisse zulässig. Für die Emergenz der Klassifikation bei 7jährigen bedeutet dies, daß ein Kind, ohne Klassifikationsleistungen im Sinne der „operativen“ Lösung zu erbringen, die logische Multiplikationsaufgabe „figural“ lösen kann.

Ebenfalls muß die zuvor postulierte Kumulativität in der Entwicklung des Matrizendenkens durch einen weniger restriktiven Relationstyp ersetzt werden

¹³ Bezüglich der Bedeutung der hier verwendeten Pfeilsymbole sei in der Hauptsache auf die Fußnote 4 verwiesen. Der *horizontale* gleichwie der *vertikale* Strich stellt die aussagenlogische Relation der Affirmation dar, was dahingehend interpretiert werden kann, daß keine bestimmte und für die gesamte Population gültige Form des Erwerbs den Entwicklungsprozeß auszeichnet.

Tabelle 15: Verzeichnis der zulässigen Patterns gemäß Testmodell II

1. MZP			3. MZP		
IN1	KI1	LM1	KI3	LM3	
0	0	0	0	0	U (unverändert)
1	0	0	0	0	U
1	1	0	1	0	U
1	1	1	1	1	U
0	0	0	1	0	E (Entwicklung)
0	0	0	1	1	E
1	0	0	1	0	E
1	0	0	1	1	E
1	1	0	1	1	E
1	0	1	0	1	M (Modifikation)
1	0	1	1	1	M
1	1	1	1	0	M

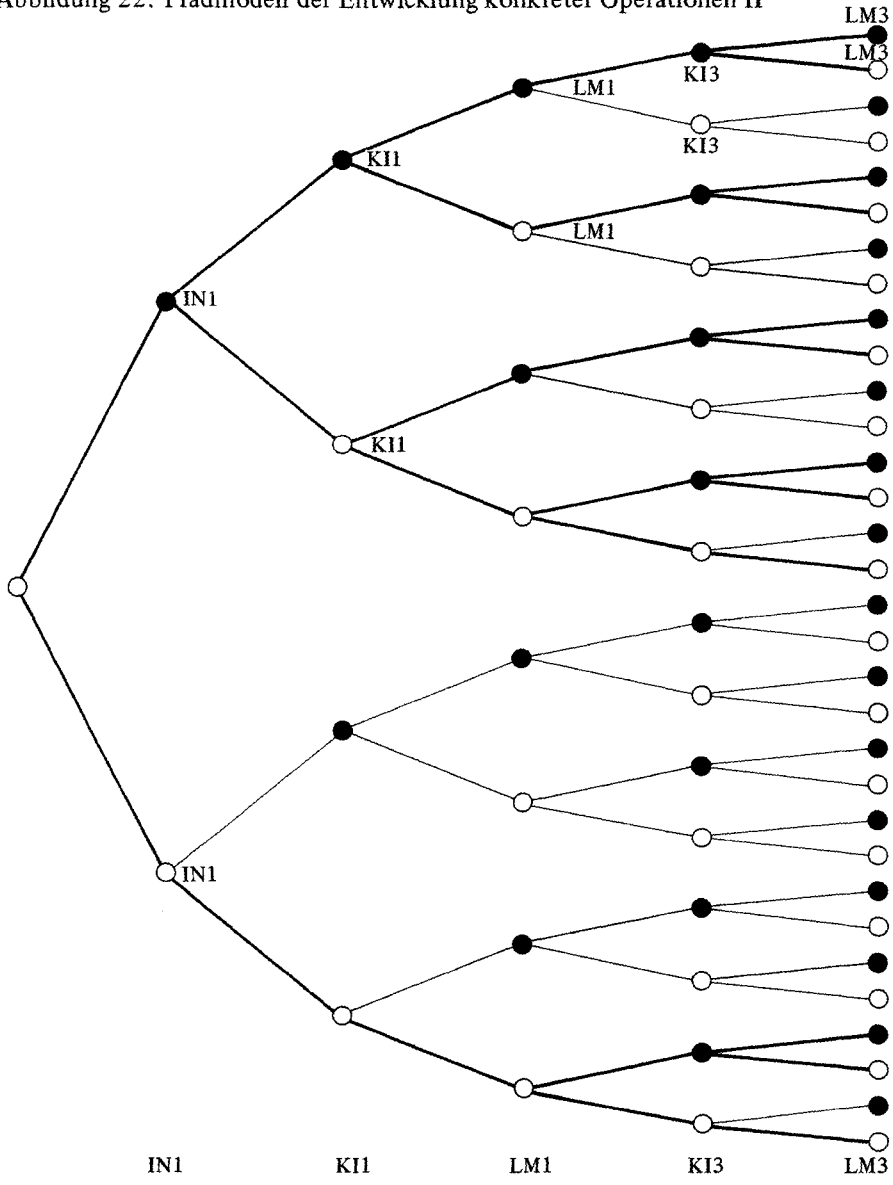
12 zulässige Patterns bei 32 möglichen Patterns.

(ebenfalls komplette Affirmation). Dieser Relationstyp repräsentiert zusätzlich diejenigen Versuchspersonen, die das Konzept der Logischen Multiplikation zum Meßzeitpunkt 1 „figural“ und zum Meßzeitpunkt 3 „operativ“ lösen konnten. Die logische Implikation zwischen KI1 und LM1 und die logische Replikation zwischen LM1 und LM3 werden folglich durch den logischen Relationstyp der kompletten Affirmation substituiert. Das modifizierte Testmodell läßt sich wie folgt darstellen (siehe Abbildung 21).

Die statistische Überprüfung verläuft nun analog zur Anpassung des Testmodells I. Das Pfadmodell (siehe Abbildung 22) stellt wiederum die zulässigen Entwicklungspfade dar, wobei die Modifikation des Modells drei weitere Muster zuläßt. Insgesamt erhält man 12 Patterns, die eine idealtypische Rekonstruktion der Daten ermöglichen sollen. Die erlaubten Patterns werden in Tabelle 15 unterschieden nach a) denjenigen, die einen unveränderten Entwicklungsstand (U), und b) denjenigen, die eine Entwicklung (E) im Erwerb repräsentieren. Ein weiterer zulässiger Patterntyp bezeichnet c) die durch die Modifikation hinzugewonnenen Patterns, die den „figuralen“ Lösungsweg repräsentieren (M) (vergleiche Tabelle 15 und Abbildung 22).

In Abbildung 23 repräsentiert eine Kreuztabelle der Konfigurationen von Meßzeitpunkt 1 und Meßzeitpunkt 3 die zulässigen Zellen oder Patterns, die wiederum nach dem Typ der Entwicklung (U, E, M) unterschieden werden.

Abbildung 22: Pfadmodell der Entwicklung konkreter Operationen II



- : nicht gelöst
- : gelöst
- : zulässige hypothesenkonforme Emergenzpfade

Abbildung 23: Matrizendarstellung des Entwicklungsmodells II

	9jährige (KI3 - LM3)			
7jährige	0	1	1	0
(IN1 - KI1 - LM1)	0	0	1	1

0	0	0	U	E	E	X
1	0	0	U	E	E	X
1	1	0	X	U	E	X
1	1	1	X	M	U	X
0	1	0	X	X	X	X
0	0	1	X	X	X	X
0	1	1	X	X	X	X
1	0	1	X	M	M	X

U : Unveränderter Entwicklungsstand
 E : Entwicklung im Sinne einer Progression
 X : Intransitiv - hypothesendiskrepant
 M : aufgrund der Modifikation zugelassene Pfade
 O : nicht gelöst
 1 : gelöst

Ergebnisse

Aufgrund des modifizierten Entwicklungsmodells (Testmodell II) der konkreten Operationen gelingt die Rekonstruktion der Daten und die Passung des theoretischen Modells an die beobachteten Daten. Bei Überprüfung der Alternativhypothese (Anpassungstest zweier Verteilungen) ist der beobachtete χ^2 -Wert im Vergleich zum kritischen χ^2 hoch signifikant. Bei einem α -Niveau von 25 % ist das beobachtete χ^2 kleiner als das kritische χ^2 bei α (75 %, 16 df) (siehe Tabelle 16).

Diese Anpassung des Testmodells II an die Daten gelang ferner ohne hohe Fehlerquoten. Der positive Fehler (α_i) lag unter 0.01 %, der negative Fehleranteil (β_i) unter dem kritischen Wert von etwa 7 %. Dieser Fehleranteil (β_i) besagt, daß das Modell unter der Voraussetzung einer Fehlklassifikation von 7 % der Stichprobe rekonstruiert werden konnte.

Die prediction analysis des Testmodells II läßt ähnliche Schlußfolgerungen zu, soweit sich die Ergebnisse überhaupt mit denen der probabilistic validation analysis vergleichen lassen (siehe auch Abschnitt 4.2). Der DEL-Koeffizient von .39 besagt, daß immerhin 39 % Fehlerreduktion aufgrund der Strukturhypothese über die an den Randsummenverteilungen gestützte Prognose hinaus erreicht werden konnte. Es besteht jedoch eine Einschränkung insofern, als nur 8 % der Stichprobe die höhere Prognosesicherheit aufgrund der Strukturhypothese gewährleisten; nur dieser Anteil (Regel K) wäre ohne die Strukturhypothese falsch zugeordnet worden. Andererseits werden die Fehlerzellen nur von 13 % der Stichproben frequentiert (Regel U). Dies ist der Anteil, der sich *nicht* durch die Kenntnis der Randsummen vorhersagen läßt (siehe Tabelle 17).

Ein Vergleich der Aussagemöglichkeiten der beiden Verfahren findet sich in Abschnitt 4.2. Hier kann allgemein festgehalten werden, daß die prediction analysis nur das durch die Strukturhypothese begründete Ausmaß der Vorhersagbarkeit der abhängigen Variablen (AV) aufgrund der unabhängigen Variablen (UV) mißt. Das Verfahren der probabilistic validation hingegen überprüft die Möglichkeit einer Anpassung dieses theoretisch postulierten Gesamtmodells als multilateraler Verbund an die empirisch vorgefundenen Entwicklungspfade. Dabei gehen alle Variablen als voneinander unabhängige Parameter in die Schätzgleichung ein.

Mögliche Überlappungen oder Konfundierungen zwischen den beiden Formen bereichsspezifischer Entwicklung horizontaler Verschiebung (Typ X und Z; vergleiche auch Abschnitte 1.2 und 1.3) wurden durch die Berechnung alternativer Entwicklungsmodelle kontrolliert und widerlegt. So zeigen weitere Analysen nach Dayton und MacReady, die anstelle der Invarianz der Zahl andere Bereiche der Konservierung (etwa diskontinuierliche Menge, Fläche oder Gewicht usw.) einschlossen, für jedes Modell eine signifikante Anpassung an die Daten. Bei der Rekonstruktion der Daten lag die Fehlerquote stets unter 10 % (α_i und $\beta_i < 10$ %). Beschrieben wurde jedoch nur dasjenige Testmodell, das die Invarianz der Zahl enthielt, da dieser Bereich als repräsentativ für das Konzept der Konservierung analysiert wurde (siehe auch Abschnitt 5.2).

Aufgrund dieser Analysen kann man darauf schließen, daß der Erwerb der Konservierung über *alle* Bereiche für die Entwicklung der Konzepte der Klassen-

Tabelle 16: Verzeichnis der durch das Verfahren DM5 geschätzten Parameter (thetas, alpha, beta, Chi-Quadrat) – Testmodell II (N = 113)

Pattern	Theta	Beobachtetes N	Vorhergesagtes N	Chi-Quadrat
00000	0.025272	4	3.8725	0.0042
10000	0.072291	9	8.7862	0.0052
01000		0	0.0255	0.0255
11000		0	0.3376	0.3376
00100		0	0.0595	0.0595
10100		0	0.7881	0.7881
01100		0	0.0251	0.0251
11100		0	0.3320	0.3320
00010	0.043526	6	5.8701	0.0029
10010	0.136858	16	15.7725	0.0033
01010		0	0.3376	0.3376
11010	0.039726	5	4.4716	0.0625
00110		2	0.7881	1.8636
10110	0.103947	10	10.4375	0.0183
01110		0	0.3320	0.3320
11110	0.041900	5	4.3975	0.0826
00001		1	0.2116	2.9367
10001		1	1.3973	0.1130
01001		0	0.0450	0.0450
11001		1	0.5960	0.2739
00101		0	0.0550	0.0550
10101		0	0.7286	0.7286
01101		0	0.0648	0.0648
11101		2	0.8588	1.5163
00011	0.014388	2	2.8029	0.2300
10011	0.189870	19	18.5060	0.0132
01011		0	0.5960	0.5960
11011	0.083288	8	7.8930	0.0015
00111		2	0.7286	2.2186
10111	0.104087	9	9.6496	0.0437
01111		0	0.8588	0.8588
11111	0.144848	11	11.3744	0.0123
Σ		113		$\chi^2 = 13.9875$

beob. $\chi^2 = 13.9875$ (bei 18 Freiheitsgraden)

krit. $\chi^2 = 21.6049$ (bei 18 df und $\alpha = 75\%$ (niedriges β))

alpha (α_i) ≤ 0.001 ; beta (β_i) = 0.07205

Pattern: Konfiguration (IN1-KI1-LM1-KI3-LM3)

Theta: Auftretenswahrscheinlichkeit des erlaubten Pattern J

Beobachtetes N: Beobachtete Häufigkeit

Vorhergesagtes N: Vorhergesagte Häufigkeit

alpha (α_i): (positiver Fehler)

beta (β_i): (negativer Fehler)

Tabelle 17: Verzeichnis der durch das Verfahren DEL berechneten Schätzwerte – Testmodell II (N = 113)

Patterns von IN1-KI1-LM1	Patterns von KI3-LM3				$\Sigma f_{.j}$
	00	01	10	11	
000	4 (0)	1 (1)	6 (0)	2 (0)	13
001	0 (1)	0 (1)	2 (1)	2 (1)	4
010	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0
011	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0
100	9 (0)	1 (1)	16 (0)	19 (0)	45
101	0 (1)	0 (1)	10 (0)	9 (0)	19
110	0 (1)	1 (1)	5 (0)	8 (0)	14
111	0 (1)	2 (1)	5 (0)	11 (0)	18
$\Sigma f_{i.}$	13	5	44	51	113

∇ (DEL) = 0.39

α (alpha) \leq 0.001

Regel U = 0.130

Regel K = 0.080

(0, 1): ω_{ij} = Gewichtungsfaktor
 ω_{ij} = 0: true score pattern
 ω_{ij} = 1: error score pattern

Inklusion und der Logischen Multiplikation notwendige Bedingung ist; dies gilt für alle untersuchten Bereiche des Invarianzkonzeptes. Vorläuferstruktur für den Erwerb des klassifikatorischen Denkens ist somit die gesamte Substruktur der Konservierung über alle Bereiche hinweg.

Dieser Schluß wird ebenfalls durch die Matrizen der logischen Relation zwischen allen Bereichen der Invarianz und den Aufgaben der Klasseninklusion und der Logischen Multiplikation (vergleiche Tabelle 14) belegt. Es zeigt sich, daß jeder Bereich der Invarianz zu den Aufgaben der Klasseninklusion und der Logischen Multiplikation in einem logisch implikativen Verhältnis steht. Auch bei beliebiger Auswahl der in das Testmodell eingehenden Variablen der Invarianz dürfte die Modellanpassung sich nicht wesentlich verändern, da gleiche strukturelle Bedingungen (logische Relationen) das Verhältnis zwischen den Substruk-

turen kennzeichnen. Aufgrund derselben sequenzlogischen Relationen können die Einflüsse bereichsspezifischer Entwicklungen konstant gehalten werden. Infolgedessen lassen sich Effekte aufgrund horizontaler Verschiebungen (Typ X) von denjenigen, die durch die bereichsspezifische Entwicklung (horizontale Verschiebung – Typ Z) hervorgerufen werden, analytisch trennen beziehungsweise unabhängig voneinander untersuchen.

7. Gesamtdiskussion der Ergebnisse und Schlußfolgerungen

7.1 Gesamtdiskussion der Ergebnisse

Die statistischen Ergebnisse aus Kapitel 6 dienten der empirischen Evaluation des in Abschnitt 3.2 postulierten Entwicklungsmodells der konkreten Operationen. Auf der Basis einer logischen Analyse der aufgabenstrukturellen Bedingungen wurde zunächst eine transitive Ordnung zwischen den konkret-operationalen Substrukturen der Invarianz, der Klasseninklusion und der Logischen Multiplikation postuliert. Diese allgemeine Ordnungshypothese mußte aus methodologischen Gründen (siehe Abschnitt 2.2) in eine Sequenzhypothese (siehe Abschnitt 2.3) transformiert werden, und zwar derart, daß gemäß der Sequenzmethode ein Sequenzmodell entstand (siehe Abschnitt 3.3). Dieser Schritt war notwendig, um synchrone und diachrone Entwicklungsrelationen (bilateral) in ein übergeordnetes Gesamtmodell (multilateraler Verbund) zu integrieren. Individuelle Entwicklungen und intraindividuelle Veränderungen lassen sich durch unterschiedliche Emergenzpfade innerhalb dieses Sequenzmodells repräsentieren.

In Gegenüberstellung zu den ordnungstheoretischen Analysen und Befunden, die die theoretische Strukturiertheit zwischen den Aufgaben untersuchen sollten, wurden korrelationsstatistische Matrizen angelegt, um die in Abschnitt 3.1 aufgestellte Hypothese, daß sich hierarchisch strukturierte Aufgaben nicht oder nicht eindeutig durch Korrelationskoeffizienten abbilden lassen, zu überprüfen. Es zeigte sich, daß die durch den Koeffizienten φ ermittelten Assoziationen zwischen den unterschiedlichen Aufgaben beziehungsweise zwischen zwei Meßzeitpunkten um so schwächer waren, je größer der Unterschied zwischen den in Zusammenhang stehenden Aufgaben war beziehungsweise je weiter die Wiederholungsmessungen auseinanderlagen. Da der Korrelationskoeffizient als Konsistenzbeziehungsweise Stabilitätsmaß das gleichzeitige Auftreten von Ereignissen mißt (siehe auch Henning 1981; Rudinger 1978), ist er wenig geeignet, theoretische Strukturen im Sinne implikativer oder replikativer Beziehungen zwischen Variablen abzubilden. Insofern scheint die Forderung Winers (1980, S. 325) nach der Verwendung korrelationsstatistischer Verfahren im Gegensatz zur Verwendung von Unterschiedstests bei der Analyse von Ordnungshypothesen nicht ganz berechtigt zu sein, da nur *ein* Spezialfall logischer Relationen, die *Äquivalenz*, sich mittels des Korrelationskoeffizienten abbilden läßt.

Aufgrund dieser Besonderheit des φ -Koeffizienten, sequenztheoretische Zusammenhänge nur bedingt zu messen, wurden für die Exploration der logischen Relationen zwischen den Variablen der Invarianz nur ordnungstheoretische Verfahren und Assoziationskoeffizienten benutzt, die den besonderen theoretischen

wie methodologischen Bedingungen gerecht wurden. Über die bereichsspezifische Entwicklung des Invarianzkonzeptes (horizontale Verschiebung – Typ Z) lagen keine expliziten Hypothesen vor (etwa abfolgelogische Beziehungen), doch zeigten explorative ordnungstheoretische Analysen eine rudimentäre Vernetzung der unterschiedlichen Bereiche im Sinne logischer Implikationen. Das läßt sich unter Umständen im Sinne von Vorläuferstrukturen oder notwendigen Bedingungen für die Entwicklung interpretieren. Die Art der Vernetzung bleibt jedoch multipel-bilateral; das heißt, wenige „Einstiegsvariablen“ stehen in einer Voraussetzungsbeziehung zu den übrigen Variablen. Zwei Einstiegs- oder Schwellenbereiche (die Konservierung der Zahl und der Fläche I), die jedoch im Sinne erwerbsmäßiger Vorläuferstrukturen voneinander unabhängig sind, zeigen diese multiplen Vernetzungen. Eine Interpretation dieser Ergebnisse zur bereichsspezifischen Entwicklung der Invarianz wurde nicht vorgenommen, da eine Erwerbsabfolge bezüglich der untersuchten Bereiche der Invarianz theoretisch nicht begründet werden konnte. Dieser Ansicht sind auch Piaget und Inhelder (1977), da auch sie feststellen, daß heterogene Bereiche „ohne Beziehung zueinander“ (Piaget & Inhelder 1977, S. 269) erworben werden.

Die unterschiedliche Beliebtheit der verwendeten Materialien beeinflusst nicht unbedeutend die Lösungswahrscheinlichkeiten der einzelnen Invarianzaufgaben. Der Beliebtheitsgrad der Aufgaben beruht somit einerseits auf der persönlichen Vertrautheit der Kinder mit den Gegenständen und andererseits auf dem Bekanntheitsgrad der Materialien in der betreffenden Kultur. Eine für alle Individuen gleiche Präferenzhierarchie in bezug auf die unterschiedlichen Aufgabenbereiche ließ sich also nicht nachweisen; es existiert jedoch eine hierarchische Ordnung bei der Beantwortung dieser Aufgaben für die gesamte Stichprobe, und zwar in bezug auf eine Folge immer komplexer werdender Aufgaben der Fläche (Komplexitätshypothese). Kinder konservieren im Zeitraum von sieben bis acht Jahren die Fläche mit wenigen Elementen stets vor der Fläche mit vielen Elementen. Ein entsprechendes Sequenzmodell konnte auch inferenzstatistisch abgesichert werden.

Der Konstruktion des Entwicklungsmodells der konkreten Operationen wurde eine horizontale Verschiebungshypothese (Typ X) zugrunde gelegt. Gemäß dieser Hypothese emergieren die drei untersuchten Substrukturen der Invarianz, der Klasseninklusion und der Logischen Multiplikation sukzessiv, das heißt in zeitlicher Verzögerung nacheinander. Die Erwerbssequenz wurde zudem als unidirektional und unitär gekennzeichnet. In diesem speziellen Falle (invariable Entwicklungssequenz) muß die postulierte Erwerbsabfolge für alle Kinder, unabhängig vom kognitiven Entwicklungsstand, gelten. Ein entsprechendes Sequenzmodell sagte die Entwicklungspfade für einen Großteil der Stichprobe in angemessener Weise voraus (Testmodell I), jedoch zeigte der statistische Test, daß sich 25 Kinder entgegen dieser Vorhersage entwickelten. Diese 25 Kinder wurden durch drei Entwicklungsmuster gekennzeichnet, die von den zulässigen Erwerbspfaden abwichen. Die Abweichungen bezogen sich jedoch nur auf den Erwerb einer der untersuchten Dimensionen, und zwar der Logischen Multiplikation bei den 7jährigen.

Es ergab sich a posteriori, daß es sich bei den hypothesendiskrepanten Patterns in Testmodell I nicht um „Regressionen“ oder Formen divergenter Entwicklung handelte; vielmehr konnten diese Entwicklungspfade auf Effekte der vertikalen Verschiebung zurückgeführt werden. Diese These fand ihre Bestätigung darin, daß a) alle Kinder, die durch die Fehlerpatterns gekennzeichnet waren, sich in der Übergangsphase zwischen dem Stadium der Präoperationen und dem der konkreten Operationen befanden, und daß b) 7jährige Kinder bei der Logischen Multiplikation als der strukturanalytisch schwierigsten Aufgabe den Weg der „figuralen“ Lösung einschlagen (siehe Abschnitt 6.4.1).

Ein aufgrund der vertikalen Verschiebungshypothese (Typ Y) modifiziertes Testmodell bestätigt nun die Gültigkeit der Sequenzhypothese für die gesamte Stichprobe; das heißt, die konkret-operationalen Substrukturen der Invarianz, der Klasseninklusion und der Logischen Multiplikation emergieren sukzessiv und abfolgelogisch. Die Entwicklung der konkreten Operationen und die Konsolidierung der konkret-operationalen Gesamtstruktur verlaufen folglich in mehreren Schritten, die von unterschiedlichen Substrukturen repräsentiert werden, wobei diese Entwicklungsschritte abfolgelogisch geordnet sind.

Dieser Befund steht im Widerspruch zu den Annahmen Piagets und anderer, daß unterschiedliche konkret-operationale Substrukturen synchron emergieren (Synchronizitätshypothese) und die konkret-operationale Gesamtstruktur sich kumulativ konsolidiert (Piaget 1941; Piaget & Inhelder 1973b; Piaget & Szeminska 1975; siehe auch Abschnitt 3.1), wobei die in dieser Arbeit vertretene Auffassung (Verschiebungshypothese) durch zwei Argumente gestützt wird:

- 1) Die Verschiebungshypothese basiert auf der logischen Analyse der Anforderungsstrukturen der unterschiedlichen Aufgaben.
- 2) Die Verschiebungshypothese kann durch entsprechende statistische Verfahren empirisch evaluiert und inferenzstatistisch abgesichert werden.

Die Entwicklung konkreter Operationen stellt folglich keinen kumulativen Entwicklungsprozeß dar; vielmehr emergieren konkret-operationale Substrukturen abfolgelogisch und sequentiell.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung stehen im Widerspruch zu weiteren empirischen Studien, die, in Übereinstimmung mit den Annahmen der Genfer Schule, eine synchrone Entwicklung der konkret-operationalen Substrukturen unterstellen (Achenbach u. a. 1975; Dudek u. a. 1969; Little 1972). Diese Widersprüche auf der empirischen Ebene verlieren an Überzeugungskraft, vergleicht man den Operationalisierungs- und Präsentationsmodus der Aufgaben in den unterschiedlichen Studien. Es zeigt sich, daß in bezug auf diese Kriterien die dargestellten Studien zwar bedingt vergleichbar sind; den Ergebnissen der drei eben erwähnten Studien kann jedoch entgegengehalten werden, daß a) den Entwicklungshypothesen keine logischen Analysen der aufgabenstrukturellen Bedingungen vorausgingen, und daß b) Methoden und statistische Verfahren zur Überprüfung der Synchronizität benutzt wurden, die den Gegenstand nur deskriptiv abzubilden vermögen oder die nur *bilaterale* Beziehungen zwischen den Variablen erfassen. Dies trifft auch für diejenigen empirischen Untersuchungen zu, die

zum gleichen empirischen Ergebnis (Verschiebungshypothese) wie die vorliegende Studie gelangen (Brainerd 1973, 1974; Dimitrovsky u. a. 1975; Kingma 1983; Rosser u. a. 1982; Schwebel & Schwebel 1974; Winer u. a. 1974).

Die vorangegangene Argumentation führte konsequenterweise zu einer strukturanalytischen Forschungs- und Auswertungsstrategie, die dadurch begründet wurde, daß a) die untersuchte Verschiebungshypothese auf der logischen Analyse der aufgabenstrukturellen Bedingungen basiert, b) der Operationalisierungs- und Erhebungsmodus der unterschiedlichen Aufgabentypen konstant gehalten wird, was eine strukturanalytische Vergleichbarkeit der Aufgabenanforderungen zur Folge hat, und c) ein methodologischer Rahmen entwickelt (Sequenzmethode) und spezielle statistische Verfahren benutzt werden, die die Analyse *multilateraler* logischer Verbünde (heterogene Beziehungen zwischen mehreren Variablen) ermöglichen. Aus diesem Grund können die unterschiedlichen und widersprüchlichen Ergebnisse nur auf dem Hintergrund der in dieser Arbeit verwendeten Untersuchungsmethoden und Forschungsstrategien bewertet werden.

7.2 Schlußfolgerungen

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit der Analyse und Erklärung intraindividuelle Veränderung im Bereich der Entwicklung konkreter Operationen. Der Erwerb konkret-operationaler Substrukturen sollte auf der Basis individueller Entwicklungsverläufe bestimmt werden.

Das Konstrukt der Entwicklungssequenz (Hoppe-Graff 1982) nahm bei der Analyse intraindividuelle Entwicklung eine Schlüsselstellung ein, denn es gestattet sowohl auf der theoretischen Ebene die Analyse der individuellen Entwicklung über die Zeit (Prozeß), als auch auf der methodologischen Ebene die Analyse der emergenzlogischen Beziehungen zwischen zwei oder mehr Entwicklungsschritten. Dabei sollen jedoch nicht die realen aussagenlogischen Beziehungen analysiert und empirisch evaluiert werden (in diesem Falle würde sich die empirische Überprüfung per se erübrigen); vielmehr werden die logischen Relationen als analytische Konstrukte verwendet, die Entwicklungssequenzen *strukturell* repräsentieren. Im Hinblick auf diesen methodologischen Status können logische Relationen auch einer empirischen Überprüfung unterzogen werden. Eine Entwicklungssequenz läßt sich in Abhängigkeit vom jeweiligen Typ der Entwicklung durch aussagenlogische Funktionen beziehungsweise Boole'sche Ausdrücke repräsentieren. Beispielsweise kann die Beziehung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Erwerbsschritten (Verschiebung) aussagenlogisch durch die notwendige Bedingung (Implikation) repräsentiert werden.

Auf der Grundlage solcher bilateraler sequentieller Relationen zwischen zwei Entwicklungsschritten können komplex strukturierte (multilaterale) Modellhypothesen (Entwicklungsmodelle) formuliert werden, die zugleich die Berücksichtigung der synchronen und der diachronen Entwicklungsebene bei der Analyse dieser Entwicklungsmodelle gestatten.

Die individuellen Entwicklungsverläufe (die sich als Patterns oder Konfigurationen im Sequenzmodell wiederfinden) können nun im Hinblick auf das postulierte Entwicklungsmodell differentiell bewertet werden. Ebenfalls ist die Bestimmung der Entwicklungs- oder Emergenzbedingungen möglich, wie in der vorliegenden Arbeit anhand der Überprüfung einer invariablen Entwicklungssequenz (unitäre Entwicklung) gezeigt wurde.

Zur Untersuchung dieser Fragestellungen wurde die Sequenzmethode vorgeschlagen. Diese entwicklungspsychologische Methode integriert die Synchronanalyse von Konfigurationen und die Diachronanalyse von Konstellationen (siehe Abschnitte 2.1 bis 2.2).

Im Vergleich zur Bedingungsanalyse von Hoppe-Graff (1982) ist diese Sequenzmethode zusätzlich bei längsschnittlichen Untersuchungsplänen anwendbar, das heißt bei Erhebungsplänen, die auf Meßwiederholungen beruhen. Synchron wie Diachronanalyse können im Rahmen der Sequenzanalyse auch voneinander unabhängig durchgeführt werden, da sie letztlich Spezialfälle dieser Methode darstellen.

Zur Überprüfung von Modellhypothesen (multilateral), die mittels der Sequenzmethode formuliert wurden, erscheint das statistische Verfahren nach Dayton und MacReady (1976) im Vergleich zur Prädiktionsanalyse (Hildebrand, Laing & Rosenthal 1977) und zum AMIR-Verfahren (Grund 1980) besonders geeignet. Bei diesem Verfahren kann zum einen von der stochastischen Unabhängigkeit der Variablen ausgegangen werden, eine Voraussetzung, der bei der Überprüfung von Strukturmodellen große Bedeutung zukommt; zum anderen werden durch das Verfahren Parameter berechnet, die die positiven und negativen Fehler bei der Anpassung des theoretischen Modells an die beobachteten Daten abschätzen.

Die zur Messung der Fähigkeit, Klassen logisch zu multiplizieren, verwendeten Aufgaben (Smedslund 1967) genügen den Reliabilitätskriterien nur bedingt, da manche 7jährige Kinder, die sich im Übergang zu den frühen konkreten Operationen befanden, einen alternativen Lösungsweg einschlugen („figurale“ Kollektionen), der zum selben Testergebnis führte. Erst im Stadium reifer konkreter Operationen wurde das Testproblem von den meisten Kindern im Sinne multipler Klassifikation interpretiert. Dieser Rückgriff mancher Kinder auf den „figuralen“ Lösungsweg, der sich auf der inhaltlichen Ebene als vertikale Verschiebung darstellt, konnte bei der von Smedslund vorgeschlagenen Operationalisierung der Aufgabe nicht gänzlich kontrolliert werden, da sie keine differentielle Kodierung der alternativen Lösungswege vorsieht. Das Testziel der vergleichenden Quantifikation der multiplen Klassen im Gegensatz zu dem hier angestrebten Testziel der multiplen Klassifikation (multiplikative Zuordnung) würde die alternative „figurale“ Lösung, die von den perzeptuellen Bedingungen der vorgelegten Matrizen abhängig ist, ausschließen.

Dieser Einzelbefund unterstützt die Forderung, die untersuchten Aufgaben beziehungsweise die durch sie repräsentierten Konzepte a priori logisch zu analysieren.

Divergente Entwicklungen beim Erwerb der Logischen Multiplikation (bei den 7jährigen) können auch dahingehend interpretiert werden, daß Kinder, die sich im Übergang zwischen zwei Entwicklungsstadien befinden – das heißt in einer Phase der Re- und Umstrukturierung bestehender äquilibrierter Strukturen –, je nach Anforderungsgrad der Aufgabe entweder auf bestehende Strukturen zurückgreifen oder durch Assimilation neue Strukturen erwerben und konstruieren. Dies ließ sich jedoch bei denjenigen Kindern, die schon die konkret-operationale Substruktur der Klasseninklusion erworben hatten, nicht nachweisen. Es kann daher davon ausgegangen werden, daß unter anderem zwei Faktoren, die sich gegenseitig bedingen, die Dynamik der kognitiven Entwicklung mitbestimmen: 1) der *Entwicklungsstand* der Kinder auf der horizontalen Ebene (Übergangsstadien) und 2) die *relative Überforderung* des Kindes insofern, als es das Testproblem zwar durchaus begreift, jedoch die Aufgabe nicht bewältigen kann, da die dafür notwendigen Denkopoperationen nur rudimentär vorhanden sind.

Infolgedessen kann angenommen werden, daß Kinder, die sich in einer Übergangsphase zwischen zwei Stadien befinden, bei anforderungsstrukturell schwierigen Aufgaben (Überforderung) auf bestehende operative Strukturen zurückgreifen.

Die vorliegenden Ergebnisse können für die Theorie Piagets als mikroanalytischer Befund bei der sequenzlogischen Untersuchung der Strukturierung und Konsolidierung konkreter Operationen gewertet werden. Entgegen der Annahme Piagets und Inhelders (siehe zum Beispiel 1973b), daß unterschiedliche konkret-operationale Konzepte synchron emergieren (Synchronizitätshypothese), und entgegen manchen Befunden, die diese Annahme empirisch belegen (siehe zum Beispiel Achenbach & Weisz 1975), konnte in der vorliegenden Arbeit gezeigt werden, daß die Substrukturen der Invarianz, der Klasseninklusion und der Logischen Multiplikation sukzessiv beziehungsweise zeitlich verschoben (horizontale Verschiebung – Typ X) emergieren. Dieses Postulat einer transitiven Abfolge der drei Substrukturen beruht auf der logischen Analyse der anforderungsstrukturellen Bedingungen der verwandten Aufgaben. Es wurde postuliert, daß für den Erwerb der Klasseninklusion und der Logischen Multiplikation die Invarianz und für den Erwerb der Klasseninklusion die Logische Multiplikation *notwendige Bedingung* ist. In bezug auf die Entwicklung der konkreten Operationen kann gefolgert werden, daß Invarianz stets *vor* Klasseninklusion beziehungsweise Logischer Multiplikation und Klasseninklusion stets *vor* Logischer Multiplikation auftreten (Vorläuferstruktur).

Dieser Befund bestätigt die Berechtigung der in Kapitel 1 eingeführten entwicklungstheoretischen Konstrukte der Strukturierung und der Konsolidierung (Pinard & Laurendeau 1969), da die Emergenz von Gesamtstrukturen nicht mehr mit dem Hinweis auf regulative Prozesse der Äquilibration erklärt werden muß. Vielmehr läßt sich die Ausbildung oder Emergenz konkreter Operationen als Strukturierung oder Konsolidierung ausschließlich auf der *Strukturebene* analysieren, da die Gesamtstruktur erst durch die Kumulation aller Entwicklungsschritte konstituiert wird.

Dabei repräsentieren die jeweiligen Substrukturen des konkret-operationalen Denkens die einzelnen Entwicklungsschritte, die wiederum strukturell geordnet aufeinanderfolgen (Strukturierung). Der letzte Schritt dieser Erwerbsabfolge (in der vorliegenden Untersuchung die Logische Multiplikation von Klassen) führt unter dieser Prämisse zur Ausbildung der Gesamtstruktur.

Die Konsolidierung der Gesamtstruktur zeichnet sich demzufolge allgemein durch den Erwerb der anforderungsstrukturell schwierigsten Aufgaben oder der entwicklungslogisch hochstehendsten Substrukturen aus.

Die Annahme, daß sich die Ausbildung einer operativen Gesamtstruktur nur im Hinblick auf die sie regulierenden Faktoren der Äquilibration nachvollziehen läßt, kann dahingehend präzisiert werden, daß auch auf der strukturellen Ebene der Entwicklungsstand des operationalen Denkens bestimmt werden kann.

Insofern muß der Behauptung Brainerds, daß dem Konstrukt der Stufe als strukturierte Gesamtheit wenig Realitätsgehalt zukommt (Brainerd 1978), widersprochen werden; es ließ sich in der vorliegenden Untersuchung nachweisen, daß die Ausbildung einer Gesamtstruktur (im vorliegenden Falle der konkreten Operation) strukturiert und abfolgelogisch verläuft. Die kognitive Entwicklung zeichnet sich also nicht nur durch steigende Komplexität (quantitative Zunahme) aus, sondern auch dadurch, daß sie als geordneter Prozeß, der in der Erwerbsabfolge unterschiedlicher, heterogener Substrukturen begründet ist, voranschreitet.

Literaturverzeichnis

- ACHENBACH, T. M., und WEISZ, J. R.: „A longitudinal study of developmental synchrony between conceptual identity, seriation and transitivity“. In: *Child Development*, Bd. 43 (1975), S. 1024–1034.
- BALTES, P. B., REESE, H. W., und NESSELROADE, J. R.: *Life-span developmental psychology: Introduction to research methods*. Monterey, CA: Brooks/Cole 1977.
- BALTES, P. B., CORNELIUS, S. W., und NESSELROADE, J. R.: „Cohort effects in developmental psychology“. In: NESSELROADE, J. R., und BALTES, P. B. (Hrsg.): *Longitudinal research in the study of behavior and development: Design and analysis*. New York: Academic Press 1979, S. 61 bis 88.
- BART, W. M., und AIRASIAN, P. W.: „Determination of the ordering among seven Piagetian tasks by an ordering-theoretic method“. In: *Journal of Educational Psychology*, Bd. 66 (1974), S. 277–284.
- BART, W. M., und KRUS, D. J.: „An ordering-theoretic method to determine hierarchies among items“. In: *Educational and Psychological Measurement*, Bd. 33 (1973), S. 291–300.
- BART, W. M., LELE, K., und ANTONAK, R. F.: „A computer-programme for ordering theoretic data analysis“. In: *Behavior Research Methods and Instrumentation*, Bd. 8 (1976), H. 4, S. 399–400.
- BEILIN, H.: „Invarianztraining bei physikalischen Mengenbegriffen“. In: STEINER, G. (Hrsg.): *Piaget und die Folgen* (Bd. VII): *Psychologie des 20. Jahrhunderts*. Zürich: Kindler Verlag 1978, S. 260–289.
- BJÖRNSSON, S., und EDELSTEIN, W.: *Explorations in social inequality: Stratification dynamics in social and individual development in Iceland*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung 1977 (Studien und Berichte, Nr. 38).
- BORTZ, J.: *Lehrbuch der Statistik*. Heidelberg: Springer-Verlag 1977.
- BRAINERD, C. J.: „Order of acquisition of transitivity, conservation, and class inclusion of length and weight“. In: *Developmental Psychology*, Bd. 8 (1973), S. 105–116.
- BRAINERD, C. J.: „Training and transfer of transitivity, conservation, and class inclusion of length“. In: *Child Development*, Bd. 45 (1974), S. 324–334.
- BRAINERD, C. J.: „Entwicklungsstufe, Struktur und Entwicklungstheorie“. In: STEINER, G. (Hrsg.): *Piaget und die Folgen* (Bd. VII): *Psychologie des 20. Jahrhunderts*. Zürich: Kindler Verlag 1978, S. 207–218.

- BRANDTSTÄDTER, J., und VON EYE, A.: „Aussagenlogische Analyse von Kontingenztafeln: I. Methodologische Vorüberlegungen“. In: *Trierer Psychologische Berichte*, Bd. 9 (1982), H. 6.
- BUSS, A. R.: „A general developmental model for interindividual differences, intraindividual differences and intraindividual change“. In: *Developmental Psychology*, Bd. 10 (1974), S. 70–78.
- BUSS, A. R.: „Toward a unified framework for psychometric concepts in multivariate developmental situations“. In: NESSELROADE, J. R., und BALTES, P. B. (Hrsg.): *Longitudinal research in the study of behavior and development: Design and analysis*. New York: Academic Press 1979, S. 41–59.
- CAMPBELL, R. L., und RICHIE, D. M.: „Problems in the theory of developmental sequences“. In: *Human Development*, Bd. 26 (1983), S. 156–172.
- CHASELON, F. M., und ZIMMERMANN, E. J.: *Das probabilistische Modell von Dayton and MacReady mit einer Erweiterung für polytome Daten*. Bremen: Universität Bremen 1983 (Bremer Beiträge zur Psychologie, Nr. 22), S. 179 bis 187.
- VAN DEN DAELE, L. D.: „Qualitative models of development“. In: *Developmental Psychology*, Bd. 1 (1969), H. 4, S. 303–310.
- DAYTON, G. M., und MacREADY, G. B.: „A probabilistic model for validation of behavioral hierarchies“. In: *Psychometrika*, Bd. 44 (1976), S. 189–204.
- DAYTON, G. M., und MacREADY, G. B.: „Mode13g and mode15: Programs for the analysis of dichotomous, hierarchic structures“. In: *Applied Psychological Measurement*, Bd. 1 (1977), S. 412.
- DIMITROVSKY, L., und ALMY, M.: „Linkages among concrete operations“. In: *Genetic Psychological Monographs*, Bd. 92 (1975), S. 213–229.
- DUDEK, S. Z., u. a.: „Relationship of Piaget measures to standard intelligence and motor scales“. In: *Perceptual and Motor Skills*, Bd. 28 (1969), S. 351 bis 362.
- EDELSTEIN, W.: *Zum Problem struktureller Determinanten der Ontogenese*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung 1975 (unveröffentl. Manuskript).
- EDELSTEIN, W.: *Project Child Development and Social Structure*. Paper given at the Congress of the Scandinavian Association of Psychology. Reykjavik, Iceland. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung 1979 (unveröffentl. Manuskript).
- EDELSTEIN, W.: „Das Projekt kindliche Entwicklung und soziale Struktur“. In: GROSSMANN, K. E., und LÜTKENHAUS, P. (Hrsg.): *Bericht über die 6. Tagung Entwicklungspsychologie in Regensburg*. Bd. II, Regensburg: Universität Regensburg 1984, S. 275–277.
- EDELSTEIN, W., KELLER, M., und VON ESSEN, C.: *Moral awareness, action decision and moral consistency*. Beitrag zum 7th Biennial Meeting of the International Society for the Study of Behavioral Development. München, August 1983.

- EDELSTEIN, W., KELLER, M., und WAHLEN, K.: Projekt „Kindliche Entwicklung und soziale Struktur: Zwischenbericht zur Grundsatzkonferenz“. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung 1977 (unveröffentl. Manuskript).
- EDELSTEIN, W., KELLER, M., und WAHLEN, K.: Stellungnahme zum Bericht der Evaluationskommission. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung 1981 (unveröffentl. Manuskript).
- EDELSTEIN, W., KELLER, M., und WAHLEN, K.: „Entwicklung sozialkognitiver Prozesse: Eine theoretische und empirische Rekonstruktion“. In: GEULEN, D. (Hrsg.): Perspektivenübernahme und soziales Handeln. Frankfurt a. M.: Suhrkamp 1982, S. 181–204.
- EDELSTEIN, W., KELLER, M., und WAHLEN, K.: „Structure and content in social cognition: Conceptual and empirical analyses“. In: *Child Development*, Bd. 55 (1984), H. 4, S. 1514–1526.
- ELKIND, D.: „Piaget's conservation problems“. In: *Child Development*, Bd. 37 (1967), S. 15–27.
- ELKIND, D., und FLAVELL, J. H. (Hrsg.): *Studies in cognitive development: Essays in honor of Jean Piaget*. New York: Oxford University Press 1969.
- VON EYE, A., und BRANDTSTÄDTER, J.: „Evaluating developmental hypotheses using statement calculus and non-parametric statistics“. In: BALTES, P. B., FEATHERMAN, D. L., und LERNER, R. M. (Hrsg.): *Life-span development and behavior*. Bd. 8, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum (im Druck).
- FLAVELL, J. H.: *The developmental psychology of Jean Piaget*. Princeton, NJ: Van Nostrand 1963.
- FLAVELL, J. H.: „Stage-related properties of cognitive development“. In: *Cognitive Psychology*, Bd. 2 (1971), S. 421–453.
- FLAVELL, J. H.: „An analysis of cognitive developmental sequences“. In: *Genetic Psychological Monographs*, Bd. 86 (1972), S. 279–350.
- FLAVELL, J. H.: *Kognitive Entwicklung*. Stuttgart: Klett-Cotta 1979.
- FLAVELL, J. H.: „On cognitive development“. In: *Child Development*, Bd. 53 (1982), S. 1–10.
- FLAVELL, J. H., und WOHLWILL, J. F.: „Formal and functional aspects of cognitive development“. In: ELKIND, D., und FLAVELL, J. H. (Hrsg.): *Studies in cognitive development: Essays in honor of Jean Piaget*. New York: Oxford University Press 1969, S. 67–120.
- FLEISHER FELDMAN, C., und TOULMIN, S.: „Logic and the theory of mind“. In: ARNOLD, W. J. (Hrsg.): *Nebraska Symposium on Motivation, 1975: Conceptual foundation of psychology*. Lincoln, NE: University of Nebraska Press 1976, S. 409–476.
- FROMAN, T., und HUBERT, L. J.: „Application of prediction analysis to developmental priority“. In: *Psychological Bulletin*, Bd. 87 (1980), H. 1, S. 136–146.
- GINSBERG, M., und OPPER, S.: *Piagets Theorie der geistigen Entwicklung*. Stuttgart: Klett-Cotta 1978.
- GOLDSCHMID, M. L., und BENTLER, P. A.: *Manual: Concept assessment kit — conservation*. San Diego, CA: Educational and Industrial Testing Service 1968.

- GRUND, P.: Ein Programm zur Analyse multipler implikativer Relationen. Berlin: Freie Universität Berlin 1980 (unveröffentl. Diplomarbeit).
- HARRÉ, R.: The principles of scientific thinking. Chicago: University of Chicago Press 1970.
- HARRÉ, R., und MADDEN, E. H.: Causal powers. Oxford: Basil Blackwell 1975.
- HENNING, H. J.: „Suche und Validierung kognitiver Struktur, Entwicklungssequenzen und Lern-/Verhaltenshierarchien mit Hilfe probabilistischer Modelle“. In: Zeitschrift für Psychologie, Bd. 189 (1981), S. 437–461.
- HENNING, H. J., und PETERMANN, F.: Zur Methodologie der Vorhersageanalyse (DEL-Analyse) bei Einzelfalldaten. Bremen: Universität Bremen 1983 (Bremer Beiträge zur Psychologie, Nr. 22), S. 188–195.
- HENNING, H. J., und RUDINGER, G.: „Analysis of qualitative data in developmental psychology“. In: NESSELROADE, J. R., und VON EYE, A. (Hrsg.): Individual development and social change: Explanatory analysis. New York: Academic Press 1985.
- HENNING, H. J., RUDINGER, G., CHASELON, F., und ZIMMERMANN, E. J.: Analyse qualitativer Daten in der Entwicklungspsychologie. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, März 1983 (unveröffentl. Manuskript zum Workshop „Aquadent“).
- HILDEBRAND, D. K., LAING, J. D., und ROSENTHAL, M.: Prediction analysis of cross-classifications. New York: Wiley 1977.
- HOPPE, S., SCHMID-SCHÖNBEIN, C., und SEILER, T. B.: Entwicklungssequenzen. Bern: Huber 1977.
- HOPPE-GRAFF, S.: Bedingungsanalysen zur Genese der Klasseninklusion. Darmstadt: Technische Hochschule Darmstadt 1982 (unveröffentl. Dissertation).
- HOPPE-GRAFF, S.: „Stufe‘ und ‚Entwicklungssequenz‘ als beschreibende Konstrukte der Entwicklungspsychologie“. In: SILBEREISEN, R. K., und MONTADA, L. (Hrsg.): Entwicklungspsychologie: Ein Handbuch in Schlüsselbegriffen. München: Urban & Schwarzenberg 1983a, S. 55–59.
- HOPPE-GRAFF, S.: „Methodische Probleme bei der Erfassung des Konzeptes der Klasseninklusion: Haben Darbietungsmodus und Bewertungsstrategie einen Einfluß?“ In: GROSSMANN, K. E., und LÜTKENHAUS, P. (Hrsg.): Bericht über die 6. Tagung Entwicklungspsychologie in Regensburg. Bd. II, Regensburg: Universität Regensburg 1983b, S. 334–336.
- HOPPE-GRAFF, S.: Ist die Entwicklung der Informationsverarbeitungskapazität eine notwendige Bedingung für den Erwerb der Klasseninklusion? Lehrstuhl Psychologie III, Forschungsgruppe Sprache und Kognition, Arbeitsbericht Nr. 31. Mannheim: Universität Mannheim 1984.
- KELLER, M., und REUSS, S.: An action theoretical reconstruction of the development of social cognitive competence. Beitrag zum 7th Biennial Meeting of the International Society for the Study of Behavioral Development. München, August 1983.

- KINGMA, J.: „The development of seriation, conservation, and multiple classification: A longitudinal study“. In: *Genetic Psychology Monographs*, Bd. 108 (1983), S. 43–67.
- KLIEGL, R.: „Synchrone und diachrone Analysen der Struktur und der Entwicklung des Freundschaftskonzepts und seiner Unterkonzepte“. In: GROSSMANN, E. K., und LÜTKENHAUS, P. (Hrsg.): *Bericht über die 6. Tagung Entwicklungspsychologie in Regensburg*. Bd. II, Regensburg: Universität Regensburg 1984, S. 283–287.
- KOFSKY, E.: *Developmental scalogram analysis of classificatory behavior*. Rochester, New York: University of Rochester 1963 (unveröffentl. Dissertation).
- KOFSKY, E.: „A scalogram study of classificatory development“. In: *Child Development*, Bd. 37 (1966), S. 191–204.
- KRAUTH, J., und LIENERT, G. A.: *KFA Konfigurationsfrequenzanalyse*. Freiburg: Verlag Karl Alber 1973.
- KRUS, D. J.: *Order analysis of binary matrices*. Los Angeles: Theta Press 1976.
- VAN LEEUWE, L.: „Item tree analysis“. In: *Nederlands Tijdschrift voor de Psychologie*, Bd. 29 (1974), S. 475–484.
- LÉVI-STRAUSS, C.: *Strukturelle Anthropologie I*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1978.
- LITTLE, A.: „A longitudinal study of cognitive development in young children“. In: *Child Development*, Bd. 43 (1972), S. 1024–1034.
- LORENZ, K.: *Die Rückseite des Spiegels: Versuch einer Naturgeschichte des menschlichen Erkennens*. 5. Aufl., München: DTV 1981.
- MACKAY, Ch.: „Vom voroperatorischen zum konkret-operatorischen Denken“. In: STEINER, G. (Hrsg.): *Piaget und die Folgen* (Bd. VII): *Psychologie des 20. Jahrhunderts*. Zürich: Kindler Verlag 1978, S. 121–154.
- McNEMAR, Q.: „Note on the sampling error of the difference between correlated proportions of percentages“. In: *Psychometrika*, Bd. 12 (1947), S. 153 bis 157.
- PETERMANN, F.: *Einzelfalldiagnose und klinische Praxis*. Stuttgart: Kohlhammer Verlag 1982.
- PHILLIPS, J. L.: *The origin of intellect: Piaget's theory*. San Francisco: Freeman & Co. 1969.
- PIAGET, J.: „Le mécanisme du développement mental“. In: *Archives de Psychologie*, Bd. 17 (1941), H. 112, S. 215–285.
- PIAGET, J.: „Nécessité et signification des recherches comparatives en psychologie génétique“. In: *Journal International de Psychologie*, Bd. 1 (1966), H. 1, S. 3–13.
- PIAGET, J.: „The theory of stages in child development“. In: GREEN, D. R., FORD, M. P., und FLAMER, G. B. (Hrsg.): *Measurement and Piaget*. New York: McGraw-Hill 1971.
- PIAGET, J.: *Einführung in die genetische Erkenntnistheorie*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1973.

- PIAGET, J.: Weisheit und Illusionen der Philosophie. Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1974.
- PIAGET, J.: Entwicklung des Erkennens II. Bd. 9, Stuttgart: Ernst Klett Verlag 1975a (Gesammelte Werke, Studienausgabe).
- PIAGET, J.: Entwicklung des Erkennens III. Bd. 10, Stuttgart: Ernst Klett Verlag 1975b (Gesammelte Werke, Studienausgabe).
- PIAGET, J.: Piaget über Piaget, sein Werk aus seiner Sicht. München: Kindler Verlag 1981.
- PIAGET, J., und INHELDER, B.: Die Entwicklung der elementaren logischen Strukturen: Teil I. Düsseldorf: Schwann Verlag 1973a.
- PIAGET, J., und INHELDER, B.: Die Entwicklung der elementaren logischen Strukturen: Teil II. Düsseldorf: Schwann Verlag 1973b.
- PIAGET, J., und INHELDER, B.: Die Entwicklung des physikalischen Mengenbegriffes beim Kinde. Bd. 4, Stuttgart: Ernst Klett Verlag 1975 (Gesammelte Werke, Studienausgabe).
- PIAGET, J., und INHELDER, B.: Von der Logik des Kindes zur Logik des Heranwachsenden. Olten: Walter Verlag 1977.
- PIAGET, J., und SZEMINSKA, A.: Die Entwicklung des Zahlbegriffes beim Kinde. Bd. 3, Stuttgart: Ernst Klett Verlag 1975 (Gesammelte Werke, Studienausgabe).
- PINARD, A., und LAURENDEAU, M.: „Stage‘ in Piaget’s cognitive developmental theory: Exegesis of a concept“. In: ELKIND, D., und FLAVELL, J. H. (Hrsg.): Studies in cognitive development: Essays in honor of Jean Piaget. New York: Oxford University Press 1969, S. 121–170.
- PROCTOR, C. M.: „A probabilistic formulation and statistical analysis of Guttman-scaling“. In: Psychometrika, Bd. 35 (1970), S. 73–78.
- RAUH, H.: Entwicklungspsychologische Analyse kognitiver Prozesse. Weinheim und Basel: Beltz Verlag 1972.
- ROSSER, R. A., und HORAN, P. T.: „Acquisition of multiple classification and seriation from observation of models: A social learning approach to horizontal decalage“. In: Child Development, Bd. 53 (1982), S. 1229–1232.
- RUDINGER, G.: „Erfassung von Entwicklungsveränderungen im Lebenslauf“. In: RAUH, H. (Hrsg.): Jahrbuch für Entwicklungspsychologie. Stuttgart: Klett-Cotta 1978, S. 157–214.
- RUDINGER, G.: „Methodologie und Datengewinnung“. In: SILBEREISEN, R. K., und MONTADA, L. (Hrsg.): Entwicklungspsychologie: Ein Handbuch in Schlüsselbegriffen. München: Urban & Schwarzenberg 1983, S. 35–44.
- RUDINGER, G., CHASELON, F., ZIMMERMANN, E. J., und HENNING, H. J.: Qualitative Daten: Neue Wege sozialwissenschaftlicher Methodik. München: Urban & Schwarzenberg 1985.
- SCHRÖDER, E.: „Ein Sequenzmodell der kognitiven Entwicklung am Beispiel konkreter Operativität“. In: GROSSMANN, K. E., und LÜTKENHAUS, P. (Hrsg.): Bericht über die 6. Tagung Entwicklungspsychologie in Regensburg. Bd. II, Regensburg: Universität Regensburg 1984, S. 278–283.

- SCHWEBEL, A. I., und SCHWEBEL, C. R.: „The relationship between performance on Piagetian tasks and impulsive responding“. In: *Journal for Research in Mathematic Education*, Bd. 5 (1974), S. 98–104.
- SMEDSLUND, J.: „Concrete reasoning: A study in intellectual development“. In: *Monographs of the Society for Research in Child Development*, Bd. 19 (1964), H. 2, S. 93.
- SPELLBRINK, W.: „Abwehr- und Bewältigungsstrategien von der mittleren Kindheit bis zur frühen Adoleszenz: Probleme der Messung von Ich-Prozessen“. In: GROSSMANN, K. E., und LÜTKENHAUS, P. (Hrsg.): *Bericht über die 6. Tagung Entwicklungspsychologie in Regensburg*. Bd. II, Regensburg: Universität Regensburg 1984, S. 287–291.
- TRAUTNER, M. K.: „Modelle für die Erklärung von Entwicklungsprozessen“. In: SILBEREISEN, R. K., und MONTADA, L. (Hrsg.): *Entwicklungspsychologie: Ein Handbuch in Schlüsselbegriffen*. München: Urban & Schwarzenberg 1983, S. 44–54.
- WINER, G.: „Class-inclusion reasoning in children: A review of the empirical literature“. In: *Child Development*, Bd. 51 (1981), S. 309–328.
- WINER, G. A., und KRONBERG, D. D.: „Children’s responses to verbally and pictorially presented class-inclusion items and to a test of number conservation“. In: *Journal of Genetic Psychology*, Bd. 125 (1974), S. 141–152.
- WOHLWILL, J. F.: „Responses to class-inclusion questions for verbally and pictorially presented items“. In: *Child Development*, Bd. 39 (1968), S. 449 bis 465.
- WOHLWILL, J. F.: *Strategien entwicklungspsychologischer Forschung*. Stuttgart: Klett-Cotta 1977.
- ZÉBERGS, D.: „Analysen längsschnittlicher Veränderungen in der kindlichen Wahrnehmung beängstigender Alltagssituationen“. In: GROSSMANN, K. E., und LÜTKENHAUS, P. (Hrsg.): *Bericht über die 6. Tagung Entwicklungspsychologie in Regensburg*. Bd. II, Regensburg: Universität Regensburg 1984, S. 292–294.

Veröffentlichungen der Reihe STUDIEN UND BERICHTe des Max-Planck-Instituts für Bildungsforschung

Im Buchhandel erhältliche Bände (über den Verlag Klett-Cotta zu beziehen)

- 38 Sigurjón Björnsson and Wolfgang Edelstein
in collaboration with Kurt Kreppner
Explorations in Social Inequality.
Stratification Dynamics in Social and Individual Development in Iceland.
172 S. Erschienen 1977.
ISBN 3-12-98242 0-0
- 39 Reinhard Franzke
Berufsausbildung und Arbeitsmarkt.
Funktionen und Probleme des „dualen Systems“.
211 S. Erschienen 1978.
ISBN 3-12-98243 0-8
- 40 Beate Kraus
Qualifikation und technischer Fortschritt.
Eine Untersuchung über Entwicklungen in der industriellen Produktion.
143 S. Erschienen 1979.
ISBN 3-12-98244 0-5
- 41 Jürgen Baumert
in Zusammenarbeit mit Diether Hopf
Curriculumentwicklung und Lehrerfortbildung für die Berliner Gesamtschulen.
Ergebnisse von Lehrerbefragungen zur curriculumbezogenen Fortbildung und zur Rekrutierung von Gesamtschullehrern.
167 S. Erschienen 1980.
ISBN 3-12-98245 0-2
- 42 Manfred Auwärter
Sprachgebrauch in Abhängigkeit von Merkmalen der Sprecher und der Sprechsituation.
Eine soziolinguistische Untersuchung.
365 S. Erschienen 1982.
ISBN 3-12-98246 0-X
- 43 Eberhard Schröder
Entwicklungssequenzen konkreter Operationen: Eine empirische Untersuchung individueller Entwicklungsverläufe der Kognition.
112 S. Erschienen 1986.
ISBN 3-608-98247-7

Vergiffene Bände (Restexemplare teilweise noch im Max-Planck-Institut für Bildungsforschung erhältlich)

- 1 Marianne von Rundstedt
Die Studienförderung in Frankreich in den Jahren 1950–1962.
108 S. Erschienen 1965.
- 2 Fritz Joachim Weiß
Entwicklungen im Besuch berufsbildender Schulen in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1957 bis 1963.
108 S. Erschienen 1965.
- 3 Lothar Krappmann
Die Zusammensetzung des Lehrkörpers an den Pädagogischen Hochschulen und entsprechenden Einrichtungen.
Wintersemester 1964/65.
155 S. Erschienen 1966.
- 4 Klaus Herzog
Das Arbeiten mit Kostenlimits im englischen Schulbau.
Ministry of Education, London.
Kostenstudie.
191 S. Erschienen 1965.

- 5 Marianne von Rundstedt
Die Studienförderung in Belgien 1950 bis 1963.
115 S. Erschienen 1966.
- 6 Gerhard Kath, Christoph Oehler und Roland Reichwein
Studienweg und Studienerfolg.
Eine Untersuchung über Verlauf und Dauer des Studiums von 2.000 Studienanfängern des Sommersemesters 1957 in Berlin, Bonn, Frankfurt/Main und Mannheim.
Mit einem Vorwort von Dietrich Goldschmidt.
228 S. Erschienen 1966.
- 7 Wolfgang Lempert
Die Konzentration der Lehrlinge auf Lehrberufe in der Bundesrepublik Deutschland, in der Schweiz und in Frankreich 1950 bis 1963.
Eine statistische Untersuchung.
98 S. Erschienen 1966.
- 8 Rosemarie Nave-Herz
Vorbereitung des Unterrichts in Europa und Nordamerika – eine Übersicht.
Eingeleitet von Wolfgang Lempert.
152 S. Erschienen 1966.
- 9A Klaus Hüfner
Bibliographische Materialien zur Hochschulforschung.
Hochschulökonomie und Bildungsplanung.
Zweite erweiterte Auflage, 179 S.
Erschienen 1968.
- 9B Susanne Kleemann
Bibliographische Materialien zur Hochschulforschung.
Sozialisationsprozesse und Einstellungsveränderungen in der Hochschule am Beispiel USA.
178 S. Erschienen 1969.
- 10 Klaus Herzog und Guy Oddie (OECD)
Technologische oder ökonomische Lösung des Schulbauproblems.
Wirtschaftlichkeit im Schulbau.
307 S. Erschienen 1968.
- 11 Werner Kalb
Stiftungen und Bildungswesen in den USA.
246 S. Erschienen 1968.
- 12 Wolfgang Edelstein, Fritz Sang und Werner Stegelmann
Unterrichtsstoffe und ihre Verwendung in der 7. Klasse der Gymnasien in der BRD (Teil I).
Eine empirische Untersuchung.
319 S. Erschienen 1968.
- 13 Klaus Huhse
Theorie und Praxis der Curriculum-Entwicklung.
Ein Bericht über Wege der Curriculum-Reform in den USA mit Ausblicken auf Schweden und England.
227 S. Erschienen 1968.
- 14 Willi Voelmy
Systematische Inhaltsanalysen von Quellentexten zum Polytechnischen Unterricht in der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule der DDR 1959 bis 1966.
139 S. Erschienen 1968.
- 15 Hedwig Rudolph
Finanzierungsaspekte der Bildungsplanung dargestellt am Beispiel des Schulsystems in Bayern.
146 S. Erschienen 1969.
- 16 Franz Scherer
Ökonomische Beiträge zur wissenschaftlichen Begründung der Bildungspolitik.
193 S. Erschienen 1969.
- 17 Klaus Hüfner
Traditionelle Bildungsökonomie und systemorientierte Bildungsplanung.
201 S. Erschienen 1969.
- 18 Ulrich Oevermann
Sprache und soziale Herkunft.
Ein Beitrag zur Analyse schichtenspezifischer Sozialisationsprozesse und ihrer Bedeutung für den Schulerfolg.
327 S. Erschienen 1970 (übernommen in die edition suhrkamp als Nr. 519).
- 19 Wolfgang Berger
Zur Theorie der Bildungsnachfrage.
Ein Beitrag zur Identifizierung der Determinanten privater Nachfrage nach formaler Bildung.
162 S. Erschienen 1969.
- 20 Adolf Kell
Die Vorstellungen der Verbände zur Berufsausbildung (2 Bände).
616 S. insgesamt. Erschienen 1970.
- 21 Frank Händle
Management in Forschung und Entwicklung.
Bibliographische Materialien mit einer Einführung.
167 S. Erschienen 1971.
- 22 Peter Müller
Dokumentation zur Lehrerbildung (2 Bände).
550 S. insgesamt. Erschienen 1971.
- 23 Wolfgang Armbruster
Arbeitskräftebedarfsprognosen als Grundlage der Bildungsplanung.
Eine kritische Analyse.
210 S. Erschienen 1971.
- 24 Hartmut J. Zeiher
Unterrichtsstoffe und ihre Verwendung in der 7. Klasse des Gymnasiums in der BRD (Teil II).
Deutschunterricht.
261 S. Erschienen 1972.

- 25 Claus Oppelt, Gerd Schrick und Armin Bremmer
Gelernte Maschinenschlosser im industriellen Produktionsprozeß.
Determinanten beruflicher Autonomie an Arbeitsplätzen von Facharbeitern und Technischen Angestellten in der Westberliner Industrie.
184 S. Erschienen 1972.
- 26 Annegret Harnischfeger
Die Veränderung politischer Einstellungen durch Unterricht.
Ein Experiment zur Beeinflussung der Nationbezogenheit.
268 S. Erschienen 1972.
- 27 Enno Schmitz
Das Problem der Ausbildungsfinanzierung in der neoklassischen Bildungsökonomie.
127 S. Erschienen 1973.
- 28 Doris Elbers
Curriculumreformen in den USA.
Ein Bericht über theoretische Ansätze und praktische Reformverfahren mit einer Dokumentation über Entwicklungsprojekte.
205 S. Erschienen 1973.
- 29 Peter Matthias
Determinanten des beruflichen Einsatzes hochqualifizierter Arbeitskräfte.
Zur Berufssituation von Diplom-Kaufleuten.
205 S. Erschienen 1973.
- 30 Jens Naumann
Medien-Märkte und Curriculumrevision in der BRD.
Eine bildungsökonomische Studie zu den Entstehungsbedingungen und Verbreitungsmechanismen von Lernmitteln und Unterrichtstechnologien.
179 S. Erschienen 1974.
- 31 Gisela Klann
Aspekte und Probleme der linguistischen Analyse schichtenspezifischen Sprachgebrauchs.
304 S. Erschienen 1975.
- 32 Dirk Hartung und Reinhard Nuthmann
Status- und Rekrutierungsprobleme als Folgen der Expansion des Bildungssystems.
184 S. Erschienen 1975.
- 33 Helmut Köhler
Lehrer in der Bundesrepublik Deutschland.
Eine kritische Analyse statistischer Daten über das Lehrpersonal an allgemeinbildenden Schulen.
270 S. Erschienen 1975.
- 34A Hartmut-W. Frech
Empirische Untersuchungen zur Ausbildung von Studienreferendaren.
Berufsvorbereitung und Fachsozialisation von Gymnasiallehrern.
298 S. Erschienen 1976.
- 34B Roland Reichwein
Empirische Untersuchungen zur Ausbildung von Studienreferendaren.
Traditionelle und innovatorische Tendenzen in der beruflichen Ausbildungsphase von Gymnasiallehrern.
352 S. Erschienen 1976.
- 34C Karl-Heinz Hebel
Empirische Untersuchungen zur Ausbildung von Studienreferendaren.
Methodologische Implikationen einer Feldstudie zur Gymnasiallehrerausbildung, konkretisiert an ausgewählten Beispielen zur Berufsmotivation.
211 S. Erschienen 1976.
- 35 Hans-Ludwig Freese
Schulleistungsrelevante Merkmale der häuslichen Erziehungsumwelt.
Ergebnisse einer empirischen Untersuchung über Jungen und Mädchen der 7. Klasse des Gymnasiums.
141 S. Erschienen 1976.
- 36 Peter Siewert
Kostenrechnung für Schulen in öffentlicher Trägerschaft.
Fragen und Ansätze.
105 S. Erschienen 1976.
- 37 Claus Oppelt
Ingenieure im Beruf.
Eine empirische Analyse zertifikatsspezifischer Unterschiede im beruflichen Einsatz technischer Arbeitskräfte.
223 S. Erschienen 1976.

Neuere Bücher aus dem Max-Planck-Institut für Bildungsforschung*

I. Klett-Cotta Verlag, Stuttgart

Klaus Hüfner, Jens Naumann, Helmut Köhler und Gottfried Pfeffer
Hochkonjunktur und Flaute: Bildungspolitik in der Bundesrepublik Deutschland 1967–1980.
361 S. Erschienen 1986.

Achim Leschinsky und Peter M. Roeder
Schule im historischen Prozeß – Zum Wechselverhältnis von institutioneller Erziehung und gesellschaftlicher Entwicklung.
545 S. Erschienen 1976 (vergriffen; erhältlich ist noch die Ullstein-Taschenbuch-Ausgabe Nr. 39055, erschienen 1983).

Knut Nevermann
Der Schulleiter.
Juristische und historische Aspekte zum Verhältnis von Bürokratie und Pädagogik.
314 S. Erschienen 1982.

Gerd Sattler
Englischunterricht im FEAGA-Modell.
Eine empirische Untersuchung über inhaltliche und methodische Differenzierung an Gesamtschulen.
355 S. Erschienen 1981.

Diether Hopf
Mathematikunterricht.
Eine empirische Untersuchung zur Didaktik und Unterrichtsmethode in der 7. Klasse des Gymnasiums.
251 S. Erschienen 1980.

Christel Hopf, Knut Nevermann und Ingo Richter
Schulaufsicht und Schule.
Eine empirische Analyse der administrativen Bedingungen schulischer Erziehung.
428 S. Erschienen 1980.

Max-Planck-Institut für Bildungsforschung
Projektgruppe Bildungsbericht (Hrsg.)
Bildung in der Bundesrepublik Deutschland.
Daten und Analysen.
Bd. 1: Entwicklungen seit 1950.
Bd. 2: Gegenwärtige Probleme.
1404 S. Erschienen 1980.

Helga Zeiher, Hartmut J. Zeiher und Herbert Krüger
Textschreiben als produktives und kommunikatives Handeln.
Bd. I: Beurteilung von Schülertexten.
254 S. Erschienen 1979.

Helga Zeiher, Hartmut J. Zeiher und Herbert Krüger
Textschreiben als produktives und kommunikatives Handeln.
Bd. III: Synergetischer Textunterricht.
170 S. Erschienen 1979.

Klaus Hüfner und Jens Naumann
Konjunkturen der Bildungspolitik in der Bundesrepublik Deutschland.
Bd. 1: Der Aufschwung (1960–1967).
307 S. Erschienen 1977.

Lothar Krappmann
Soziologische Dimensionen der Identität.
Strukturelle Bedingungen für die Teilnahme an Interaktionsprozessen.
231 S. Erschienen 1971 (Konzepte der Humanwissenschaften, 6. Auflage 1982).

Peter Damerow, Ursula Elwitz, Christine Keitel und Jürgen Zimmer
Elementarmathematik: Lernen für die Praxis?
Ein exemplarischer Versuch zur Bestimmung fachüberschreitender Curriculumziele.
182 und 47 S. Erschienen 1974.

II. Campus Verlag, Frankfurt/New York

Hans-Peter Blossfeld, Alfred Hamerle und Karl Ulrich Mayer
Ereignisanalyse.
Statistische Theorie und Anwendung in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften.
290 S. Erschienen 1986.

Christel Hopf, Knut Nevermann und Ingrid Schmidt
Wie kamen die Nationalsozialisten an die Macht.
Eine empirische Analyse von Deutungen im Unterricht.
344 S. Erschienen 1985.

Hans-Peter Blossfeld
Bildungsexpansion und Berufschancen.
Empirische Analysen zur Lage der Berufsanfänger in der Bundesrepublik.
191 S. Erschienen 1985.

* Einschließlich der noch im Buchhandel erhältlichen Bände der „Veröffentlichungen des Max-Planck-Instituts für Bildungsforschung“.

III. Andere Verlage

Axel Funke, Dirk Hartung, Beate Kraus und Reinhard Nuthmann
Karrieren außer der Reihe.
Bildungswege und Berufserfolg von Stipendiaten der gewerkschaftlichen Studienförderung.
256 S. Bund-Verlag GmbH, Köln 1986.

Jürgen Staube
Parlamentarvorbehalt und Delegationsbefugnis.
Zur „Wesentlichkeitstheorie“ und zur Reichweite legislativer Regelungskompetenz, insbesondere im Schulrecht.
419 S. Duncker & Humblot, Berlin 1986.

Ernst-H. Hoff
Arbeit, Freizeit und Persönlichkeit.
Wissenschaftliche und alltägliche Vorstellungsmuster.
229 S. Verlag Hans Huber, Bern/Stuttgart/Toronto 1986.

Paul B. Baltes, David L. Featherman and Richard M. Lerner (Eds.)
Life-span development and behavior.
334 pp. Vol. 7. N. J. Erlbaum, Hillsdale, N. J., 1986.

Ernst-H. Hoff, Lothar Lappe und Wolfgang Lempert (Hrsg.)
Arbeitsbiographie und Persönlichkeitsentwicklung.
288 S. Verlag Hans Huber, Bern/Stuttgart/Toronto 1985.

Michael Jenne
Music, Communication, Ideology.
185 pp. Birch Tree Group Ltd., Princeton, N. J., 1984.

Arbeitsgruppe am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung
Das Bildungswesen in der Bundesrepublik Deutschland.
Ein Überblick für Eltern, Lehrer, Schüler.
312 S. Aktualisierte und erweiterte Neuauflage.
Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek 1984.

Max Planck Institute for Human Development and Education
Between Elite and Mass Education.
Education in the Federal Republic of Germany.
348 pp. State University of New York Press, Albany 1983.

Margit Osterloh
Handlungsspielräume und Informationsverarbeitung.
369 S. Verlag Hans Huber, Bern/Stuttgart/Toronto 1983.

Nicht über den Buchhandel erhältliche Schriftenreihen aus dem Max-Planck-Institut für Bildungsforschung

- Materialien aus der Bildungsforschung.
- Beiträge aus dem Forschungsbereich Entwicklung und Sozialisation bzw. Schule und Unterricht.
- Literatur-Informationen aus der Bildungsforschung.

**Frühere Buchreihe VERÖFFENTLICHUNGEN DES MAX-PLANCK-INSTITUTS FÜR
BILDUNGSFORSCHUNG, zuvor: Texte und Dokumente zur Bildungsforschung.**

Von diesen im Klett-Cotta Verlag, Stuttgart, erschienenen – und inzwischen
vergriffenen – Büchern sind teilweise noch Restexemplare im Institut erhältlich.

Günter Palm

Die Kaufkraft der Bildungsausgaben.
Ein Beitrag zur Analyse der öffentlichen Aus-
gaben für Schulen und Hochschulen in der
Bundesrepublik Deutschland 1950 bis 1962.
183 S. Erschienen 1966.

Torsten Husén und Gunnar Boalt
Bildungsforschung und Schulreform in Schweden.
254 S. Erschienen 1968.

James B. Conant
Bildungspolitik im föderalistischen Staat – Bei-
spiel USA.
130 S. Erschienen 1968.

Henry Chauncey und John E. Dobbin
Der Test im modernen Bildungswesen.
176 S. Erschienen 1968.

Michael Jenne, Marlis Krüger und Urs Müller-
Plantenberg
Student im Studium.
Untersuchungen über Germanistik, Klassische
Philologie und Physik an drei Universitäten.
Mit einer Einführung von Dietrich Goldschmidt.
464 S. Erschienen 1969.

Ulrich K. Preuß
Zum staatsrechtlichen Begriff des Öffentlichen
untersucht am Beispiel des verfassungsrechtlichen
Status kultureller Organisationen.
229 S. Erschienen 1969.

Ingo Richter
Die Rechtsprechung zur Berufsausbildung.
Analyse und Entscheidungssammlung.
623 S. Erschienen 1969.

Klaus Hübner und Jens Naumann (Hrsg.)
Bildungsökonomie – Eine Zwischenbilanz.
Economics of Education in Transition.
Friedrich Edding zum 60. Geburtstag.
275 S. Erschienen 1969.

Helge Lenné
Analyse der Mathematikdidaktik in Deutsch-
land.
Aus dem Nachlaß hrsg. von Walter Jung in Ver-
bindung mit der Arbeitsgruppe für Curriculum-
Studien.
446 S. Erschienen 1969.

Wolfgang Dietrich Winterhager
Kosten und Finanzierung der beruflichen Bildung.
161 S. Erschienen 1969.

Philip H. Coombs
Die Weltbildungskrise.
248 S. Erschienen 1969.

Klaus Hübner (Hrsg.)
Bildungsinvestitionen und Wirtschaftswachstum.
Ausgewählte Beiträge zur Bildungsökonomie.
356 S. Erschienen 1970.

Jens Naumann (Hrsg.)
Forschungsökonomie und Forschungspolitik.
Ausgewählte amerikanische Beiträge.
482 S. Erschienen 1970.

Matthias Wentzel
Autonomes Berufsausbildungsrecht und Grund-
gesetz.
Zur Rechtsetzung der Industrie- und Handels-
kammern und Handwerksorganisationen in der
Bundesrepublik.
229 S. Erschienen 1970.

Dieter Berstecher
Zur Theorie und Technik des internationalen
Vergleichs.
Das Beispiel der Bildungsforschung.
123 S. Erschienen 1970.

Bernhard Dieckmann
Zur Strategie des systematischen internationalen
Vergleichs.
Probleme der Datenbasis und der Entwick-
lungsbegriffe.
188 S. Erschienen 1970.

Dirk Hartung, Reinhard Nuthmann und
Wolfgang Dietrich Winterhager
Politologen im Beruf.
Zur Aufnahme und Durchsetzung neuer Quali-
fikationen im Beschäftigungssystem.
250 S. Erschienen 1970.

Saul B. Robinsohn u. a.
Schulreform im gesellschaftlichen Prozeß.
Ein interkultureller Vergleich.
Bd. I: Bundesrepublik, DDR, UdSSR.
602 S. insgesamt. Erschienen 1970.

Saul B. Robinsohn u. a.
Schulreform im gesellschaftlichen Prozeß.
Ein interkultureller Vergleich.
Bd. II: England und Wales, Frankreich, Öster-
reich, Schweden.
595 S. Erschienen 1975.

Klaus Hüfner und Jens Naumann (Hrsg.)
Bildungsplanung: Ansätze, Modelle, Probleme.
Ausgewählte Beiträge.
362 S. Erschienen 1971.

Pierre Bourdieu und Jean-Claude Passeron
Die Illusion der Chancengleichheit.
Untersuchungen zur Soziologie des Bildungswesens am Beispiel Frankreichs.
302 S. Erschienen 1971.

Wolfgang Karcher
Studenten an privaten Hochschulen.
Zum Verfassungsrecht der USA.
240 S. Erschienen 1971.

Marianne von Rundstedt
Studienförderung.
Ein Vergleich der Förderungssysteme und Leistungen in der Bundesrepublik Deutschland, Belgien, Frankreich, England und Wales und in den Niederlanden.
189 S. Erschienen 1971.

Helga Zeiher
Gymnasiallehrer und Reformen.
Eine empirische Untersuchung über Einstellungen zu Schule und Unterricht.
279 S. Erschienen 1973.

Ingo Richter
Bildungsverfassungsrecht.
Studien zum Verfassungswandel im Bildungswesen.
365 S. Erschienen 1973.

Wolfgang Lempert und Wilke Thomssen
Berufliche Erfahrung und gesellschaftliches Bewußtsein.
Untersuchungen über berufliche Werdegänge, soziale Einstellungen, Sozialisationsbedingungen und Persönlichkeitsmerkmale ehemaliger Industrielehrlinge (Bd. I).
521 S. Erschienen 1974.

Detlef Oesterreich
Autoritarismus und Autonomie.
Untersuchungen über berufliche Werdegänge, soziale Einstellungen, Sozialisationsbedingungen und Persönlichkeitsmerkmale ehemaliger Industrielehrlinge (Bd. II).
248 S. Erschienen 1974.

Jürgen Raschert
Gesamtschule: ein gesellschaftliches Experiment.
Möglichkeiten einer rationalen Begründung bildungspolitischer Entscheidungen durch Schulver-suche.
217 S. Erschienen 1974.

Ulrich Teichler
Geschichte und Struktur des japanischen Hochschulwesens (Hochschule und Gesellschaft in Japan, Bd. I).
385 S. Erschienen 1975.

Ulrich Teichler
Das Dilemma der modernen Bildungsgesellschaft.
Japans Hochschulen unter den Zwängen der Statuszuteilung (Hochschule und Gesellschaft in Japan, Bd. II).
483 S. Erschienen 1976.

Michael Jenne
Musik – Kommunikation – Ideologie.
Ein Beitrag zur Kritik der Musikpädagogik.
202 S. Erschienen 1977.

Fritz Sang
Elternreaktionen und Schulleistung.
Bedingungen und Konsequenzen Leistung erklärender Attributionen.
158 S. Erschienen 1977.

Peter Damerow
Die Reform des Mathematikunterrichts in der Sekundarstufe I.
Eine Fallstudie zum Einfluß gesellschaftlicher Rahmenbedingungen auf den Prozeß der Curriculumreform.
Bd. I: Reformziele, Reform der Lehrpläne.
368 S. Erschienen 1977.

Hartmut-W. Frech und Roland Reichwein
Der vergessene Teil der Lehrerbildung.
Institutionelle Bedingungen und inhaltliche Tendenzen im Referendariat der Gymnasiallehrer.
326 S. Erschienen 1977.

Enno Schmitz
Leistung und Loyalität.
Berufliche Weiterbildung und Personalpolitik in Industrieunternehmen.
278 S. Erschienen 1978.

Jürgen Baumert und Jürgen Raschert
In Zusammenarbeit mit Diether Hopf, Jens Naumann und Helga Thomas
Vom Experiment zur Regelschule.
Schulplanung, Curriculumentwicklung der Lehrerfortbildung in Zusammenarbeit von Lehrern und Verwaltung bei der Expansion der Berliner Gesamtschule.
276 S. Erschienen 1978.

Im Institut erhältlich sind noch Restexemplare der Taschenbuch-Ausgabe des „1. Bildungsberichts“:

Max-Planck-Institut für Bildungsforschung,
Projektgruppe Bildungsbericht (Hrsg.)
Bildung in der Bundesrepublik Deutschland.
Daten und Analysen.
Bd. 1: Entwicklungen seit 1950.
Bd. 2: Gegenwärtige Probleme.
1404 S. Erschienen 1980 (Rowohlt Taschenbuch Nr. 7337 und Nr. 7338, vergriffen).