

Januar 1998

Habilitation am Fachbereich Erziehungs- und Unterrichtswissenschaften
der Freien Universität Berlin

Zusammenfassung der schriftlichen Habilitationsleistungen sowie
Einordnung dieser Leistungen in den Forschungskontext

Intellektuelle Entwicklung über die Lebensspanne:
Überblick und Brennpunkte der Forschung

Ulman Lindenberger

Zusammenfassung

Zur Erfassung der Dynamik zwischen Biologie und Kultur im Bereich der intellektuellen Entwicklung wird ein Zweikomponentenmodell vertreten, das der biologischen *Mechanik* die kulturell geformte *Pragmatik* gegenüberstellt (P. Baltes, 1987). Auf der Grundlage dieses Modells wird eine Synopse der intellektuellen Entwicklung über die Lebensspanne angestrebt, die folgende Themen berücksichtigt: (a) die Suche nach basalen Determinanten der mechanischen Entwicklung; (b) die Purifizierung der Messung von Altersunterschieden in der Mechanik; (c) die Unterscheidung zwischen normativem und personenspezifischem pragmatischen Wissen; (d) verschiedene Formen der Abhängigkeit zwischen mechanischer und pragmatischer Entwicklung; (e) die historische und ontogenetische Plastizität des intellektuellen Leistungsniveaus; (f) ontogenetische Veränderungen in der Heratibilität, der relativen Stabilität und der Differenziertheit intellektueller Fähigkeiten. Plädiert wird für eine breite Konzeptualisierung der intellektuellen Entwicklung, die bereichsspezifische und übergreifende Aspekte gleichermaßen berücksichtigt.

Die Entwicklungspsychologie der Lebensspanne verknüpft allgemeine Aussagen über die Grundstruktur des menschlichen Lebenslaufs mit funktions- und altersspezifischen entwicklungspsychologischen Forschungsprogrammen (P. Baltes, 1987, 1997a; P. Baltes, Lindenberger & Staudinger, 1997; Lindenberger & Baltes, 1994a). Die daraus resultierende konzeptuelle Integration disparater Perspektiven und Befunde kann auf die verknüpften Forschungsprogramme zurückwirken, indem das dort erzeugte Wissen in übergreifende Zusammenhänge gestellt sowie zur Erforschung neuer oder vernachlässigter Themen angeregt wird. Die Darstellung dieser Dynamik zwischen allgemeinem Interpretationsrahmen und spezifischen Forschungsfragen ist ein wesentliches Anliegen der vorliegenden Schrift.

Inhaltlich konzentriert sich die Darstellung auf einen Bereich, der früh und nachhaltig die Aufmerksamkeit des Lebensspannenansatzes auf sich gezogen hat: die Entwicklung von Intelligenz und Kognition (P. Baltes, Reese & Lipsitt, 1980; P. Baltes et al., 1997; Hollingworth, 1927; Sanford, 1902; Tetens, 1777; Thomae, 1979; Weinert, 1994). Zunächst wird das Zweikomponentenmodell der intellektuellen Entwicklung (P. Baltes, 1987; vgl. Cattell, 1971; Horn, 1982) eingeführt und erläutert. Anschließend wird der Versuch unternommen, aus der Perspektive des Zweikomponentenmodells zu einer integrativen Darstellung der intellektuellen Entwicklung über die Lebensspanne zu gelangen.

Das Zweikomponentenmodell der intellektuellen Entwicklung

Das Zweikomponentenmodell der intellektuellen Entwicklung (P. Baltes, 1987, 1993; P. Baltes, Dittmann-Kohli & Dixon, 1984; Lindenberger & Baltes, 1994a) stellt der primär biologisch determinierten *Mechanik* der Kognition die kulturell geprägte *Pragmatik* gegenüber. Die Mechanik der Kognition besteht in der phylogenetisch entstandenen und sich ontogenetisch entfaltenden Grundstruktur des Gehirns (McClelland, 1996; Rakic, 1995; Singer, 1995). Hingegen verweist die Pragmatik auf kulturell bestimmte und individuell erworbene Wissenskörper (Ericsson & Lehmann, 1996). Das Modell verbindet somit den Inhaltsbereich der intellektuellen Entwicklung mit übergeordneten Überlegungen zur “Architektur des menschlichen Lebenslaufs” (P. Baltes, 1997a), die menschliche Entwicklung in einem System biologisch-kultureller Vererbung oder “Koevolution” (Durham, 1991) verorten. Das ontogenetische Skript dieser Architektur zeichnet sich durch drei Prinzipien aus (vgl. P. Baltes, 1997a, 1997b): (a) Abnahme des

biologischen Potentials; (b) Zunahme des Bedarfs an Kultur zur Aufrechterhaltung adaptiver Leistungen; (c) Abnahme des Wirkungsgrads kultureller Faktoren.

Es erscheint naheliegend, die Mechanik mit der Hardware und die Pragmatik mit der Software eines Computers zu vergleichen. Der Nachteil dieser Analogie besteht darin, daß das Verhältnis der beiden Komponenten zueinander auf ein Passungsproblem zwischen unveränderlicher Hardware (Mechanik) und veränderbarer Software (Pragmatik) reduziert werden könnte. Mechanik und Pragmatik interagieren jedoch im Laufe der Phylogenese, Ontogenese und Mikrogenese und verändern sich gegenseitig. Die Mechanik ist also im Gegensatz zur Hardware gewöhnlicher Computer Rückwirkungen durch die Pragmatik ausgesetzt. Außerdem ist die Mechanik nicht “wissensfrei”, sondern verfügt bereits über evolutionär vorgeprägte Wissensformen, die in vielfältige Beziehungen zu pragmatischen (d. h. individualgeschichtlich erworbenen) Wissensbeständen treten können (Karmiloff-Smith, 1992; Siegler & Crowley, 1994; Wellman & Gelman, 1992).

Empirisch stützt sich das Zweikomponentenmodell der intellektuellen Entwicklung auf Befunde aus unterschiedlichen Forschungstraditionen. Der wohl bekannteste und am besten replizierte betrifft die Unterscheidung zwischen alternsresistenten und alternsvulnerablen intellektuellen Fähigkeiten (Jones & Conrad, 1933; Salthouse, 1991). Leistungen in Aufgaben, deren Schwierigkeit in erster Linie der Mechanik der Kognition geschuldet ist und die sich intellektuellen Fähigkeiten wie zum Beispiel dem Denkvermögen (im Sinne von Induktion und Deduktion), dem räumlichem Vorstellungsvermögen oder der Wahrnehmungsgeschwindigkeit zuordnen lassen, zeigen in der Regel einen schnellen Anstieg im Kindes- und Jugendalter, eine monotone und annähernd lineare Abnahme im Erwachsenenalter sowie eine Beschleunigung dieses Rückgangs im hohen Alter. Im Gegensatz hierzu weisen Leistungen in Aufgaben, die das Niveau von Fertigkeiten (z. B. Kopfrechnen) und die Größe und Qualität deklarativer Wissensbestände (z. B. Wortschatz) erfassen, einen langsameren Anstieg im Kindes- und Jugendalter sowie stabile oder weiterhin positive Altersbeziehungen bis ins späte Erwachsenenalter, die erst im hohem Alter in negative Beziehungen übergehen (Nyberg, Bäckman, Erngrund, Olofsson & Nilsson, 1996; Schaie & Willis, 1993; Woodcock & Johnson, 1989/1990).

Beziehungen des Zweikomponentenmodells zu verwandten Konzeptionen

Die Theorie fluider (*Gf*) und kristalliner (*Gc*) Fähigkeiten nach Cattell (1971) und

Horn (1982) steht dem Zweikomponentenmodell historisch und konzeptuell am nächsten. Gemeinsam ist beiden Konzeptionen vor allem der Erklärungsansatz für die beobachtete Diskrepanz in den Altersgradienten alternsvulnerabler (d. h. fluider) und alternsresistenter (d. h. kristalliner) intellektueller Fähigkeiten. Während die *Gf/Gc*-Theorie jedoch empirisch und konzeptuell den Rahmen der psychometrischen Forschungstradition selten verläßt, besteht der theoretische Anspruch des Zweikomponentenmodells darin, die psychometrisch erfaßten entwicklungspsychologischen Befunde mit kognitions-, evolutions- und kulturpsychologischen sowie entwicklungsbiologischen Erkenntnissen zu verbinden.

Weitere Konzeptionen, die Ähnlichkeiten mit dem Zweikomponentenmodell der intellektuellen Entwicklung aufweisen, sind Hebbs (1949) Unterscheidung zwischen intellektuellem Vermögen (“intellectual power” oder Intelligenz A) und intellektuellen Produkten (“intellectual products” oder Intelligenz B), Sternbergs (1985) triarchische Theorie der Intelligenz, insbesondere in ihrer entwicklungspsychologischen Ausformung bei Berg und Sternberg (1985b), Denneys (1984) Unterscheidung zwischen ungeübten und optimal geübten Fähigkeiten, Ackermans (1996) Prozess-Persönlichkeit-Interessen- und Wissen-Theorie sowie das Einkapselungsmodell der intellektuellen Entwicklung im Erwachsenenalter von Rybash, Hoyer und Rodin (1986; Hoyer & Rybash, 1994), in dem die kristalline Intelligenz bereits mit kognitionspsychologischen Überlegungen zum Expertiseerwerb in Verbindung gebracht wird. Schließlich hat Hunt (1993) eine kognitionspsychologische Reinterpretation der *Gf/Gc*-Theorie angeboten, die gut mit der hier vertretenen Konzeption übereinstimmt (siehe auch Welford, 1993).

Im folgenden werden die Mechanik und Pragmatik der Kognition sowie ihre wechselseitigen Beziehungen zunächst in drei getrennten Abschnitten näher bestimmt. Anschließend werden Befunde zu zentralen Themen der intellektuellen Entwicklung über die Lebensspanne vor dem Hintergrund des Zweikomponentenmodells zusammengefaßt und erläutert.

Die Mechanik der Kognition

Die Qualität der kognitiven Mechanik definiert sich durch die Geschwindigkeit, Genauigkeit und Koordination elementarer kognitiver Prozesse, wie sie in Aufgaben des sensorischen und motorischen Gedächtnisses, der selektiven Aufmerksamkeit, des assoziativen Lernens, des Diskriminationslernens, der Kategorisierung sowie beim Denken

und Problemlösen in sehr vertrauten oder gänzlich neuen Wissensbereichen zum Ausdruck kommen (Craig & Salthouse, 1992; Dawson & Fischer, 1994; Kausler, 1994; Klix, 1993; Moscovitch & Winocur, 1992; Plude, Enns & Brodeur, 1994; Schieber & Baldwin, 1996; Spieler & Balota, 1996; Woodruff-Pak & Finkbiner, 1995). Das vorherrschende ontogenetische Muster der Mechanik ist Zuwachs, Stabilität und Abbau. In der Embryogenese, dem Säuglingsalter und der frühen Kindheit reflektieren die Altersveränderungen der Mechanik vorwiegend die Entfaltung und aktive Konstruktion von mehr oder minder bereichsspezifischen und genetisch prädisponierten Fähigkeiten (Fischer & Hencke, 1996; Karmiloff-Smith, 1992, 1995; Wellman & Gelman, 1992). Hingegen sind die ontogenetisch späten, negativen Altersveränderungen der Mechanik der Kognition den gehirnbezogenen Konsequenzen der nachlassenden Wirksamkeit des phylogenetischen Selektionsdrucks sowie weiteren altersbezogenen Dysfunktionen des Gehirns geschuldet (P. Baltes, 1997a, 1997b; P. Baltes et al., 1997; vgl. Martin, Austad & Johnson, 1996).

Die Suche nach basalen Determinanten der mechanischen Entwicklung über die Lebensspanne

In der kognitiven Entwicklungspsychologie des Kindesalters und der kognitiven Altersforschung sind, neben unterschiedlichen Ansätzen, auch dieselben Forschungstraditionen wirksam, so zum Beispiel die *psychometrische Tradition* (Horn & Hofer, 1992; Humphreys & Davey, 1988), der *Informationsverarbeitungsansatz* (Deary & Stough, 1996; Kail, 1991; Salthouse, 1991), das *Expertiseparadigma* (Chi & Koeske, 1983; Ericsson & Lehmann, 1996) und die *kognitiven Neurowissenschaften* (Diamond, Werker & Lalonde, 1994; Moscovitch & Winocur, 1992; Thatcher, 1994). Trotz dieser konzeptuellen Überschneidungen gibt es kaum Versuche, den Forschungsgegenständen der Säuglings- und Kindesentwicklung in das Erwachsenenalter zu folgen oder funktionale Entsprechungen des kognitiven Alterns in der Kindesentwicklung zu identifizieren.

Eine wichtige Ausnahme bilden Arbeiten, die der Suche nach *bereichsübergreifenden, basalen Determinanten von Altersveränderungen in der Mechanik der Kognition* gewidmet sind. Sowohl auf dem Gebiet der kognitiven Kindesentwicklung (Anderson, 1992; Bjorklund & Harnishfeger, 1990; Case, 1992; Chapman & Lindenberger, 1989, 1992; Fischer & Rose, 1994; Kail, 1996; McCall, 1994; Pascual-Leone, 1995; Siegler &

Shiple, 1995) als auch auf dem Gebiet der kognitiven Altersforschung (Birren, 1964; Birren & Fisher, 1995; Cerella, 1990; Craik, 1983; Hasher & Zacks, 1988; Lindenberger, Mayr & Kliegl, 1993; Myerson, Hale, Wagstaff, Poon & Smith, 1990; Salthouse, 1996; Welford, 1984) wurden Versuche unternommen, derartige “processing primitives” oder “developables” (Flavell, 1992) zu identifizieren. Darüber hinaus haben einige Forscher im Rahmen dieses Ansatzes die Struktur und Effizienz der Informationsverarbeitung von Kindern und alten Erwachsenen vergleichend dargestellt (Dempster, 1992; Kail & Salthouse, 1994; Mayr, Kliegl & Krampe, 1996).

Die Suche nach basalen Determinanten der mechanischen Entwicklung orientiert sich an der Beobachtung, daß die kurvilinearen Altersverläufe bei einigen Parametern des kognitiven Systems besonders deutlich ausgeprägt sind. Bislang konzentrierte sich das theoretische und empirische Interesse in diesem Forschungsgebiet vorwiegend auf drei Konstrukte:

1. Die *Verarbeitungsgeschwindigkeit* (Salthouse, 1996; Welford, 1984), das heißt die Geschwindigkeit, mit der elementare kognitive Operationen ausgeführt werden können (Kindesentwicklung: Fry & Hale, 1996; Hale, 1990; Kail, 1991, 1996; Rose & Feldman, 1995, 1997; Altern: Bryan, Luszcz & Crawford, 1997; Hertzog, 1989; Lindenberger et al., 1993; Nettelbeck & Rabbitt, 1992; Park, Lautenschlager, Smith & Earles, 1996; Salthouse, 1996; Verhaeghen & Salthouse, im Druck).

2. Das *Arbeitsgedächtnis* (Baddeley, 1986, 1996; Just, Carpenter & Keller, 1996) oder die Fähigkeit, Informationen in einem oder mehreren Kurzzeitspeichern zu erhalten und zugleich diese und/oder andere Informationen zu transformieren (Kindesentwicklung: Mayr et al., 1996; Miller & Vernon, 1996; Swanson, 1996; vgl. Case, 1985; Pascual-Leone, 1970; Altern: Fastenau, Denburg & Abeles, 1996; Fisk & Warr, 1996a; Kirasic, Allen, Dobson & Binder, 1996; Mayr et al., 1996; Verhaeghen & Salthouse, im Druck; vgl. Craik & Jennings, 1992).

3. *Inhibition* (Bjorklund & Harnishfeger, 1990, 1995; Hasher & Zacks, 1988; Houdé, 1995) oder die Fähigkeit, die Verarbeitung irrelevanter Informationen automatisch zu inhibieren und/oder intentional zu unterdrücken (Kindesentwicklung: Harnishfeger, 1995; McCall, 1994; Ridderinkhof & van der Molen, 1995; Zelazo, Reznick & Pinon, 1995; Altern: Carlson, Hasher, Connelly & Zacks, 1995; McDowd, Oseas-Krueger & Filion, 1995; Stoltzfus, Hasher & Zacks, 1996).

Zur Zeit erscheint die Verarbeitungsgeschwindigkeit, und zwar insbesondere dann, wenn sie mit relativ komplexen, psychometrisch validierten Maßen der Wahrnehmungsgeschwindigkeit erfaßt wird, in Kindheit (Fry & Hale, 1996), Erwachsenenalter (Verhaeghen & Salthouse, im Druck) und hohem Alter (Lindenberger et al., 1993) als der stärkste Prädiktor von Altersunterschieden in anderen Aspekten der kognitiven Mechanik. Psychometrisch definierte Wahrnehmungsgeschwindigkeit ist aber vermutlich kein "processing primitive" im Sinne reiner Verarbeitungsgeschwindigkeit, sondern ein zusammengesetztes Konstrukt mit relativ hohem Arbeitsgedächtnisanteil (Graf & Uttl, 1995; Laux & Lane, 1985). Außerdem haben Versuche, die biologischen Ursachen individueller und spezifisch altersbedingter Unterschiede in der Verarbeitungsgeschwindigkeit zu identifizieren, zu keinem klaren Ergebnis geführt (z. B. Rijdsdijk & Boomsma 1997; Wickett & Vernon, 1994; vgl. Neubauer, 1995).

Der Erklärungsgehalt des Arbeitsgedächtniskonstrukts ist ebenfalls aus mehreren Gründen schwer bestimmbar. Erstens werden Altersveränderungen des Arbeitsgedächtnisses, so zum Beispiel die Zunahme seiner "Kapazität" in der mittleren Kindheit, oft mit Veränderungen der Verarbeitungseffizienz oder Verarbeitungsgeschwindigkeit (Case, 1985; Ewert, Schumann-Hengsteler & Thomas, 1993) sowie mit inhibitorischen Prozessen (Brainerd, 1995; Stoltzfus et al., 1996) in Verbindung gebracht. Zweitens besteht eine wesentliche Funktion des Arbeitsgedächtnisses in der Kontrolle zielgerichteten Handelns und Denkens (Baddeley, 1996; Duncan, Emslie, Williams, Johnson & Freer, 1996; Grafman, Partiot & Hollnagel, 1995; Hagendorf & Sa, 1996; Meyer & Kieras, 1997; Monsell, 1996; Schonfield, 1982). Diese Funktion rückt das Arbeitsgedächtnis in das Zentrum intelligenten Verhaltens (Duncan et al., 1996) und führt zu der Frage, ob man es überhaupt noch als einheitliche "basale Determinante" oder "processing primitive" ansehen kann.

Bei der Inhibition schließlich bleibt unklar, ob die kurvilinearen Altersgradienten über die Lebensspanne, die mit typischen Maßen der Interferenzanfälligkeit wie dem Stroop-Test beobachtet werden (Comalli, Wapner & Werner, 1962), tatsächlich Altersveränderungen in inhibitorischen Prozessen widerspiegeln und nicht vielmehr auf Altersunterschiede in der Verarbeitungsgeschwindigkeit (Salthouse & Meinz, 1995), in der selektiven Aufmerksamkeit (Engle, Conway, Tuholski & Shishler, 1995) und im Diskriminationslernen (Hartman, 1995) zurückgehen.

Diese und weitere Unklarheiten bei der konzeptuellen Definition und empirischen Identifikation potentieller Determinanten der mechanischen Entwicklung haben zu forschungsstrategischen Kontroversen an der Schnittstelle multivariat-psychometrischer, kognitiv-experimenteller und radikal reduktionistischer Ansätze geführt (Cerella, 1990; Hertzog, 1996; Kliegl, Mayr & Krampe, 1994; Lindenberger & Pötter, im Druck; Molenaar & van der Molen, 1994; Perfect, 1994; Rabbitt, 1993). Zur Weiterentwicklung des Forschungsgebiets sollte vermehrt der Kontakt zu den Neurowissenschaften (Gazzaniga, 1995; Raichle, 1994) gesucht werden, damit die entsprechenden Konstrukte tatsächlich auf der gewünschten basalen Ebene angesiedelt werden können. Zugleich sollten die systemischen Eigenschaften sich entwickelnder Gehirne (Bjorklund, 1997; Fischer & Rose, 1994; Johnson & Karmiloff-Smith, 1992; Johnson & Rybash, 1993; Kareev, 1995; Li, Lindenberger & Frensch, 1996; Nelson, 1995; Rybash, 1996; van der Maas & Molenaar, 1992) sowie die interindividuellen Unterschiede intraindividuelle Entwicklungspfade (Fischer, Knight & Van-Parys, 1992; Lautrey, 1990; Reuchlin, 1978; Ribaupierre, 1995; vgl. Nesselroade, 1991a) stärker als bisher berücksichtigt werden.

Aus methodischer Sicht sei darauf hingewiesen, daß ein Großteil der oben aufgeführten empirischen Arbeiten zur Identifikation der Determinanten von Altersunterschieden in der kognitiven Mechanik auf querschnittlichen Datensätzen beruht, die mit hierarchischen linearen Regressionsanalysen oder mit verwandten statistischen Prozeduren wie Strukturgleichungsmodellen mit Mediatorvariablen oder Pfadanalysen ausgewertet wurden. In der Regel wurde in diesen Arbeiten überprüft, in welchem Maße die Beziehung zwischen der exogenen Variable *Alter* und der abhängigen Variable *A* (z. B. Denkfähigkeit) durch die Beziehung zwischen einer Mediatorvariable *B* (z. B. Wahrnehmungsgeschwindigkeit) und *Alter* vorhergesagt werden kann. Verglichen wurden somit die Beziehungen zwischen *Alter* und *A* vor und nach statistischer Kontrolle der Beziehung zwischen *B* und *A*. Dies führt zu Aussagen der Art, daß ein bestimmter Prozentsatz (z. B. 70%) der altersbezogenen Varianz in *A* durch *B* vorhergesagt werden kann. Derartige Aussagen gelten dann als stützender empirischer Beleg für die Hypothese, daß *B* eine wichtige Determinante von Entwicklungsveränderungen in *A* darstellt.

Die Veridikalität der aufgrund von Untersuchungen dieses Typs getroffenen Aussagen ist aber eher gering (Lindenberger & Pötter, im Druck). Es ist allgemein bekannt (Breckler, 1990; MacCallum, Wegener, Uchino & Fabrigar, 1993), daß modellgeleitete

Analysen die Wirklichkeit so darstellen, wie sie aussähe, falls das Modell mit der Wirklichkeit übereinstimmte. Im vorliegenden Fall repräsentiert die hierarchische Regressionsanalyse eine Welt, in der *B* Altersveränderungen in *A* bestimmt. Die Analyse ist jedoch grundsätzlich ungeeignet, die Gültigkeit dieser Annahme zu überprüfen, und zwar auch dann, wenn *B* die gesamte Altersvarianz in *A* statistisch vorhersagen würde. Für den hier interessierenden Fall der hierarchischen linearen Regression konnte formal nachgewiesen werden (Lindenberger & Pötter, im Druck), daß der Prozentsatz der durch *B* vorhergesagten Altersvarianz in *A* nicht nur von den Altersbeziehungen von *A* und *B*, sondern auch von der *altersbereinigten* Beziehung zwischen *A* und *B* abhängt, und zwar in quadratischer Form. Dies hat zur Folge, daß direkte Effekte des Alters auf *A* (d. h. Effekte, die nicht durch *B* vorhergesagt werden) in Abhängigkeit von der altersbereinigten Korrelation zwischen der Mediatorvariablen und der abhängigen Variable auftauchen und wieder verschwinden (siehe *Abbildung 1*).

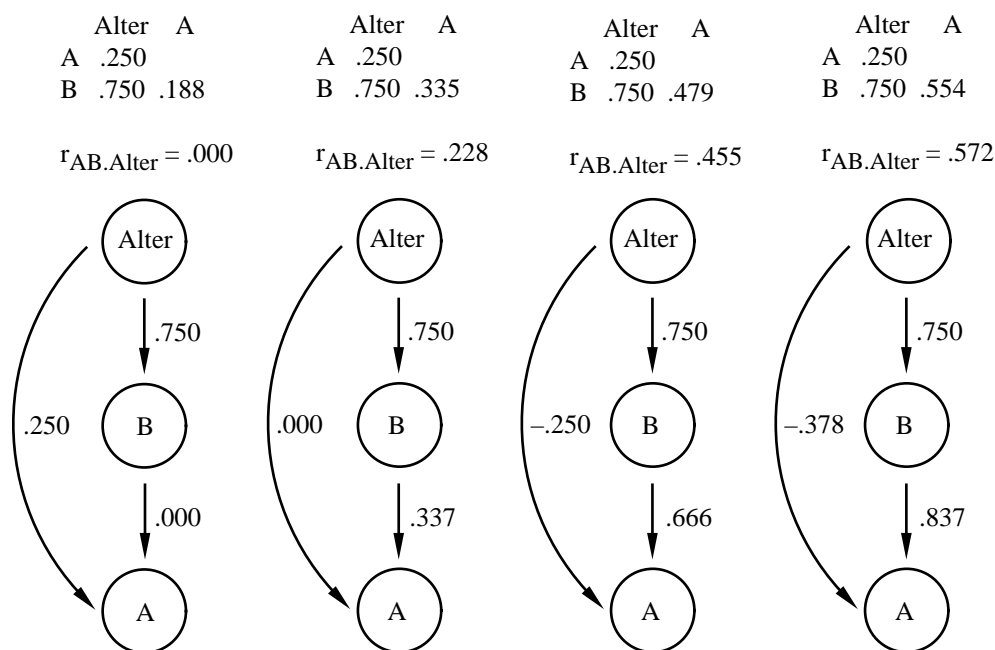


Abbildung 1. Die Größe der direkten Effekte von Alter auf *A* variiert in Abhängigkeit von der alterspartialisierter Korrelation zwischen *A* und *B*. Oben sind für vier verschiedene hypothetische Fälle zunächst die einfachen Korrelationen zwischen Alter, *A* und *B* dargestellt, gefolgt von der altersbereinigten Beziehung zwischen *A* und *B*. Die Beziehungen von *A* zu Alter und von *B* zu Alter wurden nicht verändert. Die vier Pfaddiagramme veranschaulichen, wie der direkte Effekt von Alter auf *A* mit steigender Partialkorrelation zunächst verschwindet und anschließend mit umgekehrtem Vorzeichen wieder auftaucht. Eine formale Ableitung dieser Abhängigkeit erfolgt in Lindenberger und Pötter (im Druck).

Die dem Muster der hierarchischen linearen Regression auf der Basis querschnittlicher Datensätze folgenden Untersuchungen bedürfen demnach dringend der Ergänzung durch Forschungsdesigns und statistische Verfahren, die zwar ebenfalls keine zufällige Zuordnung von Personen zu verschiedenen Ausprägungen der exogenen Variable erfordern (da dies bei einer Variable wie dem Alter unmöglich ist), die aber dennoch eher zur Identifikation von Determinanten von Entwicklungsveränderungen geeignet sind als das zur Zeit vorherrschende Forschungsdesign. Auf zwei derartige methodische Alternativen sei an dieser Stelle ausdrücklich hingewiesen (zur Darstellung weiterer Alternativen, siehe auch P. Baltes, Reese & Nesselroade, 1988; von Eye, 1990; Kliegl et al., 1994; Kruse, Lindenberger & Baltes, 1993; Lindenberger & Baltes, 1995b; Lindenberger & Pötter, im Druck). Die erste basiert auf multivariaten, längsschnittlichen Datensätzen und besteht in der Analyse der Interkorrelationen latenter (d. h. reliabilitätskorrigierter) Veränderungsmaße (vgl. McArdle & Nesselroade, 1994; McArdle & Woodcock, im Druck). Derartige Analysen folgen nicht der Logik der hierarchischen linearen Regression, da Beziehungen zwischen Altersveränderungen nicht auf der Grundlage von Altersdifferenzen extrapoliert werden müssen, sondern anhand der Veränderungsmessung direkt bestimmt werden können. Außerdem werden die mit Differenzmaßen unter bestimmten Umständen verbundenen Reliabilitätsprobleme (Cronbach & Furby, 1970; vgl. Rogosa, Brandt & Zimowski, 1982) reduziert, da die interessierenden Konstrukte an jedem Meßzeitpunkt durch multiple Indikatoren erfaßt werden. Eine weitere, vielversprechende Alternative ist die dynamische Faktorenanalyse nach Molenaar (1994). Sie verbindet die Vorzüge der Zeitreihenanalyse mit denen der Faktorenanalyse und erlaubt die Analyse dynamischer Muster intraindividuelle Veränderungen über die Zeit. Beide Methoden ermöglichen die Identifikation von Variablen, deren Niveau und Veränderungsrate Veränderungen in anderen Variablen vorhersagen.

Altersunterschiede in der Mechanik: Purifizierung der Messung

Ein zentrales Problem entwicklungspsychologischer Forschung besteht darin, daß Altersunterschiede oder Altersveränderungen, die in herkömmlichen Querschnitts- oder Längsschnittuntersuchungen beobachtet werden, zumeist nicht als reiner und direkter Ausdruck von Altersveränderungen in der interessierenden Entwicklungsdimension angesehen werden können. Dies gilt auch für Entwicklungsveränderungen in der kogniti-

ven Mechanik. Zum einen können sich Personen unterschiedlichen Alters systematisch im Ausmaß an aufgabenspezifischer Vorerfahrung unterscheiden. Zum anderen wird der Kontext der Messung durch eine Reihe weiterer Faktoren beeinflusst, die ebenfalls mit dem Alter kovariieren können, aber nicht oder nur mittelbar mit der Mechanik der Kognition zusammenhängen. Beispiele hierfür sind wissensbasierte Einflüsse in Form von aufgabenrelevanten Strategien und Heuristiken, die der Pragmatik der Kognition zugerechnet werden müssen, sowie motivationale oder emotionale Faktoren wie Testängstlichkeit und Erregungsniveau (vgl. Fisk & Warr, 1996b). Ein Anzeichen für die Wirkung wissensbasierter Einflüsse auf Maße, die gemeinhin als idealtypischer Ausdruck der Mechanik der Kognition gelten, ist der deutliche Anstieg des durchschnittlichen Leistungsniveaus auf Markertests der fluiden Intelligenz innerhalb weniger Generationen (vgl. Flynn, 1987; Schaie, 1996).

Folgt man diesen Überlegungen, so beruht ein Großteil unseres Wissens über Altersveränderungen in der Mechanik der Kognition auf Messungen eingeschränkter Validität. Daraus ergibt sich die Forderung, zu Indikatoren interindividueller Unterschiede im mechanischen Leistungspotential zu gelangen, die möglichst wenig durch pragmatische und andere Einflüsse kontaminiert sind. Aus entwicklungstheoretischer Sicht läßt sich diese Forderung auch mit dem probabilistischen Charakter von Entwicklungsverläufen begründen (P. Baltes, 1987; Gottlieb, 1996; Lerner, 1991). Demnach repräsentieren die Leistungen von Personen unter Standardbedingungen der Leistungsmessung eine von vielen möglichen phänotypischen Ausformungen der Bandbreite ihres Leistungspotentials oder ihrer "Reaktionsnorm". Sollen nun die Grenzen des Möglichen, das heißt die Obergrenzen des mechanischen Leistungspotentials, zumindest annäherungsweise erfaßt werden, so muß der Kontext der Messung im Vergleich zu Standardverfahren in entsprechender Weise verändert werden. Argumente ähnlicher Art finden sich auch in der Entwicklungsdiagnostik (Carlson, 1994; Guthke & Wiedl, 1996), der kulturhistorischen Tradition (Brown, 1982; Vygotsky, 1962) sowie in lerntheoretischen Ansätzen (Reese & Lipsitt, 1970).

Innerhalb der Lebensspannenpsychologie wurde das Ziel der möglichst reinen Erfassung von Leistungsunterschieden in der kognitiven Mechanik vor allem mit der Forschungsstrategie des Grenztestens oder *testing-the-limits* verfolgt. Beim *testing-the-limits* werden die Probanden durch intensive Übung oder Training sowie durch leistungs-

abhängige Veränderungen der Aufgabenschwierigkeit möglichst nahe an ihre asymptotischen Leistungsmaxima herangeführt (P. Baltes, 1987; Kliegl & Baltes, 1987; Lindenberger & Baltes, 1995b; Rybash & Hoyer, 1996). Neben der Abschätzung von Altersunterschieden in Leistungsobergrenzen eignet sich *testing-the-limits* auch zur Prozessanalyse zeitlich komprimierter Veränderungsfunktionen (Lindenberger & Baltes, 1995b). Bestehen Annahmen über das Verhältnis zwischen mikrogenetischen und ontogenetischen Veränderungsprozessen (Kuhn, 1995; Siegler & Crowley, 1991), so können derartige Analysen zu einem besseren Verständnis der Mechanismen und Streubreite von Entwicklungsprozessen beitragen.

In Übereinstimmung mit den theoretischen Erwartungen führten etliche *testing-the-limits*-Untersuchungen bei Erwachsenen zu dem Ergebnis, daß Altersunterschiede in der Mechanik der Intelligenz an den Leistungsobergrenzen besonders deutlich ausgeprägt sind. Ein gutes Beispiel hierfür bieten die Befunde altersvergleichender Trainingsstudien mit der Methode der Orte (Bower, 1970), einer Fertigkeit zum seriellen Erinnern von Wortlisten. Individuelle Unterschiede im Gebrauch der Methode der Orte sind mit einem breiten Bündel fluider intellektueller Fähigkeiten korreliert, so zum Beispiel mit der Wahrnehmungsgeschwindigkeit (Kliegl, Smith & Baltes, 1990) und dem bildlichen und räumlichen Vorstellungsvermögen (Lindenberger, 1990; Lindenberger, Kliegl & Baltes, 1992). Trainiert man junge und ältere Erwachsene in der Methode der Orte, so zeigen sich, neben dem Fortbestand von Leistungszugewinnen auch bei älteren Personen, wesentlich größere Altersunterschiede am Ende des Trainings, das heißt an den Obergrenzen der Leistungsfähigkeit, als zu Beginn der Untersuchung (P. Baltes & Kliegl, 1992; Kliegl & Lindenberger, 1993; Kliegl, Smith & Baltes, 1989, 1990). Zum Beispiel erreichte in einer Trainingsstudie mit 38 Sitzungen am Ende der Untersuchung kein einziger der im Durchschnitt 72 Jahre alten älteren Erwachsenen den Mittelwert der im Durchschnitt 23 Jahre alten jungen Probanden (P. Baltes & Kliegl, 1992). Die Länge des Trainings, der asymptotische Verlauf der Leistungskurven und die hohe Stabilität der individuellen Leistungsunterschiede über die letzten Sitzungen des Trainings erlauben hier den Schluß, daß die beobachteten Altersunterschiede in den Obergrenzen der Leistungsfähigkeit außerordentlich stabil und vermutlich irreversibel sind. Weiterhin konnte in einer Untersuchung mit beruflich erfolgreichen älteren Graphikdesignern gezeigt werden, daß ältere Erwachsene mit besonders guten bildlichen und räumlichen Fähigkeiten zwar höhere

Gedächtnisleistungen mit der Methode erbringen als ältere Kontrollpersonen, jedoch ebenfalls nicht in der Lage sind, das Leistungsniveau junger Graphikdesigner und junger Kontrollpersonen zu erreichen (Lindenberger, 1990; Lindenberger et al., 1992).

Es erscheint sinnvoll, *testing-the-limits* auf die gesamte Lebensspanne sowie auf verschiedene Aspekte der Mechanik der Kognition auszudehnen, um zu ontogenetisch umfassenden und validen Entwicklungsfunktionen zu gelangen (für ein frühes Beispiel, siehe Levinson & Reese, 1967). Es kann erwartet werden, daß sich das Lebensalter der höchsten Leistung bei derartigen Untersuchungen systematisch zugunsten jüngerer Altersbereiche verschieben sollte, da der Einfluß der Pragmatik im Vergleich zu anderen Verfahren minimiert wird (siehe *Abbildung 2*). Ferner sollte das Interesse an Altersunterschieden in den Leistungsobergrenzen der Mechanik der Kognition mit der Untersuchung von altersdifferentiellen Veränderungen in Varianz- und Kovarianzmustern (Hertzog, Cooper & Fisk, 1996) im Laufe des Trainings kombiniert werden. Schließlich sollte, zusätzlich zur valideren Gestaltung des Kontexts der Messung, auch die Suche nach reineren Maßen spezifischer Aspekte der Mechanik fortgesetzt werden (z. B. Woodruff-Pak & Finkbiner, 1995).

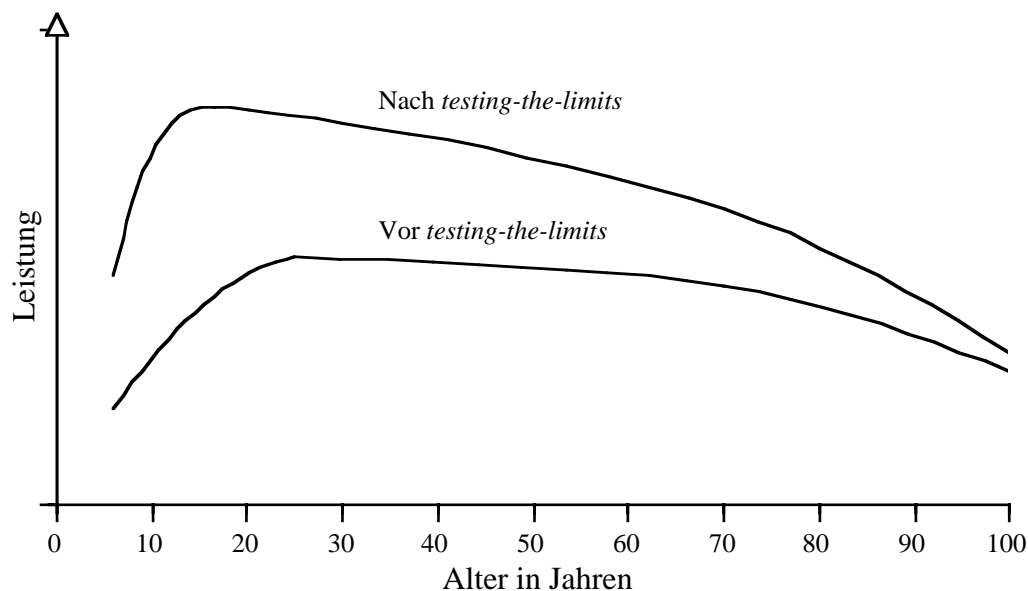


Abbildung 2. Hypothetische Altersgradienten vor und nach *testing-the-limits*.

Die Pragmatik der Kognition

Im Gegensatz zur Mechanik lenkt die Pragmatik der Kognition die Aufmerksamkeit der Lebensspannenpsychologie auf die im Laufe der Ontogenese zunehmende Bedeutung wissensbasierter intellektueller Leistungen (Ackerman, 1996; Ericsson & Lehmann, 1996; Rybash et al., 1986). Pragmatisches Wissen ist, per definitionem, kulturell verankert (Horn, 1982; Shweder, 1991); die entsprechenden Wissenskörper sind sowohl internal (z. B. in semantischen Netzwerken; vgl. Kintsch, 1988) als auch external (z. B. in Büchern; vgl. Schönplflug & Esser, 1995) repräsentiert. Entwicklungsveränderungen in der Pragmatik reflektieren also den Erwerb kulturell verankerter Bestände deklarativen und prozeduralen Wissens, die den Individuen im Verlauf der Sozialisation zugänglich gemacht werden; dies schließt nicht aus, daß pragmatisches Wissen auf evolutionär vorgeformten (und somit mechanischen), bereichsspezifischen Wissensbeständen aufbaut (Karmiloff-Smith, 1992; Siegler & Crowley, 1994). Einige der dem Erwerb pragmatischen Wissens dienenden Sozialisationsvorgänge finden sich nur in manchen Gesellschaften, sind dort jedoch normativ (z. B. allgemeine Schulpflicht), andere sind universell (z. B. informelle Unterweisung durch Mentoren) und wiederum andere sind hoch spezialisiert und idiosynkratisch (z. B. professionelle Expertise). Zu den typischen Beispielen gehören Lesen und Schreiben, Allgemeinbildung, berufsbezogene Fertigkeiten und Problemlösen in Alltagskontexten, aber auch Wissen über das Selbst und die sinnvolle Gestaltung des Lebens (Berg, 1996; Blanchard-Fields, 1996; Staudinger, Marsiske & Baltes, 1995; Strough, Berg & Sansone, 1996).

Mechanik und Pragmatik in evolutionärer Perspektive

In jüngerer Zeit haben nativistisch orientierte Forschungen zur Säuglingsentwicklung die evolutionär vorstrukturierte Natur menschlicher Informationsverarbeitung hervorgehoben (Mandler, 1992; Spelke, Vishton & von Hofsten, 1995). Experimentalmethodische Innovationen der Säuglingsforschung haben deutlich gemacht, daß Säuglinge nicht als kognitive *tabula rasa* betrachtet werden können, wie dies durch extreme Versionen konstruktivistischer (z. B. Piaget, 1967; siehe aber auch Piaget, 1980, S. 11-12) oder behavioristischer (z. B. Skinner, 1966) Theorienbildung nahegelegt wird. Vielmehr entwickeln Menschen, ähnlich wie Mitglieder anderer Arten, ihr Verhalten bereits vor der Geburt (Smotherman & Robinson, 1996) und beginnen ihr extrauterines Leben mit

leistungsfähigen Lernmechanismen (Saffran, Aslin & Newport, 1996) und bereichsbezogenen Spezifikationen oder “constraints” (vgl. Gopnik, 1996; Karmiloff-Smith, 1995; Mounoud, 1996). Dies betrifft zum Beispiel Wahrnehmungsleistungen im Bereich der Sprache und des Gesichtererkennens sowie grundlegendes Wissen in physikalischen, biologischen und sozialen Bereichen (Wellman & Gelman, 1992; Wilkening & Krist, 1995).

Die Pragmatik der Kognition baut auf diesen vorstrukturierten Kernbereichen auf (Geary, 1995; Perner, 1995; Wellman & Gelman, 1992), indem es sie, die spezifischen Erfordernisse von Kultur, Biographie und Kontext berücksichtigend, weiterentwickelt oder sich in Analogie zu diesen Kernbereichen herausbildet (Siegler & Crowley, 1994). Diese Prozesse der Erweiterung, des Anbaus und der analogen Konstruktion erzeugen Wissensformen und Verhaltensmuster, die nicht als *direkte Konsequenz* des evolutionären Selektionsdrucks angesehen werden können (Delius, 1993; Gould, 1984; Sherry & Schacter, 1987).

Normatives und personenspezifisches pragmatisches Wissen

Eine wichtige, wenn auch unscharfe Unterscheidung innerhalb der Pragmatik der Kognition betrifft normatives und personenspezifisches Wissen. Normative Wissenskörper sind von generellem Wert in einer bestimmten Kultur. Typische Beispiele sind Lesen und Schreiben, Rechenfähigkeit und allgemeines Weltwissen. Individuelle Unterschiede in diesen Bereichen sind hoch mit Bildungsunterschieden und anderen Aspekten sozialer Ungleichheit korreliert und gut im Rahmen der psychometrischen Tradition meßbar und beschreibbar (Cattell, 1971; Horn & Hofer, 1992). So “investieren” Personen gemäß der ursprünglichen Formulierung der *Gf/Gc*-Theorie durch Cattell (1971) während der Schulzeit und in späteren Abschnitten der Ontogenese ihr kognitives Potential (d. h. *Gf*) in kulturell relevante Wissensbereiche. Die durch diese Investition entstehenden Kompetenzen werden als kristalline Fähigkeiten bezeichnet. Sie sind aufgrund der Investitionsbeziehung den fluiden Fähigkeiten ontogenetisch nachgeordnet und korrelativ mit ihnen verknüpft. Folglich sind fluide Fähigkeiten stärker als kristalline Fähigkeiten mit dem gegenwärtigen Leistungsniveau des Gehirns, kristalline Fähigkeiten hingegen stärker als fluide Fähigkeiten mit soziobiographischen Faktoren verknüpft. Die Daten der Berliner Altersstudie belegen, daß dieses divergente Korrelationsmuster auch im hohen

Alter Bestand hat (siehe *Abbildung 3*; vgl. Lindenberger & Baltes, 1997).

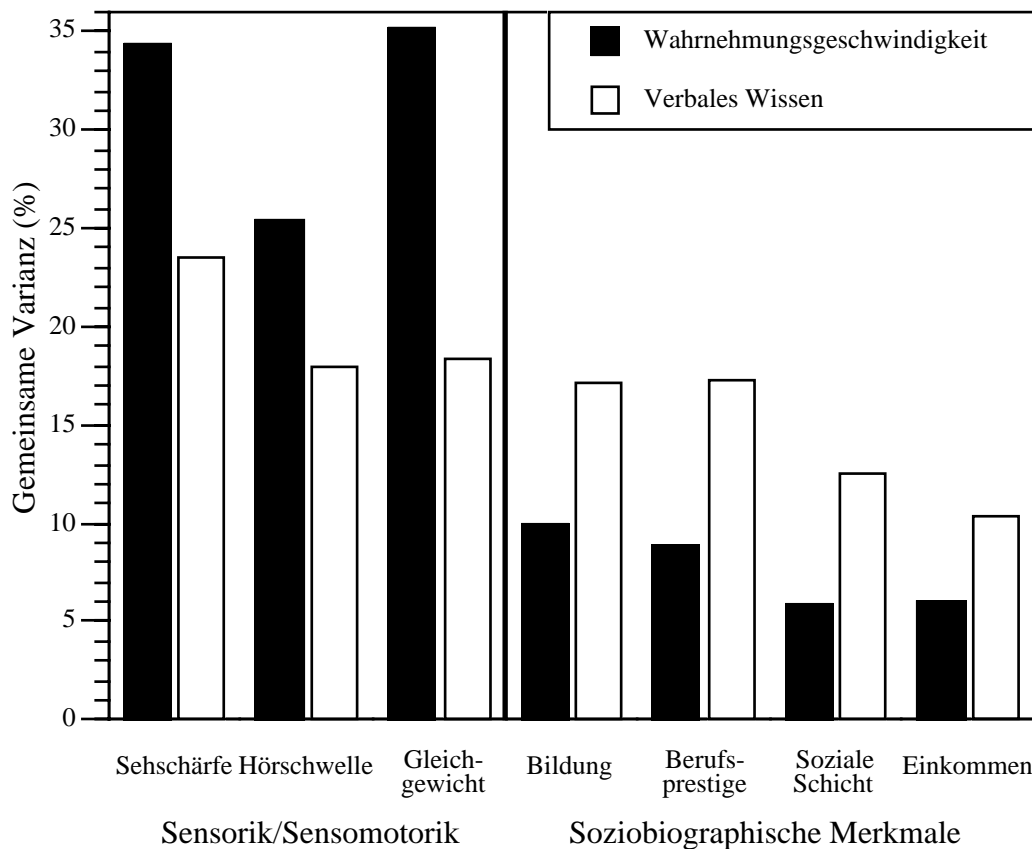


Abbildung 3. Die divergente externe Validität des Zweikomponentenmodells der intellektuellen Entwicklung bleibt auch im hohen Alter bestehen. Die mechanische Fähigkeit Wahrnehmungsgeschwindigkeit ist stärker mit sensorisch-sensomotorischen Variablen verknüpft als die normativ-pragmatische Fähigkeit des verbalen Wissens. Umgekehrt korreliert das verbale Wissen höher mit sozialstrukturell-biographischen Variablen als die Wahrnehmungsgeschwindigkeit. N = 516, Altersbereich 70 - 103 Jahre. Nach Lindenberger und Baltes (1997).

Personenspezifische Wissensbestände zweigen von den normativen Pfaden des Wissenserwerbs ab und stellen idiosynkratische Kombinationen aus Erfahrung, Persönlichkeit, Motivation, Handlungskontrollerleben und bereichsspezifischer Begabung dar (Marsiske, Lang, Baltes & Baltes, 1995). Aufgrund ihrer vergleichsweise geringen Verallgemeinerbarkeit entgehen diese Wissensbestände zumeist einer psychometrischen Operationalisierung und sind eher im Rahmen des Expertise-Paradigmas erfassbar (Ericsson & Lehmann, 1996). Entwicklungspsychologische Untersuchungen zu personenspezifischen Wissensbeständen beziehen sich, mit einigen Ausnahmen (z. B. Brown, 1982;

Chi & Koeske, 1983; Schneider, Gruber, Gold & Opwis, 1993; Weinert & Perner, 1996; Wilkening & Anderson, 1990), vorwiegend auf das Erwachsenenalter. Zumeist werden die Leistungen von Experten und Novizen innerhalb und außerhalb des betreffenden Wissensbereichs miteinander verglichen. Zu den klassischen Beispielen gehören die Expertisebereiche Schach (Charness, 1981), Kartenspiele (Bosman & Charness, 1996; Charness, 1983; Knopf, Preußler & Stefanek, 1995) und Musik (Krampe & Ericsson, 1996).

Die Ergebnisse dieser Arbeiten lassen zwei Schlußfolgerungen zu. Erstens überschreiten die positiven Auswirkungen der Expertise äußerst selten die Grenzen des entsprechenden Bereichs. Insbesondere gibt es kaum Hinweise darauf, daß die Mechanik der Kognition durch den Erwerb von Expertenwissen im Erwachsenenalter verändert wird (Krampe & Ericsson, 1996; Salthouse, 1991). Werden Effekte jenseits des Inhaltsbereichs der Expertise beobachtet, so ist in den meisten Fällen eher von einem Transfer pragmatischen Wissens (mit positiven oder negativen Auswirkungen) auszugehen als von mechanischen Veränderungen.

Der zweite Befund betrifft das Vermögen der Pragmatik, die Konsequenzen mechanischer Alternsverluste auszugleichen (Bosman & Charness, 1996; Hess & Pullen, 1996; Knopf, Kolodziej & Preussler, 1990; Krampe & Ericsson, 1996). Die Ergebnisse einiger Untersuchungen im Rahmen des Expertiseparadigmas legen nahe, daß erworbenes Wissen alternde Individuen lokal, das heißt in bezug auf den Expertisebereich, dazu befähigt, den negativen Auswirkungen der altersbedingten Abnahme der Mechanik zumindest für einen gewissen Zeitraum zu widerstehen (z. B. Krampe & Ericsson, 1996). Dieser Befund ist für das Konzept des "erfolgreichen Alterns" sowie für die Lebensspannentheorie der selektiven Optimierung mit Kompensation (M. Baltes & Carstensen, 1996; P. Baltes, 1987, 1997b; P. Baltes & Baltes, 1990; Staudinger et al., 1995) von zentraler Bedeutung.

Intellektuelle Entwicklung im Erwachsenenalter: Stufenkonzeptionen und funktionalistische Zugänge

Innerhalb der Lebensspannenpsychologie gibt es unterschiedliche Ansichten darüber, ob intellektuelle Entwicklungszugewinne im Erwachsenenalter einer *strukturalistischen*, stufenhaften Logik folgen und als Bewegung zu höheren Denkformen beschrieben werden können (Alexander & Langer, 1990; Labouvie-Vief, 1982, 1992; vgl. Riegel,

1976) oder ob *funktionalistische* Zugänge (P. Baltes & Graf, 1996), die die lokale und graduelle Natur von Wissenserwerb, selektiver Spezialisierung und Transfer betonen, eine angemessenere oder zumindest sparsamere und besser überprüfbare Beschreibung von Entwicklungszugewinnen im Erwachsenenalter darstellen.

Die Suche nach Stufen der intellektuellen Entwicklung im Erwachsenenalter wurde vor allem durch Piagets Theorie der kognitiven Entwicklung inspiriert (Chapman, 1988; Piaget, 1970). Postuliert werden eine oder mehrere “postformale” oder “dialektische” Stufen der kognitiven Entwicklung, die der Stufe der formalen Operationen folgen sollen. In der konzeptuellen Definition dieser Stufen werden Aspekte der Persönlichkeitsentwicklung, zum Beispiel Generativität und Reflexion im Sinne Eriksons (1959), und Aspekte des logischen Denkens, wie zum Beispiel das Bewußtsein und die Akzeptanz von Widersprüchen, miteinander verknüpft (Alexander & Langer, 1990; Edelstein & Noam, 1982; Labouvie-Vief, 1982, 1992; Pascual-Leone, 1983; Riegel, 1976). Überzeugende empirische Belege für das Vorhandensein derartiger Stufen sind kaum zu finden. Angesichts der großen methodologischen und theoretischen Schwierigkeiten beim Nachweis stufenhafter kognitiver Entwicklungsveränderungen (Molenaar, 1986; van der Maas & Molenaar, 1992) ist dies nicht weiter verwunderlich.

Trotz seiner konstruktivistischen und dialektischen Erkenntnistheorie (Chapman, 1988; Garcia, 1980; Lourenço & Machado, 1996; Piaget, 1980; Piaget & Garcia, 1983) hat Piaget selbst keine weiteren Stufen nach den formalen Operationen postuliert. Statt dessen hat er zumindest bei einer Gelegenheit (Piaget, 1972) argumentiert, daß Jugendliche und Erwachsene nicht unbedingt in allen, sondern zunächst in den ihnen besonders vertrauten Wissensbereichen formal-operational dächten. Diese Erwartung ist mit dem Zweikomponentenmodell der intellektuellen Entwicklung vereinbar, da das Potential für Entwicklungszugewinne nach der Kindheit mit Faktoren verknüpft wird, die eher innerhalb von Bereichen als über Bereiche hinweg angesiedelt sind (d. h. mit dem Erwerb pragmatischen Wissens). Folgt man dieser Umdeutung, so kann die strukturalistische Suche nach höheren Denkformen als Suche nach Wissen mit einem hohen Ausmaß an verallgemeinerbarer Bedeutung und Anwendbarkeit dargestellt werden. Durchaus in Einklang mit den Absichten strukturalistischer Überlegungen könnte der Erwerb derartigen Wissens der durch weniger generalisierbare Wissensbestände induzierten Tendenz der zunehmenden Fragmentation und Spezialisierung des Denkens entgegenwirken.

Weisheitsbezogenes Wissen erfüllt diese Bedingungen in idealtypischer Weise (P. Baltes & Smith, 1990; P. Baltes & Staudinger, 1993; Clayton & Birren, 1980; Smith, Dixon & Baltes, 1989; Staudinger & Baltes, 1994, 1996; Sternberg, 1990).

Mechanisch-pragmatische Wechselbeziehungen

Bereits der vorherige Abschnitt hat deutlich gemacht, daß Natur und Stärke des Zusammenhangs zwischen Pragmatik und Mechanik im Laufe der Ontogenese variieren (vgl. Bosman & Charness, 1996). Auch phylogenetisch sind die beiden Komponenten intellektueller Entwicklung miteinander verbunden, und zwar in dem Sinne, daß *Homo sapiens* biologisch prädisponiert ist, kulturelles Wissen zu erwerben (Durham, 1991; vgl. Plessner, 1965). Ontogenetisch beeinflussen sich Mechanik und Pragmatik wechselseitig, wenn auch in unterschiedlicher Weise. Zum einen begrenzen altersbedingte Veränderungen im Zustand und Potential der Mechanik den Erwerb und Gebrauch pragmatischen Wissens. Zum anderen stellt die Pragmatik das Medium (d. h. den Inhalt) und, zumindest in der Kindheit, auch eine strukturelle Voraussetzung für die phänotypische Entfaltung der mechanischen Komponente dar (Broberg, Hwang, Wessels & Lamb, 1997; Leonard, Lombardino, Mercado, Browd, Breier & Agee, 1996; Stelzl, Merz, Ehlers & Remer, 1995). Schließlich zeigen die Arbeiten im Rahmen des Expertiseparadigmas (Ericsson & Lehmann, 1996; Ericsson & Smith, 1991), in welcher Weise die Pragmatik der Kognition intellektuelle Leistungen in wissensreichen und evolutionär nichtprivilegierten Bereichen zu steigern vermag. Die Pragmatik schwächt hier die Auswirkungen mechanischer Leistungsgrenzen auf das Verhalten ab und kann sie in einigen Fällen nahezu vollständig außer Kraft setzen (Gobet & Simon, 1996). Vor allem aufgrund dieser Eigenschaft erscheint die Pragmatik im Vergleich zur Mechanik in einem altersfreundlichem Licht, denn das Potential intellektuellen Zugewinns und Leistungserhalts verlagert sich im Laufe der Lebens zunehmend auf die selektive Pflege und kompensatorische Erweiterung wertgeschätzter und lebenswichtiger Wissensbestände (M. Baltes & Carstensen, 1996; P. Baltes, 1997b).

Kortikale Evidenz

Ein eindrucksvolles Beispiel der Altersabhängigkeit pragmatisch-mechanischer Wechselbeziehungen betrifft die kortikale Repräsentation der linken Hand bei Personen,

die Saiteninstrumente spielen (Elbert, Pantev, Wienbruch, Rockstroh & Taub, 1995). Bei diesen Personen nehmen die Areale des sensomotorischen Kortexes, die der Repräsentation der Finger der linken Hand dienen, einen größeren Raum ein als bei Vergleichspersonen. Das physiologische Vermögen des Gehirns, diesen Fingern mehr Raum zu gewähren, nimmt jedoch in Kindheit und Jugendalter als Funktion des Lebensjahres ab, in dem mit dem Üben des Instruments begonnen wurde. Dieses Beispiel verdeutlicht, in welcher Weise sich das Potential pragmatischer Entwicklungsveränderungen in Abhängigkeit von ontogenetischen Veränderungen der Mechanik wandelt.

Das Höchstleistungsalter in komplexen Fertigkeiten

Die Mechanik der Kognition beeinflusst nicht nur den Erwerb, sondern auch die Fähigkeit zur Expression pragmatischer Wissensbestände (Bosman & Charness, 1996; Molander & Bäckman, 1996). Der Unterschied im Höchstleistungsalter zwischen Turnier- und Korrespondenzschach ist ein gutes Beispiel für letzteren Sachverhalt (Charness & Bosman, 1990). Das mittlere Alter, in dem Personen zum ersten Mal Weltmeister werden, beträgt zirka 46 Jahre für Korrespondenzschach und zirka 30 Jahre für Turnierschach. Beim Korrespondenzschach haben die Kontrahenten drei Tage Zeit, über den nächsten Zug nachzudenken; beim Turnierschach sind es im Durchschnitt drei Minuten. Die Gründe des Unterschieds im Höchstleistungsalter hängen also vermutlich mit der relativen Wichtigkeit von kognitiver Geschwindigkeit und Schachwissen zusammen. Verallgemeinernd läßt sich sagen, daß Unterschiede im Höchstleistungsalter zwischen verschiedenen Fertigkeiten als ontogenetische Kompromisse zwischen der zum Fertigkeitserwerb benötigten Zeit (Ericsson & Lehmann, 1996; vgl. Simon & Chase, 1973) und dem altersbedingten Nachlassen der Mechanik angesehen werden können.

Historische und ontogenetische Plastizität (Variabilität) des Leistungsniveaus:

Befunde bei Erwachsenen

Veränderungen in intellektuellen Leistungen über die Lebensspanne können als Antezedens, Korrelat und Folge einer Vielzahl unterschiedlicher Einflußgrößen fungieren. Aufgrund dieser überdeterminierten Natur wird das Leistungsniveau, im Rahmen der von der Mechanik gesetzten altersabhängigen Grenzen, auch durch Veränderungen der dinglichen und soziokulturellen Umwelt beeinflusst. Manche dieser Veränderungen sind

historischer Art und können ganze Gesellschaften betreffen (z. B. Verbesserungen in der Ernährung), andere sind auf kleine Personengruppen beschränkt und erfordern wesentlich weniger Zeit (z. B. kognitive Interventionsstudien). Die Analyse der Wirkung derartiger Umweltveränderungen unterschiedlicher Spezifität und zeitlicher Ausdehnung auf die intellektuelle Entwicklung hat wesentlich dazu beigetragen, die Veränderbarkeit und Multi-dimensionalität intellektueller Entwicklung zu verdeutlichen (P. Baltes, 1987; P. Baltes, Cornelius & Nesselroade, 1979; P. Baltes et al., 1980; Lindenberger & Baltes, 1994a)

Kohorteneffekte, Periodeneffekte und gesellschaftlicher Wandel

Altersgradienten intellektueller Fähigkeiten werden durch Einflußsysteme historischer Art beeinflußt, so zum Beispiel durch zeitlich stabile Unterschiede zwischen Personen unterschiedlicher Geburtsjahrgänge (Kohorteneffekte), durch den spezifischen Einfluß bestimmter historischer Ereignisse über alle Altersgruppen hinweg (Periodeneffekte) sowie durch generelle und zeitlich ausgedehnte Veränderungen in den Umweltbedingungen, die alle Mitglieder der Gesellschaft sowie die nachfolgenden Generationen betreffen (gesellschaftlicher Wandel). Aus methodischen Gründen ist es schwierig, den Einfluß dieser verschiedenen Größen getrennt zu bestimmen (P. Baltes, 1968; Magnusson, Bergman, Rudinger & Törestad, 1991; Schaie, 1965).

Ein erster Schritt zur Bestimmung von Wirkungen des generellen gesellschaftlichen Wandels besteht in dem Vergleich von Personen desselben chronologischen Alters zu verschiedenen historischen Zeitpunkten. Mit einigen Ausnahmen (z. B. Kopfrechnen; vgl. Schaie, 1989), ergeben derartige Vergleiche durchweg, daß in jüngeren Zeiten höhere Leistungen erzielt werden (Flynn, 1987; Schaie, 1996). Es ist unwahrscheinlich, daß diese Leistungszunahme in historischer Zeit vorwiegend auf Veränderungen in der genetischen Zusammensetzung der Population oder auf verzerrende Effekte der Stichprobenziehung zurückgeht. Vielmehr kommen in diesen Leistungsverbesserungen vermutlich gesundheitliche (z. B. ernährungsbezogene), ausbildungs- und arbeitsbezogene Faktoren zum Ausdruck. Das Ausmaß der Wirkungen des gesellschaftlichen Wandels kann durchaus beträchtlich sein. So wurden in den USA im 20. Jahrhundert innerhalb eines Zeitraums von 30 Jahren Effekte in der Größenordnung von über einer Standardabweichung beobachtet (Schaie, 1996). Es ist aber fraglich, ob sich mit reineren (d. h. mit pragmatisch unkontaminierten) Maßen der Mechanik Effekte derselben Größenordnung

finden würden. So haben zum Beispiel die meisten kognitiven Maße der Seattle Longitudinal Study (Schaie, 1996) eine normativ-pragmatische Komponente und werden somit unter Umständen stärker vom gesellschaftlichen Wandel beeinflusst als weniger wissensbasierte Maße der mechanischen Effizienz des Gehirns.

Untersuchungen, deren Erhebungsplan einem Kohortensequenzdesign folgt, erlauben Altersvergleiche unterschiedlichen Typs: querschnittliche und längsschnittliche Vergleiche sowie Vergleiche unabhängiger (d. h. zu jedem Meßzeitpunkt neu gezogener) Stichproben identischer Geburtsjahrgänge. Im Falle der Seattle Longitudinal Study führten querschnittliche Altersvergleiche und solche unabhängiger Stichproben identischer Geburtsjahrgänge bei statistischer Kontrolle von Effekten des gesellschaftlichen Wandels zu äußerst ähnlichen Schätzungen durchschnittlicher Altersveränderungen (Salthouse, 1991). Dieses Ergebnis stand im Gegensatz zu längsschnittlichen Beobachtungen am gleichen Datensatz, die, ebenfalls nach statistischer Kontrolle der Effekte gesellschaftlichen Wandels, negative Altersveränderungen von deutlich geringerem Ausmaß erkennen ließen. Die Konvergenz zwischen den querschnittlichen Ergebnissen und Befunden, die auf unabhängigen Stichproben identischer Geburtsjahrgänge beruhen, sowie die Diskrepanz dieser Ergebnisse zu genuin längsschnittlichen Befunden deuten darauf hin, daß die positive Abweichung der längsschnittlich beobachteten Verläufe zumindest teilweise auf Übungeffekte und selektiven Stichprobenausfall zurückzuführen ist (für ähnliche Befunde in anderen Längsschnittuntersuchungen, siehe Lindenberger, Gilberg, Pötter, Little & Baltes, 1996; Lindenberger, Gilberg, Little, Nuthmann, Pötter & Baltes, im Druck; Rudinger & Rietz, 1995). Dieses Beispiel zeigt, daß längsschnittliche Untersuchungen, deren Wert zur Identifikation von interindividuellen Unterschieden intra-individueller Veränderungen unbestritten ist (P. Baltes et al., 1988; Lindenberger & Pötter, im Druck), nicht zwangsläufig zu genaueren Schätzungen der durchschnittlichen Größe von Entwicklungsveränderungen in der Population führen müssen als Untersuchungen mit anderen Erhebungsplänen.

Die entwicklungstheoretische Bedeutung der Richtung und genauen Größe unspezifischer Einflüsse der sozialen und materiellen Umwelt auf intellektuelle Leistungen ist als relativ gering zu veranschlagen. Wissenschaftshistorisch allerdings war die Entdeckung derartiger Effekte, und insbesondere ihre Interpretation als Kohorteneffekte, von großer Bedeutung, da sie auf das beträchtliche Ausmaß der Veränderbarkeit (Plastizität) intellekt-

tueller Leistungen über den gesamten Altersbereich des Erwachsenenalters aufmerksam machten (P. Baltes, 1973). Das damit entstehende Interesse an den Bedingungen der Plastizität intellektueller Leistungen im Erwachsenenalter führte zu Fortschritten in der Theoriebildung sowie zu besser kontrollierten, quasi-experimentellen Untersuchungen der Möglichkeiten und Grenzen der Veränderbarkeit intellektueller Leistungen (P. Baltes & Lindenberger, 1988; Hasselhorn, 1995; Klauer, 1994; Willis, 1990).

Kognitive Intervention im Alter: Aktivierung des Lernpotentials

Kognitive Intervention stellt einen direkteren (d. h. experimentell manipulierbaren) Weg dar, das Ausmaß an Plastizität in unterschiedlichen Bereichen intellektueller Leistungen zu bestimmen als kohortenvergleichende Forschung. Auf dem Gebiet der Erwachsenenentwicklung und des kognitiven Alterns wurde mit derartigen Untersuchungen vorrangig geprüft, ob die Leistungsabnahme in psychometrischen Standardtests intellektueller Fähigkeiten durch Übung und Training rückgängig gemacht werden kann (P. Baltes, Dittmann-Kohli & Kliegl, 1986; Schaie & Willis, 1986; Willis & Nesselroade, 1990). Mit einigen Ausnahmen, insbesondere in angewandten Bereichen (vgl. Kubeck, Delp, Haslett & McDaniel, 1996), betrafen die Interventionen in der Regel ausschließlich ältere Erwachsene und konzentrierten sich auf Standardtests fluider Fähigkeiten oder auf den Erwerb gedächtnisbezogener Fertigkeiten.

Die Hauptergebnisse dieser Arbeiten können folgendermaßen zusammengefaßt werden (vgl. P. Baltes & Lindenberger, 1988; Lindenberger, 1997; Lindenberger & Baltes, 1994a):

1. Die bei geistig gesunden älteren Erwachsenen beobachtbaren Leistungszugewinne sind beträchtlich; sie entsprechen in etwa dem unter "natürlichen" Umständen beobachtbaren längsschnittlichen Leistungsrückgang zwischen 60 und 75 Jahren (z. B. Schaie & Willis, 1996).
2. Das Ausmaß an positivem Transfer ist jedoch gering und beschränkt sich zumeist auf oberflächlich ähnliche Tests derselben Fähigkeit (vgl. die Metaanalysen von Verhaeghen, Marcoen & Goossens, 1992, sowie Stigsdotter Neely, 1994).
3. Bei Untersuchungen mit Tests der fluiden Intelligenz sind die durch selbstgesteuertes Üben beobachteten Leistungszugewinne zumeist von ähnlicher Größe wie die durch angeleitetes Üben oder Training erzielten Zugewinne (P. Baltes et al., 1986).
4. Die interventionsbedingten Leistungszugewinne bleiben, soweit bekannt, über

Monate oder sogar Jahre erhalten (Stigsdotter Neely & Bäckman, 1995; Willis & Nesselroade, 1990).

5. Die Lage der den trainierten oder geübten Aufgaben zugeordneten intellektuellen Fähigkeiten im Faktorraum der Intelligenz wird durch die Intervention nicht wesentlich verändert (Schaie, Willis, Hertzog & Schulenberg, 1987).

6. Bei Personen mit beginnender oder wahrscheinlicher Alzheimer-Demenz oder anderen pathologischen Veränderungen des Gehirns (Nebes, 1992) fehlen Leistungszugewinne vollkommen (M. Baltes, Kühl, Gutzmann & Sowarka, 1995) oder beschränken sich auf experimentelle Bedingungen mit hoher externaler Unterstützung (z. B. Hinweisreize beim Enkodieren und Abrufen sowie multimodale Darbietung; vgl. Bäckman, Josephsson, Herlitz, Stigsdotter & Viitanen, 1991).

Insgesamt unterstreichen diese Ergebnisse den Fortbestand kognitiver Plastizität bei geistig gesunden älteren Erwachsenen und belegen erneut, daß das entsprechende latente Potential relativ leicht (d. h. in wenigen Trainings- oder Übungssitzungen) aktiviert werden kann (für diesbezügliche neurophysiologische Überlegungen, siehe auch Woodruff-Pak, 1993). Zugleich legen die weitgehende Abwesenheit oder geringe Größe positiven Transfers auf andere Tests derselben Fähigkeit sowie die zuvor berichtete Interventionsresistenz der Altersunterschiede in den Leistungsobergrenzen den Schluß nahe, daß die beobachteten Leistungsverbesserungen primär pragmatischen Aspekten der Kognition zu verdanken sind. Gemäß dieser Interpretation können gesunde ältere Erwachsene ein großes Spektrum an kognitiven *Fertigkeiten* üben, trainieren und neu erlernen. Der entsprechende Erwerbsprozeß folgt bekannten lernpsychologischen Gesetzen (Anderson, 1987) und erfordert keine Veränderungen in der kognitiven Mechanik. Seine Auswirkungen sind lokaler Natur und beziehen sich unmittelbar auf das, was trainiert wurde. Falls diese Überlegungen zutreffen, dann sollte sich kognitive Intervention im Alter unter dem Gesichtspunkt des praktischen Nutzens auf Fertigkeiten konzentrieren, die sich möglichst unverändert in den Alltag der betreffenden Person integrieren lassen und dort zum Erhalt oder zum Erwerb adaptiver Verhaltensmuster beitragen (Lindenberger, 1997; vgl. Weinert, 1983).

Die relative Stabilität intellektueller Leistungen

Die folgenden drei Abschnitte dienen der Betrachtung von Entwicklungsveränderungen in drei Aspekten psychometrisch erfaßter Intelligenz: (a) Veränderungen in der relativen Stabilität oder dem Ausmaß, in dem interindividuelle Unterschiede in späteren Phasen der Ontogenese auf der Grundlage von interindividuellen Unterschieden in früheren Abschnitten der Ontogenese vorhergesagt werden können (Kagan, 1980; Nesselroade, 1991b); (b) Veränderungen in der Heritabilität oder dem Ausmaß, in dem interindividuelle Unterschiede in intellektuellen Leistungen auf genetische Unterschiede zurückgehen; (c) Veränderungen im Ausmaß der Kovariation zwischen verschiedenen intellektuellen Fähigkeiten oder im Ausprägungsgrad des Generalfaktors der Intelligenz (Carroll, 1993; vgl. Spearman, 1923). Es wird argumentiert, daß die gemeinsame Betrachtung der Entwicklungsveränderungen in diesen drei Aspekten zu einem besseren Verständnis der Ontogenese intellektueller Leistungen beizutragen vermag.

Einschränkend sei vorausgeschickt, daß der Großteil der Befunde zur relativen Stabilität nach dem Säuglingsalter auf unspezifischen Maßen intellektueller Leistungsfähigkeit basiert (d. h. sogenannten IQ-Tests). Wie von Horn (1989) und anderen hervorgehoben wurde, verdeckt die Undifferenziertheit dieser Maße strukturelle Eigenschaften der intellektuellen Entwicklung über die Lebensspanne. Derartige Maße stellen Konglomerate mechanischer und normativ-pragmatischer Komponenten dar, die unterschiedlich weit vom Generalfaktor der Intelligenz (d. h. vom Spearmanschen *g* oder dem Zentrum des Raums intellektueller Fähigkeiten) entfernt sind (Carroll, 1993; Marshalek, Lohman & Snow, 1983; Spearman, 1923). Mit der Ausnahme der Säuglingsentwicklung beschränkt sich die folgende Darstellung auf Befunde, die mit undifferenzierten Maßen der intellektuellen Leistungsfähigkeit gewonnen wurden.

Verhalten im Säuglingsalter als Prädiktor intellektueller Leistungsfähigkeit

Im Gegensatz zu früheren Befunden mit standardisierten Maßen der Säuglingsentwicklung (Kopp & McCall, 1982), haben neuere Arbeiten mit Habituations- und Wiedererkennungspfadparadigmen (Bornstein & Sigman, 1986; McCall & Carriger, 1993) ein beachtliches Ausmaß an relativer Stabilität zwischen Säuglingsverhalten und Intelligenz im Kindesalter zum Vorschein gebracht. Die beiden angesprochenen Paradigmen gehen auf die theoretischen Perspektiven des operanten Konditionierens und des Informations-

verarbeitungsansatzes zurück und beziehen sich auf die Tendenz von Säuglingen, ihr Verhalten in Abhängigkeit früherer Begegnungen mit dem experimentellen Reiz zu verändern (z. B. Nachlassen der Aufmerksamkeit im Falle der Habituation oder Bevorzugung neuer Stimuli im Falle der Wiedererkennung). Im allgemeinen sind individuelle Unterschiede im Habituations- und Wiedererkennungsverhalten im Alter zwischen zwei und acht *Monaten* moderat mit Standardtests der Intelligenz (z. B. Wechsler, Bayley oder Binet) korreliert, die im Alter zwischen einem und acht *Jahren* verabreicht werden (Median der beobachteten Korrelationen: $r = .45$; nach Reliabilitätskorrektur: $r = .70$; vgl. Bornstein, 1989; McCall & Carriger, 1993).

Demnach sind Veränderung *und* Kontinuität individueller Unterschiede bereits zu Beginn der Ontogenese nachweisbar. Es ist möglich (vgl. Bornstein, 1989; Fagan & McGrath, 1981), daß Säuglinge, die schneller habituieren und eine stärkere Präferenz für das neue Objekt zeigen, eher in der Lage sind, Handlungstendenzen, die mit bereits bestehenden Repräsentationen verknüpft sind, zu inhibieren (McCall, 1994). Diese Hypothese wird durch neuropsychologische Untersuchungen der Wiedererkennungsleistung im Säuglingsalter gestützt (z. B. Diamond, 1988; Johnson, Posner & Rothbart, 1991) und entspricht der Vorstellung, daß Inhibition und Bevorzugung des Neuen entwicklungsübergreifende Merkmale der Intelligenz darstellen (Berg & Sternberg, 1985a). Eine Alternativinterpretation, die ebenfalls empirische Unterstützung erfahren hat (Dougherty & Marshall, 1997; Rose & Feldman, 1995, 1997), bezieht sich auf überdauernde individuelle Unterschiede in der Verarbeitungsgeschwindigkeit.

Relative Stabilität nach dem Säuglingsalter

Aus noch unbekanntem Gründen (Cardon & Fulker, 1991; McCall & Carriger, 1993) bleibt die Höhe der Korrelation zwischen Maßen des Habitationsverhaltens im Säuglingsalter (d. h. 2 bis 8 Monate) und Maßen der Intelligenz im Kindesalter (d. h. 1 bis 12 Jahre) ontogenetisch stabil oder nimmt mit größerem zeitlichen Abstand sogar noch zu (Cardon & Fulker, 1991; DiLalla, Thompson, Plomin, Phillips, Fagan, Haith, Cyphers & Fulker, 1990). Im Gegensatz hierzu läßt sich relative Stabilität nach dem Säuglingsalter gut als ein sogenannter Quasisimplex beschreiben (Humphreys & Davey, 1988; Molenaar, Boomsma & Dolan, 1991), das heißt, die Korrelation zwischen den Messungen nimmt mit zunehmendem zeitlichen (d. h. ontogenetischen) Abstand zwischen den

Messungen ab. Zugleich nimmt die Höhe von Korrelationen, die sich auf denselben Zeitraum zwischen Meßzeitpunkten beziehen, von der Kindheit über das Jugendalter bis ins mittlere und späte Erwachsenenalter deutlich zu (Gold, Andres, Etezadi, Arbuckle, Schwartzman & Chaikelson, 1995; Hertzog & Schaie, 1986, 1988; Humphreys & Davey, 1988). So fanden Humphreys und Davey (1988) *Ein-Jahres-Stabilitäten* von .76 für den Altersbereich zwischen fünf und sechs Jahren und von .90 für den Altersbereich zwischen acht und neun Jahren. Hertzog und Schaie (1986) berichteten, daß die *Sieben-Jahres-Stabilitäten* eines reliabilitätskorrigierten Aggregats mehrerer intellektueller Fähigkeiten, das als valider Indikator der generellen Intelligenz gelten kann, im Alter zwischen 25 und 67 Jahren zwischen .89 und .96 variierten; die entsprechenden *Ein-Jahres-Stabilitäten* wären nahe bei 1.0.

Die beobachteten Veränderungen der relativen Stabilität über die Lebensspanne können im Kontext der gleichzeitig erfolgenden Veränderungen im Niveau der intellektuellen Leistungsfähigkeit interpretiert werden (vgl. Humphreys & Davey, 1988; Molenaar et al. 1991). Nach dieser Vorstellung verändern sich interindividuelle Unterschiede zu Beginn der Ontogenese relativ schnell, weil die Ausgangsgröße des intellektuellen Repertoires zunächst gering ist und dann schnell zunimmt, so daß eine größere Menge an *neuer* Varianz pro Zeiteinheit entsteht als in den nachfolgenden Lebensabschnitten. Diese Überlegung führt auch zu der komplementären Vorhersage, daß Verluste der intellektuellen Leistungsfähigkeit im hohen Alter nicht nur zu Rückgängen im Niveau der intellektuellen Leistungsfähigkeit, sondern auch zu einer partiellen Neuordnung individueller Unterschiede führen sollten (Lindenberger & Baltes, 1994a, 1995a, 1997). Erste Befunde zur relativen Stabilität im hohen Alter scheinen dies zu bestätigen (Mitrushina & Satz, 1991).

Heritabilität: Veränderungen über die Lebensspanne

Eine detaillierte Darstellung der Verhaltensgenetik (Borkenau, 1993) einschließlich ihrer Beziehungen zur Molekulargenetik (Boomsma, 1996; McClearn, Plomin, Gora-Maslak & Crabbe, 1991; Nilsson, Sikström, Adolfsson, Erngrund, Nylander & Beckman, 1996) sowie ihrer Rolle bei der Erforschung von Entwicklungspathologien (Rutter, 1993, 1997) soll an dieser Stelle nicht erfolgen. Statt dessen geht es um Altersveränderungen in der Heritabilität intellektueller Leistungen in normalen Stichproben. Um Mißverständnisse zu vermeiden, sei daran erinnert, daß sich Heritabilitätskoeffizienten auf

das Ausmaß beziehen, in dem individuelle Unterschiede in einem Verhaltensmerkmal mit interindividuellen Unterschieden in der genetischen Ausstattung zusammenhängen. Sie enthalten also keine direkten Informationen über Mechanismen der Genexpression und variieren in Abhängigkeit von der relativen Größe umweltbedingter und genetischer Varianzquellen. Außerdem werden keine Einflüsse berücksichtigt, die die Leistungen aller Mitglieder der Population *in gleicher Weise* verändern (z. B. verbessern; vgl. Fox, Hershberger & Bouchard, 1996).

Ähnlich wie die relative Stabilität nimmt auch die Heritabilität über die Lebensspanne zu, mit Werten von 40% bis 50% während der Kindheit und der Jugend bis zu Werten um 80% im mittleren Erwachsenenalter (Carmelli, Swan & Cardon, 1995; McGue, Bouchard, Iacono & Lykken, 1993; Saudino, Plomin, Pedersen & McClearn, 1994). Im Gegensatz dazu haben Umwelteinflüsse, die den Zwillingen beziehungsweise den Geschwistern gemeinsam sind, selten über die Kindheit hinaus Bestand (McGue et al., 1993). Die Zunahme der Heritabilität der intellektuellen Leistungsfähigkeit stützt die unter anderem von Scarr und McCartney (1983) geäußerte Vermutung, daß Jugendliche und Erwachsene eher als Kinder die Möglichkeit haben, Umwelten zu selektieren, die ihrem genetischen Potential entsprechen. In bezug auf Heritabilität im hohen Alter legen Untersuchungen der Swedish Adoption Twin Study of Aging (SATSA) nahe, daß die Heritabilität genereller Intelligenz im hohen Alter auf einen (nach wie vor hohen) Wert von 60% zurückgeht (Finkel, Pedersen, McGue & McClearn, 1995; McClearn, Johansson, Berg, Pedersen, Ahern, Petrill & Plomin, 1997).

Die vorangegangenen Zusammenfassungen legen den Schluß nahe, daß relative Stabilität und Heritabilität sich in ähnlicher Weise über die Lebensspanne verändern (Plomin & Thompson, 1988). Zum besseren Verständnis der Kovarianzdynamik dieser Parallelität bedarf es längsschnittlich und multivariat angelegter verhaltensgenetischer Untersuchungen über die gesamte Lebensspanne (für wegweisende Untersuchungen dieser Art bei Kindern, siehe Cardon & Fulker, 1993, 1994; Cherny, Fulker, Emde, Robinson, Corley, Reznick, Plomin & DeFries, 1994; Fulker, Cherny & Cardon, 1993). So wäre es möglich, daß die relative Stabilität intellektueller Leistungen im mittleren Erwachsenenalter deswegen extrem hoch ist, weil sich die genetischen Varianzquellen auf hohem Niveau stabilisiert haben (d. h., es kommt nur wenig neue genetische Varianz über die Zeit hinzu) und weil die Umweltbedingungen (deren Unterschiedlichkeit mit geneti-

schen Unterschieden korreliert ist) in diesem Lebensabschnitt ebenfalls eine relativ hohe Stabilität aufweisen. In ähnlicher Weise könnte die aufgrund des weniger wirksamen Selektionsdrucks nachlassende Koordination der Genexpression im hohen Alter (vgl. P. Baltes, 1997a; vgl. Martin et al., 1996) zu Abnahmen in der relativen Stabilität, der Heritabilität und des Leistungsniveaus führen. Paradoxerweise würde ein derartiger Zusammenbruch der Genexpression, sofern er nicht mit interindividuellen genetischen Unterschieden korreliert ist (Snowdon, Kemper, Mortimer, Greiner, Wekstein & Markesbery, 1996), in verhaltensgenetischen Versuchsplänen als Zunahme personenspezifischer *Umweltfaktoren* (“nonshared environmental variance”) zutage treten.

Veränderungen der Fähigkeitsstruktur: Differenzierung in der Kindheit und Dedifferenzierung im hohen Alter?

Gemäß der Differenzierungshypothese der Intelligenz oder des von Spearman (1923) erklärten “Gesetzes der nachlassenden Gewinne” steht das Ausmaß an positiver Kovariation zwischen intellektuellen Fähigkeiten, das heißt die relative Bedeutung des Generalfaktors (vgl. Carroll, 1993), in inverser Beziehung zum durchschnittlichen Fähigkeitsniveau einer Population. Das Ausmaß an Kovariation nimmt demnach mit zunehmenden Leistungsniveau ab (Legree, Pifer & Grafton, 1996). Diese Hypothese beruht zum Teil auf der Vorstellung, daß niedrige Leistungen vorwiegend durch ein Ensemble bereichsübergreifender Faktoren verursacht werden, hohe Leistungen hingegen ein intaktes kognitives System voraussetzen und vorwiegend durch bereichsspezifische Bedingungen begrenzt werden (P. Baltes & Lindenberger, 1997; Deary, Egan, Gibson, Austin, Brand & Kellaghan, 1996; Deary & Pagliari, 1991; Lindenberger & Baltes, 1994b, 1995a, 1997; vgl. Kinsbourne, 1994). Aus entwicklungspsychologischer Sicht (P. Baltes et al., 1980; Garrett, 1946; Lienert & Crott, 1964; Reinert, 1970; Reinert, Baltes & Schmidt, 1966) legt die Differenzierungshypothese nahe, daß die Bedeutung des Generalfaktors während der Kindheit in Folge der Reifung und Ausdifferenzierung des Gehirns (Nelson, 1995) sowie im Zuge des Erwerbs bereichsspezifischer Wissensbestände nachläßt, vom Jugendalter bis ins späte Erwachsenenalter relativ konstant bleibt und im hohen Alter aufgrund der Zunahme umfassender Begrenzungen der Effizienz der Informationsverarbeitung erneut zunimmt.

Auch nach Berücksichtigung methodischer Probleme des Vergleichs von Kova-

rianzmustern zwischen Stichproben (McArdle & Cattell, 1994; Meredith, 1993; Nesselroade & Thompson, 1995) läßt sich feststellen, daß Befunde aus dem Kindesalter (Deary et al., 1996), dem späteren Erwachsenenalter (Schaie, Willis, Jay & Chipuer, 1989) und dem hohen Alter (Lindenberger & Baltes, 1997) gut mit der Differenzierungs-Dedifferenzierungs-Hypothese der intellektuellen Entwicklung übereinstimmen. Besonders deutlich sind die Befunde im Bereich des hohen Alters (P. Baltes & Lindenberger, 1995, 1997; Lindenberger & Baltes, 1994b, 1995a, 1997; Lindenberger et al., 1993; Lindenberger & Reischies, im Druck; Marsiske, Delius, Maas, Lindenberger, Scherer & Tesch-Römer, 1996, im Druck), die größtenteils im Rahmen der Berliner Altersstudie (P. Baltes, Mayer, Helmchen & Steinhagen-Thiessen, 1996, im Druck; Lindenberger et al., 1996, im Druck) erhoben wurden. Im einzelnen konnte folgendes gezeigt werden:

1. Die querschnittlichen Altersgradienten mechanischer und normativ-pragmatischer intellektueller Fähigkeiten konvergieren im hohen Alter und ergeben ein Bild des generalisierten linearen Leistungsrückgangs; dies könnte als *Richtungsdedifferenzierung* bezeichnet werden.

2. Die Interkorrelationen intellektueller Fähigkeiten sind im hohen Alter deutlich höher und gleichförmiger als im Erwachsenenalter; hier könnte von einer *intrasystemischen Kovarianzdedifferenzierung* gesprochen werden.

3. Basale sensorische und sensomotorische Fähigkeiten, die ebenfalls deutliche altersbedingte Einbußen zeigen, weisen im hohen Alter eine wesentlich stärkere korrelative Beziehung zu intellektuellen Fähigkeiten auf als im Erwachsenenalter. So berichten P. Baltes und Lindenberger (1997), daß der durch einfache Maße der Sehschärfe und des Hörvermögens vorhergesagte Varianzanteil in fünf intellektuellen Fähigkeiten von durchschnittlich 11% im Erwachsenenalter ($N = 171$, *Altersbereich* = 25 – 69 Jahre) auf einen Durchschnitt von 31% im hohen Alter ($N = 516$, *Altersbereich* = 70 – 103 Jahre) ansteigt. Zudem sind im hohen Alter neben Sehschärfe und Hörschwelle auch sensomotorische Maße hoch mit der intellektuellen Leistungsfähigkeit verknüpft (Lindenberger & Baltes, 1994b, 1995b, 1997). Es ergibt sich also eine *intersystemische Kovarianzdedifferenzierung* der Bereiche Intelligenz und Sensorik/Sensomotorik.

Eine naheliegende Erklärung dieser Befunde bezieht sich auf periphere Faktoren, die in erster Linie während der intellektuellen Leistungsmessung wirksam sind, so zum Beispiel auf ein durch Hör- und Seheinbußen vermindertes Verständnis der Testinstruk-

tionen. Um diese Möglichkeit zu überprüfen, wurde die kognitive Testbatterie der Berliner Altersstudie Personen im mittleren Erwachsenenalter verabreicht, deren Sehschärfe mit trüben Brillenaufsätzen und deren Hörschwelle mit Ohrschützern vorübergehend auf das durchschnittliche Niveau älterer Menschen reduziert wurden (Lindenberger & Baltes, 1998). Im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne sensorisches Treatment wurden in vier verschiedenen Experimentalgruppen auf den Faktoren Wortflüssigkeit, Gedächtnis und Wahrnehmungsgeschwindigkeit keine statistisch signifikanten Abweichungen von den Leistungen der Kontrollgruppe beobachtet; beim Denkvermögen und beim verbalen Wissen traten sogar signifikant *positive* Abweichungen zur Kontrollgruppe auf. Diese Ergebnisse sprechen gegen eine periphere Erklärung der starken Beziehung zwischen Sensorik und Intelligenz im hohen Alter.

Statt dessen kann angenommen werden, daß die Dedifferenzierungsprozesse zwischen und innerhalb der Bereiche Sensorik, Sensomotorik und Intelligenz sowie die damit einhergehenden Leistungsabnahmen übergreifende Alterungsprozesse des Gehirns zum Ausdruck bringen (P. Baltes & Lindenberger, 1997; Lindenberger & Baltes, 1994b). Gestützt wird diese Hypothese durch den neurowissenschaftlichen Befund, daß die Zuordnung verschiedener Verarbeitungssysteme zu unterschiedlichen Aufgaben, wie zum Beispiel die Unterscheidung zwischen dorsalen und ventralen visuellen Verarbeitungswegen, bei älteren Erwachsenen weniger deutlich ausgeprägt ist als bei jungen Erwachsenen (Grady, Haxby, Horwitz, Schapiro, Rapoport, Ungerleider, Mishkin, Carson & Herscovitch, 1992). Die beobachtete Dedifferenzierung der interindividuellen Unterschiede hätte demnach eine funktionale Entsprechung auf der intraindividuellen Ebene. Aus diesen Überlegungen folgt, daß es Menschen im Laufe des Erwachsenenalters zunehmend schwerer fallen sollte, mehrere verschiedene Aufgaben gleichzeitig zu bearbeiten (vgl. Salthouse, Hambrick, Lukas & Dell, 1996). Insbesondere bei der gleichzeitigen Durchführung intellektueller und sensorisch-sensomotorischer Aufgaben sollten die im Vergleich zur getrennten Durchführung auftretenden Leistungseinbußen (d. h. die "Doppelaufgabenkosten") mit dem Alter zunehmen, da die mit dem Alter nachlassende Zuverlässigkeit der Sinne und des Bewegungsapparats mit einer Zunahme der kognitiven Belastung bei der Durchführung sensorischer und sensomotorischer Aufgaben einhergeht (P. Baltes & Lindenberger, 1997; Lindenberger & Baltes, 1994b; Teasdale, Bard, LaRue & Fleury, 1993).

Die Ergebnisse einer noch unveröffentlichten experimentellen Untersuchung stimmen mit diesen Vorhersagen überein (Lindenberger, Marsiske & Baltes, 1998). Zunächst wurden 47 junge (20 – 30 Jahre), 45 mittelalte (40 – 50 Jahre) und 48 ältere (60 – 70 Jahre) Probanden in der Methode der Orte bis zu einem Kriterium trainiert. Anschließend sollten die Probanden die Wortlisten im Sitzen, im Stehen sowie unter zwei verschiedenen Laufbedingungen enkodieren. Die Laufbedingungen bestanden darin, zwei schmale Gehstrecken unterschiedlicher Komplexität so schnell wie möglich und so genau wie möglich (d. h. ohne Fehlschritte) abzulaufen. Wenn während des Enkodierens der Wortlisten gelaufen wurde, nahm die Erinnerungsleistung relativ zur Ausgangsleistung im Sitzen und Stehen bei mittelalten und älteren Erwachsenen stärker ab als bei jungen Erwachsenen. Hingegen war bei jungen Erwachsenen beim Ablaufen des einfacheren der beiden Gehstrecken keine Leistungsabnahme zu beobachten (siehe *Abbildung 4*). Im Bereich der Laufleistung (d. h. Geschwindigkeit des Laufens und Genauigkeit der Schritte) nahmen die Doppelaufgabenkosten ebenfalls mit steigendem Lebensalter zu.

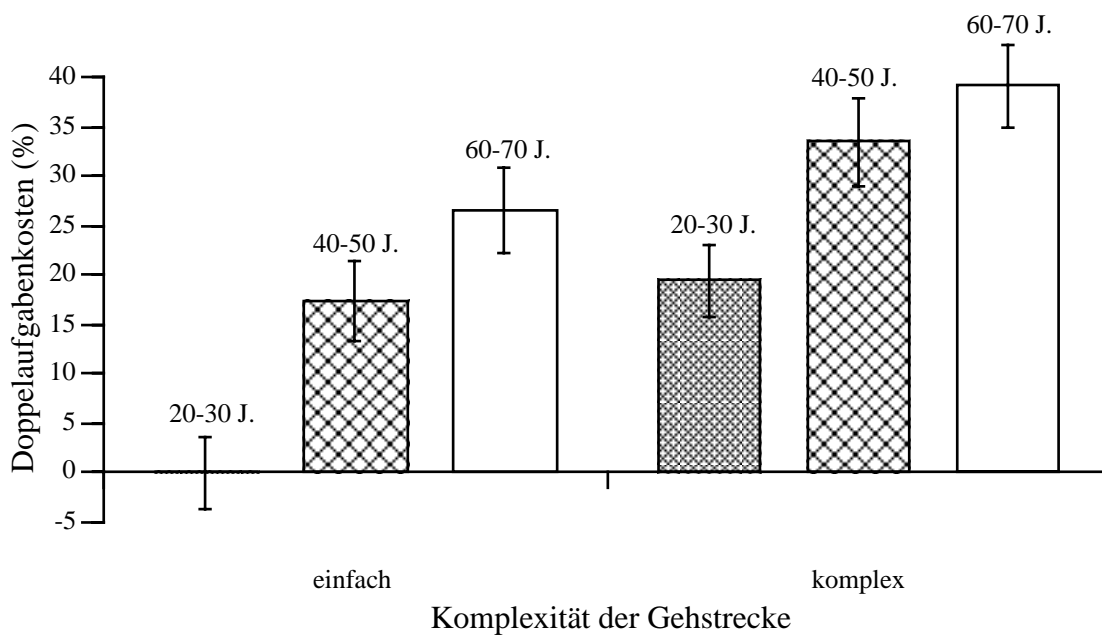


Abbildung 4. Gezeigt wird der prozentuale Verlust der Erinnerungsleistungen mit der Methode der Orte, wenn Probanden beim Enkodieren einer Wortliste zugleich einen vorgegebenen Pfad möglichst schnell und genau (d. h. ohne Fehlschritte) ablaufen, bezogen auf die durchschnittliche Erinnerungsleistung, wenn Probanden beim Enkodieren sitzen oder stehen. Die Doppelaufgabenkosten sind bereits im mittleren Erwachsenenalter höher als bei jungen Erwachsenen. Fehlerbalken beziehen sich auf den Standardfehler des Mittelwerts. Nach Lindenberger, Marsiske und Baltes (1998).

Synopse der intellektuellen Entwicklung über die Lebensspanne

In der vorliegenden Schrift wurde das Nachzeichnen der Entwicklungsfunktionen spezifischer kognitiver Mechanismen und Leistungen zugunsten des Versuchs vernachlässigt, die intellektuelle Entwicklung über die Lebensspanne auf der Grundlage des Zweikomponentenmodells der Kognition im Überblick darzustellen. Die wichtigsten Ergebnisse dieses Versuchs lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Um die ontogenetische Dynamik zwischen Biologie und Kultur auf dem Feld der intellektuellen Entwicklung abbilden zu können, wird der biologischen Mechanik die Pragmatik erworbenen Wissens gegenübergestellt und ein Zweikomponentenmodell der intellektuellen Entwicklung vertreten (vgl. P. Baltes, 1987, 1997a; P. Baltes et al., 1997; Lindenberger & Baltes, 1994a). Das Modell wurde durch die Existenz alternsvulnerabler und alternsresistenter intellektueller Fähigkeiten inspiriert (Jones & Conrad, 1933). Es berücksichtigt jedoch neben psychometrischen (Cattell, 1971; Horn, 1982, 1989) auch evolutionspsychologische, kognitiv-experimentelle und expertisebezogene Ansätze, um zu einer breiteren und valideren Repräsentation der intellektuellen Entwicklung zu gelangen.

2. Als basale Determinanten oder Schrittmacher der mechanischen Entwicklung werden zur Zeit vor allem Altersveränderungen in der Verarbeitungsgeschwindigkeit, dem Arbeitsgedächtnis und der Inhibition in Betracht gezogen. Alle drei Konstrukte weisen Mängel in der theoretischen und operationalen Definition auf und lassen eine direkte Anbindung an neuronale Veränderungen kaum zu. Ein stärkerer Kontakt dieses Forschungsfelds zu den kognitiven Neurowissenschaften erscheint sinnvoll.

3. Standardmaße der Mechanik der Kognition (z. B. Tests der fluiden Intelligenz) sind durch individuelle Unterschiede in aufgabenrelevanter Vorerfahrung und andere pragmatische Einflüsse kontaminiert. Um die Altersgradienten der Mechanik der Kognition genauer zu bestimmen und die Identifikation kritischer Komponenten und Mechanismen zu erleichtern, bedarf es der Purifizierung der Messung durch Methoden, die geeignet sind, die Obergrenzen des Leistungspotentials einer Person zu bestimmen. Werden solche Methoden (z. B. *testing-the-limits*) eingesetzt, so ergibt sich, wie vom Zweikomponentenmodell vorhergesagt, eine deutlichere Alterstrennung der Leistungen als mit üblichen Verfahren.

4. Im Gegensatz zur Mechanik bietet die auf erworbenem Wissen basierende Pragmatik Möglichkeiten des Entwicklungszugewinns bis ins späte Erwachsenenalter.

Innerhalb der Pragmatik kann zwischen normativen und personenspezifischen Wissenskörpern unterschieden werden. Normatives Wissen wird im Kontext allgemeiner Sozialisationsvorgänge (z. B. in der Schule) erworben, und individuelle Unterschiede in diesem Wissen lassen sich gut mit psychometrischen Methoden erfassen (z. B. Wortschatztests). Personenspezifisches Wissen zweigt vom normativen Pfad ab, ist in Inhalt und Ausmaß variabel und eher im Rahmen des Expertiseparadigmas erfassbar.

5. Mechanik und Pragmatik sind ontogenetisch miteinander verbunden und beeinflussen sich gegenseitig. Das Entstehen pragmatischer Wissensbestände in der Kindheit ist in vielfältiger und im einzelnen noch zu erforschender Weise mit der Entfaltung evolutionär prädisponierter Kernbereiche verknüpft (Siegler & Crowley, 1994; Wellman & Gelman, 1992). In späteren Phasen des Lebenslaufs dient der Erhalt und Erwerb pragmatischen Wissens zunehmend dazu, die negativen Auswirkungen mechanischer Leistungsrückgänge abzuschwächen. In Übereinstimmung mit generellen Prinzipien der Dynamik zwischen Biologie und Kultur über die Lebensspanne (P. Baltes, 1997a) nimmt diese kompensatorische Funktion der Pragmatik mit dem Alter an Bedeutung zu, verliert jedoch an Effizienz.

6. Intellektuelle Leistungen lassen sich über die gesamte Lebensspanne positiv verändern. Mit wenigen Ausnahmen (z. B. Alzheimer-Demenz) können Personen aller Altersgruppen Leistungszugewinne erzielen. Die in kognitiven Interventionsstudien bei älteren Erwachsenen beobachtete weitgehende Abwesenheit positiven Transfers auf andere Tests derselben Fähigkeit sowie die Interventionsresistenz der Altersunterschiede in den Leistungsobergrenzen legen den Schluß nahe, daß die beobachteten Leistungsverbesserungen primär pragmatischen Aspekten der Kognition zu verdanken sind.

7. Heritabilität (d. h. die Größe des Beitrags genetischer Faktoren zu interindividuellen Unterschieden in intellektuellen Leistungen), relative Stabilität (d. h. das Ausmaß an ontogenetischer Kontinuität interindividueller Unterschiede), normativ-pragmatisches Wissen sowie die Differenziertheit der Struktur intellektueller Fähigkeiten nehmen von der Kindheit bis ins späte Erwachsenenalter zu und im hohen Alter wieder ab. Die Parallelität dieser vier Entwicklungsfunktionen über die Lebensspanne stützt das Konzept der Gen-Umwelt-Korrelation (Scarr & McCartney, 1983) und bezeugt eine wirkungsvolle Synergie zwischen sozialstruktureller und genetischer Differenzierung über die Lebensspanne, zumindest unter den in industrialisierten Gesellschaften westlichen

Typen vorhandenen Möglichkeiten ontogenetischer Entwicklung.

Epilog

Abschließend sei ein Spannungsfeld der gegenwärtigen entwicklungspsychologischen Forschung hervorgehoben (Karmiloff-Smith, 1992; vgl. Westmeyer, 1994). Auf der einen Seite betonen nativistische, evolutionsbiologische und neurowissenschaftliche Ansätze die Bereichsspezifität der intellektuellen Entwicklung (Tooby & Cosmides, 1995). Auf der anderen Seite unterstreichen konstruktivistische und psychometrisch-differentielle Ansätze bereichsübergreifende Aspekte, wenn auch in unterschiedlicher Weise (Lindenberger, 1985). Konstruktivistische Ansätze stellen unter anderem die als reflektierende Abstraktion (Piaget, 1977a, 1977b) bezeichnete Eigentümlichkeit des Denkens in den Vordergrund, durch Selbstbezug über sich hinauszugehen und zu neuen Aufgabenlösungen zu gelangen (Chapman, 1988; Chapman & Lindenberger, 1988, 1992; Molenaar, 1986; Piaget, 1980; vgl. Kesselring, 1981). Psychometrisch-differentielle Ansätze verweisen auf die hierarchisch geordnete Struktur, die hohe Heritabilität und die hohe relative Stabilität intellektueller Fähigkeiten (Carroll, 1993).

Die zukünftige Forschung sollte bereichsspezifische und bereichsübergreifende Aspekte der kognitiven Entwicklung gleichermaßen berücksichtigen (Mounoud, 1996). In bezug auf bereichsübergreifende Aspekte erscheint es lohnend, konstruktivistische und psychometrisch-differentielle Positionen miteinander zu verbinden und die Entwicklung neuronaler Strukturen (z. B. des Frontalhirns) zu erforschen, deren Funktion primär in der reflektierenden Abstraktion besteht (Fischer & Rose, 1994). Diese Strukturen könnten sich als Träger des konstruktiven Elements der ontogenetischen Entwicklung erweisen und zugleich eine wesentliche Quelle ontogenetischer *und* interindividueller Unterschiede in der intellektuellen Leistungsfähigkeit darstellen. Unterstützung erhält diese Hypothese durch psychometrische Konzeptionen, die den Generalfaktor der Intelligenz unter Verweis auf "exekutive Kontrollprozesse" in ähnlicher Weise definieren wie Piaget den Begriff der reflektierenden Abstraktion (vgl. Marshalek et al., 1983, S. 124-125; Piaget, 1977a, S. 6).

Literaturverzeichnis

- Ackerman, P. L. (1996). A theory of adult intellectual development: Process, personality, interests, and knowledge. *Intelligence*, 22, 227-257.
- Alexander, C. & Langer, E. J. (Hrsg.) (1990). *Beyond formal operations: Alternative endpoints to human development*. New York: Oxford University Press.
- Anderson, J. R. (1987). Skill acquisition: Compilation of weak method problem solutions. *Psychological Review*, 94, 192-210.
- Anderson, M. (1992). *Intelligence and development: A cognitive theory*. Oxford, England: Blackwell.
- Bäckman, L., Josephsson, S., Herlitz, A., Stigsdotter, A. & Viitanen, M. (1991). The generalizability of training gains in dementia: Effects of an imagery-based mnemonic on face-name retention duration. *Psychology and Aging*, 6, 489-492.
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 5-28.
- Baltes, M. M. & Carstensen, L. L. (1996). The processes of successful ageing. *Ageing and Society*, 16, 397-422.
- Baltes, M. M., Kühl, K.-P., Gutzmann, H. & Sowarka, D. (1995). Potential of cognitive plasticity as a diagnostic instrument: A cross-validation and extension. *Psychology and Aging*, 10, 167-172.
- Baltes, P. B. (1968). Longitudinal and cross-sectional sequences in the study of age and generation effects. *Human Development*, 11, 145-171.
- Baltes, P. B. (1973). Strategies for psychological intervention in old age. *Gerontologist*, 13, 4-6.
- Baltes, P. B. (1987). Theoretical propositions of life-span developmental psychology: On the dynamics between growth and decline. *Developmental Psychology*, 23, 611-626.
- Baltes, P. B. (1993). The aging mind: Potential and limits. *Gerontologist*, 33, 580-594.
- Baltes, P. B. (1997a). Die unvollendete Architektur der menschlichen Ontogenese: Implikationen für die Zukunft des vierten Lebensalters. *Psychologische Rundschau*, 48, 191-210.
- Baltes, P. B. (1997b). On the incomplete architecture of human ontogeny: Selection, optimization, and compensation as foundation of developmental theory. *American Psychologist*, 52, 366-380.
- Baltes, P. B. & Baltes, M. M. (1990). Psychological perspectives on successful aging: The model of selective optimization with compensation. In P. B. Baltes & M. M. Baltes (Hrsg.), *Successful aging: Perspectives from the behavioral sciences* (S. 1-34). New York: Cambridge University Press.
- Baltes, P. B., Cornelius, S. W. & Nesselroade, J. R. (1979). Cohort effects in developmental psychology. In J. R. Nesselroade & P. B. Baltes (Hrsg.), *Longitudinal research in the study of behavior and development* (S. 61-87). New York: Academic Press.
- Baltes, P. B., Dittmann-Kohli, F. & Dixon, R. A. (1984). New perspectives on the

- development of intelligence in adulthood: Toward a dual-process conception and a model of selective optimization with compensation. In P. B. Baltes & O. G. Brim, Jr. (Hrsg.), *Life-span development and behavior* (Bd. 6, S. 33-76). New York: Academic Press.
- Baltes, P. B., Dittmann-Kohli, F. & Kliegl, R. (1986). Reserve capacity of the elderly in aging-sensitive tests of fluid intelligence: Replication and extension. *Psychology and Aging, 1*, 172-177.
- Baltes, P. B. & Graf, P. (1996). Psychological aspects of aging: Facts and frontiers. In D. Magnusson (Hrsg.), *The life-span development of individuals: Behavioural, neurobiological and psychosocial perspectives* (S. 427-459). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Baltes, P. B. & Kliegl, R. (1992). Further testing of limits of cognitive plasticity: Negative age differences in a mnemonic skill are robust. *Developmental Psychology, 28*, 121-125.
- Baltes, P. B. & Lindenberger, U. (1988). On the range of cognitive plasticity in old age as a function of experience: 15 years of intervention research. *Behavior Therapy, 19*, 283-300.
- Baltes, P. B. & Lindenberger, U. (1995). Sensorik und Intelligenz: Intersystemische Wechselwirkungen und Veränderungen im hohen Alter. *Akademie-Journal, 1*, 20-28.
- Baltes, P. B. & Lindenberger, U. (1997). Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life span: A new window to the study of cognitive aging? *Psychology and Aging, 12*, 12-21.
- Baltes, P. B., Lindenberger, U. & Staudinger, U. M. (1997). Life-span theory in developmental psychology. In W. Damon (Hrsg.) & R. M. Lerner (Bd. Hrsg.), *Handbook of child psychology: Vol. 1. Theoretical models of human development* (5. Aufl., S. 1029-1143). New York: Wiley.
- Baltes, P. B., Mayer, K. U., Helmchen, H. & Steinhagen-Thiessen, E. (1996). Die Berliner Altersstudie: Überblick und Einführung. In K. U. Mayer & P. B. Baltes (Hrsg.), *Die Berliner Altersstudie* (S. 21-54). Berlin: Akademie Verlag.
- Baltes, P. B., Mayer, K. U., Helmchen, H. & Steinhagen-Thiessen, E. (im Druck). The Berlin Aging Study: Sample design, and overview of measures. In P. B. Baltes & K. U. Mayer (Hrsg.), *The Berlin Aging Study: Aging from 70 to 100*. New York: Cambridge University Press.
- Baltes, P. B., Reese, H. W. & Lipsitt, L. P. (1980). Life-span developmental psychology. *Annual Review of Psychology, 31*, 65-110.
- Baltes, P. B., Reese, H. W. & Nesselroade, J. R. (1988). *Life-span developmental psychology: Introduction to research methods* (Nachdruck der 1977 Aufl.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Baltes, P. B. & Smith, J. (1990). The psychology of wisdom and its ontogenesis. In R. J. Sternberg (Hrsg.), *Wisdom: Its nature, origins, and development* (S. 87-120). New York: Cambridge University Press.

- Baltes, P. B. & Staudinger, U. M. (1993). The search for a psychology of wisdom. *Current Directions in Psychological Science*, 2, 75-80.
- Berg, C. A. (1996). Practical intelligence and problem solving: Searching for perspectives. In F. Blanchard-Fields & T. M. Hess (Hrsg.), *Perspectives on cognitive change in adulthood and aging* (S. 323-357). New York: McGraw-Hill.
- Berg, C. A. & Sternberg, R. J. (1985a). Response to novelty: Continuity versus discontinuity in the developmental course of intelligence. In H. Reese (Hrsg.), *Advances in child development and behavior* (S. 2-47). New York: Academic Press.
- Berg, C. A. & Sternberg, R. J. (1985b). A triarchic theory of intellectual development during adulthood. *Developmental Review*, 5, 334-370.
- Birren, J. E. (1964). *The psychology of aging*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Birren, J. E. & Fisher, L. M. (1995). Aging and speed of behavior: Possible consequences for psychological functioning. *Annual Review of Psychology*, 46, 329-353.
- Bjorklund, D. F. (1997). The role of immaturity in human development. *Psychological Bulletin*, 122, 153-169.
- Bjorklund, D. F. & Harnishfeger, K. K. (1990). The resources construct in cognitive development: Diverse sources of evidence and a theory of inefficient inhibition. *Developmental Review*, 10, 48-71.
- Bjorklund, D. F. & Harnishfeger, K. K. (1995). The evolution of inhibition mechanisms and their role in human cognition and behavior. In F. N. Dempster & C. J. Brainerd (Hrsg.), *Interference and inhibition in cognition* (S. 141-173). San Diego, CA: Academic Press.
- Blanchard-Fields, F. (1996). Social cognitive development in adulthood and aging. In F. Blanchard-Fields & T. M. Hess (Hrsg.), *Perspectives on cognitive change in adulthood and aging* (S. 454-487). New York: McGraw-Hill.
- Boomsma, D. I. (1996). Using multivariate genetic modeling to detect pleiotropic quantitative trait loci. *Behavior Genetics*, 26, 161-166.
- Borkenau, P. (1993). *Anlage und Umwelt. Eine Einführung in die Verhaltensgenetik*. Göttingen: Hogrefe.
- Bornstein, M. H. (1989). Stability in early mental development: From attention and information processing in infancy to language and cognition in childhood. In M. H. Bornstein & N. A. Krasnegor (Hrsg.), *Stability and continuity in mental development* (S. 147-170). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bornstein, M. H. & Sigman, M. D. (1986). Continuity in mental development from infancy. *Child Development*, 57, 251-274.
- Bosman, E. A. & Charness, N. (1996). Age-related differences in skilled performance and skill acquisition. In F. Blanchard-Fields & T. M. Hess (Hrsg.), *Perspectives on cognitive change in adulthood and aging* (S. 428-453). New York: McGraw-Hill.
- Bower, G. H. (1970). Analysis of a mnemonic device. *American Scientist*, 58, 496-510.
- Brainerd, C. J. (1995). Interference processes in memory development: The case of cognitive triage. In F. N. Dempster & C. J. Brainerd (Hrsg.), *Interference and inhibition in cognition* (S. 428-453). New York: McGraw-Hill.

- Breckler, S. J. (1990). Applications of covariance structure modeling in psychology: Cause for concern? *Psychological Bulletin*, *107*, 260-273.
- Broberg, A. G., Hwang, C. P., Wessels, H. & Lamb, M. E. (1997). Effects of day care on the development of cognitive abilities in 8-year-olds: A longitudinal study. *Developmental Psychology*, *33*, 62-69.
- Brown, A. L. (1982). Learning and development: The problem of compatibility, access and induction. *Human Development*, *25*, 89-115.
- Bryan, J., Luszcz, M. A. & Crawford, J. R. (1997). Verbal knowledge and speed of information processing as mediators of age differences in verbal fluency performance among older adults. *Psychology and Aging*, *12*, 473-478.
- Cardon, L. R. & Fulker, D. W. (1991). Sources of continuity in infant predictors of later IQ. *Intelligence*, *15*, 279-293.
- Cardon, L. R. & Fulker, D. W. (1993). Genetics of specific cognitive abilities. In R. Plomin & G. E. McClearn (Hrsg.), *Nature, nurture, and psychology* (S. 99-120). Washington, DC: American Psychological Association.
- Cardon, L. R. & Fulker, D. W. (1994). A model of developmental change in hierarchical phenotypes with application to specific cognitive abilities. *Behavior Genetics*, *24*, 1-16.
- Carlson, J. S. (1994). Dynamic assessment of mental abilities. In R. J. Sternberg (Hrsg.), *Encyclopedia of intelligence* (S. 368-372). New York: Macmillan.
- Carlson, M. C., Hasher, L., Connelly, S. L. & Zacks, R. T. (1995). Aging, distraction, and the benefits of predictable location. *Psychology and Aging*, *10*, 427-436.
- Carmelli, D., Swan, G. E. & Cardon, L. R. (1995). Genetic mediation in the relationship of education to cognitive function in older people. *Psychology and Aging*, *10*, 48-53.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Case, R. (1985). *Intellectual development: From birth to adulthood*. New York: Academic Press.
- Case, R. (1992). The role of the frontal lobes in the regulation of human development. *Brain and Cognition*, *20*, 51-73.
- Cattell, R. B. (1971). *Abilities: Their structure, growth, and action*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Cerella, J. (1990). Aging and information-processing rate. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Hrsg.), *Handbook of the psychology of aging* (3. Aufl., S. 201-221). San Diego, CA: Academic Press.
- Chapman, M. (1988). *Constructive evolution: Origins and development of Piaget's thought*. New York: Cambridge University Press.
- Chapman, M. & Lindenberger, U. (1988). Functions, operations, and décalage in the development of transitivity. *Developmental Psychology*, *24*, 542-551.
- Chapman, M. & Lindenberger, U. (1989). Concrete operations and attentional capacity. *Journal of Experimental Child Psychology*, *47*, 236-258.
- Chapman, M. & Lindenberger, U. (1992). Transitivity judgments, memory for premises,

- and models of children's reasoning. *Developmental Review*, 12, 124-163.
- Charness, N. (1981). Search in chess: Age and skill differences. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 467-476.
- Charness, N. (1983). Age, skill, and bridge bidding: A chronometric analysis. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 406-416.
- Charness, N. & Bosman, E. A. (1990). Expertise and aging: Life in the lab. In T. H. Hess (Hrsg.), *Aging and cognition: Knowledge organization and utilization* (S. 343-385). Amsterdam: Elsevier.
- Cherny, S. S., Fulker, D. W., Emde, R. N., Robinson, J., Corley, R. P., Reznick, J. S., Plomin, R. & DeFries, J. C. (1994). A developmental-genetic analysis of continuity and change in the Bayley Mental Development Index from 14 to 24 months: The MacArthur Longitudinal Twin Study. *Psychological Science*, 5, 354-360.
- Chi, M. T. & Koeske, R. D. (1983). Network representation of a child's dinosaur knowledge. *Developmental Psychology*, 19, 29-39.
- Clayton, V. P. & Birren, J. E. (1980). The development of wisdom across the life span: A reexamination of an ancient topic. In P. B. Baltes & O. G. Brim, Jr. (Hrsg.), *Life-span development and behavior* (Bd. 3, S. 103-135). New York: Academic Press.
- Comalli, P. E., Wapner, S. & Werner, H. (1962). Interference effects of Stroop color-word test in childhood, adulthood, and aging. *The Journal of Genetic Psychology*, 100, 47-53.
- Craik, F. I. M. (1983). On the transfer of information from temporary to permanent memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B-302*, 341-359.
- Craik, F. I. M. & Jennings, J. M. (1992). Human memory. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Hrsg.), *The handbook of aging and cognition* (S. 51-110). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Craik, F. I. M. & Salthouse, T. A. (Hrsg.) (1992). *The handbook of aging and cognition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cronbach, L. J. & Furby, L. (1970). How should we measure change — or should we? *Psychological Bulletin*, 74, 68-80.
- Dawson, G. & Fischer, K. W. (Hrsg.) (1994). *Human behavior and the developing brain*. New York: Guilford.
- Deary, I. J., Egan, V., Gibson, G. J., Austin, E. J., Brand, C. & Kellaghan, T. (1996). Intelligence and the differentiation hypothesis. *Intelligence*, 23, 105-132.
- Deary, I. J. & Pagliari, C. (1991). The strength of g at different levels of ability: Have Detterman and Daniel rediscovered Spearman's law of diminishing returns? *Intelligence*, 15, 251-255.
- Deary, I. J. & Stough, C. (1996). Intelligence and inspection time: Achievements, prospects, and problems. *American Psychologist*, 51, 599-608.
- Delius, J. D. (1993). Geist als Tradition: Kultur bei Mensch und Tier. In A. Elefandt & G. Wolters (Hrsg.), *Denkmaschinen? Interdisziplinäre Perspektiven zum Thema Gehirn und Geist* (S. 197-213). Konstanz: Universitätsverlag Konstanz.
- Dempster, F. N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified

- theory of cognitive development and aging. *Developmental Review*, 12, 45-75.
- Denney, N. W. (1984). A model of cognitive development across the life span. *Developmental Review*, 4, 171-191.
- Diamond, A. (1988). Abilities and neural mechanisms underlying A-B performance. *Child Development*, 59, 523-527.
- Diamond, A., Werker, J. F. & Lalonde, C. (1994). Toward understanding commonalities in the development of object search, detour navigation, categorization, and speed perception. In G. Dawson & K. W. Fischer (Hrsg.), *Human behavior and the developing brain* (S. 380-426). New York: Guilford.
- DiLalla, L. F., Thompson, L. A., Plomin, R., Phillips, K., Fagan, J. F., Haith, M. M., Cyphers, L. H. & Fulker, D. W. (1990). Infant predictors of preschool and adult IQ: A study of infant twins and their parents. *Developmental Psychology*, 26, 759-769.
- Dougherty, T. M. & Marshall, M. H. (1997). Infant expectations and reaction time as predictors of childhood speed of processing and IQ. *Developmental Psychology*, 33, 146-155.
- Duncan, J., Emslie, H., Williams, P., Johnson, R. & Freer, C. (1996). Intelligence and the frontal lobe: The organization of goal-directed behavior. *Cognitive Psychology*, 30, 257-303.
- Durham, W. H. (1991). *Coevolution: Genes, culture and human diversity*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Edelstein, W. & Noam, G. (1982). Regulatory structures of the self and "postformal" stages in adulthood. *Human Development*, 6, 407-422.
- Elbert, T., Pantev, C., Wienbruch, C., Rockstroh, B. & Taub, E. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, 270, 305-307.
- Engle, R. W., Conway, A. R. A., Tuholski, S. W. & Shishler, R. J. (1995). A resource account of inhibition. *Psychological Science*, 6, 122-125.
- Ericsson, K. A. & Lehmann, A. C. (1996). Expert and exceptional performance: Evidence of maximal adaptation to task constraints. *Annual Review of Psychology*, 47, 273-305.
- Ericsson, K. A. & Smith, J. (Hrsg.) (1991). *Towards a general theory of expertise: Prospects and limits*. New York: Cambridge University Press.
- Erikson, E. H. (1959). *Identity and the life cycle* (Psychological Issues Monograph 1). New York: International University Press.
- Ewert, O., Schumann-Hengsteler, R. & Thomas, J. (1993). Die Schätzung von Arbeitsgedächtniskapazität als entwicklungspsychologisches Problem. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 25, 104-119.
- Eye, A. von (Hrsg.) (1990). *Statistical methods in longitudinal research. Principles and structuring change*. Boston, MA: Academic Press.
- Fagan, J. F. & McGrath, S. K. (1981). Infant recognition memory and later intelligence. *Intelligence*, 5, 121-130.
- Fastenau, P. S., Denburg, N. L. & Abeles, N. (1996). Age differences in retrieval: Further support for the resource-reduction hypothesis. *Psychology and Aging*, 11, 140-146.

- Finkel, D., Pedersen, N. L., McGue, M. & McClearn, G. E. (1995). Heritability of cognitive abilities in adult twins: Comparison of Minnesota and Swedish data. *Behavior Genetics*, 25, 421-431.
- Fischer, K. W. & Hencke, R. W. (1996). Infants' construction of actions in context: Piaget's contribution to research on early development. *Psychological Science*, 7, 204-210.
- Fischer, K. W., Knight, C. C. & Van-Parys, M. (1992). Analyzing diversity in developmental pathways: Methods and concepts. In R. Case & W. Edelman (Hrsg.), *The new structuralism in cognitive development: Theory and research on individual pathways* (S. 33-56). Basel: Karger.
- Fischer, K. W. & Rose, S. P. (1994). Dynamic development of coordination of components in brain and behavior: A framework for theory and research. In G. Dawson & K. W. Fischer (Hrsg.), *Human behavior and the developing brain* (S. 3-66). New York: Guilford.
- Fisk, J. E. & Warr, P. (1996a). Age and working memory: The role of perceptual speed, the central executive, and the phonological loop. *Psychology and Aging*, 11, 316-323.
- Fisk, J. E. & Warr, P. (1996b). Age-related impairment in associative learning: The role of anxiety, arousal, and learning self-efficacy. *Personality and Individual Differences*, 21, 675-686.
- Flavell, J. H. (1992). Cognitive development: Past, present, and future. *Developmental Psychology*, 28, 998-1005.
- Flynn, J. R. (1987). Massive IQ gains in 14 nations: What IQ tests really measure. *Psychological Bulletin*, 101, 171-191.
- Fox, P. W., Hershberger, S. L. & Bouchard, T. J. (1996). Genetic and environmental contributions to the acquisition of a motor skill. *Nature*, 384, 356-358.
- Fry, A. F. & Hale, S. (1996). Processing speed, working memory, and fluid intelligence: Evidence for a developmental cascade. *Psychological Science*, 7, 237-241.
- Fulker, D. W., Cherny, S. S. & Cardon, L. R. (1993). Continuity and change in cognitive development. In R. Plomin & G. E. McClearn (Hrsg.), *Nature, nurture, and psychology* (S. 77-97). Washington, DC: American Psychological Association.
- Garcia, R. (1980). Postface: Dialectique, psychogenèse et histoire des sciences. In J. Piaget, *Les formes élémentaires de la dialectique* (S. 229-249). Paris: Gallimard.
- Garrett, H. E. (1946). A developmental theory of intelligence. *American Psychologist*, 1, 372-378.
- Gazzaniga, M. S. (Hrsg.) (1995). *The cognitive neurosciences*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Geary, D. C. (1995). Reflections of evolution and culture in children's cognition. *American Psychologist*, 50, 24-37.
- Gobet, F. & Simon, H. A. (1996). The roles of recognition processes and look-ahead search in time-constrained expert problem solving: Evidence from grand-master-level chess. *Psychological Science*, 7, 52-55.
- Gold, D. P., Andres, D., Etezadi, J., Arbuckle, T., Schwartzman, A. & Chaikelson, J. (1995). Structural equation model of intellectual change and continuity and predictors of intelligence in older men. *Psychology and Aging*, 10, 294-303.

- Gopnik, A. (1996). The post-Piaget era. *Psychological Science*, 7, 221-225.
- Gottlieb, G. (1996). A systems view of psychobiological development. In D. Magnusson (Hrsg.), *The life-span development of individuals: Behavioural, neurobiological and psychosocial perspectives* (S. 76-103). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Gould, S. J. (1984). Relationship of individual and group change: Ontogeny and phylogeny in biology. *Human Development*, 27, 233-239.
- Grady, C. L., Haxby, J. V., Horwitz, B., Schapiro, M. B., Rapoport, S. I., Ungerleider, L. G., Mishkin, M., Carson, R. E. & Herscovitch, P. (1992). Dissociation of object and spatial vision in human extrastriate cortex: Age-related changes in activation of regional cerebral blood flow measured with [¹⁵O]water and positron emission tomography. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 23-24.
- Graf, P. & Uttl, B. (1995). Component processes of memory: Changes across the adult life span. *Swiss Journal of Psychology*, 54, 113-130.
- Grafman, J., Partiot, A. & Hollnagel, C. (1995). Fables of the prefrontal cortex. *Behavioral and Brain Sciences*, 18, 349-358.
- Guthke, J. & Wiedl, K. H. (Hrsg.) (1996). *Dynamisches Testen*. Göttingen: Hogrefe.
- Hagendorf, H. & Sa, B. (1996). Coordination in visual working memory. *Psychological Research*, 58, 294-306.
- Hale, S. (1990). A global developmental trend in cognitive processing speed. *Child Development*, 61, 653-663.
- Harnishfeger, K. K. (1995). The development of cognitive inhibition: Theories, definitions, and research evidence. In F. N. Dempster & C. J. Brainerd (Hrsg.), *Interference and inhibition in cognition* (S. 176-204). San Diego, CA: Academic Press.
- Hartman, M. (1995). Aging and interference: Evidence from indirect memory tests. *Psychology and Aging*, 10, 659-669.
- Hasher, L. & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G. H. Bower (Hrsg.), *The psychology of learning and motivation* (Bd. 22, S. 193-225).
- Hasselhorn, M. (1995). Kognitive Trainings: Grundlagen, Begrifflichkeiten und Desiderate. In W. Hager (Hrsg.), *Programme zur Förderung des Denkens bei Kindern. Konstruktion, Evaluation und Metaevaluation* (S. 14-40). Göttingen: Hogrefe.
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior*. New York: Wiley.
- Hertzog, C. (1989). Influences of cognitive slowing on age differences in intelligence. *Developmental Psychology*, 25, 636-651.
- Hertzog, C. (1996). Research design in studies of aging and cognition. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Hrsg.), *Handbook of the psychology of aging* (4. Aufl., S. 24-37). San Diego, CA: Academic Press.
- Hertzog, C., Cooper, B. P. & Fisk, A. D. (1996). Aging and individual differences in the development of skilled memory search performance. *Psychology and Aging*, 11, 497-520.
- Hertzog, C. & Schaie, K. W. (1986). Stability and change in adult intelligence: 1. Analysis

- of longitudinal covariance structures. *Psychology and Aging*, 1, 159-171.
- Hertzog, C. & Schaie, K. W. (1988). Stability and change in adult intelligence: 2. Simultaneous analysis of longitudinal means and covariance structures. *Psychology and Aging*, 3, 122-130.
- Hess, T. M. & Pullen, S. M. (1996). Memory in context. In F. Blanchard-Fields & T. M. Hess (Hrsg.), *Perspectives on cognitive change in adulthood and aging* (S. 387-427). New York: McGraw-Hill.
- Hollingworth, H. L. (1927). *Mental growth and decline: A survey of developmental psychology*. New York: Appleton.
- Horn, J. L. (1982). The theory of fluid and crystallized intelligence in relation to concepts of cognitive psychology and aging in adulthood. In F. I. M. Craik & G. E. Trehub (Hrsg.), *Aging and cognitive processes: Advances in the study of communication and affect* (Bd. 8, S. 237-278). New York: Plenum Press.
- Horn, J. L. (1989). Models of intelligence. In R. L. Linn (Hrsg.), *Intelligence: Measurement, theory, and public policy* (S. 29-73). Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Horn, J. L. & Hofer, S. M. (1992). Major abilities and development in the adult period. In R. J. Sternberg & C. A. Berg (Hrsg.), *Intellectual development* (S. 44-49). New York: Cambridge University Press.
- Houdé, O. (1995). *Rationalité, développement, et inhibition*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Hoyer, W. J. & Rybash, J. M. (1994). Characterizing adult development. *Journal of Adult Development*, 1, 7-12.
- Humphreys, L. G. & Davey, T. C. (1988). Continuity in intellectual growth from 12 months to 9 years. *Intelligence*, 12, 183-197.
- Hunt, E. (1993). What do we need to know about aging? In J. Cerella, J. Rybash, W. Hoyer & M. L. Commons (Hrsg.), *Adult information processing: Limits on loss* (S. 587-598). San Diego, CA: Academic Press.
- Johnson, M. H. & Karmiloff-Smith, A. (1992). Can neural selectionism be applied to cognitive development and its disorders? *New Ideas in Psychology*, 10, 35-46.
- Johnson, M. H., Posner, M. I. & Rothbart, M. K. (1991). Components of visual orienting in early infancy: Contingency learning, anticipatory looking, and disengaging. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3, 335-344.
- Johnson, S. H. & Rybash, J. M. (1993). A cognitive neuroscience perspective on age-related slowing: Developmental changes in the functional architecture. In J. Cerella, J. Rybash, W. Hoyer & M. L. Commons (Hrsg.), *Adult information processing: Limits on loss* (S. 143-173). San Diego, CA: Academic Press.
- Jones, H. E. & Conrad, H. (1933). The growth and decline of intelligence: A study of a homogeneous group between the ages of ten and sixty. *Genetic Psychological Monographs*, 13, 223-298.
- Just, M. A., Carpenter, P. A. & Keller, T.A. (1996). The capacity theory of comprehension: New frontiers of evidence and arguments. *Psychological Review*, 103, 773-780.

- Kagan, J. (1980). Perspectives on continuity. In O. G. Brim, Jr. & J. Kagan (Hrsg.), *Constancy and change in human development* (S. 26-74). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kail, R. (1991). Developmental change in speed of processing during childhood and adolescence. *Psychological Bulletin*, *109*, 490-501.
- Kail, R. (1996). Nature and consequences of developmental change in speed of processing. *Swiss Journal of Psychology*, *55*, 133-138.
- Kail, R. & Salthouse, T. A. (1994). Processing speed as a mental capacity. *Acta Psychologica*, *86*, 199-225.
- Kareev, Y. (1995). Through a narrow window: Working memory capacity and the detection of covariation. *Cognition*, *56*, 263-269.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity. A developmental perspective on cognitive science*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Karmiloff-Smith, A. (1995). The extraordinary cognitive journey from foetus through infancy. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *36*, 1293-1313.
- Kausler, D. H. (1994). *Learning and memory in normal aging*. San Diego, CA: Academic Press.
- Kesselring, T. (1981). *Entwicklung und Widerspruch. Ein Vergleich zwischen Piagets genetischer Erkenntnistheorie und Hegels Dialektik*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Kinsbourne, M. (1994). Neuropsychology of attention. In D. W. Zaidel (Hrsg.), *Neuropsychology* (S. 105-123). San Diego, CA: Academic Press.
- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review*, *9*, 163-182.
- Kirasic, K. C., Allen, G. L., Dobson, S. H. & Binder, K. S. (1996). Aging, cognitive resources, and declarative learning. *Psychology and Aging*, *11*, 658-670.
- Klauer, K. J. (1994). Über den Einfluß eines Trainings zum induktiven Denken auf Variablen der fluiden Intelligenz und des Lernens bei älteren Menschen. *Zeitschrift für Gerontopsychologie und -psychiatrie*, *7*, 29-46.
- Kliegl, R. & Baltes, P. B. (1987). Theory-guided analysis of mechanisms of development and aging mechanisms through testing-the-limits and research on expertise. In C. Schooler & K. W. Schaie (Hrsg.), *Cognitive functioning and social structure over the life course* (S. 95-119). Norwood, NJ: Ablex.
- Kliegl, R. & Lindenberger, U. (1993). Modeling intrusions and correct recall in episodic memory: Adult age differences in encoding of list context. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *19*, 617-637.
- Kliegl, R., Mayr, U. & Krampe, R. T. (1994). Time-accuracy functions for determining process and person differences: An application to cognitive aging. *Cognitive Psychology*, *26*, 134-164.
- Kliegl, R., Smith, J. & Baltes, P. B. (1989). Testing-the-limits and the study of age differences in cognitive plasticity of a mnemonic skill. *Developmental Psychology*, *25*, 247-256.

- Kliegl, R., Smith, J. & Baltes, P. B. (1990). On the locus and process of magnification of age differences during mnemonic training. *Developmental Psychology*, 26, 894-904.
- Klix, F. (1993). *Erwachendes Denken: Geistige Leistungen aus evolutionspsychologischer Sicht*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Knopf, M., Kolodziej, P. & Preussler, W. (1990). Der ältere Mensch als Experte — Literaturübersicht über die Rolle von Expertenwissen für die kognitive Leistungsfähigkeit im höheren Alter. *Zeitschrift für Gerontopsychologie und -psychiatrie*, 4, 233-248.
- Knopf, M., Preußler, W. & Stefanek, J. (1995). "18, 20, 2..." — Kann Expertise im Skatspiel Defizite des Arbeitsgedächtnisses älterer Menschen kompensieren? *Swiss Journal of Psychology*, 54, 225-236.
- Kopp, C. B. & McCall, R. B. (1982). Predicting later mental performance for normal, at-risk, and handicapped infants. In P. B. Baltes & O. G. Brim, Jr. (Hrsg.), *Life-span development and behavior* (Bd. 4., S. 33-61). New York: Academic Press.
- Krampe, R. T. & Ericsson, K. A. (1996). Maintaining excellence: Deliberate practice and elite performance in young and old pianists. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125, 331-359.
- Kruse, A., Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (1993). Longitudinal research on human aging: The power of combining real-time, microgenetic, and simulation approaches. In D. Magnusson (Hrsg.), *Longitudinal research on individual development: Present status and future perspectives* (S. 153-193). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Kubeck, J. E., Delp, N. D., Haslett, T. K. & McDaniel, M. A. (1996). Does job-related training performance decline with age? *Psychology and Aging*, 11, 92-107.
- Kuhn, D. (1995). Microgenetic study of change: What has it told us? *Psychological Science*, 6, 133-139.
- Labouvie-Vief, G. (1982). Dynamic development and mature autonomy: A theoretical prologue. *Human Development*, 25, 161-191.
- Labouvie-Vief, G. (1992). Neo-Piagetian perspective on adult cognitive development. In R. J. Sternberg & C. A. Berg (Hrsg.), *Intellectual development* (S. 197-228). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Lautrey, J. (1990). Esquisse d'un modèle pluraliste du développement cognitif. In M. Reuchlin, J. Lautrey, C. Marendaz & T. Ohlmann (Hrsg.), *Cognition: L'individuel et l'universel* (S. 185-213). Paris: Presses Universitaires de France.
- Laux, L. F. & Lane, D. M. (1985). Information processing components of substitution test performance. *Intelligence*, 9, 111-136.
- Legree, P. J., Pifer, M. E. & Grafton, F. C. (1996). Correlations among cognitive abilities are lower for higher ability groups. *Intelligence*, 23, 45-57.
- Leonard, C. M., Lombardino, L. J., Mercado, L. R., Browd, S. R., Breier, J. I. & Agee, O. F. (1996). Cerebral asymmetry and cognitive development in children: A magnetic resonance imaging study. *Psychological Science*, 7, 89-95.
- Lerner, R. M. (1991). Changing organism-context relations as the basic process of

- development: A developmental contextual perspective. *Developmental Psychology*, 27, 27-32.
- Levinson, B. & Reese, H. W. (1967). Patterns of discrimination learning set in preschool children, fifth-graders, college freshmen, and the aged. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 32.
- Li, S.-L., Lindenberger, U. & Frensch, P. A. (1996). *Interference, reduced processing resources, and cortex: In search of a general computational framework for theories of cognitive aging*. Poster presented at the Sixth Cognitive Aging Conference, Atlanta.
- Lienert, G. A. & Crott, H. W. (1964). Studies on the factor structure of intelligence in children, adolescents, and adults. *Vita Humana*, 7, 147-163.
- Lindenberger, U. (1985). *Psychometric and Piagetian measures of intelligence, and the developmental study of transitive reasoning*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Technische Universität Berlin.
- Lindenberger, U. (1990). *Aging, professional expertise, and cognitive plasticity. The sample case of imagery-based memory functioning in expert graphic designers* (Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Studien und Berichte 52). Stuttgart: Klett.
- Lindenberger, U. (1997). *Grundlagen kognitiver Intervention im Alter*. Eingeladener Plenarvortrag auf der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Gerontologie und Geriatrie, München.
- Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (1994a). Aging and intelligence. In R. J. Sternberg (Hrsg.), *Encyclopedia of human intelligence* (Bd. 1, S. 52-66). New York: Macmillan.
- Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (1994b). Sensory functioning and intelligence in old age: A powerful connection. *Psychology and Aging*, 9, 339-355.
- Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (1995a). Kognitive Leistungsfähigkeit im hohen Alter: Erste Ergebnisse der Berliner Altersstudie. *Zeitschrift für Psychologie*, 203, 283-317.
- Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (1995b). Testing-the-limits and experimental simulation: Two methods to explicate the role of learning in development. *Human Development*, 38, 349-360.
- Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (1997). Intellectual functioning in old and very old age: Cross-sectional results from the Berlin Aging Study. *Psychology and Aging*, 12, 410-432.
- Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (1998). *The age-based dynamics between sensory and intellectual functioning: Testing the role of peripheral sensory factors*. Unveröffentlichtes Manuskript, Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin.
- Lindenberger, U., Gilberg, R., Little, T. D., Nuthmann, R., Pötter, U. & Baltes, P. B. (im Druck). Sample selectivity and generalizability of the results of the Berlin Aging Study. In P. B. Baltes & K. U. Mayer (Hrsg.), *The Berlin Aging Study: Aging from 70 to 100*. New York: Cambridge University Press.
- Lindenberger, U., Gilberg, R., Pötter, U., Little, T. D. & Baltes, P. B. (1996). Stichprobenselektivität und Generalisierbarkeit der Ergebnisse in der Berliner

- Alterstudie. In K. U. Mayer & P. B. Baltes (Hrsg.), *Die Berliner Altersstudie* (S. 85-108). Berlin: Akademie Verlag.
- Lindenberger, U., Kliegl, R. & Baltes, P. B. (1992). Professional expertise does not eliminate negative age differences in imagery-based memory performance during adulthood. *Psychology and Aging, 7*, 585-593.
- Lindenberger, U., Marsiske, M. & Baltes, P. B. (1998). *Dual-task costs in sensorimotor and intellectual functioning: Increase from early adulthood to old age*. Unveröffentlichtes Manuskript, Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin.
- Lindenberger, U., Mayr, U. & Kliegl, R. (1993). Speed and intelligence in old age. *Psychology and Aging, 8*, 207-220.
- Lindenberger, U. & Pötter, U. (im Druck). The complex nature of unique and shared effects in hierarchical linear regression: Implications for developmental psychology. *Psychological Methods*.
- Lindenberger, U. & Reischies, F. M. (im Druck). Limits and potentials of intellectual functioning in old age. In P. B. Baltes & K. U. Mayer (Hrsg.), *The Berlin Aging Study: Aging from 70 to 100*. New York: Cambridge University Press.
- Lourenço, O. & Machado, A. (1996). In defense of Piaget's theory: A reply to 10 common criticisms. *Psychological Review, 103*, 143-164.
- MacCallum, R. C., Wegener, D. T., Uchino, B. N. & Fabrigar, L. R. (1993). The problem of equivalent models in applications of covariance structure analysis. *Psychological Bulletin, 114*, 185-199.
- Magnusson, D., Bergman, L. R., Rudinger, G. & Törestad, B. (Hrsg.) (1991). *Problems and methods in longitudinal research: Stability and change*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Mandler, J. M. (1992). How to build a baby: II. Conceptual primitives. *Psychological Review, 99*, 587-604.
- Marshalek, B., Lohman, D. F. & Snow, R. E. (1983). The complexity continuum in the radex and hierarchical models of intelligence. *Intelligence, 7*, 107-127.
- Marsiske, M., Delius, J., Maas, I., Lindenberger, U., Scherer, H. & Tesch-Römer, C. (1996). Sensorische Systeme im Alter. In K. U. Mayer & P. B. Baltes (Hrsg.), *Die Berliner Altersstudie* (S. 379-403). Berlin: Akademie Verlag.
- Marsiske, M., Delius, J., Maas, I., Lindenberger, U., Scherer, H. & Tesch-Römer, C. (im Druck). Sensory systems in old age. In P. B. Baltes & K. U. Mayer (Hrsg.), *The Berlin Aging Study: Aging from 70 to 100*. New York: Cambridge University Press.
- Marsiske, M., Lang, F. R., Baltes, M. M. & Baltes, P. B. (1995). Selective optimization with compensation: Life-span perspectives on successful human development. In R. A. Dixon & L. Bäckman (Hrsg.), *Compensation for psychological defects and declines: Managing losses and promoting gains* (S. 35-79). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Martin, G. M., Austad, S. N. & Johnson, T. E. (1996). Genetic analysis of ageing: Role of oxidative damage and environmental stresses. *Nature Genetics, 13*, 25-34.
- Mayr, U., Kliegl, R. & Krampe, R. T. (1996). Sequential and coordinative processing dynamics in figural transformations across the life span. *Cognition, 59*, 61-90.

- McArdle, J. J. & Cattell, R. B. (1994). Structural equation models of factorial invariance in parallel proportional profiles and oblique confactor problems. *Multivariate Behavioral Research*, 29, 63 - 131.
- McArdle, J. J. & Nesselroade, J. R. (1994). Using multivariate data to structure developmental change. In S. H. Cohen & H. W. Reese (Hrsg.), *Life-span developmental psychology: Methodological contributions* (S. 223 – 267). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- McArdle, J. J. & Woodcock, R. W. (im Druck). Expanding test-retest designs to include developmental time-lag components. *Psychological Methods*.
- McCall, R. B. (1994). What process mediates predictions of childhood IQ from infant habituation and recognition memory? Speculations on the roles of inhibition and rate of information processing. *Intelligence*, 18, 107-125.
- McCall, R. M. & Carriger, M. S. (1993). A meta-analysis of infant habituation and recognition memory performance as predictors of later IQ. *Child Development*, 64, 57-79.
- McClearn, G. E., Johansson, B., Berg, S., Pedersen, N. L., Ahern, F., Petrill, S. A. & Plomin, R. (1997). Substantial genetic influence on cognitive abilities in twins 80 or more years old. *Science*, 276, 1560-1563.
- McClearn, G. E., Plomin, R., Gora-Maslak, G. & Crabbe, J. C. (1991). The gene chase in behavioral science. *Psychological Science*, 2, 222-229.
- McClelland, J. L. (1996). Integration of information: Reflections on the theme of attention and performance XVI. In I. Toshui & J. L. McClelland (Hrsg.), *Attention and performance XVI* (pp. 633-656). Cambridge, MA: MIT Press.
- McDowd, J. M., Oseas-Krueger, D. M. & Filion, D. L. (1995). Inhibitory processes in cognition and aging. In F. N. Dempster & C. J. Brainerd (Hrsg.), *Interference and inhibition in cognition* (S. 363-400). San Diego, CA: Academic.
- McGue, M., Bouchard, T. J., Jr., Iacono, W. G. & Lykken, D. T. (1993). Behavioral genetics of cognitive ability: A life-span perspective. In R. Plomin & G. E. McClearn (Hrsg.), *Nature, nurture, and psychology* (S. 59-76). Washington, DC: American Psychological Association.
- Meredith, W. (1993). Measurement invariance, factor analysis, and factorial invariance. *Psychometrika*, 58, 525-543.
- Meyer, D. E. & Kieras, D. E. (1997). A computational theory of executive cognitive processes and multiple-task performance: Part 1. Basic mechanisms. *Psychological Review*, 104, 3-65.
- Miller, L. T. & Vernon, P. A. (1996). Intelligence, reaction time, and working memory in 4- to 6-year-old children. *Intelligence*, 22, 155-190.
- Mitrushina, M. & Satz, P. (1991). Stability of cognitive functions in young-old versus old-old individuals. *Brain Dysfunction*, 4, 174-181.
- Molander, B. & Bäckman, L. (1996). Cognitive aging in a precision sport context. *European Psychologist*, 1, 166-179.
- Molenaar, P. C. M. (1986). On the impossibility of acquiring more powerful structures: A

- neglected alternative. *Human Development*, 29, 245-251.
- Molenaar, P. C. M. (1994). Dynamic latent variable models in developmental psychology. In A. von Eye and C. C. Clogg (Hrsg.), *Latent variables analysis: Applications for developmental research* (S. 155-180). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Molenaar, P. C. M., Boomsma, D. I. & Dolan, C. V. (1991). Genetic and environmental factors in a developmental perspective. In D. Magnusson, L. Bergman, G. Rudinger & B. Törestad (Hrsg.), *Problems and methods in longitudinal research: Stability and change* (S. 250-273). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Molenaar, P. C. M. & van der Molen, M. W. (1994). On the discrimination between global and local trend hypotheses of life-span changes in processing speed. *Acta Psychologica*, 86, 273-293.
- Monsell, S. (1996). Control of mental processes. In V. Bruce (Hrsg.), *Unsolved mysteries of the mind. Tutorial essays in cognition* (S. 93-148). Hove, England: Erlbaum.
- Moscovitch, M. & Winocur, G. (1992). The neuropsychology of memory and aging. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Hrsg.), *The handbook of aging and cognition* (S. 315-372). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Mounoud, P. (1996). Perspective taking and belief attribution: From Piaget's theory to children's theory of mind. *Swiss Journal of Psychology*, 55, 93-103.
- Myerson, J., Hale, S., Wagstaff, D., Poon, L. & Smith, G. A. (1990). The information-loss model: A mathematical theory of age-related cognitive slowing. *Psychological Review*, 97, 475-487.
- Nebes, R. D. (1992). Cognitive dysfunction in Alzheimer's disease. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Hrsg.), *The handbook of aging and cognition* (S. 373-446). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Nelson, C. A. (1995). The ontogeny of human memory: A cognitive neuroscience perspective. *Developmental Psychology*, 31, 723-738.
- Nesselrode, J. R. (1991a). Interindividual differences in intraindividual change. In L. M. Collins & J. L. Horn (Hrsg.), *Best methods for the analysis of change* (S. 92-105). Washington, DC: American Psychological Association.
- Nesselrode, J. R. (1991b). The warp and the woof of the developmental fabric. In R. M. Downs, L. S. Liben & D. S. Palermo (Hrsg.), *Visions of aesthetics, the environment and development: The legacy of Joachim Wohlwill* (S. 213-240). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Nesselrode, J. R. & Thompson, W. W. (1995). Selection and related threats to group comparisons: An example comparing factorial structures of higher and lower ability groups of adult twins. *Psychological Bulletin*, 117, 271-284.
- Nettelbeck, T. & Rabbitt, P. M. A. (1992). Aging, cognitive performance, and mental speed. *Intelligence*, 16, 189-205.
- Neubauer, A. (1995). *Intelligenz und Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung*. Wien: Springer.
- Nilsson, L.-G., Sikström, C., Adolfsson, R., Erngrund, K., Nylander, P.-O. & Beckman, L. (1996). Genetic markers associated with high versus low performance on episodic

- memory tasks. *Behavior Genetics*, 26, 555-562.
- Nyberg, L., Bäckman, L., Erngrund, K., Olofsson, U. & Nilsson, L.-G. (1996). Age differences in episodic memory, semantic memory, and priming: Relationships to demographic, intellectual, and biological factors. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 51B, P234-P240.
- Park, D. C., Lautenschlager, G., Smith, A. D. & Earles, J. L. (1996). Mediators of long-term memory performance across the life span. *Psychology and Aging*, 11, 621-637.
- Pascual-Leone, J. (1970). A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica*, 23, 302-342.
- Pascual-Leone, J. (1983). Growing into human maturity: Toward a metasubjective theory of adulthood stages. In P. B. Baltes & O. G. Brim, Jr. (Hrsg.), *Life-span development and behavior* (Bd. 5, S. 117-156). New York: Academic Press.
- Pascual-Leone, J. (1995). Learning and development as dialectical factors in cognitive growth. *Human Development*, 38, 338-348.
- Perfect, T. J. (1994). What can Brinley Plots tell us about cognitive aging? *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 49, P60-P64.
- Perner, J. (1995). The many faces of belief: Reflections on Fodor's and the child's theory of mind. *Cognition*, 57, 241-269.
- Piaget, J. (1967). *Biologie et connaissance: Essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs* Paris: Gallimard.
- Piaget, J. (1970). Piaget's theory. In P. H. Mussen (Hrsg.), *Carmichael's manual of child psychology* (Bd. 1, S. 703-732). New York: Wiley.
- Piaget, J. (1972). Intellectual evolution from adolescence to adulthood. *Human Development*, 15, 1-12.
- Piaget, J. (1977a). *Recherches sur l'abstraction réfléchissante. 1: L'abstraction des relations logico-arithmétiques*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (1977b). *Recherches sur l'abstraction réfléchiante. 2: L'abstraction de l'ordre des relations spatiales*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (1980). *Les formes élémentaires de la dialectique*. Paris: Gallimard.
- Piaget, J. & Garcia, R. (1983). *Psychogénèse et histoire des sciences*. Paris: Flammarion.
- Plessner, H. (1965). *Die Stufen des Organischen und der Mensch: Einleitung in die philosophische Anthropologie*. Berlin: de Gruyter.
- Plomin, R. & Thompson, L. (1988). Life-span developmental behavioral genetics. In P. B. Baltes, D. L. Featherman & R. M. Lerner (Hrsg.), *Life-span development and behavior* (Bd. 8, S. 1-31). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Plude, D. J., Enns, J. T. & Brodeur, D. (1994). The development of selective attention: A life-span overview. Special Issue: Life-span changes in human performance. *Acta Psychologica*, 86, 227-272.
- Rabbitt, P. M. A. (1993). Does it all go together when it goes? The Nineteenth Bartlett Memorial Lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A, 385-434.
- Raichle, M. E. (1994). Images of the mind: Studies with modern imaging techniques. *Annual Review of Psychology*, 45, 333-356.

- Rakic, P. (1995). Corticogenesis. In M. S. Gazzaniga (Hrsg.), *The cognitive neurosciences* (S. 127-145). Cambridge, MA: MIT Press.
- Reese, H. W. & Lipsitt, L. P. (1970). *Experimental child psychology*. New York: Academic Press.
- Reinert, G. (1970). Comparative factor analytic studies of intelligence throughout the human life span. In L. R. Goulet & P. B. Baltes (Hrsg.), *Life-span developmental psychology: Research and theory* (S. 476-484). New York: Academic Press.
- Reinert, G., Baltes, P. B. & Schmidt, L. R. (1966). Kritik einer Kritik der Differenzierungshypothese der Intelligenz. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, *13*, 602-610.
- Reuchlin, M. (1978). Processus vicariants et différences individuelles. *Journal de Psychologie*, *2*, 133-145.
- Ribaupierre, A. de (1995). Working memory and individual differences: A review. *Swiss Journal of Psychology*, *54*, 152-168.
- Ridderinkhof, K. R. & van der Molen, M. W. (1995). A psychophysiological analysis of developmental differences in the ability to resist interference. *Child Development*, *66*, 1040-1056.
- Riegel, K. F. (1976). The dialectics of human development. *American Psychologist*, *31*, 689-700.
- Rijsdijk, F. V. & Boomsma, D. I. (1997). Genetic mediation of the correlation between peripheral nerve conduction velocity and IQ. *Behavior Genetics*, *27*, 87-98.
- Rogosa, D., Brandt, D. & Zimowski, M. (1982). A growth curve approach to the measurement of change. *Psychological Bulletin*, *92*, 726-748.
- Rose, S. A. & Feldman, J. F. (1995). Prediction of IQ and specific cognitive abilities at 11 years from infancy measures. *Developmental Psychology*, *31*, 685-696.
- Rose, S. A. & Feldman, J. F. (1997). Memory and speed: Their role in the relation of information processing to later IQ. *Child Development*, *68*, 630-641.
- Rudinger, G. & Rietz, C. (1995). Intelligenz: Neuere Ergebnisse aus der Bonner Längsschnittstudie des Alterns (BOLSA). In A. Kruse & R. Schmitz-Scherzer (Hrsg.), *Psychologie des Lebenslaufs* (S. 197-211). Darmstadt: Steinkopff.
- Rutter, M. (1993). An overview of developmental neuropsychiatry. *Educational and Child Psychology*, *10*, 4-11.
- Rutter, M. L. (1997). Nature-nurture integration: The example of anti-social behavior. *American Psychologist*, *52*, 390-398.
- Rybash, J. M. (1996). Implicit memory and aging: A cognitive neuropsychological perspective. *Developmental Neuropsychology*, *12*, 127-179.
- Rybash, J. M. & Hoyer, W. J. (1996). Brain reserve capacity and aging: Some unanswered questions. *Brain and Cognition*, *30*, 320-323.
- Rybash, J. M., Hoyer, W. J. & Rodin, P. A. (1986). *Adult cognition and aging: Developmental changes in processing, knowing and thinking*. Elmsford, NY: Pergamon Press.
- Saffran, J., Aslin, R. N. & Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants.

- Science*, 274, 1926-1928.
- Salthouse, T. A. (1991). *Theoretical perspectives on cognitive aging*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103, 403-428.
- Salthouse, T. A., Hambrick, D. Z., Lukas, K. E. & Dell, T.C. (1996). Determinants of adult age differences on synthetic work performance. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 2, 305-329.
- Salthouse, T. A. & Meinz, E. J. (1995). Aging, inhibition, working memory, and speed. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 50B, 297-306.
- Sanford, E. C. (1902). Mental growth and decay. *American Journal of Psychology*, 13, 426-449.
- Saudino, K.J., Plomin, R., Pedersen, N. & McClearn, G. E. (1994). The etiology of high and low cognitive ability during the second half of the life-span. *Intelligence*, 19, 359-371
- Scarr, S. & McCartney, K. (1983). How people make their own environment: A theory of genotype environment effects. *Child Development*, 54, 424-435.
- Schaie, K. W. (1965). A general model for the study of developmental problems. *Psychological Bulletin*, 64, 92-107.
- Schaie, K. W. (1989). The hazards of cognitive aging. *Gerontologist*, 29, 484-493.
- Schaie, K. W. (1996). *Adult intellectual development: The Seattle Longitudinal Study*. New York: Cambridge University Press.
- Schaie, K. W. & Willis, S. L. (1986). Can decline in adult intellectual functioning be reversed? *Developmental Psychology*, 22, 223-232.
- Schaie, K. W. & Willis, S. L. (1993). Age difference patterns of psychometric intelligence in adulthood: Generalizability within and across ability domains. *Psychology and Aging*, 8, 44-55.
- Schaie, K. W. & Willis, S. L. (1996). Psychometric intelligence and aging. In F. Blanchard-Fields & T. M. Hess (Hrsg.), *Perspectives on cognitive change in adulthood and aging* (S. 293-322). New York: McGraw-Hill.
- Schaie, K. W., Willis, S. L., Hertzog, C. & Schulenberg, J. E. (1987). Effects of cognitive training on primary mental ability structure. *Psychology and Aging*, 2, 233-242.
- Schaie, K. W., Willis, S. L., Jay, G. & Chipuer, H. (1989). Structural invariance of cognitive abilities across the adult life span: A cross-sectional study. *Developmental Psychology*, 25, 652-662.
- Schieber, F. & Baldwin, C. L. (1996). Vision, audition, and aging research. In F. Blanchard-Fields & T. M. Hess (Hrsg.), *Perspectives on cognitive change in adulthood and aging* (S. 122-162). New York: McGraw-Hill.
- Schneider, W., Gruber, H., Gold, A. & Opwis, K. (1993). Chess expertise and memory for chess positions in children and adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, 56, 328-349.
- Schonfield, D. (1982). Attention switching in higher mental process. In F. I. M. Craik & T.

- A. Salthouse (Hrsg.), *Aging and cognitive processes* (S. 309-316). New York: Plenum Press.
- Schönpflug, W. & Esser, K. B. (1995). Memory and its "Graeculi": Metamemory and control in extended memory systems. In C. A. Weaver, S. Mannes & C. R. Fletcher (Hrsg.), *Discourse comprehension: Essays in honor of Walter Kintsch* (S. 245-255). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Sherry, D. F. & Schacter, D. L. (1987). The evolution of multiple memory systems. *Psychological Review*, 94, 439-454.
- Shweder, R. A. (1991). *Thinking through cultures*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Siegler, R. S. & Crowley, K. (1991). The microgenetic method: A direct means for studying cognitive development. *American Psychologist*, 46, 606-620.
- Siegler, R. S. & Crowley, K. (1994). Constraints on learning in nonprivileged domains. *Cognitive Psychology*, 27, 194-226.
- Siegler, R. S. & Shipley, C. (1995). Variation, selection, and cognitive change. In T. Simon & G. Halford (Hrsg.), *Developing cognitive competence: New approaches to process modeling* (S. 31-76). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Simon, H. A. & Chase, W. G. (1973). Skill in chess. *American Scientist*, 61, 394-403.
- Singer, W. (1995). Development and plasticity of cortical processing architectures. *Science*, 270, 758-764.
- Skinner, B. F. (1966). The phylogeny and ontogeny of behavior. *Science*, 153, 1205-1213.
- Smith, J., Dixon, R. A. & Baltes, P. B. (1989). Expertise in life-planning: A new research approach to investigating aspects of wisdom. In M. L. Commons, J. D. Sinnott, F. A. Richards & C. Armon (Hrsg.), *Beyond formal operations II* (Bd. 1, S. 307-331). New York: Praeger.
- Smotherman, W. P. & Robinson, S. R. (1996). The development of behavior before birth. *Developmental Psychology*, 32, 425-434.
- Snowdon, D. A., Kemper, S. J., Mortimer, J. A., Greiner, L. H., Wekstein, D. & Markesbery, W. R. (1996). Linguistic ability in early life and cognitive function and Alzheimer's disease late in life. Findings from the Nun Study. *Journal of the American Medical Association*, 276, 528-532.
- Spearman, C. E. (1923). *The nature of "intelligence" and the principles of cognition*. London: Macmillan.
- Spelke, E., Vishton, P. & Hofsten, C. von (1995). Object perception, object-directed action, and physical knowledge in infancy. In M. S. Gazzaniga (Hrsg.), *The cognitive neurosciences* (S. 165-179). Cambridge, MA: MIT Press.
- Spieler, D. H. & Balota, D. A. (1996). Characteristics of associative learning in younger and older adults: Evidence from an episodic priming paradigm. *Psychology and Aging*, 11, 607-620.
- Staudinger, U. M. & Baltes, P. B. (1994). Psychology of wisdom. In R. J. Sternberg (Hrsg.), *Encyclopedia of intelligence* (Bd. 1, S. 143-152). New York: Macmillan.

- Staudinger, U. M. & Baltes, P. B. (1996). Interactive minds: A facilitative setting for wisdom-related performance? *Journal of Personality and Social Psychology*, *71*, 746-762.
- Staudinger, U. M., Marsiske, M. & Baltes, P. B. (1995). Resilience and reserve capacity in later adulthood: Potentials and limits of development across the life span. In D. Cicchetti & D. Cohen (Hrsg.), *Developmental psychopathology. (Vol. 2: Risk, disorder, and adaptation*, S. 801-847). New York: Wiley.
- Stelzl, I., Merz, F., Ehlers, T. & Remer, H. (1995). The effect of schooling on the development of fluid and crystallized intelligence: A quasi-experimental study. *Intelligence*, *21*, 279-296.
- Sternberg, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. New York: Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J. (1990). Wisdom and its relations to intelligence and creativity. In R. J. Sternberg (Hrsg.), *Wisdom: Its nature, origins, and development* (S. 142-149). New York: Cambridge University Press.
- Stigsdotter Neely, A. (1994). *Memory training in late adulthood: Issues of maintenance, transfer, and individual differences*. Unveröffentlichte Dissertation, Karolinska Institut, Stockholm.
- Stigsdotter Neely, A. & Bäckman, L. (1995). Effects of multifactorial memory training in old age: Generalizability across tasks and individuals. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, *50B*, P134-P140.
- Stoltzfus, E. R., Hasher, L. & Zacks, R. T. (1996). Working memory and aging: Current status of the inhibitory view. In J. T. E. Richardson (Hrsg.), *Working memory and human cognition* (S. 66-88). New York: Oxford University Press.
- Strough, J., Berg, C. A. & Sansone, C. (1996). Goals for solving everyday problems across the life span: Age and gender differences in the salience of interpersonal concerns. *Developmental Psychology*, *32*, 1106-1115.
- Swanson, H. L. (1996). Individual and age-related differences in children's working memory. *Memory and Cognition*, *24*, 70-82.
- Teasdale, N., Bard, C., LaRue, J. & Fleury, M. (1993). On the cognitive penetrability of posture control. *Experimental Aging Research*, *19*, 1-13.
- Tetens, J. N. (1777). *Philosophische Versuche über die menschliche Natur und ihre Entwicklung*. Leipzig: Weidmanns Erben und Reich.
- Thatcher, R. W. (1994). Cyclic cortical reorganization: Origins of human cognitive development. In G. Dawson & K. W. Fischer, (Hrsg.), *Human behavior and the developing brain* (S. 232-266). New York: Guilford.
- Thomae, H. (1979). The concept of development and life-span developmental psychology. In P. B. Baltes & O. G. Brim, Jr. (Hrsg.), *Life-span development and behavior* (Bd. 2, S. 282-312). New York: Academic Press.
- Tooby, J. & Cosmides, L. (1995). Mapping the evolved functional organization of mind and brain. In M. S. Gazzaniga (Hrsg.), *The cognitive neurosciences* (S. 1185-1197). Cambridge, MA: MIT Press.

- van der Maas, H. L. & Molenaar, P. C. M. (1992). Stages of cognitive development: An application of catastrophe theory. *Psychological Review*, 99, 395-417.
- Verhaeghen, P., Marcoen, A. & Goossens, L. (1992). Improving memory performance in the aged through mnemonic training: A meta-analytic study. *Psychology and Aging*, 7, 242-251.
- Verhaeghen, P. & Salthouse, T. A. (im Druck). Meta-analyses of age-cognition relations in adulthood: Estimates of linear and non-linear age effects and structural models. *Psychological Bulletin*.
- Vygotsky, L. S. (1962). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Weinert, F. E. (1983). Gedächtnistraining — Übung von Lernstrategien. *Universitas*, 38, 157-164.
- Weinert, F. E. (1994). Entwicklung und Sozialisation der Intelligenz, der Kreativität und des Wissens. In K. A. Schneewind (Hrsg.), *Psychologie der Erziehung und Sozialisation* (S. 259-284). Göttingen: Hogrefe.
- Weinert, F. E. & Perner, J. (1996). Cognitive development. In D. Magnusson (Hrsg.), *The life-span development of individuals: Behavioural, neurobiological, and psychosocial perspectives. A synthesis*. (S. 207-222). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Welford, A. T. (1984). Between bodily changes and performance: Some possible reasons for slowing with age. *Experimental Aging Research*, 10, 73-88.
- Welford, A. T. (1993). The gerontological balance sheet. In J. Cerella, J. Rybash, W. Hoyer & M. L. Commons (Hrsg.), *Adult information processing: Limits on loss* (S. 3-10). San Diego, CA: Academic Press.
- Wellman, H. M. & Gelman, S. A. (1992). Cognitive development: Foundational theories of core domains. *Annual Review of Psychology*, 43, 337-375.
- Westmeyer, H. (1994). Psychologie — eine Wissenschaft in der Krise? In A. Schorr (Hrsg.), *Die Psychologie und die Methodenfrage. Reflexionen zu einem zeitlosen Thema* (S. 37-53). Hogrefe: Göttingen.
- Wickett, J. C. & Vernon, P. A. (1994). Peripheral nerve conduction velocity, reaction time, and intelligence: An attempt to replicate Vernon and Mori (1992). *Intelligence*, 18, 127-131.
- Wilkening, F. & Anderson, N. H. (1990). Representation and diagnosis of knowledge structures in developmental psychology. In N. H. Anderson (Hrsg.), *Contributions to information integration theory* (S. 45-80). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wilkening, F. & Krist, H. (1995). Entwicklung der Wahrnehmung und Psychomotorik. In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie. Ein Lehrbuch* (3. Aufl., S. 487-517). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Willis, S. L. (1990). Contributions of cognitive training research to understanding late life potential. In M. Perlmutter (Hrsg.), *Late-life potential* (S. 25-42). Washington, DC: The Gerontological Society of America.
- Willis, S. L. & Nesselroade, C. S. (1990). Long-term effects of fluid ability training in old-old age. *Developmental Psychology*, 26, 905-910.

- Woodcock, R. W. & Johnson, M. B. (1989/1990). *Woodcock-Johnson Psycho-Educational Battery-Revised*. Allen, TX: DLM.
- Woodruff-Pak, D. S. (1993). Neural plasticity as a substrate for cognitive adaptation in adulthood and aging. In J. Cerella, J. Rybash, W. Hoyer & M. L. Commons (Hrsg.), *Adult information processing: Limits on loss* (S. 13-35). San Diego, CA: Academic Press.
- Woodruff-Pak, D. S. & Finkbiner, R. G. (1995). Larger nondeclarative than declarative deficits in learning and memory in human aging. *Psychology and Aging, 10*, 416-426.
- Zelazo, P. D., Reznick, J. S. & Pinon, D. E. (1995). Response control and the execution of verbal rules. *Developmental Psychology, 31*, 508-517.