

3 Kognitive Funktionen

3.1 Fluide Intelligenz

Jutta Kray und Ulman Lindenberger

Einleitung
1 Zweikomponentenmodelle der Intelligenz
1.1 Die Mechanik der Kognition
1.2 Die Pragmatik der Kognition
1.3 Evolutionäre und ontogenetische Abhängigkeiten
2 Die Entwicklung intellektueller Fähigkeiten aus psychometrischer Sicht
2.1 Relative Stabilität intellektueller Leistungen über die Lebensspanne
2.2 Heritabilität
2.3 Differenzierung und Dedifferenzierung der Fähigkeitsstruktur über die Lebensspanne
3 Plastizität intellektueller Fähigkeiten
3.1 Kohorteneffekte, Periodeneffekte und gesellschaftlicher Wandel
3.2 Kognitive Intervention: Aktivierung des Lernpotentials
4 Determinanten intellektueller Entwicklung über die Lebensspanne
4.1 Determinanten intellektueller Entwicklungsveränderungen aus Sicht der Ressourcenorientierung
4.2 Determinanten intellektueller Entwicklungsveränderungen aus Sicht der Prozessorientierung
4.3 Ressourcen- versus Prozessorientierung
Ausblick
Literatur

Einleitung

In diesem Beitrag werden Altersveränderungen der fluiden Intelligenz im Erwachsenenalter aus Sicht der Psychologie der Lebensspanne unter Einbezug experimenteller, differentieller und neurokognitiver Befunde dargestellt (vgl. Lindenberger & Kray, 2005). Im ersten Abschnitt werden Zweikomponentenmodelle der Intelligenzentwicklung dargestellt, die zwischen biologisch und kulturell determinierten Komponenten unterscheiden (vgl. P. Baltes, 1987; P.

Baltes, Lindenberger & Staudinger, 2006; Lindenberger & Baltes, 1999; Tetens, 1777). Im zweiten Abschnitt wird die relative Stabilität, Heritabilität und Fähigkeitsstruktur fluider/mechanischer Fähigkeiten über die Lebensspanne aus psychometrischer Sicht näher betrachtet. Der Schwerpunkt im dritten Abschnitt liegt auf der Darstellung bisheriger Befunde zur Plastizität intellektueller Leistungen, während im vierten Abschnitt mögliche Determinanten alterungsbedingter Veränderungen in fluiden/mechanischen Fähigkeiten dargelegt werden.

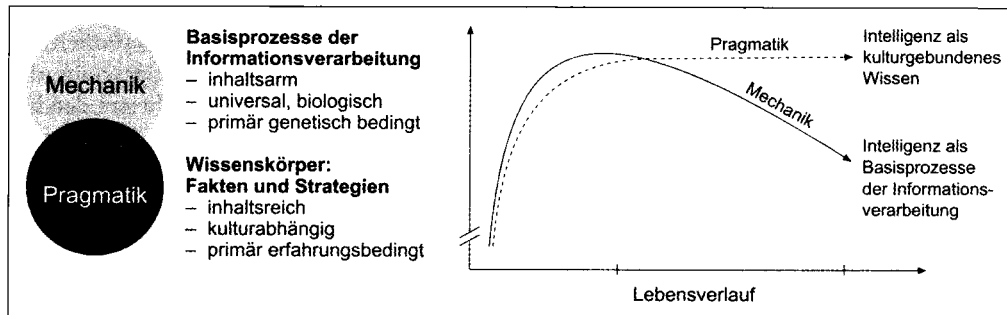


Abb. 1: Die meisten Lebensspannentheorien der kognitiven Entwicklung postulieren ein Zweikomponentenmodell der Kognition. Der linke Teil der Abbildung definiert die Kategorien und der rechte Teil veranschaulicht die erwarteten Altersverläufe.

1 Zweikomponentenmodelle der Intelligenz

Modelle der Intelligenzentwicklung über die Lebensspanne unterscheiden zwischen biologischen und kulturellen Determinanten kognitiver Fähigkeiten (P. Baltes, 1987; Cattell, 1971; Horn, 1982; Tetens, 1777; siehe auch Lindenberger, 2002; Lindenberger & Kray, 2005). Empirische Unterstützung erhalten diese Modelle durch zahlreich beschriebene Unterschiede von alterungsanfälligen und alterungsresistenten intellektuellen Leistungen über die Lebensspanne (z. B. Jones & Conrad, 1933). Alterungsanfällig sind intellektuelle Leistungen, die Schnelligkeit, Genauigkeit und Koordination elementarer kognitiver Prozesse erfordern, wie beispielsweise die Wahrnehmungsgeschwindigkeit, die Merkfähigkeit und das räumliche Vorstellungsvermögen. Relativ alterungsresistent sind, zumindest ab dem frühen Erwachsenenalter, intellektuelle Leistungen, die die Qualität von Fertigkeiten und den Umfang von Wissensbeständen betreffen, wie beispielsweise das Kopfrechnen und der Wortschatz. Fertigkeiten und Wissensbestände unterscheiden sich vor allem darin, dass sich Fertigkeiten durch Übung überwiegend automatisieren lassen, während Wissensbestände meist bewusst verfügbar sind.

Alterungsanfällige und alterungsresistente intellektuelle Fähigkeiten zeigen unterschiedliche Entwicklungsverläufe über die Lebensspanne (siehe Abb. 1). Beide nehmen üblicherweise im Kindes- und Jugendalter deutlich zu. Ab dem frühen Erwachsenenalter gehen alterungsanfällige intellektuelle Fähigkeiten mit einer linearen Abnahme einher, die sich im hohen Alter beschleunigt. Hingegen bleiben alterungsresistente intellektuelle Leistungen über das Erwachsenenalter relativ stabil oder nehmen sogar zu, und erst im hohen Alter treten Leistungseinbußen auf.

Unterschiedliche Entwicklungsverläufe zweier Komponenten der Intelligenz sind bereits im Jahre 1777 von Johann Nicolaus Tetens (1736–1807) beschrieben worden, der wohl als einer der wichtigsten Vorläufer einer Lebensspannenkonzeption gesehen werden kann (siehe auch Lindenberger, Kapitel 1.1 in diesem Band; siehe auch P. Baltes, 1983; Lindenberger & Baltes, 1999). Tetens unterscheidet in seinem Lebensspannen-Ansatz absolute Vermögen und relative Vermögen im Sinne von Kenntnissen. Auf der Basis eigener Beobachtungen vermutet er, dass ein Zugewinn an Kenntnissen im Kindesalter die Entwicklung von absolutem Vermögen voraussetzt. Im Erwachsenenalter nehmen nur noch die Kenntnisse zu, während im hohen Alter Vermögen und Kenntnisse abneh-

3 Kognitive Funktionen

men. Somit kann diese Konzeption als ein erstes Vorläufermodell des Zweikomponentenmodells der Intelligenz betrachtet werden.

Weiteren Einfluss auf die Entwicklung des Zweikomponentenmodells der Intelligenz hatte die Unterscheidung fluider (Gf) und kristalliner (Gc) Intelligenz nach Cattell (1971) und Horn (1982, 1989). Diese Theorie entstand im Rahmen der standardisierten Erfassung intellektueller Fähigkeiten und unterscheidet kulturunabhängige (Gf) und kulturabhängige Komponenten (Gc) der Intelligenz. Die Gf/Gc-Theorie diente vor allem der psychometrischen Erfassung interindividueller Unterschiede in der Intelligenz. Das Zweikomponentenmodell der Intelligenz von Paul B. Baltes (1987, 1997) unterscheidet zwischen der biologisch determinierten Mechanik und der kulturell vermittelten Pragmatik der Kognition und beinhaltet fundamentale Erweiterungen der ursprünglichen Gf/Gc-Theorie im Hinblick auf die Einbindung kognitions-, evolutions- und kulturpsychologischer sowie entwicklungsbiologischer Erkenntnisse (siehe auch P. Baltes, 1987, 1997; P. Baltes et al., 2006; Lindenberger, 2001, 2002; Lindenberger & Kray, 2005; vgl. Denney, 1984; Labouvie-Vief, 1982; Rybash, Hoyer & Rodin, 1986).

Im Folgenden werden sowohl die Mechanik und die Pragmatik als auch deren wechselseitige Abhängigkeiten über die Lebensspanne näher betrachtet.

1.1 Die Mechanik der Kognition

Die Mechanik der Kognition repräsentiert den Einfluss der Biologie auf die intellektuelle Leistung und das kognitive Entwicklungspotential über die Lebensspanne. Sie basiert auf der neurophysiologischen Architektur des Gehirns (vgl. McClelland, 1996; W. Singer, 1995), hat sich im Laufe der Evolution entwickelt (vgl. Tooby & Cosmides, 1995) und entfaltet sich in erster

Linie in der frühen Ontogenese (Rakic, 1995). Wie bereits Tetens (1777) bemerkte, können die Ursachen des Zugewinns der Mechanik in der Kindheit nicht mit den Ursachen des Verlustes im hohen Alter gleichgesetzt werden. Zu Beginn des Lebens, in der Embryogenese, dem Säuglingsalter und der frühen Kindheit spiegeln Altersveränderungen in der Mechanik der Kognition den interaktiven Aufbau neuronaler Strukturen wider, bei dem Reifung und Erfahrung sich in evolutionär optimierter Weise ergänzen (Elman et al., 1996; Wellman & Gelman, 1992). Hingegen liegen die Ursachen für die Abnahme der Mechanik im hohen Alter in den indirekten Auswirkungen des nachlassenden phylogenetischen Selektionsdrucks und altersbezogenen Dysfunktionen (P. Baltes, 1997; Kirkwood, 2002).

Aus der Sicht der Psychologie der Lebensspanne scheint es folglich sinnvoll zu sein, die unterschiedlichen Ursachen altersbezogener Veränderungen in der Mechanik der Kognition auch begrifflich zu trennen, beispielsweise durch die Begriffe Reifung und Seneszenz (lat.: Alterungsprozesse). Trotz der Unterschiedlichkeit der Ursachen altersbezogener Veränderungen mechanischer Leistungen lassen sich auch Gemeinsamkeiten beider Veränderungstypen identifizieren. Mechanische Leistungen, deren neuronale Strukturen relativ spät ausreifen, sind in der Regel auch früher von der kognitiven Alterung betroffen (»Ribotsches Gesetz«; Ribot, 1882). Dies betrifft beispielsweise Aspekte der Verhaltensregulation, die mit alterungsbedingten Veränderungen des dorsolateralen präfrontalen Kortexes in Verbindung gebracht werden (vgl. Raz & Nagel, Kapitel 2.1 in diesem Band; Prull, Gabrieli & Bunge, 2000; Raz, 2000; vgl. auch Abschnitt 4.2). Diese Verbindung könnte damit begründet sein, dass mechanische Leistungen, die sich sowohl ontogenetisch als auch evolutionär spät entwickelt haben (vgl. auch »last in, first out«; Raz, 2000), auf besonders zahlrei-

chen und komplex verknüpften neuronalen Verbindungen aufbauen und daher störungsanfälliger sind als ontogenetisch und evolutionär früh entwickelte Leistungen.

1.2 Die Pragmatik der Kognition

Die Pragmatik der Kognition repräsentiert die kulturelle Determinante der intellektuellen Entwicklung. Entwicklungszugewinne in der Pragmatik reflektieren den Erwerb kulturell verankerter Bestände deklarativen und prozeduralen Wissens, die den Individuen im Laufe der Sozialisation zugänglich gemacht werden. Sozialisationsvorgänge sind kulturell verschieden, innerhalb kultureller Gesellschaften jedoch häufig normativ (z. B. allgemeine Schulpflicht). Einige Sozialisationsvorgänge sind universell (z. B. Erwerb kultureller Fertigkeiten durch Lehrer) und andere sind hoch spezialisiert und idiosynkratisch (z. B. professionelle Expertise).

Individuelle Unterschiede in pragmatischen Leistungen sind mit Bildungschancen und anderen Aspekten sozialer Ungleichheit korreliert. In der Schulzeit und auch in späteren Abschnitten der Ontogenese »investieren« Individuen fluide Fähigkeiten (d. h. das vorhandene mechanisch-kognitive Potential) in allgemein relevante Wissensbereiche (vgl. auch Cattell, 1971), wobei die Zugewinne an normativ-pragmatischen Wissensbeständen im Rahmen der Gf/Gc-Theorie als kristalline Fähigkeiten bezeichnet werden. Auf der Basis dieser Investitionsbeziehung nimmt man an, dass Leistungszugewinne in kristallinen Fähigkeiten den Leistungszugewinnen in mechanischen Fähigkeiten ontogenetisch nachfolgen. Zudem sollten basierend auf den theoretischen Annahmen des Zweikomponentenmodells der Intelligenz fluide/mechanische Fähigkeiten stärker als kristalline/pragmatische Fähigkeiten mit dem gegenwärtigen Leistungsniveau des Gehirns verbunden sein, hingegen kristalline/pragmatische stärker

als fluide/mechanische Fähigkeiten mit soziographischen Faktoren verknüpft sein. Empirische Evidenz für die Divergenz der Beziehungen zwischen fluiden und kristallinen intellektuellen Fähigkeiten liefern beispielsweise die Ergebnisse der Berliner Altersstudie (Lindenberger & Baltes, 1997; siehe **Abb. 2**).

Im hohen Alter kann eine Abnahme kristalliner Fähigkeiten dadurch bedingt sein, dass mechanische Fähigkeiten unter ein gewisses Niveau absinken, so dass die für die Repräsentation der Wissensbestände erforderlichen Mechanismen nicht mehr hinreichend zuverlässig funktionieren. Das Niveau kann dabei von Person zu Person und von Aufgabe zu Aufgabe sehr variabel sein. Folglich sollte sich in dieser Phase des Lebens, getrieben durch das Nachlassen der Mechanik der Kognition, die Bindung der kristallinen an die fluiden Fähigkeiten wieder verstärken (siehe auch Abschnitt 2.3). Die theoretische Annahme einer zunehmenden Bedeutung alterungsbedingter Veränderungen in der Mechanik für altersbedingte Veränderungen in der Pragmatik kann mittels dynamischer Strukturgleichungsmodelle geprüft werden (z. B. anhand eines *bivariate dual change score model*; vgl. McArdle, Hamagami, Meredith & Bradway, 2000). Anhand dieser Modelle und längsschnittlicher oder gemischt längsschnittlich-querschnittlicher Datensätze lässt sich feststellen, ob Altersveränderungen in intellektuellen Fähigkeiten durch den Einfluss der Mechanik auf die Pragmatik oder umgekehrt zurückzuführen sind. Die Anwendung solcher Modelle auf einen längsschnittlich-querschnittlichen Datensatz der Berliner Altersstudie unterstützten die bisherige Annahme, dass eine Abnahme mechanischer Fähigkeiten die Abnahme pragmatischer Fähigkeiten nach sich zieht (Ghisletta & Lindenberger, 2003).

Ein Großteil des Zuwachses an kognitiver Kompetenz im mittleren Erwachsenenalter geht auf den Erwerb und die Pflege von

3 Kognitive Funktionen

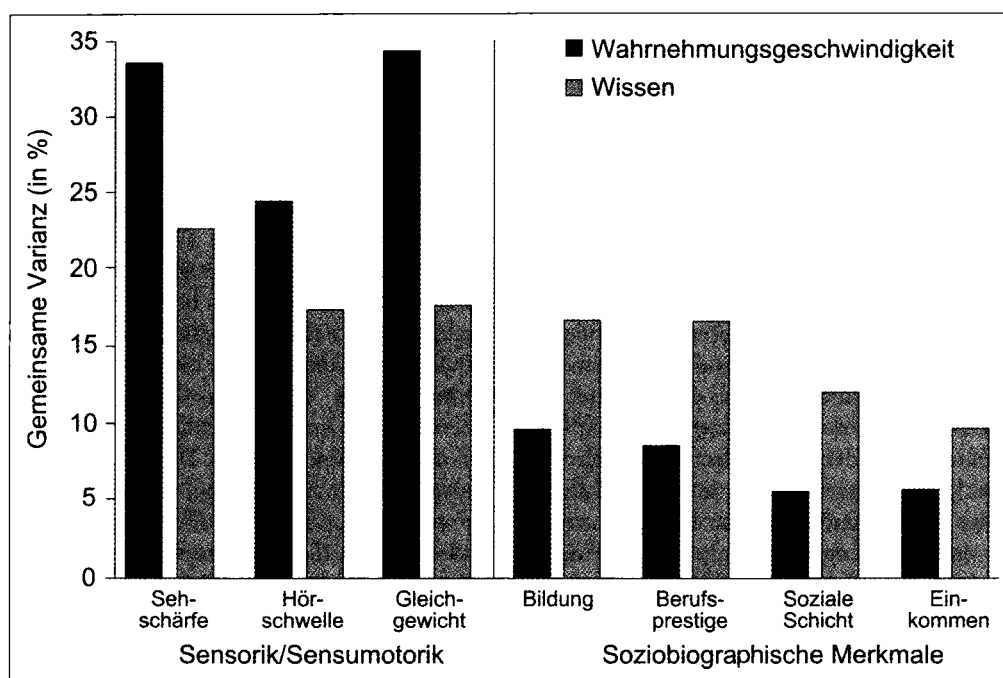


Abb. 2: Fortbestand der divergenten Beziehung mechanischer und pragmatischer Fähigkeiten zu biologischen und kulturellen Einflussystemen im hohen Alter. Die Wahrnehmungsgeschwindigkeit als Indikator der Mechanik der Kognition korreliert höher mit sensorisch-sensumotorischen Variablen als das verbale Wissen, ein Indikator der Pragmatik der Kognition. Umgekehrt korreliert das verbale Wissen höher mit sozialstrukturell-biographischen Variablen als die Wahrnehmungsgeschwindigkeit. Die sensorisch-sensumotorischen Variablen repräsentieren das biologische Einflussystem, die sozialstrukturell-biographischen Variablen das kulturelle. N = 516; Altersbereich 70 bis 103 Jahre (nach Lindenberger & Baltes, 1997).

personenspezifischem pragmatischem Wissen zurück. Der Erwerb dieser Wissensbestände ist von der Erfahrung, der Motivation, dem Handlungskontrollerleben sowie der generellen Begabung von Personen bestimmt. Zur Untersuchung des bereichsspezifischen Wissenserwerbs eignet sich das Expertise-Paradigma (Ericsson & Lehmann, 1996; Masunaga & Horn, 1991), das die Bedingungen und Prozesse der Genese von Höchstleistungen in unterschiedlichen Bereichen näher spezifiziert. Mithilfe des Expertise-Paradigmas hat man beispielsweise die Wissensbereiche Schach (Charness, 1981), Kartenspiele (Bosman &

Charness, 1996; Charness, 1983; Knopf, Preußler & Stefanek, 1995), Musik (Krampe & Ericsson, 1996; Meinz, 2000) und bestimmte Berufsgruppen wie Piloten (Morrow, Menard, Stine-Morrow, Teller & Bryant, 2001; Taylor, O'Hara, Mumenthaler, Rosen & Yesavage, 2005; Tsang & Shaner, 1998) und Grafikdesigner (Lindenberger, Kliegl & Baltes, 1992) näher untersucht. Dabei gibt es bislang kaum Hinweise darauf, dass positive Auswirkungen der Expertise altersbedingte Veränderungen in mechanischen Fähigkeiten aufhalten können (Krampe & Ericsson, 1996; Salthouse, 1991b, 2003; Taylor et al., 2005).

1.3 Evolutionäre und ontogenetische Abhängigkeiten

Die Entwicklung intellektueller Fähigkeiten beruht von Beginn an auf Interaktionen zwischen der Mechanik und der Pragmatik, deren Qualität und Funktion sich im Laufe der Ontogenese verändern (siehe auch Lindenberger, 2002; vgl. auch Abschnitt 1.2). In der Kindheit- und im Jugendalter wie auch im späteren Erwachsenenalter bestimmen reifungs- und alterungsbedingte Veränderungen im Entwicklungsniveau und im Potential der Mechanik die Fähigkeit zum Erwerb weiteren pragmatischen Wissens sowie zum Erhalt und der Anwendung dieses Wissens in geeigneten Kontexten. Dies lässt sich durch den Unterschied im Höchstleistungsalter zwischen Turnier- und Korrespondenzschach verdeutlichen (Bosman & Charness, 1996). Beim Turnierschach betrug bis vor einigen Jahren das mittlere Alter, in dem Personen zum ersten Mal Weltmeister werden, etwa 30 Jahre, beim Korrespondenzschach hingegen etwa 46 Jahre. Während man beim Turnierschach im Mittel drei Minuten Zeit hat, über den nächsten Spielzug nachzudenken, hat man beim Korrespondenzschach drei Tage Zeit. Die Unterschiede im Höchstleistungsalter spiegeln demnach die relative Wichtigkeit in der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit und dem Schachwissen wider. Unterschiede im Höchstleistungsalter hängen dabei von einem Zusammenspiel zwischen dem Alter des Fertigkeitserwerbs, dem zum Fertigkeitserwerb benötigten Zeitaufwand und dem altersbedingten Nachlassen in mechanischen Fähigkeiten ab. Da die Bedenkzeit beim Turnierschach in den letzten Jahren verkürzt wurde, hat auch das Durchschnittsalter der Weltmeister und Sieger wichtiger Turniere abgenommen.

2 Die Entwicklung intellektueller Fähigkeiten aus psychometrischer Sicht

Die psychometrische Forschungstradition hat in nachhaltiger Weise zur Beschreibung unterschiedlicher Entwicklungsverläufe in intellektuellen Fähigkeiten über die Lebensspanne beigetragen. Beispielsweise hat die Formulierung der *Gf/Gc*-Theorie wesentlich die theoretische Unterscheidung zwischen alterungsanfälligen und alterungsresistenten Leistungen vorangetrieben. Im folgenden Abschnitt wird vor allem näher auf die Befunde zur relativen Stabilität, Heritabilität und hinsichtlich der Veränderungen der Faktorenstruktur intellektueller Fähigkeiten eingegangen.

2.1 Relative Stabilität intellektueller Leistungen über die Lebensspanne

Die relative Stabilität von Entwicklungsveränderungen betrachtet das Ausmaß, in dem interindividuelle Unterschiede in frühen Abschnitten der Ontogenese interindividuelle Unterschiede in späteren Abschnitten der Ontogenese vorhersagen können. Allerdings beruht ein Großteil der Befunde zur relativen Stabilität intellektueller Leistungen auf relativ unspezifischen Maßen sogenannter IQ-Tests, die zumeist ein Konglomerat aus fluiden/mechanischen und kristallinen/pragmatischen Aspekten der Intelligenz erfassen. Die Komponenten sind dabei unterschiedlich weit vom Generalfaktor der Intelligenz (d. h. vom Zentrum des Raums intellektueller Fähigkeiten) entfernt. Zudem werden durch ihre Undifferenziertheit unter anderem strukturelle Eigenschaften der intellektuellen Entwicklung verdeckt.

Betrachtet man die relative Stabilität intellektueller Leistungen, so nehmen die Korrelationen zwischen wiederholten Messungen

3 Kognitive Funktionen

der intellektuellen Leistungsfähigkeit mit zunehmendem zeitlichem (d. h. ontogenetischem) Abstand zwischen den Messungen ab. Eine Ausnahme bilden die relativen Stabilitäten zwischen Maßen des Habituations- und Wiedererkennungsverhaltens im Säuglingsalter und den Maßen der allgemeinen intellektuellen Leistungsfähigkeit im Kindesalter (vgl. McCall, 1994; McCall & Carriger, 1993; siehe auch P. Baltes et al., 2006; Lindenberger, 2000, für einen Überblick). Beispielsweise sind individuelle Unterschiede im Habituations- und Wiedererkennungsverhalten im Alter zwischen zwei und acht Monaten moderat mit Standardtests der Intelligenz korreliert, die im Alter zwischen einem und acht Jahren erhoben werden (Median der Korrelationen: $r = 0,45$; nach Berücksichtigung der Reliabilität der Tests: $r = 0,70$; vgl. McCall & Carriger, 1993). Demnach sind hohe relative Stabilitäten intellektueller Leistungsfähigkeiten bereits im Säuglingsalter nachweisbar (vgl. auch Rose, Feldman & Jankowski, 2005). Eine mögliche Erklärung der hohen relativen Stabilität zu Beginn der Ontogenese ist, dass Säuglinge, die sich schneller an Reize gewöhnen (d. h. habituierten) oder die eine stärkere Präferenz für das neue Objekt zeigen, eher in der Lage sind, Handlungstendenzen, die mit bereits bestehenden Repräsentationen verknüpft sind, zu hemmen. Diese Annahme entspricht der Vorstellung, dass Inhibition und Bevorzugung des Neuen übergreifende Merkmale der Intelligenz darstellen (Berg & Sternberg, 1985; McCall, 1994).

Betrachtet man allerdings relative Stabilitäten, bei denen der Abstand zwischen den Messungen konstant bleibt, so nehmen die Korrelationen von der Kindheit über das Jugendalter bis in das mittlere und späte Erwachsenenalter deutlich zu. Beispielsweise berichten Humphreys und Davey (1988) Ein-Jahres-Stabilitäten von 0,76 für den Altersbereich zwischen fünf und sechs Jahren und von 0,90 für den Altersbereich zwi-

schen acht und neun Jahren. Auf der Basis eines reliabilitätskorrigierten Aggregats mehrerer intellektueller Fähigkeiten, das als valider Indikator der generellen Intelligenz gelten kann, fanden Hertzog und Schaie (1986) sehr hohe Sieben-Jahres-Stabilitäten im Altersbereich zwischen 25 und 67 Jahren, die zwischen 0,89 und 0,96 variierten; die entsprechenden Ein-Jahres-Stabilitäten wären nahe bei 1,0. Insgesamt betrachtet ist demnach die relative Stabilität intellektueller Leistungsfähigkeit über die Lebensspanne als hoch einzuschätzen (Arbuckle, Maag, Puskar & Chaikelson, 1998; Deary, Whiteman, Starr, Whalley & Fox, 2004).

Bei der Interpretation der relativen Stabilität von Entwicklungsveränderungen über die Lebensspanne sollten allerdings auch Niveauperänderungen mit einbezogen werden (Molenaar, Boomsma & Dolan, 1991). Zu Beginn der Ontogenese ist das Ausgangsniveau intellektueller Fähigkeiten sehr gering und nimmt dann rapide zu, so dass eine größere Menge neuer Varianz pro Zeiteinheit entsteht, verglichen mit den nachfolgenden Lebensabschnitten. Damit verbunden ändern sich die interindividuellen Unterschiede zu Beginn der Ontogenese relativ schnell. Komplementär dazu vermutet man, dass die rapide Abnahme intellektueller Leistungen im hohen Alter auch zu einer partiellen Neuordnung individueller Unterschiede führt (Ghisletta & Lindenberger, 2003; Mitrushina & Satz, 1991).

2.2 Heritabilität

Der Begriff Heritabilität beschreibt das Ausmaß, in dem individuelle Unterschiede in einem Verhaltensmerkmal mit interindividuellen Unterschieden in der genetischen Ausstattung zusammenhängen. Heritabilitätskoeffizienten enthalten keine direkte Information über Mechanismen der Genexpression und variieren in Abhängigkeit von der relativen Größe umweltbedingter und

genetischer Varianzquellen. Außerdem bleiben Einflüsse unberücksichtigt, die Leistungen aller Mitglieder der Population in gleicher Weise verändern.

Genetisch bedingte individuelle Unterschiede kommen unmittelbar in der Mechanik der Kognition zum Ausdruck. Vermittelt durch die ontogenetische Interaktion zwischen Mechanik und Pragmatik, können sie sich jedoch auch auf die Pragmatik der Kognition auswirken. Ähnlich wie die relative Stabilität intellektueller Leistungen über die Lebensspanne nimmt auch die Heritabilität in der ersten Lebenshälfte zu, mit Werten von 40 bis 50 Prozent in der Kindheit und im Jugendalter und Werten bis zu 80 Prozent im mittleren Erwachsenenalter (McGue, Bouchard, Iacono & Lykken, 1993). Im Gegensatz dazu nehmen Einflüsse der geteilten Umwelt, die den Zwillingen bzw. den Geschwistern gemeinsam sind, von der Kindheit bis ins frühe Erwachsenenalter ab (McGue et al., 1993). Die Zunahme der Heritabilität der intellektuellen Leistungsfähigkeit wird dadurch erklärt, dass Jugendliche und Erwachsene eher als Kinder die Möglichkeit haben, solche Umwelten aufzusuchen (d. h. zu selektieren), die ihrem genetischen Potential entsprechen (vgl. Scarr & McCartney, 1983). 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 Prozent *zurückgeht* (McClearn et al., 1997; McGue & Christensen, 2001). Zusammenfassend lassen die vorangegangenen Abschnitte vermuten, dass sich die relative Stabilität und Heritabilität in ähnlicher Weise über die Lebensspanne verändern. Zum besseren Verständnis der ontogenetischen Dynamik dieser Parallelität bedarf es allerdings längsschnittlich und multivariat angelegter verhaltensgenetischer Untersuchungen über die gesamte Lebensspanne.

2.3 Differenzierung und Dedifferenzierung der Fähigkeitsstruktur über die Lebensspanne

Die Differenzierungshypothese der Intelligenz (Spearman, 1927; vgl. Deary & Pagliari, 1991; Deary et al., 1996) postuliert, dass das Ausmaß an positiver Kovariation zwischen intellektuellen Fähigkeiten, das heißt die relative Bedeutung des Generalfaktors der Intelligenz, in gegenläufiger Beziehung zum durchschnittlichen Fähigkeitsniveau einer Population steht. Das Ausmaß an Kovariation nimmt demnach mit zunehmendem Leistungsniveau ab. Beispielsweise würde man auf der Basis der Differenzierungshypothese erwarten, dass die Wahrnehmungsgeschwindigkeit und der Wortschatz in einer Population von Personen mit überdurchschnittlicher genereller Intelligenz niedriger miteinander korreliert sein sollten als in einer Population von Personen mit unterdurchschnittlicher genereller Intelligenz.

Die Differenzierungshypothese beruht zum Teil auf der theoretischen Vorstellung, dass niedrige intellektuelle Leistungen vor allem durch bereichsübergreifende leistungsbegrenzende Faktoren verursacht werden. Hingegen setzen hohe intellektuelle Leistungen ein intaktes kognitives System voraus und werden vorwiegend durch bereichsspezifische Bedingungen begrenzt (vgl. Spearman, 1927). Aus der Sicht der Psychologie der Lebensspanne sollte die Bedeutung des Generalfaktors während der Kindheit in Folge der Reifung und Ausdifferenzierung des Gehirns sowie im Zuge des Erwerbs bereichsspezifischer Wissensbestände nachlassen und vom Jugendalter bis ins späte Erwachsenenalter relativ konstant bleiben. Im hohen Alter hingegen sollte aufgrund der Zunahme umfassender Begrenzungen der Effizienz der Informationsverarbeitung die Bedeutung des Generalfaktors erneut zunehmen

3 Kognitive Funktionen

(P. Baltes, Cornelius, Spiro, Nesselroade & Willis, 1980).

Die theoretischen Überlegungen zur Abfolge von Differenzierung und Dedifferenzierung der intellektuellen Fähigkeiten über die Lebensspanne (vgl. Schaie, 1962) werden durch Befunde aus dem Kindesalter (Deary et al., 1996) und dem hohen Alter (Lindenberger & Baltes, 1997; Mitrushina & Satz, 1991; Deary et al., 2004) sowie von einer querschnittlichen Studie mit einem kontinuierlichen Altersbereich von 6 bis 89 Jahren (S.-C. Li et al., 2004) gestützt. Hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang die Befunde zum hohen Alter aus der Berliner Altersstudie (P. Baltes & Lindenberger, 1997; Lindenberger & Baltes, 1994, 1997). Im Einzelnen konnte gezeigt werden:

- a) Die querschnittlichen Altersgradienten mechanischer und normativ-pragmatischer intellektueller Fähigkeiten konvergieren im hohen Alter und ergeben ein Bild des generalisierten linearen Leistungsrückgangs (*Richtungsdifferenzierung*).
- b) Die Interkorrelationen intellektueller Fähigkeiten sind im hohen Alter deutlich höher und gleichförmiger als im Erwachsenenalter (*intrasystemische Kovarianzdifferenzierung*).
- c) Grundlegende sensorische und sensu-motorische Fähigkeiten (z. B. Sehschärfe, Hörschwelle und Gleichgewicht), die ebenfalls deutliche altersbedingte Einbußen zeigen, weisen im hohen Alter wesentlich stärkere korrelative Beziehungen zu intellektuellen Fähigkeiten auf als im jüngeren Erwachsenenalter (Anstey, Stankov & Lord, 1993; Lindenberger & Baltes, 1994; P. Baltes & Lindenberger, 1997) (*intersystemische Kovarianzdifferenzierung*).

Diese Befunde scheinen die Annahme bereichsübergreifend wirksamer Alterungsvorgänge des Gehirns zu stützen (S.-C. Li & Lindenberger, 1999; siehe auch Abschnitt 4).

Die Interpretation der vorliegenden Befunde zur Differenzierungshypothese ist allerdings nur eingeschränkt möglich, da die überwiegende Anzahl der Befunde auf querschnittlichen altersheterogenen Datensätzen beruht. Zur Bestimmung von Altersunterschieden in der Fähigkeitsstruktur sind jedoch längsschnittliche Datensätze wünschenswert, die inter- und intraindividuelle Strukturen und Strukturveränderungen über die Lebensspanne erfassen.

3 Plastizität intellektueller Fähigkeiten

Unter Plastizität versteht man das Potential eines Organismus zur Änderung seines Verhaltens im Allgemeinen und zur Steigerung seiner Leistungen im Besonderen (vgl. Singer & Lindenberger, 2000). Die Plastizität der intellektuellen Leistungen über die Lebensspanne bewegt sich im Rahmen der von der Mechanik gesetzten altersabhängigen Grenzen, die wiederum durch Veränderungen der materiellen und soziokulturellen Umwelt beeinflusst werden. Manche dieser Veränderungen sind langfristiger Natur, beispielsweise historisch bedingt, und betreffen alle Individuen einer Gesellschaft (z. B. die Verbesserung der Ernährung). Andere sind eher kurzfristiger Natur und betreffen kleinere Gruppen von Individuen (z. B. Teilnehmer von kognitiven Interventionsstudien). Im Folgenden werden langfristige und kurzfristige Einflüsse auf Veränderungen in intellektuellen Leistungen über die Lebensspanne dargelegt.

3.1 Kohorteneffekte, Periodeneffekte und gesellschaftlicher Wandel

Die Veränderung von altersbedingten Unterschieden in intellektuellen Leistungen kann durch historische Einflussysteme bedingt sein. Diese Veränderungen können durch zeitlich stabile Unterschiede zwischen Personen unterschiedlicher Geburtsjahrgänge zustande kommen (Kohorteneffekte), durch bestimmte historische Ereignisse (z. B. Kriege), die alle Altersgruppen einer Kohorte betreffen (Periodeneffekte), sowie durch generelle und zeitlich ausgedehnte Veränderungen in den Umweltbedingungen, die sich auf alle Individuen einer Gesellschaft und deren nachfolgende Generationen auswirken (gesellschaftlicher Wandel). Die genaue Spezifizierung dieser Einflussgrößen gestaltet sich methodisch als allerdings sehr schwierig (P. Baltes, 1968; Rabbitt, Diggle, Smith, Holland & Innes, 2001).

Eine Möglichkeit zur Bestimmung des Einflusses des generellen gesellschaftlichen Wandels besteht in einem Vergleich von Personen desselben chronologischen Alters zu verschiedenen historischen Zeitpunkten. Derartige Vergleiche verweisen auf eine kontinuierliche Zunahme der intellektuellen Leistungen in den letzten Jahrzehnten (Flynn-Effekt; Flynn, 1987, 1999) mit einigen wenigen Ausnahmen (z. B. Kopfrechnen; Schaie, 1996). Als mögliche Erklärungen für diese Zunahmen kommen neben gesundheitlichen vor allem ausbildungs- und arbeitsbezogene Faktoren in Frage.

Die Bestimmung von Altersveränderungen in intellektuellen Leistungen mittels eines Kohortensequenzdesigns erlaubt sowohl querschnittliche als auch längsschnittliche Altersvergleiche sowie die Vergleiche unabhängiger (d. h. zu jedem Messzeitpunkt neu gezogener) Stichproben. Beispielsweise wurden in der *Seattle Longitudinal Study* von Schaie (1996) durchschnittliche Al-

tersveränderungen einerseits auf der Basis von querschnittlichen Altersvergleichen und andererseits auf der Basis von unabhängigen Stichproben von identischen Geburtsjahrgängen aus verschiedenen Kohorten geschätzt. Die Ergebnisse verweisen auf sehr ähnliche durchschnittliche Altersveränderungen (vgl. Salthouse, 1991b), so dass die Effekte des gesellschaftlichen Wandels als eher gering einzuschätzen sind. Demgegenüber stehen Befunde längsschnittlicher Beobachtungen am gleichen Datensatz, die darauf verweisen, dass die Abnahme intellektueller Leistungen im hohen Alter überschätzt wird und demnach weniger negativ ausfällt. Die Diskrepanz der Ergebnisse zwischen querschnittlichen, längsschnittlichen und stichprobenunabhängigen Altersvergleichen lässt vermuten, dass die positive Abweichung längsschnittlich beobachtbarer Altersverläufe teilweise auf Übungseffekten und auf positiv selektierender Stichprobenauswahl beruht (vgl. Lindenberger, Singer & Baltes, 2002; T. Singer, Lindenberger & Baltes, 2003). Die zunehmende Vertrautheit mit dem Untersuchungsmaterial hat vermutlich eine positive Wirkung auf die Leistungen der nachfolgenden Messungen (Übungseffekte). Zudem konnten Personen mit besseren Leistungen bzw. mit einer geringeren Abnahme in intellektuellen Leistungen über die Zeit mit höherer Wahrscheinlichkeit untersucht werden als Personen mit schlechteren Leistungen bzw. mit einer größeren Abnahme in intellektuellen Leistungen (positive Stichprobenauswahl). Obwohl längsschnittliche Untersuchungen zur Bestimmung von interindividuellen Unterschieden in intraindividuellen Veränderungen über die Lebensspanne beitragen, machen die beschriebenen Befunde deutlich, dass längsschnittliche Untersuchungsdesigns nicht unmittelbar zu einer genaueren Schätzung von durchschnittlichen Altersveränderungen führen als querschnittliche Untersuchungsdesigns.

3.2 Kognitive Intervention: Aktivierung des Lernpotentials

Kognitive Intervention (Kramer & Willis, 2002) bietet einen direkteren Zugang zur Untersuchung von Altersunterschieden in kognitiver Plastizität als kohortenvergleichende Forschung. Der Fokus liegt in den folgenden Abschnitten auf der Plastizität in unterschiedlichen Bereichen intellektueller Fähigkeiten, und zwar im Besonderen auf der fluiden Intelligenz, dem episodischen Gedächtnis und der Koordination kognitiver Prozesse (für einen generellen Überblick über die Interventionsforschung siehe Kruse, Kapitel 8.2 in diesem Band). Diese Bereiche wurden ausgewählt, weil aus ihnen die überwiegende Anzahl empirischer Arbeiten stammt, die Validität dieser Konstrukte durch zahlreiche Studien zur Faktorenstruktur intellektueller Fähigkeiten gut belegt ist und die Plastizität dieser intellektuellen Leistungen von besonderem theoretischem und praktischem Interesse ist. Im Folgenden werden zunächst zentrale Befunde kognitiver Interventionsforschung dargestellt (vgl. auch Lindenberger, 2002).

Kognitive Plastizität im höheren Erwachsenenalter: Eine kognitive Interventionsstudie besteht zumeist aus einem Prätest, einer Intervention, die sich über mehrere Sitzungen erstreckt, sowie einem Posttest. Üblicherweise zeigen Individuen unterschiedlicher Altersstufen Leistungszugewinne nach kognitiver Intervention. Angesichts negativer Altersgradienten intellektueller Leistungen im höheren Erwachsenenalter und im hohen Alter stellt sich allerdings die Frage, ob die kognitive Plastizität auch in diesem Altersbereich erhalten bleibt. Dabei gilt, dass auch ältere Erwachsene, die geistig gesund sind, deutliche Leistungszugewinne nach kognitiver Intervention zeigen. Zugleich variiert das Ausmaß an Leistungszugewinnen in Abhängigkeit der Art der Intervention. Beispielsweise sind im Bereich der fluiden

Intelligenz die Leistungszugewinne bei reiner Testwiederholung geringer als bei ausgedehntem Üben oder angeleitetem Trainieren. Die Leistungszugewinne, die durch selbstgesteuertes Üben oder angeleitetes Trainieren erzielt werden, sind hingegen oft von ähnlicher Größe (z. B. P. Baltes, Sowarka & Kliegl, 1989; siehe Abb. 3). Die Tatsache, dass selbstgesteuertes Üben bei fluiden Testleistungen oft genau so wirksam ist wie angeleitetes Trainieren, hat zu der Vermutung geführt, dass die Wirksamkeit der kognitiven Intervention bei älteren Erwachsenen in erster Linie auf einer Reaktivierung vorhandener und nicht so sehr auf dem Lernen neuer Strategien und Heuristiken beruht (P. Baltes et al., 1989). Die bereits erwähnte *Seattle Longitudinal Study* (Schaie, 1996) verbindet die querschnittliche und längsschnittliche Beobachtung mehrerer Geburtsjahrgänge über das gesamte Erwachsenenalter mit Trainingsstudien auf dem Gebiet der fluiden Intelligenz im Alter. Diese Verknüpfung erlaubt den Vergleich des Ausmaßes zwischen den in Trainingsstudien erzielten Leistungszugewinnen in fluiden Intelligenz mit dem Ausmaß an altersbedingten Verlusten in diesen Leistungen. Dabei entspricht das Ausmaß an Trainingsgewinnen in dieser Studie etwa dem Ausmaß des zuvor über 15 bis 20 Jahre beobachteten längsschnittlichen Verlustes (z. B. Schaie, 1996; Schaie & Willis, 1986).

Gesunde ältere Erwachsene zeigen folglich ein beträchtliches Ausmaß an kognitiver Plastizität, und zwar sowohl in Bezug auf Testleistungen im Bereich der fluiden Intelligenz (Denney & Heidrich, 1990; Schaie & Willis, 1986) als auch bei dem Erwerb und der Nutzung von Gedächtnistechniken (Derwinger, Stigsdotter Neely, Persson, Hill & Bäckman, 2003; Kliegl, Smith & Baltes, 1989; Verhaeghen, Marcoen & Goossens, 1992). Im hohen Alter besitzt dieser Befund allerdings nur eingeschränkte Gültigkeit (T. Singer et al., 2003; Willis & Nesselroade,

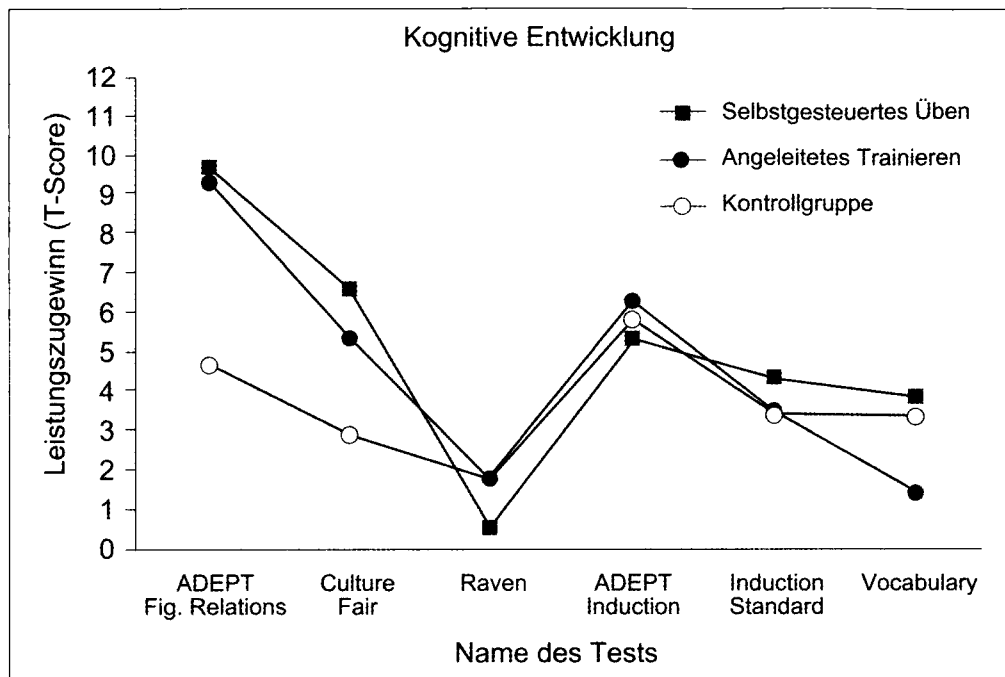


Abb. 3: Ergebnis einer typischen Trainingsstudie im Bereich der fluiden Intelligenz (P. Baltes, Sowarka & Kliegl, 1989). Geübt bzw. trainiert wurden der *ADEPT Figural Relations*. Im Vergleich zur Kontrollgruppe (Messwiederholung ohne Intervention) führte selbstgesteuertes Üben zu Veränderungen gleicher Größenordnung wie angeleitetes Trainieren. Dieser Befund legt die Deutung nahe, dass das angeleitete Training in erster Linie bereits vorhandene Strategien und Heuristiken reaktivierte. Der positive Transfer der Intervention beschränkte sich auf Aufgaben, deren äußere Merkmale denen der trainierten Aufgabe stark ähnelten. Bereits für den Raven Matrizen test ließen sich keine trainings- oder übungsbedingten Leistungszugewinne nachweisen. Dies stützt die Annahme, dass die Intervention auf dem Niveau aufgabenspezifischer Fertigkeiten wirksam war, nicht jedoch auf dem Niveau aufgabenübergreifender Fähigkeiten (nach Lindenberger & Kray, 2005).

1990). Zum Beispiel sind die im hohen Alter erzielbaren Trainingszugewinne auf dem Gebiet episodischer Gedächtnisleistungen deutlich niedriger und weniger optimierbar als in anderen Abschnitten des Erwachsenenalters (T. Singer & Lindenberger, 2000). Schließlich sind die interventionsbedingten Leistungszugewinne bei Personen mit beginnenden oder fortgeschrittenen dementiellen Erkrankungen deutlich reduziert oder nicht mehr nachweisbar. Aus diesem Grund kann eine Verminderung kognitiver

Plastizität zur Frühdiagnose dementieller Erkrankungen genutzt werden (Bäckman, 1992; M. Baltes, Kühl, Gutzmann & Sowarka, 1995).

Altersunterschiede an Leistungsbergrenzen: Bei der Mehrzahl der Studien sind das Ausmaß und die Intensität der kognitiven Intervention zu gering, um Altersunterschiede an den Leistungsbergrenzen zu bestimmen. Dies erkennt man unter anderem daran, dass die im Laufe des Trainings beobachteten Leistungszugewinne linear sind

3 Kognitive Funktionen

und deswegen kein Anlass zu der Vermutung besteht, die Probanden hätten sich den Obergrenzen ihrer Leistungsfähigkeit genähert. Aus entwicklungspsychologischer Sicht ist die Bestimmung von Altersunterschieden an den Leistungsobergrenzen von großem theoretischem Interesse (P. Baltes, 1997; Kliegl & Baltes, 1987). Im Normalbereich werden Altersunterschiede in intellektuellen Leistungen durch zahlreiche Faktoren mitbeeinflusst, so zum Beispiel durch präexperimentelle (d. h. durch bereits vor der Untersuchung bestehende) Unterschiede in der Vertrautheit mit dem Aufgabenmaterial. Trainiert man Personen über einen längeren Zeitraum in einer neu erlernten Fertigkeit, so lassen sich diese unerwünschten Einflüsse weitgehend unterdrücken. Zudem ermöglicht die Messung intellektueller Leistungen an den Leistungsobergrenzen eine bessere Abschätzung des latenten Entwicklungspotentials der Personen im trainierten Bereich.

Demnach können Altersunterschiede oder Altersveränderungen, wie sie gewöhnlich in Querschnitt- oder Längsschnittuntersuchungen beobachtet werden, nicht als direkter Ausdruck von Altersveränderungen in der kognitiven Mechanik angesehen werden. So können sich Personen unterschiedlichen Alters systematisch im Ausmaß ihrer aufgabenspezifischen Vorerfahrung unterscheiden. Weiterhin können wissensbasierte Einflüsse in Form von aufgabenrelevanten Strategien und Heuristiken, die der Pragmatik der Kognition zugerechnet werden müssen, sowie motivationale und emotionale Faktoren wie Testängstlichkeit und Erregungsniveau die Messung der Mechanik der Kognition beeinflussen.

Folglich basiert unser Wissen über Altersveränderungen in der Mechanik der Kognition größtenteils auf Messungen eingeschränkter Gültigkeit (Validität). Daher scheint es sinnvoll zu sein, nach Indikatoren interindividueller Unterschiede im mechanischen Leistungspotential zu suchen,

die möglichst wenig durch pragmatische und andere Einflüsse kontaminiert sind (vgl. Guthke & Wiedl, 1996). Die oben eingeführte Strategie des Grenztestens oder *testing the limits* ist für diesen Zweck besonders gut geeignet. Werden Personen unterschiedlichen Alters durch intensives Üben oder Training sowie durch leistungsabhängige Veränderungen der Aufgabenschwierigkeit möglichst nahe an ihre asymptotischen Leistungsmaxima herangeführt, so lassen sich die an diesen Grenzen zu Tage tretenden Altersunterschiede mit größerer Sicherheit auf die Mechanik der Kognition zurückführen als Altersunterschiede im normalen Leistungsbereich (Lindenberger & Baltes, 1995).

Die *Testing-the-Limits*-Methode sollte daher auf die gesamte Lebensspanne sowie auf verschiedene Aspekte der Mechanik der Kognition ausgedehnt werden, um zu ontogenetisch umfassenden und validen Entwicklungsfunktionen zu gelangen. Ein gutes Beispiel für diese Forschungsstrategie des *testing the limits* ist der Erwerb und das Training mit der Methode der Orte, einer Fertigkeit zum seriellen Erinnern von Wortlisten. Die Methode der Orte ist mit einem sehr breiten Bündel fluider intellektueller Fähigkeiten korreliert, so zum Beispiel mit der Wahrnehmungsgeschwindigkeit, dem Denkvermögen sowie mit dem bildlichen und räumlichen Vorstellungsvermögen (Kliegl, Smith & Baltes, 1990). Trainiert man junge und ältere Erwachsene in der Methode der Orte, so treten sowohl das latente Potential der älteren Probanden als auch die deutlichen Altersunterschiede in der Größe dieses latenten Potentials deutlich zutage. Zum Beispiel erreichte bei einer Untersuchung von Paul Baltes und Kliegl (1992) am Ende des Trainings kein einziger der älteren Erwachsenen die mittlere Leistung der jungen Erwachsenen (siehe Abb. 4). Die Länge des Trainings, die nachlassenden Trainingsgewinne und die hohe Stabilität der Leistungsunterschiede am Ende

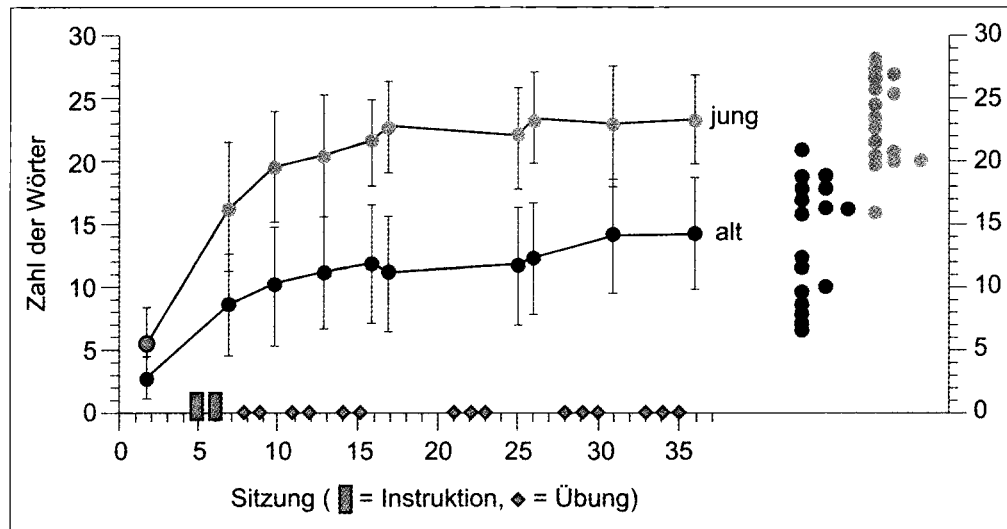


Abb. 4: Forschung mit dem *Testing-the-Limits*-Ansatz bringt robuste altersbedingte Verluste in der Mechanik der Kognition zum Vorschein. Das Beispiel bezieht sich auf Gedächtnisleistungen nach Instruktion in der Methode der Orte. Nach 38 Sitzungen hatten die meisten älteren Erwachsenen noch nicht das Leistungsniveau erreicht, das die jungen Erwachsenen nach wenigen Sitzungen erreichten. Am Ende des Trainings lag keine der Leistungen der älteren Erwachsenen über dem Mittelwert der jungen Erwachsenen (nach P. Baltes & Kliegl, 1992).

des Trainings erlauben den Schluss, dass die beobachteten Altersunterschiede in den Obergrenzen der Leistungsfähigkeit außerordentlich stabil und vermutlich irreversibel sind. Dies entspricht den allgemeinen Annahmen der oben dargestellten Architektur des Lebenslaufs.

Transfereffekte und Generalisierbarkeit: Ein ebenfalls häufig replizierter Befund betrifft die Begrenztheit der interventionsbedingten Leistungszugewinne auf die jeweils geübten oder trainierten Aufgaben. Leistungszugewinne treten vor allem bei Aufgaben auf, die trainiert worden sind, sowie bei Aufgaben, die äußerlich und strukturell eine sehr hohe Ähnlichkeit zu den trainierten Aufgaben aufweisen (z. B. Derwinger et al., 2003; siehe aber Kramer, Larish & Strayer, 1995). Hingegen zeigen Aufgaben, die sich in ihren äußeren Merkmalen von der trainierten Aufgabe deutlich unter-

scheiden, keine oder nur sehr geringe Transfereffekte, wenn sie derselben intellektuellen Fähigkeit zugerechnet werden können. Demnach ist der positive Transfer eng an die Oberflächenmerkmale der benutzten Aufgaben gebunden (z. B. Klauer, 1989a, 1989b).

Allerdings gibt es einige wenige Studien, die generalisierbare Trainingsgewinne bei Kindern (Klingberg, Forssberg & Westerberg, 2002) und bei jüngeren und älteren Erwachsenen belegen können (z. B. Kramer et al., 1995). Kramer und Kollegen konnten zeigen, dass jüngere sowie ältere Personen größere Trainingsgewinne erzielen, wenn die Bearbeitung von Doppelaufgaben mit einer flexiblen Aufmerksamkeitsteilung geübt wird als wenn die Aufgaben einzeln oder mit einer stets gleichbleibenden Aufmerksamkeitsteilung geübt werden. Darüber hinaus konnten die Trainingsgewinne

3 Kognitive Funktionen

teilweise auf eine neue, aus bislang untrainierten Einzelaufgaben bestehende Doppelaufgabenbedingung übertragen werden. Zudem deuten kognitiv-experimentell angelegte Trainingsstudien darauf hin, dass ältere Erwachsene besonders dann gegenüber jungen Erwachsenen im Nachteil sind, wenn gleichzeitig an mehreren Aufgaben oder Aufgabenaspekten gearbeitet werden soll. Hinweise darauf liefern Studien, in denen Probanden mehrere Aufgaben mit ähnlichen Wahrnehmungs- und Handlungsanforderungen gleichzeitig oder abwechselnd ausführen sollen. Die entsprechenden Altersunterschiede bleiben auch nach intensivem Üben erhalten (z. B. Frensch, Lindenberger & Kray, 1999; Kray & Lindenberger, 2000; Mayr & Kliegl, 1993) oder sind reduziert (Kramer, Hahn & Gopher, 1999). Offensichtlich waren die Teilnehmer in der Lage, die für den flexiblen Umgang mit der Doppelaufgabensituation erforderlichen Kontrollprozesse zu trainieren und diesen Trainingsgewinn teilweise auf neue, bislang untrainierte Aufgaben zu übertragen (Minear, Shah & Park, 2002). Angesichts dieser neuen Befunde kann gegenwärtig nicht ausgeschlossen werden, dass Trainingsprogramme, die auf eine Steigerung der Adaptivität der Verhaltensregulation abzielen, zu alltagsrelevanten Leistungszugewinnen führen können.

Ein klassisches Thema der Trainingsforschung ist die Frage, was eigentlich durch das Training verändert wird, Fähigkeiten oder Fertigkeiten (vgl. Hasselhorn, 1995; Weinert, 1983). Diese Fragestellung ist für die Untersuchungen von Altersunterschieden in der Mechanik der Kognition von unmittelbarer theoretischer Bedeutung. Wenn durch kognitive Interventionen das Fähigkeitsniveau verändert wird, wäre es aus angewandter Sicht sinnvoll, ältere Personen in Tests der fluiden Intelligenz zu trainieren, unter anderem weil diese intellektuellen Fähigkeiten eine hohe Alltagsrelevanz

(ökologische Validität) aufzuweisen haben, insbesondere im hohen Alter (Lindenberger & Reischies, 1999). Könnte man beispielsweise die Wahrnehmungsgeschwindigkeit trainieren, dann sollte ein Training mit dem Zahlensymboltest des Hamburg-Wechsler-Intelligenztests nicht nur zu Leistungssteigerungen in diesem Test führen, sondern die Wahrnehmungsgeschwindigkeit der trainierten älteren Erwachsenen generell verbessern. Diese Verbesserung sollte positive Auswirkungen auf all jene Aspekte des täglichen Lebens haben, die das schnelle Wahrnehmen und Vergleichen visueller Reize erfordern. Erste Hinweise in diese Richtung liefert eine Studie von Edwards und Kollegen (2002).

Allerdings sprechen die Befunde zur kognitiven Intervention insgesamt eher dafür, dass das kognitive System auf der Ebene von Fähigkeiten kaum verändert wird. Was verbessert oder erlernt wird, sind vorwiegend Fertigkeiten, also aufgaben- und kontextspezifische *elements of skill* (Thorndike, 1906). Die engen Grenzen des positiven Transfers sowie die Interventionsresistenz der Altersunterschiede in den Leistungsobergrenzen unterstützen diese Annahme. Daraus folgt nicht, dass Trainingsprogramme, die sich mit Intelligenztests oder alltagsfernen Gedächtnistechniken befassen, aus angewandter Perspektive obsolet sind. Darüber hinaus sollte bei der Entscheidung, was trainiert oder geübt werden soll, jenen Fertigkeiten der Vorzug gegeben werden, die eine bestimmte Person für die kompetente Bewältigung ihres Alltags tatsächlich gebrauchen kann, sowie Fertigkeiten, die die kompensatorische Nutzung externer Hilfsmittel ermöglichen (K. Li, Lindenberger, Freund & Baltes, 2001). Allerdings muss bedacht werden, dass nahezu jede neue Fertigkeit, einschließlich des Erlernens der angemessenen Verwendung eines externen Hilfsmittels, mit kognitivem Aufwand verbunden ist.

4 Determinanten intellektueller Entwicklung über die Lebensspanne

Ein zentrales Anliegen der kognitiven Lebensspannenforschung (Bialystok & Craik, 2006) und der kognitiven Alternsforschung (Craik & Salthouse, 2000) besteht in der Bestimmung der Natur und Anzahl möglicher Ursachen altersbedingter Veränderungen in intellektuellen Leistungen. Ähnlich wie in anderen Bereichen der Entwicklungspsychologie stellt die Konfundierung zwischen chronologischem Alter und biologischen Alterungsprozessen dieses Forschungsfeld vor besondere methodische und konzeptuelle Probleme (P. Baltes, Reese & Nesselroade, 1988; Lindenberger & Pötter, 1998). Bei der Suche nach möglichen Determinanten von Altersveränderungen in intellektuellen Fähigkeiten ist ein methodenkritischer und methodenpluralistischer Ansatz wünschenswert (vgl. Lindenberger & Pötter, 1998). Derzeit lassen sich generell zwei theoretische Orientierungen unterscheiden, die Ressourcenorientierung und die Prozessorientierung (vgl. Lindenberger, 2002; Lindenberger & Kray, 2005).

Vertreter der *Ressourcenorientierung* fokussieren ihre Suche auf eine möglichst *kleine* Anzahl von Faktoren zur Erklärung altersbedingter Veränderungen über die Lebensspanne. Der konzeptuelle Vorteil dieser theoretischen Orientierung liegt in der Sparsamkeit, da eine Reihe von Entwicklungsveränderungen in intellektuellen Fähigkeiten größtenteils mit nur einer erklärenden Variable in Verbindung gebracht werden. Ihr Nachteil liegt in einem Mangel an kognitionspsychologischer und neuropsychologischer Plausibilität (vgl. Bashore, Ridderinkhof & van der Molen, 1997). Hingegen gehen Vertreter der *Prozessorientierung* von einer größeren Anzahl verursachender Mechanismen aus, da das kognitive System aus einer Vielzahl verschiedener

Prozesse und Strukturen zusammengesetzt ist. Diese theoretische Orientierung scheint zunächst aus kognitionspsychologischer und neuropsychologischer Sicht plausibler zu sein, sie ist jedoch nicht sparsam (*parsimonious*), da zahlreiche Mechanismen und Prozesse zur Erklärung herangezogen werden. Im Folgenden werden ausgewählte Determinanten beider theoretischer Orientierungen vorgestellt.

4.1 Determinanten intellektueller Entwicklungsveränderungen aus Sicht der Ressourcenorientierung

Innerhalb der Ressourcenorientierung richtet sich das theoretische und empirische Interesse in erster Linie auf drei Konstrukte:

- a) Die *Verarbeitungsgeschwindigkeit* (Cerella, 1990; Salthouse, 1996) oder die Geschwindigkeit, mit der elementare kognitive Operationen ausgeführt werden können;
- b) das *Arbeitsgedächtnis* (Baddeley, 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;
- c) die *Inhibition* (Hasher & Zacks, 1988) oder die Fähigkeit, irrelevante Informationen automatisch oder intentional zu hemmen.

Dabei werden altersbedingte Veränderungen in der generellen Verarbeitungsgeschwindigkeit über die Lebensspanne (Kail & Salthouse, 1994) als eine der wichtigsten Determinanten der intellektuellen Entwicklung in der Kindheit (z. B. Kail, 1991) und im höheren Alter (Cerella, 1990; Salthouse, 1996) betrachtet. Gegenwärtig gilt die Verarbeitungsgeschwindigkeit, und zwar insbesondere dann, wenn sie mit relativ komplexen Maßen der Wahrnehmungsge-

3 Kognitive Funktionen

schwindigkeit gemessen wird, als stärkster Prädiktor von Altersunterschieden in anderen Aspekten der kognitiven Mechanik wie beispielsweise der fluiden Intelligenz (Lindenberger, Mayr & Kliegl, 1993; Verhaeghen & Salthouse, 1997). Psychometrisch definierte Wahrnehmungsgeschwindigkeit ist aber vermutlich keine einfache und einheitliche Ursache oder »basale Determinante« von Altersveränderungen der kognitiven Mechanik (z. B. im Sinne neuronaler Geschwindigkeit), sondern ein zusammengesetztes Maß unterschiedlicher Prozesse mit einem relativ hohen Arbeitsgedächtnisanteil. Daher ist es bislang nicht gelungen, ein einheitliches biologisches Korrelat altersbedingter Unterschiede in der Verarbeitungsgeschwindigkeit zu identifizieren (z. B. Bashore et al., 1997; Wickett & Vernon, 1994; vgl. Neubauer, 1995).

Ähnliche Einwände gelten für das Arbeitsgedächtniskonstrukt. Zum einen werden Altersveränderungen des Arbeitsgedächtnisses oft mit Veränderungen der Verarbeitungsgeschwindigkeit (Fry & Hale, 1996; Salthouse, 1991a), Speicherkapazität (Gathercole, 1999) sowie mit Hemmungsprozessen in Verbindung gebracht (Hale, Bronnik & Fry, 1997; Zacks & Hasher, 1994). Zum anderen besteht eine wesentliche Funktion des Arbeitsgedächtnisses in der Kontrolle zielgerichteten Handelns und Denkens (z. B. Kane & Engle, 2002). Diese Funktion wird häufig als ein zentrales Kennzeichen intelligenten Verhaltens betrachtet und führt daher zu der Frage, ob man dann überhaupt von einer »basalen Determinante« sprechen kann. Jüngere Theorien zum Arbeitsgedächtnis scheinen beide Einwände zu entkräften (Oberauer & Kliegl, 2001), wobei ihre Anwendbarkeit auf entwicklungspsychologische Fragestellungen noch aussteht.

Inhibition (Hemmung) wird zumeist mit Aufgaben erfasst, bei denen Personen eine starke Handlungstendenz unterdrücken müssen, um zur angemessenen Antwort zu

gelangen, wie zum Beispiel beim Stroop-Test. Es gibt Studien, die zeigen können, dass sich die Effektivität dieser Hemmungsprozesse über die Lebensspanne verändert (für eine Metaanalyse siehe Verhaeghen & De Meersman, 1998). Vor allem ältere Erwachsene scheinen weniger effizient in der Inhibition nicht mehr handlungsrelevanter Aufgaben zu sein (Hasher, Beth Quig & May, 1997; Mayr & Liebscher, 2001; Zacks, Radvansky & Hasher, 1996). Bisher hat es sich als schwierig erwiesen, Altersunterschiede in der Hemmung von Altersunterschieden in der Aktivierung zu separieren, so dass sich der Beitrag der Inhibition zur Erklärung von Altersunterschieden in intellektuellen Fähigkeiten derzeit nur schwer bestimmen lässt.

Insgesamt haben die im Rahmen der Ressourcenorientierung vorgeschlagenen Konstrukte zu keiner überzeugenden konzeptuellen und empirischen Erklärung altersbedingter Veränderungen in mechanisch/fluiden Fähigkeiten geführt. Der Erklärungsgehalt dieser Konstrukte wird durch unklare Konstruktdefinitionen, Abgrenzungsprobleme und die überwiegende Nutzung korrelativer Analysen altersheterogener querschnittlicher Stichproben stark eingeschränkt.

4.2 Determinanten intellektueller Entwicklungsveränderungen aus Sicht der Prozessorientierung

Im Rahmen der Prozessorientierung wird gegenwärtig unter Einbezug der kognitiven Neurowissenschaften nach biologischen Korrelaten der mechanischen Entwicklung über die Lebensspanne gesucht. Beispielsweise untersuchen die kognitiven Neurowissenschaften des Alterns (Cabeza, 2001; K. Li et al., 2001; Prull et al., 2000; Raz, 2000), welche anatomischen, neurochemischen und funktionalen Veränderungen des

Gehirns in besonders starker Weise mit negativen Altersunterschieden im Verhalten zusammenhängen. Auf neuroanatomischer Ebene sind hier vor allem Veränderungen des Stirnhirns zu nennen (z. B. der dorsolaterale präfrontale Kortex; vgl. Raz, 2000; siehe auch Raz & Nagel, Kapitel 2.1 in diesem Band). In neurochemischer Hinsicht ist die Abnahme von Rezeptoren des Neurotransmitters Dopamin eng mit negativen Altersunterschieden in der intellektuellen Leistungsfähigkeit verknüpft (Bäckman et al., 2000; Volkow et al., 2000). Beide Phänomene stehen vermutlich miteinander in Verbindung, weil die funktionale Integrität des Stirnhirns unter anderem auf dopamingestützte Verarbeitungswege angewiesen ist (Raz, 2000).

Die besonders stark ausgeprägten alterskorrelierten anatomischen Veränderungen des Stirnhirns stehen mit der Beobachtung im Einklang, dass einige Eigenschaften des kognitiven Systems, die bestimmte Areale des Stirnhirns beanspruchen, besonders spät in der Kindheit reifen und früh von der kognitiven Alterung betroffen sind. Diese Eigenschaften betreffen die Regulation und Koordination von Verhalten und werden gemeinhin als »exekutive Funktionen« oder kognitive Kontrolle bezeichnet (Duncan, Emslie, Williams, Johnson & Freer, 1996; Miller & Cohen, 2001; Smith & Jonides, 1999). Eine Vielzahl an Befunden legt nahe, dass Altersunterschiede in der Kindheit und im höheren Erwachsenenalter (vgl. Kramer & Kray, 2006) vor allem dann besonders groß sind, wenn hohe Anforderungen an kognitive Kontrolle gestellt werden. Typische Beispiele sind die Koordination von Handlungen und Wahrnehmungsinhalten (Frensch et al., 1999; Mayr, Kliegl & Krampe, 1996), die Unterdrückung reizgetriebener Handlungstendenzen (Comalli, Wapner & Werner, 1962; Salt-house & Meinz, 1995), die gleichzeitige Bearbeitung mehrerer Aufgaben (Korteling, 1994; Kramer et al., 1995; K. Li et al.,

2001; Lindenberger, Marsiske & Baltes, 2000; Lövdén, Schellenbach, Grossmann-Hutter, Krüger & Lindenberger, 2005) sowie der Wechsel zwischen unterschiedlichen Aufgabenanforderungen (Cepeda, Kramer, Gonzalez de Sather, 2001; Kray, Eber & Lindenberger, 2004; Kray & Lindenberger, 2000; Mayr, 2001; Reimers & Maylor, 2005).

Auch Altersunterschiede in episodischen Gedächtnisleistungen (Aggleton & Brown, 1999; Markowitch, 1999; Wheeler, Stuss & Tulving, 1997) werden mit Altersveränderungen in präfrontalen Hirnarealen sowie den mit ihnen verknüpften Basalganglien, neben altersbedingten Veränderungen in anderen Arealen wie dem Hippocampus, in Verbindung gebracht (Werkle-Bergner, Müller, Li & Lindenberger, 2006). Die spezifische Funktion präfrontaler Verarbeitungswege scheint sich auf die strategische Komponente episodischer Gedächtnisleistungen zu beziehen. Strategische Komponente meint hier das Ausmaß an Planung, Organisation, Bewertung und Elaboration beim Enkodieren und Abrufen von Gedächtnisepisoden. Zum Beispiel ist beim Wiedererkennen die strategische Komponente im Vergleich zu der freien Wiedergabe geringer, da die Wiedererkennung auf der Grundlage von Vertrauensurteilen gegeben werden kann. Ähnliches gilt auch für das Einprägen und Abrufen spezifischer zeitlicher oder räumlicher Kontexte wie beim Quellengedächtnis oder der Listendiskriminierung.

Die strategische Komponente episodischer Gedächtnisleistungen ist stärker vom kognitiven Altern betroffen als die nichtstrategische (Prull et al., 2000). Auch sind Altersunterschiede beim Wiedererkennen üblicherweise kleiner als beim freien Erinnern (Zacks, Hasher & Li, 2000). Altersunterschiede in episodischen Gedächtnisleistungen nehmen zu, wenn die Anforderungen an die strategische Komponente erhöht werden, wie beispielsweise durch die Erhö-

3 Kognitive Funktionen

hung der Listenähnlichkeit (Kliegl & Lindenberger, 1993), und beim Abrufen des Kontextes von Gedächtnisepisoden (vgl. Spencer & Raz, 1995). Insgesamt kann man festhalten, dass Verarbeitungswege, die den dorsolateralen präfrontalen Kortex einschließen, für die strategische Komponente episodischer Gedächtnisleistungen – das heißt für das *working with memory* (Moscovitch & Winocur, 1992) – von besonderer Bedeutung sind (LePage, Ghaffar, Nyberg & Tulving, 2000).

4.3 Ressourcen- versus Prozessorientierung

Vertreter beider theoretischer Orientierungen nutzen häufig Versuchspläne und Auswertungsstrategien, die einen Bias zugunsten der jeweils bevorzugten theoretischen Orientierung aufweisen. Vertreter der Ressourcenorientierung verwenden in erster Linie altersheterogene querschnittliche Versuchspläne, um die Hypothese zu prüfen, dass der überwiegende Anteil der altersbezogenen Varianz in einer großen Zahl unterschiedlicher intellektueller Fähigkeiten durch *einen* gemeinsamen Faktor erster oder zweiter Ordnung dargestellt werden kann (vgl. z. B. Salthouse & Czaja, 2000). Die Stärke dieses Faktors kann jedoch durch die Ähnlichkeit der beobachteten durchschnittlichen Altersgradienten beeinflusst sein und reproduziert nur die bereits zuvor bekannten Altersgradienten (Lindenberger & Pötter, 1998; Reinert, Baltes & Schmidt, 1966). Zudem zeigen formale und statistische Simulationen, dass statistische Modelle von altersheterogenen, querschnittlichen Datensätzen, die eine kleine Zahl von Ursachen postulieren, auch dann nicht widerlegt werden können, wenn die Anzahl der Ursachen in Wirklichkeit groß ist (Lindenberger & Pötter, 1998). Zu einer genauen Bestimmung der Dynamik und Dimensionalität von Alterungsprozessen ist diese Auswertungsstra-

tegie nur wenig geeignet (siehe aber Schmiedek, 2002).

Vertreter der *Prozessorientierung* hingegen neigen zu einer Überinterpretation quasi-experimentell produzierter Interaktionen zwischen Alter und Aufgabenbedingung. Der Nachweis unterschiedlicher Altersunterschiede in verschiedenen Aufgabenbedingungen ist dabei durchaus mit der Annahme einer gemeinsamen, unterschiedlich wirksamen Ursache vereinbar. Dennoch werden solche Befundmuster häufig als Prozessdissoziation gedeutet (für eine methodische Kritik und Lösungsvorschläge siehe Dunn & Kirsner, 1988; Kliegl, Krampe & Mayr, 2003; Kliegl, Mayr & Krampe, 1994). Darüber hinaus scheint für die kognitiv-experimentelle Entwicklungsforschung vor allem die verstärkte Anwendung sparsamer und konkurrierender formaler Modelle nützlich zu sein, um Altersunterschiede auf Modellparametern abzubilden und theoretisch interpretierbar zu machen (vgl. Kliegl & Lindenberger, 1993; Kliegl et al., 1994; Oberauer & Kliegl, 2001; Ratcliff, Spieler & McKoon, 2000; Thapar, Ratcliff & McKoon, 2003).

Ausblick

Insgesamt kann man vermuten, dass alterungsbedingte Veränderungen in mechanisch/fluiden Fähigkeiten aller Wahrscheinlichkeit nach sowohl auf übergreifenden als auch auf spezifischen Ursachen beruhen. Übergreifende Ursachen werden zumeist als Ressourcen beschrieben und spezifische Ursachen eher als Prozesse. Daher scheint es nützlich zu sein, beide theoretischen Orientierungen miteinander zu verknüpfen (vgl. Kliegl et al., 1994). Der Einbezug neurowissenschaftlicher Befunde und Modelle kann zu dieser konzeptuellen Integration einen wichtigen Beitrag leisten (Lindenberger, Li & Bäckman, 2006). So können Annahmen über übergreifende Mechanismen

in formalen Modellen simuliert und überprüft werden, die zugleich neurowissenschaftliche Erkenntnisse über das Altern berücksichtigen (z. B. Kliegl & Lindenberger, 1993; S.-C. Li & Lindenberger, 1999). Beispiele für eine solche Forschungsstrategie sind neuronale Netzwerkmodelle, anhand derer mögliche Auswirkungen altersbedingter Abnahmen im Signal-Rausch-Verhältnis dopaminergischer Verbindungswege abgebildet werden können (S.-C. Li & Lindenberger, 1999; S.-C. Li, Lindenberger & Sikström, 2001; S.-C. Li, Naveh-Benjamin & Lindenberger, 2005). In diesen Simulationen konnten Altersveränderungen in mechanisch/fluiden Fähigkeiten (z. B. niedrige Lernraten, niedrige asymptotische Lernleistungen, hohe Interferenzanfälligkeit, größere inter- und intraindividuelle Variabilität) durch die Manipulation eines Modellparameters abgebildet werden. Empirische und konzeptuelle Ansätze, die verschiedene Analyseebenen und Versuchspläne miteinander in Beziehung setzen, sind besonders gut geeignet, das Wissen über die Struktur, die intraindividuelle Modifizierbarkeit und die individuellen Unterschiede der Entwicklung fluider Fähigkeiten im Erwachsenenalter voranzubringen.

Literatur

- Aggleton, J. P. & Brown, M. W. (1999). Episodic memory, amnesia, and the hippocampal-anterior thalamic axis. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 425–489.
- Anstey, K. J., Stankov, L. & Lord, S. R. (1993). Primary aging, secondary aging, and intelligence. *Psychology and Aging*, 8, 562–570.
- Arbuckle, T. Y., Maag, U., Puskar, D. & Chai-kelson, J. S. (1998). Individual differences in trajectory of intellectual development over 45 years of adulthood. *Psychology and Aging*, 13, 663–675.
- Bäckman, L. (1992). Memory training and memory improvement in Alzheimer's disease: Rules and exceptions. *Acta Neurologica Scandinavica*, 139, 84–89.
- Bäckman, L., Ginovart, N., Dixon, R. A., Robbins Wahlin, T.-B., Wahlin, A., Winblad, B., Halldin, C. & Farde, L. (2000). Age-related cognitive deficits mediated by changes in the striatal dopamine system. *American Journal of Psychiatry*, 157, 635–637.
- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 5–28.
- 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. (1983). Life-span developmental psychology: Observations on history and theory revisited. In R.M. Lerner (Ed.), *Developmental psychology: Historical and philosophical perspectives* (pp. 79–111). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- 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. (1997). On the incomplete architecture of human ontogeny: Selection, optimization, and compensation as foundation of developmental theory. *American Psychologist*, 52, 366–380.
- Baltes, P. B., Cornelius, S. W., Spiro III, A., Nesselroade, J. R. & Willis, S. L. (1980). Integration vs. differentiation of fluid-crystallized intelligence in old age. *Developmental Psychology*, 28, 121–125.
- 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. (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. (2006). Life span theory in developmental psychology. In W. Damon & R. M. Lerner (Eds.), *Handbook of child psychology: Vol. 1. Theoretical models of human development* (6th ed., pp. 569–664). New York: Wiley.
- Baltes, P. B., Reese, H. W. & Nesselroade, J. R. (1988). *Life-span developmental psychology: Introduction to research methods* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

3 Kognitive Funktionen

- Baltes, P. B., Sowarka, D. & Kliegl, R. (1989). Cognitive training research on fluid intelligence in old age: What can older adults achieve by themselves? *Psychology and Aging*, 4, 217–221.
- Bashore, T. R., Ridderinkhof, K. R. & van der Molen, M. W. (1997). The decline of cognitive processing speed in old age. *Current Directions in Psychological Science*, 6, 163–169.
- Berg, C. & Sternberg, R. J. (1985). Response to novelty: Continuity versus discontinuity in the developmental course of intelligence. In H. W. Reese (Ed.), *Advances in child development and behavior* (Vol. 19, pp. 1–47). New York: Academic Press.
- Bialystok, E. & Craik, F. I. M. (2006). *Life-span cognition: Mechanisms of change*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Bosman, E. A. & Charness, N. (1996). Age-related differences in skilled performance and skill acquisition. In F. Blanchard-Fields & T. M. Hess (Eds.), *Perspectives on cognitive change in adulthood and aging* (pp. 428–453). New York: McGraw-Hill.
- Cabeza, R. (2001). Functional neuroimaging of cognitive aging. In R. Cabeza & A. Kingstone (Eds.), *Handbook of functional neuroimaging of cognition* (pp. 331–377). Cambridge, MA: MIT Press.
- Cattell, R. B. (1971). *Abilities: Their structure, growth, and action*. Boston: Houghton Mifflin.
- Cepeda, N. J., Kramer, A. F. & Gonzalez de Sather, J. C. M. (2001). Changes in executive control across the life span: Examination on task-switching performance. *Developmental Psychology*, 37, 715–730.
- Cerella, J. (1990). Aging and information-processing rate. In K. W. Schaie (Ed.), *Handbook of the psychology of aging* (pp. 201–221). New York: Academic Press.
- 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 & Verbal Behavior*, 22, 406–416.
- Craik, F. I. M. & Salthouse, T. A. (2000). *The handbook of aging and cognition*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- 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.
- Deary, I. J., Egan, V., Gibson, G. J., Austin, E. J., Brand, C. R. & 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., Whiteman, M. C., Starr, J. M., Whalley, L. J. & Fox, H. C. (2004). The impact of childhood intelligence on later life: Following up the Scottish Mental Surveys of 1932 and 1947. *Journal of Personality and Social Psychology*, 86, 130–147.
- Denney, N. W. (1984). A model of cognitive development across the life span. *Developmental Review*, 4, 171–191.
- Denney, N. W. & Heidrich, S. M. (1990). Training effects on Raven's Progressive Matrices in young, middle-aged, and elderly adults. *Psychology and Aging*, 1, 144–145.
- Derwinger, A., Stigsdortter Neely, A. Persson, M. Hill, R. D. & Bäckman, L. (2003). Remembering numbers in old age: Mnemonic training versus self-generated strategy training. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 3, 202–214.
- 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.
- Dunn, J. C. & Kirsner, K. (1988). Discovering functionally independent mental processes: The principle of reversed association. *Psychological Review*, 95, 91–101.
- Edwards, J. D., Wadley, V. G., Myers, R. S., Roenker, D. L., Cissell, G. M. & Ball, K. K. (2002). Transfer of a speed of processing intervention to near and far cognitive functions. *Gerontology*, 48, 329–340.
- Elman, J. L., Bates, E. A., Johnson, M. H., Karmiloff-Smith, A., Parisi, D. & Plunkett, K. (1996). *Rethinking innateness: A connectionist perspective on development*. Cambridge, MA: MIT Press.
- 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.
- Flynn, J. R. (1987). Massive IQ gains in 14 nations: What IQ tests really measure. *Psychological Bulletin*, 101, 171–191.
- Flynn, J. R. (1999). Searching for justice: The discovery of IQ gains over time. *American Psychologist*, 54, 5–20.
- Frensch, P. A., Lindenberger, U. & Kray, J. (1999). Imposing structure on an unstructured

3.1 Fluide Intelligenz

- environment: Ontogenetic changes in the ability to form rules of behavior under conditions of low environmental predictability. In A. G. Friederici & R. Menzel (Eds.), *Learning: Rule extraction and representation* (pp. 139–162). Berlin: de Gruyter.
- Fry, A. F. & Hale, S. (1996). Processing speed, working memory, and fluid intelligence: Evidence for a developmental cascade. *Psychological Science*, 7, 237–241.
- Gathercole, S. E. (1999). Cognitive approaches to the development of short-term memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 410–419.
- Ghisletta, P. & Lindenberger, U. (2003). Age-based structural dynamics between perceptual speed and knowledge in the Berlin Aging Study: Direct evidence for ability dedifferentiation with age. *Psychology and Aging*, 18, 696–713.
- Guthke, J. & Wiedl, K.-H. (1996). *Dynamisches Testen. Zur Psychodiagnostik der intraindividuellen Variabilität*. Göttingen: Hogrefe.
- Hale, S., Bronik, M. D. & Fry, A. F. (1997). Verbal and spatial working memory in school-age children: Developmental differences in susceptibility to interference. *Developmental Psychology*, 33, 364–371.
- Hasher, L., Beth Quig, M. & May, C. (1997). Inhibitory control over no-longer-relevant information: Adult age differences. *Memory & Cognition*, 25, 286–295.
- Hasher, L. & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. *The Psychology of Learning and Motivation*, 22, 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.
- Hertzog, C. & Schaie, K. W. (1986). Stability and change in adult intelligence: 1. Analysis of longitudinal covariance structures. *Psychology and Aging*, 1, 159–171.
- 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 (Eds.), *Aging and cognitive processes: Advances in the study of communication and affect* (Vol. 8, pp. 237–278). New York: Plenum Press.
- Horn, J. L. (1989). Models of intelligence. In R. L. Linn (Ed.), *Intelligence: Measurement, theory, and public policy* (pp. 29–73). Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Humphreys, L. G. & Davey, T. C. (1988). Continuity in intellectual growth from 12 months to 9 years. *Intelligence*, 12, 183–197.
- 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.
- Kail, R. V. (1991). Development of processing speed in childhood and adolescence. In H. W. Reese (Ed.), *Advances in child developmental and behavior* (Vol. 23, pp. 151–185). San Diego, CA: Academic Press.
- Kail, R. V. & Salthouse, T.A. (1994). Processing speed as a mental capacity. *Acta Psychologica*, 86, 199–225.
- Kane, M. J. & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 637–671.
- Kirkwood, T. B. L. (2002). Age differences in evolutionary selection benefits. In U. M. Staudinger & U. Lindenberger (Eds.), *Understanding human development: Lifespan psychology in exchange with other disciplines*. Boston, MA: Kluwer Academic.
- Klauer, K. J. (1989a). Allgemeine oder bereichsspezifische Transfereffekte eines Denkrauschtrainings? Ein Beitrag zur Prüfung der präskriptiven Theorie des induktiven Denkens. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 21, 185–200.
- Klauer, K. J. (1989b). Die Messung von Transferdistanzen: Ein Verfahren zur Bestimmung der Unähnlichkeit von Aufgabenanforderungen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 21, 146–166.
- 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 (Eds.), *Cognitive functioning and social structure over the life course* (pp. 95–119). Norwood, NJ: Ablex.
- Kliegl, R., Krampe, R. T. & Mayr, U. (2003). Formal models of age differences in task complexity effects. In U. M. Staudinger & U. Lindenberger (Eds.), *Understanding human development: Lifespan psychology in exchange with other disciplines* (pp. 289–313). Boston, MA: Kluwer Academic.

3 Kognitive Funktionen

- 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. (1990). On the locus and process of magnification of age differences during mnemonic training. *Developmental Psychology*, 26, 894–904.
- Kliegl, R., Smith, J. & Baltes, P. B. (1989). Testing-the-Limits and the study of adult age differences in cognitive plasticity of a mnemonic skill. *Developmental Psychology*, 25, 247–256.
- Klingberg, T., Frossberg, H. & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical & Experimental Neuropsychology*, 24, 781–791.
- 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.
- Korteling, J. E. (1994). Effects of aging, skill modification, and demand alternation on multiple-task performance. *Human Factors*, 36, 27–43.
- Kramer, A. F., Hahn, S. & Gopher, D. (1999). Task coordination and aging: Explorations of executive control processes in the task switching paradigm. *Acta Psychologica*, 101, 339–378.
- Kramer, A. F. & Kray, J. (2006). Aging and divided attention. In E. Bialystok & F. I. M. Craik (Eds.), *Lifespan cognition: Mechanisms of change* (pp. 57–69). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Kramer, A. F., Larish, J. F. & Strayer, D. L. (1995). Training for attentional control in dual task settings: A comparison of young and old adults. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 1, 50–76.
- Kramer, A. F. & Willis, S. L. (2002). Enhancing the cognitive vitality in older adults. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 173–177.
- 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.
- Kray, J., Eber, J. & Lindenberger, U. (2004). Age differences in executive functioning across lifespan: The role of verbalization in task preparation. *Acta Psychologica*, 115, 143–165.
- Kray, J. & Lindenberger, U. (2000). Adult age differences in task switching. *Psychology and Aging*, 15, 126–147.
- Labouvie-Vief, G. (1982). Dynamic development and mature autonomy: A theoretical prologue. *Human Development*, 25, 161–191.
- LePage, M., Ghaffar, O., Nyberg, L. & Tulving, E. (2000). Prefrontal cortex and episodic memory retrieval failure. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 97, 506–511.
- Li, K. Z. H., Lindenberger, U., Freund, A. M. & Baltes, P. B. (2001). Walking while memorizing: Age-related differences in compensatory behavior. *Psychological Science*, 12, 230–237.
- Li, S.-C. & Lindenberger, U. (1999). Cross-level unification: A computational exploration of the link between deterioration of neurotransmitter systems and dedifferentiation of cognitive abilities in old age. In L.-G. Nilsson & M. Markowitsch (Eds.), *Cognitive neuroscience of memory* (pp. 104–146). Toronto: Hogrefe & Huber.
- Li, S.-C., Lindenberger, U., Hommel, B., Aschersleben, G., Prinz, W. & Baltes, P. B. (2004). Lifespan transformations in the couplings between intellectual abilities and constituent cognitive processes. *Psychological Science*, 15, 155–163.
- Li, S.-C., Lindenberger, U. & Sikström, S. (2001). Aging cognition: From neuromodulation to representation. *Trends in Cognitive Science*, 5, 479–486.
- Li, S.-C., Naveh-Benjamin, M. & Lindenberger, U. (2005). Aging neuromodulation impairs associative binding: A neurocomputational account. *Psychological Science*, 16, 445–450.
- Lindenberger, U. (2000). Intellektuelle Entwicklung über die Lebensspanne: Überblick und ausgewählte Forschungsbrennpunkte. *Psychologische Rundschau*, 51, 135–145.
- Lindenberger, U. (2001). Lifespan theories of cognitive development. In N. J. Smelser & P. B. Baltes (Eds.), *International encyclopedia of the social and behavioral sciences* (pp. 8848–8854). Oxford, UK: Elsevier Science.
- Lindenberger, U. (2002). Erwachsenenalter und Alter. In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie* (S. 350–392). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age: A

- powerful connection. *Psychology and Aging*, 9, 339–355.
- Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (1995). Kognitive Leistungsfähigkeit im hohen Alter: Erste Ergebnisse aus der Berliner Altersstudie. *Zeitschrift für Psychologie*, 203, 283–317.
- 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. (1999). Die Entwicklungspsychologie der Lebensspanne (Life-span-Psychologie): Johann Nicolaus Tetens zu Ehren (1736–1807). *Zeitschrift für Psychologie*, 207, 299–323.
- Lindenberger, U., Kliegl, R. & Baltes, P. B. (1992). Professional expertise does not eliminate age differences in imagery-based memory performance during adulthood. *Psychology and Aging*, 7, 585–593.
- Lindenberger, U. & Kray, J. (2005). Kognitive Entwicklung. In S.-H. Filipp & U. M. Staudinger (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Bd. C/VI. Entwicklungspsychologie des mittleren und höheren Erwachsenenalters* (S. 299–341). Göttingen: Hogrefe.
- Lindenberger, U., Li, S.-C. & Bäckman, L. (2006). Delineating brain-behavior mappings across the lifespan: Substantive and methodological advances in developmental neuroscience. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30, 713–892 [Special Issue].
- Lindenberger, U., Marsiske, M. & Baltes, P. B. (2000). Memorizing while walking: Increase in dual-task costs from young adulthood to old age. *Psychology and Aging*, 15, 417–436.
- Lindenberger, U., Mayr, U. & Kliegl, R. (1993). Speed and intelligence in old age. *Psychology and Aging*, 8, 207–220.
- Lindenberger, U. & Pötter, U. (1998). The complex nature of unique and shared effects in hierarchical linear regression: Implications for developmental psychology. *Psychological Methods*, 3, 218–230.
- Lindenberger, U. & Reischies, F. M. (1999). Limits and potentials of intellectual functioning in old age. In P. B. Baltes & K. U. Mayer (Eds.), *The Berlin Aging Study: Aging from 70 to 100* (pp. 329–359). New York: Cambridge University Press.
- Lindenberger, U., Singer, T. & Baltes, P. B. (2002). Longitudinal selectivity in aging populations: Separating mortality-associated versus experimental components in the Berlin Aging Study (BASE). *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 57B, P474–P482.
- Lövdén, M., Schellenbach, M., Grossmann-Hutter, B., Krüger, A. & Lindenberger, U. (2005). Environmental topography and postural control demands shape aging-associated decrements in spatial navigation performance. *Psychology and Aging*, 20, 683–694.
- Markowitsch, H. J. (1999). Gestalt view of the limbic system and the Papez circuit: Another approach to unity and diversity of brain structures and functions. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 459–460.
- Masunaga, H. & Horn, J. L. (1991). Expertise and age-related changes in components of intelligence. *Psychology and Aging*, 16, 293–311.
- Mayr, U. (2001). Age differences in the selection of mental sets: The role of inhibition, stimulus ambiguity, and response-set overlap. *Psychology and Aging*, 16, 96–109.
- Mayr, U. & Kliegl, R. (1993). Sequential and coordinative complexity: Age-based processing limitations in figural transformations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 1297–1320.
- Mayr, U., Kliegl, R. & Krampe, R. T. (1996). Sequential and coordinative processing dynamics in figural transformations across the life span. *Cognition*, 59, 61–90.
- Mayr, U. & Liebscher, T. (2001). Is there an age deficit in the selection of mental sets? *European Journal of Cognitive Psychology*, 13, 47–69.
- McArdle, J. J., Hamagami, F., Meredith, W. & Bradway, K. P. (2000). Modeling the dynamic hypotheses of gf-gc theory using longitudinal life-span data. *Learning and Individual Differences*, 12, 53–79.
- 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. B. & 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., Pettrill, S. A. & Plomin, R. (1997). Substantial genetic influence on cognitive abilities in twins 80 or more years old. *Science*, 276, 1560–1563.
- McClelland, J. L. (1996). Integration of information: Reflections on the theme of Attention and Performance XVI. In I. Toshui & J. L. McClelland (Eds.), *Attention and Performance XVI* (pp. 633–656). Cambridge, MA: MIT Press.

3 Kognitive Funktionen

- 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 (Eds.), *Nature, nurture, and psychology* (pp. 59–76). Washington, DC: American Psychological Association.
- McGue, M. & Christensen, K. (2001). The heritability of cognitive functioning in very old adults: Evidence from Danish twins aged 75 years and older. *Psychology and Aging, 16*, 272–280.
- Meinz, E. J. (2000). Experience-based alternation of age-related differences in music cognition tasks. *Psychology and Aging, 15*, 297–312.
- Miller, E. K. & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience, 24*, 167–202.
- Minear, M., Shah, P. & Park, D. C. (2002, April). *Age, task switching, and transfer of training*. Paper presented at the Cognitive Aging Conference, Atlanta, GA.
- Mitrushina, M. & Satz, P. (1991). Stability of cognitive functioning in young-old versus old-old individuals. *Brain Dysfunction, 4*, 174–181.
- Molenaar, P. C. M., Boomsma, D. I. & Dolan, C. V. (1991). Genetic and environmental factors in a developmental perspective. In D. Magnusson, L. R. Bergman, G. Rudinger & B. Törestad (Eds.), *Problems and methods in longitudinal research: Stability and change* (pp. 250–273). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Morrow, D. G., Menard, W. E., Stine-Morrow, E. A. L., Teller, T. & Bryant, D. (2001). The influence of expertise and task factors on age differences in pilot communication. *Psychology and Aging, 16*, 31–46.
- Moscovitch, M. & Winocur, G. (1992). The neuropsychology of memory and aging. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 315–372). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Neubauer, A. (1995). *Intelligenz und Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung*. Wien: Springer Verlag.
- Oberauer, K. & Kliegl, R. (2001). Beyond resources: Formal models for complexity effects and age differences in working memory. *European Journal of Cognitive Psychology, 13*, 187–215.
- Prull, M. W., Gabrieli, J. D. E. & Bunge, S. A. (2000). Age-related changes in memory: A cognitive neuroscience perspective. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (2nd ed., pp. 91–153). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Rabbitt, P., Diggle, P., Smith, D., Holland, F. & Innes, L. M. (2001). Identifying and separating the effects of practice and of cognitive ageing during a large longitudinal study of elderly community residents. *Neuropsychologia, 39*, 532–543.
- Rakic, P. (1995). Corticogenesis. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 127–145). Cambridge, MA: MIT Press.
- Ratcliff, R., Spieler, D. H. & McKoon, G. (2000). Explicitly modeling the effects of aging on response time. *Psychonomic Bulletin and Review, 7*, 1–25.
- Raz, N. (2000). Aging of the brain and its impact on cognitive performance: Integration of structural and functional findings. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (2nd ed., pp. 1–90). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Reimers, S. & Maylor, E. (2005). Task switching across the life span: Effects of age on general and specific switch costs. *Developmental Psychology, 41*, 661–671.
- 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.
- Ribot, T. (1882). *Diseases of memory*. New York: Appleton.
- Rose, S. A., Feldman, J. F. & Jankowski, J. J. (2005). The structure of infant cognition at 1 year. *Intelligence, 33*, 231–250.
- 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.
- Salthouse, T. A. (1991a). Mediation of adult age differences in cognition by reductions in working memory and speed of processing. *Psychological Science, 2*, 179–183.
- Salthouse, T. A. (1991b). *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. (2003). Interrelations of aging, knowledge, and cognitive performance. In U. M. Staudinger & U. Lindenberger (Eds.), *Understanding human development: Lifespan psychology in exchange with other disciplines* (pp. 265–287). Boston, MA: Kluwer Academic.

- Salthouse, T. A. & Czaja, S. (2000). Structural constraints on process explanations in cognitive aging. *Psychology and Aging, 15*, 44–55.
- Salthouse, T. A. & Meinz, E. J. (1995). Aging, inhibition, working memory, and speed. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences, 50B*, P297–P306.
- 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. (1962). A field-theory approach to age changes in cognitive behavior. *Vita Humana, 5*, 129–141.
- Schaie, K. W. (1996). *Intellectual development in adulthood: 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.
- Schmiedek, F. (2002). *Disentangling general and specific factors of cognitive abilities in old age. Towards an alternative representation of individual differences in age heterogeneous cross-sectional data*. Unveröffentlichte Dissertation, Freie Universität Berlin. Online verfügbar: <http://www.diss.fu-berlin.de/2004/98/>.
- Singer, T. & Lindenberger, U. (2000). Plastizität. In H.-W. Wahl & C. Tesch-Römer (Hrsg.), *Angewandte Gerontologie in Schlüsselbegriffen* (S. 39–43). Stuttgart: Kohlhammer.
- Singer, T., Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (2003). Plasticity of memory for new learning in very old age: A story of major loss? *Psychology and Aging, 18*, 306–317.
- Singer, W. (1995). Development and plasticity of cortical processing architectures. *Science, 270*, 758–764.
- Smith, E. E. & Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science, 283*, 1657–1661.
- Spearman, C. E. (1927). *The abilities of man*. New York: Macmillan.
- Spencer, W. D. & Raz, N. (1995). Differential effects of aging on memory for content and context: A meta-analysis. *Psychology and Aging, 10*, 527–539.
- Taylor, J. L., O'Hara, R., Mumenthaler, M. S., Rosen, A. C. & Yesavage, J. A. (2005). Cognitive ability, expertise, and age differences in following air-traffic control instructions. *Psychology and Aging, 20*, 117–133.
- Tetens, J. N. (1777). *Philosophische Versuche über die menschliche Natur und ihre Entwicklung*. Leipzig: Weidmanns Erben und Reich.
- Thapar, A., Rattcliff, R. & McKoon, G. (2003). A diffusion model analysis of the effects of aging on letter discrimination. *Psychology and Aging, 18*, 415–429.
- Thorndike, E. L. (1906). Chapter XV: Formal discipline. In E. L. Thorndike (Ed.), *The principles of teaching based on psychology* (pp. 235–256). New York: Seiler.
- Tooby, J. & Cosmides, L. (1995). Mapping the evolved functional organization of mind and brain. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 1185–1197). Cambridge, MA: MIT Press.
- Tsang, P. S. & Shaner, T. L. (1998). Age, attention, expertise, and time-sharing performance. *Psychology and Aging, 13*, 323–347.
- Verhaeghen, P. & De Meersman, L. (1998). Aging and the Stroop effect: A meta-analysis. *Psychology and Aging, 13*, 120–126.
- 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. (1997). Meta-analyses of age-cognition relations in adulthood: Estimates of linear and nonlinear age effects and structural models. *Psychological Bulletin, 122*, 231–249.
- Volkow, N. D., Logan, G. D., Fowler, J. S., Wang, G. J., Gur, R. C. Wong, C., et al. (2000). Association between age-related decline in brain dopamine activity and impairment in frontal and cingulate metabolism. *American Journal of Psychiatry, 157*, 75–80.
- Weinert, F. E. (1983). Gedächtnistraining. Übung von Lernstrategien. *Universitas, 38*, 157–164.
- Wellman, H. M. & Gelman, S. A. (1992). Cognitive development: Foundational theories of core domains. *Annual Reviews of Psychology, 43*, 337–375.
- Werkle-Bergner, M., Müller, V., Li, S.-C., & Lindenberger, U. (2006). Cortical EEG correlates of successful memory encoding: Implications for lifespan comparisons. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 30*, 839–854.
- Wheeler, M. A., Stuss, D. T. & Tulving, E. (1997). Toward a theory of episodic memory: The frontal lobes and autoegetic consciousness. *Psychological Bulletin, 121*, 331–354.
- 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.
- Willis, S. L. & Nesselroade, C. S. (1990). Long-term effects of fluid ability training in old old age. *Developmental Psychology, 26*, 905–910.

3 Kognitive Funktionen

- Zacks, R. T. & Hasher, L. (1994). Directed ignoring: Inhibitory regulation of working memory. In D. Dagenbach & T. H. Carr (Eds.), *Inhibitory mechanisms in attention, memory, and language* (pp. 241–264). San Diego, CA: Academic Press.
- Zacks, R. T., Hasher, L. & Li, K. Z. H. (2000). Human memory. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (pp. 293–357). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Zacks, R. T., Radvansky, G. & Hasher, L. (1996). Studies of directed forgetting in older adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 143–156.

Jochen Brandtstädter
Ulman Lindenberger (Hrsg.)

Entwicklungspsychologie der Lebensspanne

Ein Lehrbuch

Verlag W. Kohlhammer

Vorwort

Wir entwickeln uns, solange wir leben; man muss den gesamten Lebensablauf in den Blick nehmen, um ein tieferes und genaueres Verständnis einzelner Entwicklungsabschnitte zu gewinnen. Dies ist die zentrale Botschaft einer Entwicklungspsychologie der Lebensspanne, wie sie in diesem Buch von verschiedenen Aspekten her entfaltet wird. Die Einsicht als solche ist durchaus nicht neu: Wie die einleitenden Kapitel dieses Buches darlegen, haben frühe entwicklungspsychologische bzw. -philosophische Ansätze – nicht zuletzt auch unter dem Einfluss der Aufklärung – menschliche Entwicklung wesentlich im Sinne von Selbstkultivierung und Selbstperfektionierung und insofern von vornherein als lebenslanges Projekt verstanden. In der neueren Entwicklungspsychologie allerdings musste sich eine lebensspannenumfassende Perspektive zunächst wieder gegen ein etabliertes engeres Begriffsverständnis durchsetzen, das Entwicklung wesentlich im Sinne einer irreversiblen Stufen- oder Phasenabfolge auffasste und damit den Veränderungsdynamiken im Lebensablauf und nicht zuletzt auch im höheren Alter kaum gerecht werden konnte. Sieht man von frühen Ansätzen zur Überwindung dieser begrifflichen Barrieren ab – zu nennen sind hier zum Beispiel die Beiträge von Charlotte Bühler, Erik Erikson, Robert Gould, Sidney Pressey, Hans Thomae – so kann von dem Durchbruch einer Lebensspannen-Perspektive in der modernen Entwicklungspsychologie wohl erst seit etwa drei Jahrzehnten die Rede sein; die von Larry Goulet und Paul

Baltes begründete Serie der *West Virginia Conferences* und die daraus entstandenen Publikationsreihen *Life-Span Developmental Psychology* und *Life-Span Development and Behavior* haben hier Meilensteine gesetzt. Wie Entwicklungsprozesse im Allgemeinen, so vollziehen sich auch wissenschaftliche Entwicklungen in einem historisch-kulturellen Kräftefeld: Die beschleunigte Veränderung der Lebensumstände, die sich hieraus ergebenden Notwendigkeiten lebenslangen Lernens sowie einschneidende soziodemographische Veränderungen haben das Interesse an einer Lebensspannen-Entwicklungspsychologie stark belebt. Inzwischen ist es Standard, dass Lehrbücher zur Entwicklungspsychologie zumindest einige Kapitel auch den späteren Lebensabschnitten bzw. den die Lebensspanne übergreifenden Grundprozessen widmen. Der Bestand an Forschungsergebnissen und -methoden in der Entwicklungs- und Alternspsychologie ist in den vergangenen Jahrzehnten allerdings so angewachsen, dass kaum noch ein einzelnes Lehrbuch – wie voluminös auch immer – den Anspruch einer gesamthaften Darstellung erheben kann. Dies gilt auch für das vorliegende Werk; wenngleich die im Einzelnen behandelten Fragen nicht auf einzelne Lebensphasen beschränkt sind, so liegt doch ein besonderes Gewicht auf Themen, die das Erwachsenenalter bzw. höhere Lebensalter betreffen.

Entwicklung vollzieht sich auf historischen und ontogenetischen Zeitebenen; Prozesse der personalen und kulturellen Steuerung von Entwicklungsprozessen über die Le-

Vorwort

Lebensspanne vollziehen sich in einem Möglichkeitsspielraum, der sowohl durch biologische und genetische Faktoren wie auch durch historische und kulturelle Rahmenbedingungen begrenzt und strukturiert ist. Hieraus ergibt sich auch die Notwendigkeit eines multidisziplinären Zugangs, und demgemäß kommen in diesem Buch verschiedene Disziplinen zu Wort. Wenngleich die einzelnen Kapitel unterschiedliche Perspektiven und Ansätze entfalten, so zeichnet sich doch eine übergreifende Orientierung ab, die personale, kulturelle, biologische und entwicklungs-genetische Aspekte integriert und daraus auch für die Anwendungspraxis Anregungen gewinnt. Es war jedenfalls ein Anliegen der Herausgeber, eine integrative Sichtweise auf personale Entwicklung zu befördern, die verschiedene Einfluss-systeme und Analyseebenen miteinander verknüpft. Entwicklung über die Lebensspanne ist zwar wesentlich das Produkt einer Interaktion von Anlage- und Umweltbedingungen, jedoch sind Entwicklungsumwelten stets auch vom den Entwicklungssubjekten selbst mitgestaltet. Zu einem grundlegenden Verständnis von Entwicklung über die Lebensspanne gehört daher auch die Berücksichtigung der Wechselbeziehungen, die zwischen Entwicklungs- und Alternsprozessen einerseits und den im historischen und ontogenetischen Kontext veränderlichen Vorstellungen bestehen, die Menschen sich von ihrem Lebensablauf machen. In einer Zeit, in der das Moment eigenver-

antwortlicher, planvoller Gestaltung der persönlichen Entwicklung zunimmt, gewinnt dieser Aspekt noch an Gewicht. Lebensläufe werden letztlich dann untersucht, wenn Menschen lernen wollen, wie sie besser leben können – so hat Lawrence Kohlberg es in dem 1979 von Paul Baltes und Lutz Eckensberger herausgegebenen Band »Entwicklungspsychologie der Lebensspanne« formuliert. Dieses grundlegende Erkenntnisinteresse manifestiert sich auch in den Beiträgen des vorliegenden Werkes.

Für die Unterstützung bei der Produktion dieses Buches sind die Herausgeber vielen Seiten zu Dank verpflichtet. Nächste den Autorinnen und Autoren gilt unser Dank allen, die bei der redaktionellen Gestaltung des Buchmanuskriptes mitwirkten: Frau Dr. Julia Delius (Berlin), Frau Brigitte Goerigk-Seitz (Trier), Frau Erna Schiwietz (Berlin), Herrn Peter Wittek (Berlin) und Herrn Ulrich Knappek (Berlin). Herrn Dr. Poensgen vom Kohlhammer-Verlag danken wir für die ebenso wohlwollende wie geduldige Begleitung des Projektes vom Beginn bis zur Produktion.

Widmen möchten wir dieses Werk unserem Kollegen, Mentor und Freund Paul Baltes (1939–2006). Er hat der Entwicklungspsychologie der Lebensspanne neue Dimensionen eröffnet.

Jochen Brandtstädter
Ulman Lindenberger