

## II. THEORIE

### 2.1 Veränderungen kognitiver Leistungsfähigkeit über die Lebensspanne

#### 2.1.1 Die Rolle von Biologie und Kultur über die Lebensspanne

Einen übergreifenden theoretischen Rahmen für die Konzeptualisierung der Entwicklung kognitiver Leistungsfähigkeit über die Lebensspanne stellt das Modell der unvollendeten biologischen und kulturellen Architektur der Humanontogenese dar (vgl. Baltes, 1993, 1997, 1999; Baltes & Graf, 1996). Hiernach wird die menschliche Ontogenese von zwei unterschiedlichen Systemen reguliert, dem biologischen und dem kulturellen (Durham, 1990, 1991). Das Zusammenwirken der beiden Systeme bestimmt sich aus drei Grundannahmen, die gemeinsam die Architektur des Lebenslaufs auf allgemeiner Ebene charakterisieren. Erstens nehmen die adaptiven Auswirkungen der biologischen Evolution mit dem Alter und insbesondere nach der reproduktiven Phase ab. Zweitens steigt der Bedarf an kulturellen Mitteln und drittens nimmt zugleich die Effektivität kultureller Mittel wegen der biologisch bedingten Altersverluste ab. Diese drei Grundannahmen werden im folgenden näher erläutert.

Der ersten Annahme zufolge ist die Biologie des Alterns vor allem durch erhöhte Vulnerabilität und Fehleranfälligkeit charakterisiert. Aus einer evolutionstheoretischen Sicht kann Altern als ein Prozeß aufgefaßt werden, bei dem der evolutionäre Selektionsdruck abnimmt, da reproduktionsbezogene Wirkfaktoren an Bedeutung verlieren. Dies wiederum führt dazu, daß das menschliche Genom für das Alter im Vergleich zu anderen Lebensabschnitten weniger gut selektiert ist und daher eine höhere Wahrscheinlichkeit aufweist, schädliche und dysfunktionale Gene zu exprimieren (Finch, 1990, 1996; Martin, Austad & Johnson, 1996; Osiewacz, 1995; Yates & Benton, 1995; vgl. Baltes et al., 1998). Ein gutes Beispiel für die ontogenetische Auswirkungen der alterskorrelierten Abnahme evolutionärer Selektionsvorteile stellt die Alzheimersche Krankheit dar, deren Auftretenshäufigkeit nach dem 70. Lebensjahr stark zunimmt. So liegt die Prävalenzrate der Alzheimer Demenz bei 90- bis 100jährigen bei 50 % (Helmchen et al., 1999). Weitere Einflußfaktoren des biologischen Alterns stellen zudem der natürliche Verschleiß des Organismus im Lebensverlauf, Entropiekosten und die kumulative Zunahme an genetischen Übertragungsfehlern dar (vgl. Baltes, 1999).

Daß in der Menschheitsentwicklung die Ontogenese länger und differenzierter wurde, ist in erster Linie das Resultat kulturbasierter, kultureller Faktoren. Das Potential des menschlichen Genoms ausnutzend, haben demnach gesellschaftlich-kulturelle Prozesse einen stetigen Fortschritt in der menschlichen Entwicklung bewirkt. Ein Beispiel dafür ist der kontinuierliche Anstieg der Lebenserwartung. Der relative Einfluß kultureller Faktoren in der modernen Menschheitsentwicklung ist gerade auch im hohen Alter erkenntlich (vgl. Baltes, 1999). Unter Kultur werden hier alle psychologischen, sozialen, materiellen und symbolischen (wissensbasierten) Ressourcen verstanden, die Menschen in historischer Zeit entwickelt haben und die, über Generationen weitergegeben, menschliche Entwicklung in der heutigen Form ermöglichen (Cole, 1996; Damon, 1996; D'Andrade, 1995; Durham, 1990, 1991; Kliks, 1993; Shweder, 1991).

Angesichts der altersbedingten biologischen Verluste in unterschiedlichen Funktionsbereichen steigt im Alter der Bedarf an Unterstützung durch materielle, soziale, ökonomische und psychologische Ressourcen stetig an. Wegen der Zunahme an biologischer Vulnerabilität nimmt die Effektivität des Einsatzes dieser Ressourcen jedoch kontinuierlich ab. Der Effizienz der Mittel, die der biologischen Unvollkommenheit der Architektur des menschlichen Lebenslaufs entgegenwirken, werden somit durch eben diese Unvollkommenheit Grenzen gesetzt. Diese Grenzen stehen nicht fest; sie verändern sich in historischer Zeit durch die Zunahme der Qualität und Quantität kultureller Ressourcen, wie beispielsweise durch die Verbesserung moderner Medizintechnologie. Der Auftrag kognitiver Altersforschung, die Möglichkeiten intellektueller Leistungsfähigkeit im Alter zu erkunden und zu verändern, entspricht demnach der historischen Suche nach Möglichkeiten, der Unvollkommenheit der Ontogenese zu begegnen (Lindenberger & Baltes, in Druck).

Die ontogenetische Dynamik zwischen Biologie und Kultur kommt im Rahmen von Theorien zur Entwicklung kognitiver Leistungen über die Lebensspanne besonders eindringlich in dualen Intelligenzkonzeptionen im Rahmen psychometrischer Intelligenzforschung zum Ausdruck, da diese Konzeptionen differentielle Altersverläufe für die biologische und die kulturelle Komponente der Intelligenz in das Zentrum der theoretischen Überlegungen stellen (Baltes, 1993; Cattell, 1971; Horn, 1982).

Im Rahmen psychometrischer Forschungstradition werden kognitive Leistungen im Sinne von intellektuellen Fähigkeiten in vielfältiger Weise als multidimensionales Konstrukt konzipiert (Carroll, 1993; Guilford, 1959, 1985; Thurstone, 1938). Cattell (1971) und Horn

(1982) unterscheiden auf höherer Ebene zwischen der fluiden Prozeßkomponente und der kristallinen Wissenskomponente, die sich unter anderem in ihrem Entwicklungsverlauf unterscheiden: Während die fluide Intelligenz im mittleren Erwachsenenalter bereits abnimmt, nimmt die kristalline Intelligenz im Erwachsenenalter zu oder bleibt zumindest stabil (Cattell, 1971; Horn, 1982). Ähnliche duale Konzeptionen der Intelligenz finden sich in Hebbs (1949) Unterscheidung zwischen Intelligenz A (physiologisch bedingt) und Intelligenz B (auf Erfahrung beruhend), Ackermans (1996) Konzeption der 'Intelligenz als Prozeß' und der 'Intelligenz als Wissen' und in dem 'encapsulation model of adult intelligence' von Rybash, Hoyer und Roodin (1986).

### **2.1.2 Zweikomponentenmodelle der Intelligenzentwicklung**

Baltes und Mitarbeiter (Baltes, 1987, 1993, 1997; Baltes et al., 1984, Baltes & Graf, 1996; Dixon & Baltes, 1986; Dixon, Kramer & Baltes, 1985) haben diese duale Intelligenzkonzeption um evolutionstheoretische, entwicklungsbiologische, kognitionspsychologische und kulturpsychologische Überlegungen erweitert. In dem Zweikomponentenmodell der Intelligenzentwicklung von Baltes et al. (1984) wird deswegen nicht von fluider und kristalliner Intelligenz, sondern von der Mechanik und der Pragmatik der Intelligenz gesprochen.

Die kognitive Mechanik spiegelt die neurophysiologische Grundstruktur des Gehirns wider und verkörpert die genetisch-biologische Komponente der Intelligenz (vgl. Baltes, 1993). Sie bezieht sich auf die Geschwindigkeit, die Genauigkeit und die Koordination von elementaren kognitiven Informationsverarbeitungsprozessen, wie sie beispielsweise in Aufgaben zur Erfassung der Qualität von Operationen wie Kategorisieren, Diskriminieren und Vergleichen, des sensorischen und motorischen Gedächtnisses, des assoziativen Lernens, der selektiven Aufmerksamkeit und von Denkprozessen bei der Lösung neuer Aufgaben erfaßt werden (vgl. Baltes et al., 1998).

Die Pragmatik hingegen verkörpert den sozial-kulturellen Aspekt der Intelligenz. Sie bezieht sich auf deklarative und prozedurale Wissenskörper, die im Laufe eines Lebens in einem sozio-kulturellen Kontext erworben werden können (Cole, 1990; Lawrence & Valsiner, 1993; Shweder, 1991). Beispiele für solche Wissenskörper reichen vom Sprachverstehen über das berufliche Expertenwissen bis hin zu dem Wissen, das Personen über sich selbst und über Zusammenhänge in der Welt haben (vgl. Baltes et al., 1998).

Die Diskrepanz in den Altersverläufen der Mechanik und der Pragmatik der Intelligenz entspricht der ontogenetischen Dynamik von Biologie und Kultur: Mechanisch-fluide kognitive Fähigkeiten, die hauptsächlich durch biologisch-genetische Faktoren determiniert werden, zeigen schon im frühen Erwachsenenalter eine Abnahme (Cerella, 1990; Hertzog & Schaie, 1988; Horn & Hofer, 1992; Salthouse, 1991b; Schaie, 1996). Im Gegensatz dazu ist für pragmatisch-kristalline Fähigkeiten, die die kulturelle und wissensbasierte Komponente der Intelligenz repräsentieren, zumindest bis ins späte Erwachsenenalter und das sogenannte dritte Lebensalter (bis ca. 75 Jahre) Stabilität oder manchmal auch Wachstum zu verzeichnen (Baltes et al., 1995; Schaie & Willis, 1993; Staudinger, Smith & Baltes, 1992).

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß sich trotz unterschiedlicher Entwicklungsverläufe die beiden Komponenten der Intelligenz in *gegenseitiger Abhängigkeit* befinden. So sind beispielsweise die beiden Systeme, von einer phylogenetischen Perspektive aus betrachtet, dadurch miteinander verbunden, daß die Menschen genetisch bedingte Dispositionen besitzen, um kulturelles Wissen zu erwerben (Karmiloff-Smith, 1992). Auf der Ebene der Ontogenese kann die wechselseitige Abhängigkeit der beiden Komponenten dadurch verdeutlicht werden, daß die Entwicklung der Mechanik, des basalen Informationsverarbeitungssystems also, eine Voraussetzung für die Entwicklung der Pragmatik, das heißt dem Erwerb und der Nutzung von Wissen darstellt. So argumentiert beispielsweise Cattell (1971) im Rahmen seiner Investment-Theorie, daß sich individuelle Unterschiede in der fluiden Intelligenz im Erwerb kristalliner Intelligenz niederschlagen, da es keine kristallinen Leistungen ohne das vorangegangene 'Investment' fluider Fähigkeiten gibt. Demnach stellen also wissensbezogene Produkte bzw. Fertigkeiten kristallisierte fluide Intelligenz dar (Cattell, 1971). Befunde aus der Expertiseforschung machen wiederum deutlich, daß aktuelle mechanisch-fluide Ressourcen alleine von geringem Nutzen sind, wenn es um die Lösung von Problemen in hoch spezialisierten Feldern geht, bei der zuvor erworbenes bereichsspezifisches Wissen benötigt wird (Ericsson, Krampe & Tesch-Römer, 1993).

### **2.1.3 Mechanik und Pragmatik im hohen Alter**

Die Interdependenz von Mechanik und Pragmatik wird vor allem im hohen Alter deutlich, wenn durch den altersbedingten, biologischen Verlust in mechanisch-fluiden Fähigkeiten der Bedarf an pragmatisch-kristallinen Wissenskörpern zunimmt. Aufgrund der zuvor dargestellten

theoretischen Überlegungen über die Dynamik von Biologie und Kultur im Laufe der Ontogenese ist jedoch zu erwarten, daß aufgrund der Dominanz biologischer Verlustfaktoren im hohen Alter der Abbau mechanisch-fluidier Fähigkeiten derart fortgeschritten ist, daß auch wissensbasierte Fähigkeiten nur noch eingeschränkt wirken können und damit die kognitive Leistungsfähigkeit bereichsübergreifend eingeschränkt wird. Demnach sollte im hohen Alter das Ausmaß an Kovarianz zwischen unterschiedlichen kognitiven Fähigkeiten und damit die Bedeutung des generellen Faktors der Intelligenz (Carroll, 1993) ansteigen, die durchschnittliche kognitive Leistungsfähigkeit jedoch gleichzeitig sinken.

Im Rahmen psychometrischer Intelligenzforschung hat die Hypothese einer Differenzierung der kognitiven Fähigkeitsstruktur in der Kindheit und Dedifferenzierung im Alter eine lange Tradition (Burt, 1954; Deary & Pagliari, 1991; Garrett, 1946; Lienert & Crott, 1964; Reinert, 1970; Schaie, Willis, Jay & Chipuer, 1989; Spearman, 1927). Entsprechend dieser *Differenzierungs-Dedifferenzierungs-Hypothese* nimmt die Kovarianz zwischen intellektuellen Fähigkeiten oder die Bedeutung des Generalfaktors der Intelligenz ( $g$ ) während der Kindheit aufgrund der zunehmenden Reifung und Differenzierung des Gehirns sowie der wissensbasierten und oft bereichsspezifischen Lernerfahrungen ab, bleibt während der Jugend, des mittleren Erwachsenenalters und des frühen Alters stabil und nimmt dann im hohen Alter vor allem aufgrund eines allgemeinen biologischen Abbaus des Systems wieder zu. Um Mißverständnisse zu vermeiden, soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß sich die Begriffe der Differenzierung und Dedifferenzierung auf die Beschreibung psychometrisch erfaßter Fähigkeitsstrukturen über die Lebensspanne beziehen, nicht aber auf die Spezifizierung der kausalgenetischen Ursachen für diese Beobachtungen. Hinsichtlich der Kausalmechanismen ist vielmehr anzunehmen, daß die Differenzierung im Kindesalter und die Dedifferenzierung der Fähigkeitsstrukturen im hohen Alter auf unterschiedlichen Prozessen beruhen.

### **2.1.3.1 Dedifferenzierung der Fähigkeitsstrukturen**

Empirische Hinweise auf eine Dedifferenzierung der kognitiven Fähigkeitsstruktur im hohen Alter erbrachten unter anderem querschnittliche Befunde aus der Berliner Altersstudie ( $N = 516$ ; Altersspanne: 70 bis 103 Jahre; Baltes & Mayer, 1999; für eine Übersicht über die Berliner Altersstudie siehe Anhang A sowie Abb. 3; Baltes & Lindenberger, 1997; Lindenberger & Baltes, 1994, 1995a, 1997). Dabei wurde zwischen zwei Formen der Dedifferenzierung

unterschieden, (a) der *Richtungs-Dedifferenzierung* (directionality dedifferentiation) und (b) der *Kovarianz-Dedifferenzierung* (covariance dedifferentiation). Die Richtungs-Dedifferenzierung bezieht sich auf die Auflösung der bis ins achte Lebensjahrzehnt empirisch nachgewiesenen Unterschiede in den Richtungen der Altersgradienten für mechanisch-fluide und pragmatisch-kristalline Fähigkeiten im hohen Alter: Sowohl die Mechanik als auch die Pragmatik zeigten negative Altersverläufe, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß (Lindenberger & Baltes, 1997).

Eine Dedifferenzierung der Kovarianzen im hohen Alter konnte sowohl (a) innerhalb des kognitiven Fähigkeitsbereichs als auch (b) über unterschiedliche Funktionsbereiche hinweg gefunden werden. So waren die beobachteten Interkorrelationen sowohl zwischen als auch innerhalb mechanisch-fluider und pragmatisch-kristalliner Fähigkeiten im hohen Alter bedeutend höher als im frühen und mittleren Erwachsenenalter und konnten durch einen einzigen Faktor der Intelligenz angemessen beschrieben werden (Lindenberger & Baltes, 1997). Diese Ergebnisse entsprachen früheren Befunden im Rahmen psychometrischer Intelligenzforschung (für eine Übersicht siehe Li & Lindenberger, 1999). Zudem ließen sich im hohen Alter hohe Zusammenhänge zwischen kognitiver, sensorischer und sensomotorischer Leistungsfähigkeit aufzeigen: Maße des Sehens und Hörens teilten zusammen 57 % ihrer reliablen Varianz mit dem generellen Faktor der Intelligenz. Auch andere Studien zeigten robuste Zusammenhänge zwischen sensorischer und kognitiver Funktionsfähigkeit im Alter (Anstey, Lord & Williams, 1997; Salthouse, Hancock, Mainz & Hambrick, 1996). Diese Ergebnisse weisen darauf hin, daß sich die Dedifferenzierung im hohen Alter nicht nur auf den kognitiven Fähigkeitsbereich, sondern auch auf andere Funktionsbereiche, wie den sensorischen und sensomotorischen, erstreckt (Baltes & Lindenberger, 1997; Lindenberger & Baltes, 1994, 1997). Man kann vermuten, daß die zunehmende Gemeinsamkeit im Richtungsverlauf der durchschnittlichen Leistungshöhen sowie in den Kovarianzen unterschiedlicher Funktionsbereiche eine gemeinsame Quelle haben, die das Leistungssystem auf der Ebene individueller Unterschiede bereichsübergreifend koordiniert und so zu höheren Interkorrelationen der Fähigkeitssysteme führt.

Trotz Richtungs- und Kovarianz-Dedifferenzierung machen die querschnittlichen Befunde aus der Berliner Altersstudie deutlich, daß die aufgrund des Zweikomponentenmodells der Intelligenzentwicklung zu erwartende divergente externe Validität bis ins hohe Alter, wenn auch in reduzierter Weise, ihre Gültigkeit behält: das Wissen, ein prototypischer Indikator der

Pragmatik der Intelligenz, wies einen höheren Zusammenhang zu soziostrukturell-biographischen Variablen auf als die Wahrnehmungsgeschwindigkeit, ein prototypischer Indikator der Mechanik der Intelligenz. Umgekehrt zeigte die Wahrnehmungsgeschwindigkeit im Vergleich zu dem Wissen höhere Zusammenhänge zu senso-sensomotorischen Variablen als das Wissen (Lindenberger & Baltes, 1997). Diese Befunde weisen darauf hin, daß kognitive Leistungsfähigkeit auch im hohen Alter ein multidimensionales Konstrukt bleibt. Dennoch spricht die beobachtete Dedifferenzierung in der Richtung der Altersgradienten kognitiver Fähigkeiten sowie in den Kovarianzen innerhalb des kognitiven und zwischen unterschiedlichen Funktionsbereichen für eine Zunahme an altersbedingten biologischen Einschränkungen der intellektuellen Leistungsfähigkeit im hohen Alter.

### **2.1.3.2 Die neurobiologische Common Cause-Hypothese**

Wie schon angedeutet, ist eine mögliche Erklärung für die empirisch beobachtete Dedifferenzierung der Fähigkeitsstruktur im hohen Alter das Vorliegen einer gemeinsamen Einflußquelle. Es waren vor allem die Befunde eines hohen Zusammenhangs sensorischer und kognitiver Funktionsfähigkeit im hohen Alter, die zur Formulierung der *neurobiologischen Common Cause-Hypothese* führten (Baltes & Lindenberger, 1997; Lindenberger, in Druck-a; Lindenberger & Baltes, 1994). Die neurobiologische Common Cause-Hypothese ist eine Drittvariablen-Hypothese und nimmt an, daß negative Altersunterschiede in unterschiedlichen Funktionsbereichen im Alter auf den Einfluß eines gemeinsamen Faktors bzw. eines Ensembles gemeinsamer Faktoren zurückzuführen sind. Das normale Altern ist demnach mit einem generellen Verlust an kognitiver Kapazität und Plastizität verbunden, der durch eine altersbedingte Verschlechterung neurobiologischer Mechanismen bedingt ist, die die Integrität des Gehirns über unterschiedliche Areale und Funktionskreise hinweg beeinträchtigen. Die Mechanismen und Prozesse der Gehirnalterung führen zu einer Reduktion des funktionalen zerebralen Raums (Kinsbourne & Hicks, 1978). Auf einer behavioralen Ebene äußert sich dies unter anderem in der Dedifferenzierung der Fähigkeitsstrukturen (Lindenberger, Marsiske & Baltes, 1998).

Es sei hier darauf hingewiesen, daß prinzipiell auch andere Faktoren als gemeinsame Quelle für die beobachteten Befunde einer Dedifferenzierung im hohen Alter wirken können (siehe auch Lindenberger & Baltes, 1994). Hierzu zählt beispielsweise das kulturelle und

wissensbasierte Umfeld älterer Menschen. So wird im Rahmen der Disuse-Hypothese angenommen, daß das Umfeld älterer Menschen einen Deprivationskontext darstellt. Demnach leben ältere im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen in einer weniger stimulierenden Umwelt und werden daher nur noch wenig kognitiv gefordert (Baltes, Reese & Nesselroade, 1977). Obwohl diese Faktoren vermutlich ebenso zu beachten sind, lassen sich die beobachteten hohen Interkorrelationen zwischen Sensorik und Kognition durch die Disuse-Hypothese weniger gut erklären, da die Annahme weniger plausibel ist, daß die Umwelt älterer Personen nicht nur durch mangelnde kognitive, sondern zudem durch fehlende sensorische Stimulation gekennzeichnet sei. Die dargestellten Befunde einer Dedifferenzierung der Fähigkeitsstruktur im hohen Alter sowie die oben dargelegten theoretischen Argumente zur Rolle von Kultur und Biologie für die menschliche Ontogenese legen vielmehr nahe, daß biologische Einflußsysteme bei diesem Prozeß die Hauptrolle spielen.

Bei der Formulierung der neurobiologischen Common Cause-Hypothese wurde zunächst auf die konkrete Spezifikation des mit der biologischen Gehirnalterung verbundenen Ensembles gemeinsamer Faktoren verzichtet (Lindenberger, in Druck-a). In jüngster Zeit wurde dennoch auf unterschiedlichen Analyseebenen und mit vielfältigen methodischen Ansätzen damit begonnen, mögliche Kandidaten für bereichsübergreifende gemeinsame Ursachen zu identifizieren. So wurden (a) auf der funktional-kognitiven Ebene altersbedingte Verluste in der Effektivität exekutiver Prozesse des Arbeitsgedächtnisses (Lindenberger, 1999) und (b) auf der biochemischen Ebene die altersbedingte Abnahme in der Effektivität dopaminerger Transmittersysteme (Li & Lindenberger, 1999; Li, Lindenberger & Frensch, in Druck) vorgeschlagen. Die Annahme, daß der Verlust an Effektivität dopaminerger Systeme im Alter die Ursache für beobachtete Altersverluste in unterschiedlichsten kognitiven Funktionen darstellen kann (Arnsten & Goldman-Rakic, 1985; Gabrieli, 1998; Goldman-Rakic & Brown, 1981; Schneider et al., 1996), wurde beispielsweise anhand neuronaler Netzwerksimulationen untersucht. Hierbei konnte gezeigt werden, daß die Reduzierung eines einzigen Parameters (gain) eine Vielzahl an prototypischen Altersphänomenen, wie Altersunterschiede (a) in der Lernrate, (b) in der asymptotischen Leistungsfähigkeit nach dem Lernen (c) in der Empfänglichkeit für Interferenzen, (d) in Komplexitätskosten, (e) in intra- und interindividueller Variabilität und (f) in der Dedifferenzierung von Fähigkeitsstrukturen simulieren konnte (Li & Lindenberger, 1999; Li et al., in Druck).



Trotz der spekulativen Natur der neurobiologischen Common Cause-Hypothese besteht Konsens darüber, (a) daß die zugrundeliegenden Mechanismen oder deren Auswirkungen auf einer globalen, bereichsübergreifenden und nicht auf einer modularen, bereichsspezifischen Ebene operieren und (b) daß der Verlust in der Effektivität dieser Mechanismen seinen Ursprung in dem biologischen Alterungsprozeß zerebraler Funktionen hat. Demnach sollten im Rahmen querschnittlicher und längsschnittlicher psychometrischer Studien sowohl (a) individuelle Unterschiede in Indikatoren aktueller Leistungsfähigkeit in unterschiedlichen Funktionsbereichen altersbezogene Kovarianzen aufzeigen als auch (b) interindividuelle Unterschiede in längsschnittlich beobachteter Leistungsveränderung in diesen Indikatoren positiv miteinander korrelieren.

#### **2.1.4 Zusammenfassung**

Die Dynamik zwischen Biologie und Kultur über die Lebensspanne zeigt sich besonders deutlich am Beispiel dualer Intelligenzkonzeptionen im Rahmen psychometrischer Intelligenzforschung. Die vor allem biologisch-genetisch determinierte Mechanik der Intelligenz zeigt bereits im frühen Erwachsenenalter Verluste, während die vor allem kultur- und wissensbasierte Pragmatik der Intelligenz zumindest bis ins achte Lebensjahrzehnt Stabilität oder Wachstum aufweist. Diese Beobachtung entspricht der ersten Grundannahme des Modells der unvollendeten biologischen und kulturellen Architektur der Humanontogenese, nach der evolutionäre Selektionsvorteile mit dem Alter abnehmen, so daß die Biologie des Alterns vor allem durch erhöhte Vulnerabilität und Fehleranfälligkeit charakterisiert ist. Gleichzeitig nimmt der zweiten Grundannahme zufolge mit zunehmendem Alter der Bedarf an Kultur zu, da es zum einen für die Optimierung und der zeitlichen Verlängerung der menschlichen Entwicklung einer immer höher entwickelten Kultur bedarf, und weil zum anderen aufgrund der zunehmend dominanter werdenden biologischen Funktionsverluste der Bedarf an Kompensation durch kulturelle Güter steigt. Die dritte Annahme macht auf das Paradox aufmerksam, daß aufgrund des Verlustes der biologischen Systemintegrität im Alter die Effektivität dieser kompensatorischen, kulturellen Mittel gleichzeitig mit fortschreitendem Alter abnimmt. Im Einklang dazu zeigen Befunde aus der Berliner Altersstudie, daß es im hohen Alter zu einem altersbedingten Verlust in beiden Komponenten der Intelligenz kommt; das heißt, im Gegensatz zu früheren Lebensphasen zeigen auch pragmatisch-kristalline Fähigkeiten eine altersbedingte

Abnahme. Zusätzlich zu dieser Dedifferenzierung in der *Richtung* der Altersgradienten im hohen Alter konnte zudem eine Dedifferenzierung in den *Kovarianzen* sowohl innerhalb des kognitiven Fähigkeitsbereiches als auch über unterschiedliche Funktionsbereiche hinweg beobachtet werden: So waren nicht nur die Interkorrelationen mechanisch-fluider und pragmatisch-kristalliner Fähigkeiten, sondern auch die beobachteten Zusammenhänge zwischen eher neurobiologischen Maßen senso- und sensomotorischer und Maßen kognitiver Leistungsfähigkeit bei Personen im hohen Alter bedeutend höher als bei jüngeren Erwachsenen. Als eine Erklärung für die beobachtete Dedifferenzierung der Fähigkeitsstruktur im hohen Alter wurde die neurobiologische Common Cause-Hypothese vorgeschlagen. Demnach ist der Alterungsprozeß mit einer biologisch bedingten Veränderung in einem Ensemble gemeinsamer Faktoren verbunden, die die Integrität des Gehirns über ein breites Spektrum zerebraler Bereiche und Funktionskreise beeinträchtigen. Diese Sichtweise schließt prinzipiell nicht aus, daß auch kulturelle Faktoren, wie etwa individuelle Unterschiede in der Lernumwelt älterer Menschen, als eine zusätzliche, Gemeinsamkeiten produzierende Quelle für die beobachteten Veränderungen darstellen. Im Vergleich zu biologisch bedingten Effekten scheint die Größe kultureller Effekte im hohen Alter jedoch deutlich geringer.

In der vorliegenden Untersuchung bilden das Modell der biologischen und kulturellen Architektur der Intelligenzentwicklung über die Lebensspanne sowie die neurobiologische Common Cause-Hypothese den konzeptuellen Rahmen für die Untersuchung und die Vorhersage kognitiver Plastizität im hohen Alter (siehe Abschnitt 3.1.2). Da in der vorliegenden Studie kognitive Plastizität am Beispiel von episodischen Gedächtnisfunktionen untersucht wird, erfolgt im folgenden Abschnitt eine Darstellung der wichtigsten Befunde und Erklärungsansätze zu Altersunterschieden im episodischen Gedächtnis.

## **2.2 Episodisches Gedächtnis im Alter**

Die theoretische und methodologische Orientierung der Gedächtnisforschung des Alterns wurde in erster Linie durch allgemeine kognitive Theorien des Gedächtnisses im Rahmen des Informationsverarbeitungsansatzes geprägt (vgl. Craik & Jennings, 1992). Im Rahmen dieser Ansätze ist unter anderem die Unterscheidung zwischen unterschiedlichen, wenn auch voneinander abhängigen Gedächtnissystemen von zentraler Bedeutung (Tulving, 1985; Tulving & Schacter, 1990). Dabei umfaßt das episodische Gedächtnissystem sowohl Informationen über

den Inhalt persönlich erlebter Ereignisse als auch über deren raum-zeitlichen Kontext. Im Laborkontext wird das episodische Gedächtnis typischerweise mit Aufgaben erfaßt, in denen Personen sich Wortlisten, Wortpaare oder Texte einprägen, die sie später wiedergeben sollen; das heißt, es wird die bewußte Erinnerung an raum-zeitlich gebundene persönliche Ereignisse erfaßt (Kausler, 1994).

Die folgende Darstellung beschränkt sich auf die Zusammenfassung der wichtigsten, aktuell diskutierten Erklärungsmodelle aus dem Bereich der kognitiven Altersforschung und der kognitiven Neurowissenschaften sowie auf Befunde, die für das Training von Gedächtnisfunktionen anhand mnemonischer Techniken im hohen Alter von Relevanz sind (für umfassende Überblicksartikel siehe Craik, Anderson, Kerr & Li, 1995; Craik & Jennings, 1992; Kausler, 1994; Light, 1991; Poon, 1985; Salthouse, 1991b; Smith, 1996).

### **2.2.1 Episodische Gedächtnisfunktionen über die Lebensspanne**

Trotz der großen Anzahl an widersprüchlichen Befunden in der Gedächtnisforschung des Alterns besteht Konsens darüber, daß das episodische Gedächtnis im Vergleich zu anderen Gedächtnissystemen, wie zum Beispiel dem semantischen Gedächtnis, die stärksten altersbedingten Verluste aufweist (Craik & Jennings, 1992; Kausler, 1994; Light, 1991; Zacks et al., 2000). Im Laufe der Ontogenese zeigen episodische Gedächtnisleistungen im Kindes- und Jugendalter zunächst einen steilen Anstieg, bleiben über das Erwachsenenalter hinweg stabil und nehmen im Alter wieder ab (Craik & Jennings, 1992; Kausler, 1994).

Im Kontext der vorliegenden Untersuchung stellt sich die Frage nach dem Altersverlauf episodischer Gedächtnisfunktionen im hohen Alter. Einem Übersichtsartikel von Bäckman et al. (2000) zufolge sprechen einige längsschnittliche und querschnittliche Studien für einen beschleunigten Verlust episodischer Gedächtnisfunktionen im hohen Alter (Bäckman & Larsson, 1992; Crook & Larrabee, 1992; Hall, Pinkston, Szalda-Petree & Coronis, 1996; Korten et al., 1997). Andere Studien zeigen eine lineare Verschlechterung des episodischen Gedächtnisses vom Erwachsenenalter bis ins hohe Alter (Bäckman & Wahlin, 1995; Corey-Bloom et al., 1996; Hill, Wahlin, Winblad & Bäckman, 1995; Nilsson et al., 1997; Wahlin, Bäckman & Winblad, 1995; Zelinski & Burnight, 1997). Andere Untersuchungen deuten darauf hin, daß das hohe Alter nicht notwendigerweise mit einer Verschlechterung des episodischen Gedächtnisses einhergehen muß (Albert et al., 1995; Bäckman et al., 1998; Hill, Stigsdotter &

Bäckman, 1997; Johansson, Zarit & Berg, 1992; Lachman, 1983; Zelinski & Burnight, 1997). In solchen Studien wurden jedoch entweder ungewöhnlich gesunde Hochbetagte untersucht oder die längsschnittlichen Beobachtungsintervalle waren klein gewählt, so daß ontogenetische Veränderungen möglicherweise nicht erfaßt werden konnten. Die erforderliche Mindestgröße des Intervalls variiert in Abhängigkeit von der untersuchten Population und der Reliabilität der Messung und dürfte sich in den meisten Fällen zwischen drei und sieben Jahren bewegen.

### **2.2.2 Kognitive Erklärungsansätze**

In den letzten Jahren dominierten im Rahmen kognitiver Altersforschung quantitative Erklärungsansätze (Salthouse, 1991b), die Veränderungen im episodischen Gedächtnis sowie in anderen mechanisch-fluiden Fähigkeiten im Alter als die Folge altersbedingter Begrenzungen in generellen kognitiven Ressourcen begreifen. In den Worten von Salthouse, Kausler und Sauls (1988) gehen diese Modelle davon aus, daß

“age differences in certain cognitive tasks are not due to impairments in task-specific components or strategies, but instead are attributable to an age-related reduction in the quantity of some type of general-purpose processing resources considered necessary for efficient functioning in a broad assortment of cognitive tasks.” (Salthouse et al., 1988, S. 158)

Als Konstrukte für solche grundlegenden Verarbeitungsressourcen kristallisierten sich in den letzten Jahren die Abnahme der Aufmerksamkeits- und Arbeitsgedächtniskapazität (Craik, 1983, 1986; Craik & Byrd, 1982; Fisk & Warr, 1996; Hasher & Zacks, 1979; Mayr, Kliegl & Krampe, 1996), die Verlangsamung der Verarbeitungsgeschwindigkeit (Salthouse, 1996; Verhaeghen & Salthouse, 1997) sowie die Reduktion in der Effektivität inhibitorischer Prozesse heraus (Hasher & Zacks, 1988; Zacks & Hasher, 1994, 1997; für einen Überblick siehe Light, 1991; Zacks et al., 2000).

#### Der Ressourcenansatz von Craik: Interne versus externe Faktoren

Der von Craik und Kollegen (Craik, 1986; Craik & Byrd, 1982) entwickelte Ressourcenansatz betrachtet Gedächtnisleistungen als das Ergebnis der Interaktion zwischen externen und internen Faktoren. Externe Faktoren beziehen sich auf das Ausmaß an äußerer Unterstützung, das durch den gegebenen Kontext beim Einprägen und Abrufen sowie durch die Gedächtnisaufgabe selber

bereitgestellt wird. Das Ausmaß an äußerer Unterstützung variiert beispielsweise in Abhängigkeit davon, wieviel Anleitung und Hilfestellung den Probanden beim Einprägen des Materials zur Verfügung gestellt werden (beispielsweise durch den Hinweis auf effektive Gedächtnisstrategien oder die Darbietung von Hinweisreizen). Internale Faktoren stehen für das Ausmaß an Verarbeitungsressourcen, über die eine Person in der Einprägungs- und Abrufphase verfügt. Aufgaben variieren demnach im Ressourcenbedarf. Je mehr die Ausführung der jeweiligen Gedächtnisaufgabe selbstinitiierte Prozesse erfordert (wie beispielsweise beim Selbstgenerieren neuer Verbindungen zwischen Items oder beim Strukturieren unbekanntem Materials), desto größer sollten die beobachteten Altersunterschiede sein, da angenommen wird, daß mit zunehmendem Alter kognitive Ressourcen knapper werden (Craik, 1983, 1986; Craik & Byrd, 1982). Überzeugende Evidenz für diese Annahme liefern eine Vielzahl an Studien, die zeigen, daß Altersunterschiede am stärksten in Gedächtnisaufgaben mit freier Wiedergabe (free recall), weniger stark in Aufgaben mit Hinweisreizen (cued recall) und am schwächsten in Wiedererkennungsaufgaben (recognition) sind (Craik & Anderson, in Druck; Craik & McDowd, 1987; LaVoie & Light, 1994).

In Übereinstimmung mit diesen Befunden konnten Bäckman und Mitarbeiter zeigen, daß auch Personen in ihren 80er und 90er Jahren noch von kognitiver Unterstützung profitieren können: Die episodische Gedächtnisleistung der Probanden verbesserte sich in dem Maße, mit dem die zu bearbeitende Gedächtnisaufgabe kognitive Hilfestellungen (in Form von organisiertem Material, Reichhaltigkeit des Stimulusmaterials, mehr Studienzeit oder semantischen Hinweisreizen) bereitstellte. Gleichzeitig wiesen die Befunde jedoch darauf hin, daß die Effektivität in der Nutzung leistungsfördernder kognitiver Hilfestellungen mit zunehmendem Alter abnimmt und damit der Bedarf an kognitiver Hilfestellung für die Optimierung episodischer Gedächtnisfunktionen mit dem Alter steigt (Bäckman, 1991; Bäckman, Mäntylä & Herlitz, 1990; Bäckman & Larsson, 1992; Bäckman & Small, 1998; Bäckman & Wahlin, 1995; Hill et al., 1995).

### Die Verarbeitungsgeschwindigkeit

Entsprechend der Hypothese der generellen Verlangsamung (general slowing hypothesis) wird der altersbedingte Verlust in episodischen Gedächtnisfunktionen sowie in weiteren Aufgaben des mechanisch-fluiden Bereichs der Intelligenz durch eine allgemeine Abnahme der Verarbei-

tungsgeschwindigkeit verursacht (Birren, 1964; Cerella, 1990; Myerson, Hale, Wagstaff, Poon & Smith, 1990; Salthouse, 1991b, 1996; Welford, 1984).

Zahlreiche korrelative Studien haben die Annahme stützen können, daß die psychometrisch erfaßte Wahrnehmungsgeschwindigkeit einen Großteil negativer Altersunterschiede in episodischen Gedächtnisfunktionen sowie anderen kognitiven Fähigkeiten statistisch präzisieren kann (Park, Smith, Lautenschlager, Earles, Frieske, Zwahr & Gaines, 1996; Salthouse, 1994, 1996; Salthouse & Babcock, 1991; Verhaeghen & Salthouse, 1997); und zwar auch dann, wenn die anderen Fähigkeiten ohne zeitliche Begrenzung erfaßt werden (Hertzog, 1989; Lindenberger, Mayr & Kliegl, 1993; Salthouse, 1991b). Dies gilt auch für das hohe Alter (Bryan & Luszcz, 1996; Lindenberger et al., 1993; Luszcz, Bryan & Kent, 1997). Die theoretische Interpretation dieses Befundes ist umstritten (Bashore, Ridderinkhof & van der Molen, 1998; Lindenberger & Pötter, 1998).

Salthouse (1996) hat im Zusammenhang mit der Hypothese der kognitiven Verlangsamung zwei Mechanismen spezifiziert, die für die beobachtete Beziehung zwischen Maßen der Geschwindigkeit und Maßen des Gedächtnisses sowie mechanisch-fluiden Fähigkeiten verantwortlich sind. Entsprechend dem *begrenzten Zeitmechanismus* (limited time mechanism) werden die für die Ausführung einer Aufgabe relevanten kognitiven Prozesse zu langsam ausgeführt, so daß sie in verfügbarer Zeit nicht beendet werden können. Entsprechend dem *Gleichzeitigkeitsmechanismus* (simultaneity mechanism) können die Produkte früherer Prozesse verloren gehen, bevor sie durch darauffolgende Prozesse genutzt werden können, so daß die gleichzeitige Verfügbarkeit von Informationen, die bei komplexerer Informationsverarbeitung nötig ist, eingeschränkt ist (Salthouse, 1996).

### Das Arbeitsgedächtnis

Ein Konstrukt, das dem von Salthouse vorgeschlagenen Gleichzeitigkeitsmechanismus ähnelt, ist das des Arbeitsgedächtnisses, das typischerweise als die Fähigkeit definiert wird, gleichzeitig Informationen zu speichern und zu verarbeiten (Baddeley, 1986; Just & Carpenter, 1992).

Eine altersbedingte Abnahme der Arbeitsgedächtniskapazität wird als weitere Quelle für Altersunterschiede in Gedächtnisfunktionen sowie in anderen mechanisch-fluiden Fähigkeiten vorgeschlagen (Craik, 1983; Craik & Byrd, 1982; Fisk & Warr, 1996; Mayr et al., 1996). Hierbei wird angenommen, daß der koordinative Aspekt des Arbeitsgedächtnisses das Langzeitgedächtnis vor allem bei der Integration von Informationen in der Einprägungsphase

beeinflusst: Je mehr Informationen gespeichert und gleichzeitig bearbeitet werden können, desto mehr Assoziationen können zwischen den zu erinnernden Stimuli geschaffen werden und desto besser ist das spätere Gedächtnis für diese Informationen (Bryan & Luszcz, 1996; Luszcz & Bryan, 1999; Salthouse & Babcock, 1991).

Im Zuge der verstärkten Betrachtung neuropsychologischer Theorien im allgemeinen und der Bedeutung des Frontalhirns im besonderen gelangten in jüngster Zeit die 'exekutiven Funktionen' in den Vordergrund des Interesses (Duncan, 1995; Kray & Lindenberger, in Druck; Luszcz & Bryan, 1999; Salthouse, Fristoe, McGuthry & Hambrick, 1998). Diese Funktionen sind eng mit dem Arbeitsgedächtnis verbunden. So besteht zum Beispiel im Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley die Funktion der zentralen Exekutive in der Kontrolle, Koordination und Integration von aufmerksamkeitsbezogenen Prozessen (Baddeley, 1996). Den verschiedenen Überlegungen in diesem Bereich ist gemeinsam, da sie den exekutiven Mechanismen eine zentrale Bedeutung für das kognitive Altern zusprechen und diese Mechanismen mit Altersprozessen im Frontalhirn in Verbindung bringen (Dempster, 1992; Duncan, 1995; Moscovitch & Winocur, 1992; Parkin, 1997; Prull, Gabrieli & Bunge, 2000; Shallice, 1988; West, 1996; Woodruff-Pak, 1997).

Aus korrelativen Studien geht hervor, daß individuelle Unterschiede in Maßen des Arbeitsgedächtnisses für einen hohen Anteil altersbezogener Varianz in mechanisch-fluiden Fähigkeitsmaßen aufkommen können (Salthouse, 1991a, 1992b). Werden Maße des Arbeitsgedächtnisses und der Wahrnehmungsgeschwindigkeit miteinander verglichen, zeigt sich, (a) daß beide Maße sowohl alleinige als auch ein hohes Ausmaß an gemeinsamer Anteile der altersbedingten Varianz in kognitiven Fähigkeitsmaßen prädictieren (Hultsch, Hertzog & Dixon, 1990; Salthouse, 1991a, 1992a, 1996), und (b) daß ein großer Anteil der Altersunterschiede in Maßen des Arbeitsgedächtnisses durch die Wahrnehmungsgeschwindigkeit vorhergesagt werden kann (Salthouse, 1991a, 1993; Salthouse & Babcock, 1991).

#### Die Effektivität inhibitorischer Prozesse

Als weitere Quelle für altersbedingte Unterschiede in Gedächtnisfunktionen wurde der Verlust in der Effektivität inhibitorischer Prozesse bei der Verarbeitung von Informationen im Arbeitsgedächtnis im Alter vorgeschlagen (Hasher & Zacks, 1988; Zacks & Hasher, 1994, 1997). Demnach kann aufgrund des Verlustes an inhibitorischer Kontrolle im Laufe des Einprägens von Gedächtnisinhalten die Anwesenheit von irrelevanten Informationen im

Arbeitsgedächtnis nicht vermieden werden, so daß die gebildeten Gedächtnisspuren sowohl die relevanten als auch irrelevante Informationen enthalten. Diese angereicherten Gedächtnisspuren führen später beim Abruf zu einem langsameren und fehleranfälligeren Abruf der Zielinformationen.

Für diese Hypothese sprechen einige empirische Befunde: Zum Beispiel weisen im Kontext der Studien zum ‘directed forgetting‘ Befunde darauf hin, daß ältere im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen größere Schwierigkeiten haben, die weitere Verarbeitung und Erinnerung bereits gelernter Informationen zu unterdrücken, die sie gemäß der Aufgabeninstruktion vergessen sollten (Zacks, Radvansky & Hasher, 1996). Konsistent damit zeigen andere Untersuchungen, daß ältere Erwachsene im Vergleich zu jungen Erwachsenen unter bestimmten Bedingungen größere Interferenzeffekte aufweisen (Kliegl & Lindenberger, 1993; Zacks & Hasher, 1997). Eine altersbedingte Zunahme in Interferenzeffekten konnte auch in Studien nachgewiesen werden, die die Stroop-Aufgabe nutzen (Cohn, Dustman & Bradford, 1984; Comalli, Wapner & Werner, 1962; Dempster, 1992; Houx, Jolles & Vreeling, 1993; Salthouse & Meinz, 1995).

### **2.2.3 Neuropsychologische Erklärungsansätze**

Die Frontalhirnhypothese des kognitiven Alterns postuliert, daß kognitive Funktionen, die von der neuronalen Integrität des Frontalhirns abhängig sind (wie z.B. die Funktionen des Arbeitsgedächtnisses) frühere und stärkere altersbedingte Verluste zeigen als Funktionen, die von anderen Arealen gestützt werden (Shimamura, 1990; West, 1996; Woodruff-Pak, 1997). Die funktionalen und strukturellen Veränderungen des Frontalhirns im Alter werden wiederum auf altersbedingte neurobiologische Veränderungen zurückgeführt (Moscovitch & Winocur, 1992; Shimamura, 1990; West, 1996; Woodruff-Pak, 1997).

In diesem Zusammenhang boten jüngst Prull et al. (2000) in einem Übersichtsartikel einen integrativen Erklärungsansatz an, in dem altersbedingte Veränderungen (a) in der Effektivität exekutiver Prozesse des Arbeitsgedächtnisses, (b) in Frontalhirnfunktionen und (c) in dopaminergen Systemen mit altersbedingten Verlusten in Gedächtnisfunktionen in Verbindung gebracht werden. Hierfür unterscheiden die Autoren zunächst zwischen strategischen und nicht-strategischen Gedächtnisaufgaben. Demnach variieren Gedächtnisaufgaben in ihren strategischen Anforderungen, das heißt in dem Maß, in dem ihre Ausführung Prozesse der



Planung, der Organisation, der Evaluation oder der Manipulation benötigt. Die Autoren argumentieren auf Basis einer umfangreichen Literaturübersicht, (a) daß altersbedingte Gedächtnisverluste in strategischen Aufgaben größer sind als in nicht-strategischen Aufgaben, (b) daß letzteres Muster an differentiellen Gedächtnisverlusten dem bei Patienten mit Frontalhirnläsionen gleicht und (c) daß dieses wiederum mit Tests korreliert ist, die der Identifizierung von Frontalhirnläsionen dienen. Zudem weisen eine Vielzahl von Untersuchungen darauf hin, daß das Frontalhirn sowie dopaminerge Systeme durch den Alterungsprozeß besonders in Mitleidenschaft gezogen werden. Schließlich zeigen weitere Befunde, daß Prozesse des Arbeitsgedächtnisses entscheidend von der Integrität des Frontalhirns sowie dopaminerge Systeme abhängig sind.

Aus der Summe dieser Befunde schließen die Autoren, daß strategische Gedächtnisaufgaben exekutive Prozesse des Arbeitsgedächtnisses benötigen. Da Funktionen des Arbeitsgedächtnisses wiederum von der Integrität des Frontalhirns und dopaminerge Systeme abhängig sind, diese jedoch einen disproportionalen Altersabbau zeigen, kommt es im Alter zu einer disproportionalen Einschränkung des strategischen episodischen Gedächtnisses (siehe auch Moscovitch & Winocur, 1992; Prull et al., 2000).

#### **2.2.4 Zusammenfassung**

Das theoretische Verständnis der Ursachen und Wirkmechanismen für altersbedingte Verluste in episodischen Gedächtnisleistungen ist lückenhaft. Tendenziell scheinen sich in den letzten Jahren im Rahmen kognitiver Altersforschung quantitative Erklärungsansätzen durchgesetzt zu haben, die davon ausgehen, daß die beobachteten Altersunterschiede im episodischen Gedächtnis sowie in anderen komplexen kognitiven Funktionen in erster Linie die Folge altersbedingter Begrenzungen in generellen kognitiven Verarbeitungsressourcen sind. Im Rahmen solcher Ressourcenmodelle werden als Erklärungen eine Abnahme der Aufmerksamkeits- und der Arbeitsgedächtniskapazität, eine altersbedingte Verlangsamung der Verarbeitungsgeschwindigkeit kognitiver Prozesse sowie defizitäre inhibitorische Prozesse diskutiert.

Für kognitive Ressourcenmodelle sprechen Befunde, die eine Vergrößerung von Altersunterschieden aufzeigen, wenn die Komplexität der jeweiligen Gedächtnisaufgabe steigt und damit das Ausmaß an benötigten kognitiven Ressourcen. Craiks Ansatz zufolge beanspruchen besonders diejenigen Gedächtnisaufgaben kognitive Ressourcen, deren Ausführung

ein hohes Ausmaß an selbstinitiierten Prozessen verlangt. Vergleichbar nehmen Arbeitsgedächtnismodelle an, daß ältere Erwachsene insbesondere in Aufgaben benachteiligt sein sollten, die hohe strategische und koordinative Komponenten enthalten, da die Fähigkeit im Alter eingeschränkt ist, unterschiedliche Informationen im Laufe der Aufgabendurchführung aktiv zu halten und in eine langandauernde Gedächtnisspur zu integrieren. Ganz ähnliche Annahmen finden sich auch in neurowissenschaftlichen Erklärungsansätzen, die postulieren, daß aufgrund altersbedingter struktureller und funktioneller Veränderungen in der Integrität des Frontalhirns exekutive Funktionen des Arbeitsgedächtnisses eingeschränkt sind.

In bezug auf die Entwicklung eines Gedächtnistrainingsprogramms, das die kompensatorische Optimierung von Gedächtnisleistungen im Alter zum Ziel hat, legen die Befunde unterschiedlicher Forschungsansätze daher nahe, daß Interventionsprogramme entwickelt werden sollten, die die Anforderungen an selbstinitiierten, strategischen Komponenten minimieren und äußere Hilfestellungen maximieren. Das Anbieten von Hinweisreizen beim Einprägen und Abrufen der zu lernenden Wörter sowie die Einweisung in effektive Gedächtnisstrategien als Hilfestellung bei der Organisation des Material stellen solche leistungsfördernden Maßnahmen dar.

Gleichzeitig lassen die dargestellten Befunde vermuten, daß Gedächtnisleistungen im Alter zwar unterstützt, jedoch nicht mehr auf das Leistungsniveau jüngerer Jahre gehoben werden können. So stimmen kognitive sowie neurobiologische Gedächtnismodelle darin überein, daß altersbedingte Unterschiede im episodischen Gedächtnis in erster Linie Folge eines kontinuierlichen, altersbedingten Verlusts in fundamentalen kognitiven Verarbeitungsmechanismen bzw. die Folge einer Veränderung zerebraler Strukturen und biochemischer Systeme im Alter sind, die den betroffenen Gedächtnisfunktionen zugrunde liegen.

Im Einklang mit solchen Theorien steht die im vorausgegangenen Abschnitt dargestellte neurobiologische Common Cause-Hypothese, die eine weitere Variante von Ressourcenmodellen darstellt, da altersbezogene Verluste in unterschiedlichen Funktionen ebenfalls auf ein Ensemble gemeinsamer Faktoren zurückgeführt werden. Als mögliche Kandidaten für solche mit der Biologie des Alterns verknüpften generellen Faktoren wurden hierbei, wie auch in den dargestellten kognitiven und neurowissenschaftlichen Ansätzen, der Verlust an exekutiven Funktionen des Arbeitsgedächtnisses sowie der Beeinträchtigung dopaminerger Verbindungen im Alter vorgeschlagen.

Auf einer höheren Ebene können diese Ansätze im Rahmen des in Abschnitt 2.1.1 vorgestellten Modells der kulturellen und biologischen Architektur der Ontogenese dahingehend interpretiert werden, daß individuelle altersbedingte Unterschiede in der episodischen Gedächtnisplastizität im hohen Alter in erster Linie durch altersbezogene biologische und nicht durch kulturelle Faktoren bestimmt werden. Diese Annahme wird an späterer Stelle im Rahmen des vorgeschlagenen Prädiktionsmodells kognitiver Gedächtnisplastizität im hohen Alter wieder aufgegriffen (siehe Abschnitt 3.1.2).

## **2.3 Kognitive Plastizität über die Lebensspanne**

Plastizität bezieht sich ganz allgemein auf die Eigenschaft von Organismen, über die gesamte Lebensspanne hinweg weitgehend modifizierbar und formbar zu sein (plastisch). Diese Fähigkeit zur Veränderbarkeit ermöglicht es, adaptiv auf neue und wechselnde Anforderungen der Umwelt zu reagieren. Der Begriff der Plastizität ist dabei zunächst ein offener Begriff: Er schließt Veränderungen im Nervensystem ebenso ein wie Veränderungen im beobachtbaren Verhalten. Die neuronale Plastizitätsforschung bemüht sich um das Verständnis der neuronalen und biochemischen Prozesse, die der Entwicklung und der Veränderbarkeit von Verhalten über die Lebensspanne zugrunde liegen (Buonomano & Merzenich, 1998; Cotman & Neuper, 1996; Woodruff-Pak, 1993). Das primäre Ziel der Plastizitätsforschung im Rahmen der kognitiven Altersforschung besteht hingegen darin, das Spektrum der Veränderungsmöglichkeiten von Verhalten sowie dessen Grenzen im Alter aufzuzeigen. Es handelt sich demnach um behaviorale Plastizität.

Bevor näher auf den Begriff der kognitiven Plastizität im Rahmen kognitiver Altersforschung sowie auf die in vorliegender Arbeit verwendete Definition eingegangen wird, erfolgt zunächst ein kurzer Überblick über die Geschichte der Plastizitätsforschung.

### **2.3.1 Die Geschichte der kognitiven Plastizitätsforschung im Rahmen der Altersforschung**

Aus historischer Sicht läßt sich die Forschung zur kognitiven Plastizität im Alter in zwei Phasen gliedern: (a) die Erfassung kognitiver Plastizität durch das Training fluider Intelligenzkomponenten im Rahmen psychometrischer Intelligenzforschung und (b) das Training

grundlegender kognitiver Funktionen bis an die Grenzen der Leistungsfähigkeit durch die Testing-the-Limits-Strategie. Hierbei bildete die Testing-the-Limits-Methodologie wiederum die Grundlage für zwei Forschungsschwerpunkte, der Erfassung von Ausmaß und Grenzen von Plastizität im Rahmen der Gedächtnisforschung und der Demenzdiagnostik.

### **2.3.1.1 Plastizität im Rahmen psychometrischer Intelligenzforschung**

Der Beginn der Forschung zur kognitiven Plastizität in den 1970er Jahren wurde durch die Unzufriedenheit mit dem damals vorherrschenden Defizitmodell kognitiven Alterns sowie der durch den Behaviorismus geprägten Umweltdeprivations-Hypothese des Altersabbaus motiviert (M. M. Baltes & Baltes, 1977; Baltes, 1973; Baltes & Labouvie, 1973; Überblick bei Baltes & Lindenberger, 1988). Es dominierte im Rahmen psychometrischer Intelligenzforschung die Vorstellung, daß beobachtete Leistungen in Intelligenztests stabil und unveränderbar seien, so daß das in Querschnittsuntersuchungen dokumentierte Nachlassen fluider Intelligenzleistungen im Alter (Baltes et al., 1984; Cattell, 1971; Horn, 1982; Salthouse, 1985) als Evidenz für einen irreversiblen, universellen und kumulativen Abbauprozeß im Alter verstanden wurde. Gleichzeitig argumentierten umweltsensitive Theoretiker, daß die Gründe für den Altersverlust darin liegen könnten, daß ältere Menschen in einer intelligenzarmen Umwelt leben.

Wie dies auch auf soziologische und biologisch-medizinische Ansätze zutrifft (z.B. Cotman, 1985; Lerner, 1984), wurde Anfang der 1970er Jahre zunehmend darauf hingearbeitet, die Veränderbarkeit kognitiver Leistungen im Alter durch behavioral-kognitive Interventionsprogramme aufzuzeigen (Baltes & Labouvie, 1973; Baltes & Schaie, 1976; Baltes & Willis, 1982; Labouvie, Hoyer, Baltes & Baltes, 1974). Unter den wichtigsten Interventionsprogrammen sind das 1975 von Baltes und Willis initiierte 'ADEPT'-Projekt (Penn State Adult Development and Enrichment Project; Baltes & Willis, 1982), das im Kontext der Seattle Longitudinal Study (Schaie, 1996) fortgeführt wurde, und das von Baltes, Dittmann-Kohli und Kliegl sechs Jahre später in Berlin begonnene Projekt 'Altersintelligenz' (ProAlt) zu nennen.

Ziel dieser Programme war es nachzuweisen, daß sich die kognitive Leistungsfähigkeit alter Menschen steigern läßt, wenn leistungsoptimierende Lernbedingungen vorhanden sind. Dabei standen drei Themen im Vordergrund des Interesses: (a) die Trainingsbedingungen, unter denen der größte Leistungsgewinn erzielt werden kann, (b) die Reichweite des Trainings-

transfers auf ein breites Spektrum der Intelligenz und (c) die Nachhaltigkeit von Trainingsgewinnen über die Zeit.

Die Hauptbefunde dieser Interventionsstudien im Bereich psychometrischer Intelligenz können in vier Punkten zusammengefaßt werden (für Übersichten siehe Baltes & Lindenberger, 1988; Verhaeghen, 1993; Willis, 1989):

- (1) Ältere Erwachsene erzielen nach Trainingsinterventionen in Standardtests der fluiden Intelligenz Leistungsgewinne, deren Größe in etwa dem natürlichen, längsschnittlich zu beobachtenden Leistungsverlust zwischen 60 und 80 Jahren entspricht (Schaie & Willis, 1986).
- (2) Kognitives Fertigkeitstraining und ausgedehntes Üben führen zu höheren Leistungssteigerungen als reine Testwiederholung (Verhaeghen, 1993).
- (3) Der Transfer ist auf Tests, die ähnliche Fähigkeiten messen, beschränkt (Baltes, Dittmann-Kohli & Kliegl, 1986).
- (4) Trainingsgewinne können über einen Zeitraum von mehreren Jahren beibehalten werden (Willis & Nesselroade, 1990).

Zusammenfassend lassen die Befunde darauf schließen, daß durch die verwendeten Fertigkeitstrainings eher eine im Verhaltensrepertoire schon vorhandene Fertigkeit wachgerufen, als eine neue aufgebaut wurde. Hierfür spricht der Befund, daß sich die Trainingseffekte nicht nur bei den Gruppen nachweisen ließen, die ein Fertigkeitstraining durch explizite Instruktion und Einweisung in spezifische Strategien erhielten, sondern auch bei den Gruppen, die lediglich selbständig und ohne weitere Anleitung übten. Weiterhin scheint ein Fertigkeitstraining eher spezifische Effekte zu erzeugen, da der beobachtete Trainingstransfer nur sehr begrenzt war. Die Befunde stützen demnach eher die Annahme, daß die Interventionsgewinne vorwiegend auf testspezifischen Fertigkeitserwerb und weniger auf einer Modifikation des Fähigkeitsniveaus beruhen (vgl. Lindenberger, in Druck-b).

### **2.3.1.2 Die Methode des Testing-the-Limits**

Die erste Phase der Plastizitätsforschung im Rahmen psychometrischer Intelligenz war mit der optimistisch konnotierten Entdeckung der grundsätzlichen Veränderbarkeit kognitiver Leistungsfähigkeit verbunden. Mit dieser Entdeckung konnte sich die ebenfalls nicht genügend abgesicherte Vorstellung verbinden, die Leistungsfähigkeit sei unabhängig von dem Alter und

der Person in beliebiger Weise veränder- und optimierbar. In der zweiten Phase der Plastizitätsforschung stand daher neben der Frage nach dem Vorhandensein kognitiver Plastizität auch die Frage nach deren alters- und pathologiebedingten Grenzen im Vordergrund (Baltes & Kindermann, 1985; Kliegl & Baltes, 1987).

Die Erforschung kognitiver Plastizität an den Leistungsgrenzen wurde durch theoretische und methodische Ansätze der Nachbardisziplinen Biologie und Medizin inspiriert, nach denen biologisches Altern mit einer Reduzierung und erhöhten Verletzbarkeit der Systemadaptivität einhergeht und dieser Verlust am deutlichsten durch Messungen an den obersten Leistungsgrenzen erkennbar wird (sogenannte Streßtests; vgl. Coper, Jänicke & Schulze, 1986; Fries & Crapo, 1981; Shock, 1977). Zur Untersuchung der Grenzen kognitiver Plastizität wurde das Testing-the-Limits-Paradigma entwickelt (Baltes, 1987; Guthke, 1982; Kliegl & Baltes, 1987; Lindenberger & Baltes, 1995b; Schmidt, 1971). Diese Methode ist mit lernpotential-orientierten Ansätzen verwandt, wie sie beispielsweise der 'Lerntest-Ansatz' zur Erfassung der 'intellektuellen Lernfähigkeit' von Guthke und Mitarbeitern (Guthke, 1982, 1992; Guthke & Stein, 1996) sowie die Methode des 'dynamischen Testens' von Carlson und Wiedl (Carlson, 1989; Carlson & Wiedl, 1978, 1980; Guthke & Wiedl, 1996) darstellen. All diesen Ansätzen ist die Überzeugung gemein, daß Aussagen zum Entwicklungspotential einer Person nicht auf der Basis einer einmaligen Leistungserhebung getroffen werden dürfen, da diese lediglich einen Ist-Status unter bestimmten standardisierten Bedingungen widerspiegeln. Daher zielen die Verfahren auf die Ermittlung zukünftiger Leistungen, die unter veränderten Lern-, Umwelt- oder Entwicklungsbedingungen möglich sind (für einen Übersichtsartikel siehe Grigorenko & Sternberg, 1998).

Ähnlich wie in diesen Ansätzen wird auch im Rahmen der Testing-the-Limits-Methode davon ausgegangen, daß beobachtete Altersunterschiede in Intelligenzaufgaben, wie sie üblicherweise in querschnittlichen und längsschnittlichen Studien gemessen werden, keine reinen Messungen altersbedingter Veränderungen in der kognitiven Mechanik darstellen, da sie durch eine Vielzahl anderer Faktoren, wie beispielsweise Unterschiede in aufgabenrelevanten Vorerfahrungen oder in Testängstlichkeit, beeinflußt werden. Die Testing-the-Limits-Strategie hat daher zum Ziel, genauere und reinere Messungen des Ausmaßes an altersbedingten, biologischen Funktionsverlusten in der kognitiven Mechanik zu erhalten. Hierzu werden ausgiebige Übungsmöglichkeiten bereitgestellt und gleichzeitig die Aufgabenschwierigkeit systematisch variiert (Kliegl & Baltes, 1987).

Einen weiteren Ursprung findet die Testing-the-Limits-Methode in entwicklungspsychologischen Ansätzen wie Vygotskys Methode zur Untersuchung der ‘Zone der nächsten Entwicklung’ (Vygotsky, 1962) sowie Methoden zur Erfassung mikro- oder aktualgenetischer Entwicklungsveränderungen unter experimenteller Kontrolle (Brown, 1982; Kuhn, 1995; Siegler & Crowley, 1991; Werner, 1948; vgl. Lindenberger & Baltes, 1995b). Analog zu diesen Ansätzen wird das Ziel verfolgt, potentielle, theoretisch bedeutsame Entwicklungsverläufe im Labor zeitlich zu komprimieren, in dem eine hohe Dichte an Entwicklungserfahrungen unter experimenteller Kontrolle bereitgestellt wird, so daß unter optimalen Entwicklungsbedingungen asymptotische Leistungsgrenzen erreicht werden können. Dabei wird angenommen, daß die detaillierte Analyse zeitlich komprimierter Entwicklungsveränderungen das Verständnis der Mechanismen und der Bandbreite mittelfristiger und langzeitlicher Entwicklungsveränderungen fördert (Baltes et al., 1977).

Die Einführung der Testing-the-Limits-Methodologie in die Plastizitätsforschung bildete unter anderem die Grundlage für zwei Forschungsschwerpunkte: (a) die Erfassung altersbedingter Unterschiede in der Gedächtnisplastizität an den Grenzen der Leistungsfähigkeit (Kliegl & Baltes, 1987) und (b) die Früherkennung dementieller Erkrankungen (Baltes & Kindermann, 1985).

#### Plastizität im Rahmen der Gedächtnisforschung

Das Hauptziel von altersvergleichenden Plastizitätsstudien im Rahmen der Gedächtnisforschung besteht darin, eine spezifische Gedächtnisleistung durch den Erwerb einer zuvor noch unbekannt, leistungssteigernden mnemonischen Technik zu optimieren, um das Ausmaß an Plastizität und deren Grenzen unter optimalen und zugleich für jede Person vergleichbaren Umweltbedingungen zu bestimmen (Kliegl & Baltes, 1987). Die zu diesem Zweck instruierten und trainierten Fertigkeiten, wie zum Beispiel die Methode der Orte als Methode zum seriellen Einprägen und Erinnern von Wortlisten, erlauben es, das zu lernende Stimulusmaterial effektiv und mit einem relativ hohen Ausmaß an experimenteller Kontrolle zu verarbeiten.

Die altersvergleichenden Untersuchungen zur Gedächtnisplastizität führten zu einem klaren Ergebnismuster, das durch zwei zentrale Befunde charakterisiert werden kann. Zum einen konnten, wie von der Einführung einer effektiven Gedächtnistechnik zu erwarten, mit der Methode der Orte beachtliche Leistungsverbesserungen bei gesunden jungen und älteren Erwachsenen verzeichnet werden (Lindenberger et al., 1992; Stigsdotter, 1994; Verhaeghen et

al., 1992; Yesavage et al., 1990). Zum anderen wurde sichtbar, daß die Kapazitätsreserven der älteren wesentlich geringer waren als die der jüngeren Erwachsenen (Baltes & Kliegl, 1992; siehe auch Abb. 1).

### Plastizität im Rahmen der Demenzdiagnostik

Im Anschluß an die ersten Untersuchungen im Rahmen der kognitiven, psychometrisch orientierten Interventionsforschung mit Intelligenztests führte die Arbeitsgruppe um M. M. Baltes die Testing-the-Limits-Strategie als eine potentialorientierte diagnostische Vorgehensweise zur Früherkennung dementieller Erkrankungen ein (Baltes & Kindermann, 1985).

Dieser Ansatz ist eine Art Radikalisierung des Ansatzes, da es um den Vergleich der Personen von Extremgruppen geht: Demenzerkrankte sind nicht nur alt, sondern leiden zudem unter einer Hirnpathologie. Grundannahme dieses Ansatzes ist, daß Patienten im Frühstadium dementieller Erkrankungen, im Gegensatz zu gesunden alten Menschen, aufgrund unspezifischer hirnstruktureller Veränderungen, eine Verminderung der Reservekapazität aufweisen. Diese noch latenten Verluste in Kapazitätsreserven sollten implizieren, daß dementiell Erkrankte weniger von einem fluiden Intelligenztraining profitieren. Plastizitätsorientierte Leistungserfassungen sollten daher einen besseren Beitrag zur Frühdiagnostik dementieller Erkrankungen leisten können als statusorientierte Vorgehensweisen mit nur einmaliger Leistungserhebung.

Die Befunde der entsprechenden querschnittlichen Untersuchungen stützen die Annahmen, (a) daß Personen im Frühstadium einer dementiellen Erkrankung ihre Leistungen unter leistungsfördernden Bedingungen nicht mehr oder nur in sehr geringem Ausmaß verbessern können und (b) daß kognitive Plastizitätsmaße für die frühe Differenzierung zwischen normalem und pathologischem Altern effektiver sind als statusorientierte Maße (Baltes, Kühl, Gutzmann & Sowarka, 1995; M. M. Baltes et al., 1992; Kühl & Baltes, 1989; Neher & Sowarka, 1999; Neher, Sowarka & Baltes, 1995; Sowarka, Neher, Kwon & Baltes, 1996). Zudem konnte in längsschnittlichen Untersuchungen die prognostische Validität plastizitätsorientierter Diagnostik für die Früherkennung eines Demenzrisikos bestätigt werden. Die älteren Menschen mit deutlich reduzierter Plastizität zeigten einige Jahre später eine höhere Wahrscheinlichkeit, eine Demenzdiagnose zu erhalten (Baltes & Raykov, 1996; Sowarka, Neher, Gutzmann, Kühl & Baltes, in Druck).

Auch im Bereich der Gedächtnisplastizität scheinen Lernmaße ein vielversprechendes Diagnostikum für die Differenzierung zwischen alters- und demenzbedingter Gedächtnisdefizite



zu sein. So konnte wiederholt gezeigt werden, daß Lerntests wie der 'Free and Cued Selective Reminding'-Test (FCSR; Buschke, 1984; Grober & Buschke, 1987) bzw. der 'Enhanced Cued Recall'-Test (ECR; Grober, Buschke, Crystal, Bang & Dresner, 1988), in denen Personen in mehreren Durchgängen die gleichen Wörter unter unterstützenden Lernbedingungen einprägen und erinnern sollen, zur Unterscheidung zwischen Personen mit und ohne Alzheimer Demenz geeignet sind (Bäckman et al., 2000; Buschke, Sliwinski, Kuslansky & Lipton, 1995, 1997; Grober & Buschke, 1987; Grober et al., 1988; Lindenberger & Reischies, 1999).

## 2.3.2 Kognitive Plastizität in der Altersforschung

### 2.3.2.1 Definitionen kognitiver Plastizität

Der Begriff der Plastizität bezieht sich auf das Potential von Individuen, unterschiedliche Verhaltensformen und Entwicklungswege zu realisieren (Gollin, 1981; Lerner, 1984; vgl. Singer & Lindenberger, in Druck). In die kognitive Altersforschung führten Baltes und Willis (1982) den Begriff der Plastizität als eine spezifische Form von Variabilität ein, wobei zwischen drei Formen der Variabilität unterschieden wird: (a) der interindividuellen, (b) der interbereichlichen und (c) der intraindividuellen Variabilität. Erstere bezieht sich auf Unterschiede zwischen Personen, die zweite auf die Variabilität zwischen Verhaltensbereichen und die dritte auf die Variabilität innerhalb einer Person. Der Begriff der kognitiven Plastizität bezieht sich auf die Variabilität innerhalb einer Person. Hierbei kann sich Plastizität auf die Variabilität eines Lebenslaufes (ontogenetic plasticity) oder aber auf die Variabilität einer Leistung zu einem bestimmten Zeitpunkt in der ontogenetischen Entwicklung (concurrent plasticity) beziehen (Baltes & Willis, 1982). Wie bereits zuvor dargestellt, wird im Rahmen der kognitiven Plastizitätsforschung vor allem letzteres empirisch überprüft. Aufgrund dieser methodologischen sowie theoretischen Orientierung wird der Begriff der Plastizität auch häufig synonym mit dem kognitiven Leistungsgewinn nach einem Training verwendet und bezieht sich daher auf eine bestimmte Form der intraindividuellen Variabilität, nämlich der Veränderbarkeit von kognitiven Leistungen in eine positive Richtung, das heißt hin zum Besseren.

Baltes und Kliegl (Baltes, 1987; Kliegl, Smith & Baltes, 1986; Kliegl & Baltes, 1987) vertreten ein Rahmenmodell zur Untersuchung kognitiver Plastizität, das drei Leistungsebenen voneinander abgrenzt: (a) *die Ausgangsleistung* (baseline performance), (b) *die gegenwärtige*

*Maximalleistung* (baseline reserve capacity) und (c) *die zukünftige Maximalleistung* oder *die Entwicklungskapazität* (developmental reserve capacity). Die *Ausgangsleistung* bezieht sich auf eine einmalige Leistungsmessung ohne Intervention unter standardisierten Bedingungen. Im Gegensatz dazu verweist die *gegenwärtige Maximalleistung* auf die aktuell vorhandenen latenten Potentiale bzw. die momentan möglichen Maximalleistungen, die unter leistungsfördernden Bedingungen, wie beispielsweise der Verbesserung der Testinstruktion, der Anreicherung des Stimulusmaterials oder kurzzeitiges Üben, gezeigt werden können. Das Konzept der *Entwicklungskapazität* (oder der zukünftigen Maximalleistung) zielt auf das unter idealen Bedingungen hypothetisch realisierbare maximale Leistungsvermögen von Personen. Das Umsetzen von Entwicklungskapazität erfordert die Implementierung langfristiger Trainings- und Übungsprogramme. Eine Operationalisierung von Entwicklungskapazität für den Kontext experimenteller Laboraufgaben ist die asymptotische Maximalleistung in einem langfristig angelegten Interventionsprogramm, in dem neue entwicklungsoptimierende Strategien und Operationen erworben und trainiert werden (vgl. Kliegl, 1992). Beispiele für die Konzeptualisierung von Plastizität als Diskrepanz zwischen Ausgangsleistung und zukünftiger Maximalleistung oder Entwicklungskapazität stellen die vorliegende und all diejenigen Testing-the-Limits-Untersuchungen dar, in denen anhand Instruktion und Training in leistungsoptimierenden Techniken und Strategien die Erfassung der maximalen Leistungsfähigkeit angestrebt wird.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die Unterscheidung zwischen gegenwärtiger und zukünftiger Maximalleistung (Entwicklungskapazität) nicht immer einfach zu treffen ist, da theoretisch von Entwicklungskapazität nur dann gesprochen werden kann, wenn durch Instruktion in entwicklungsoptimierende Techniken neue, im Verhaltensrepertoire zuvor noch nicht vorhandene Systeme installiert und nicht lediglich bereits vorhandene Fähigkeiten wachgerufen werden. In Anlehnung an die theoretischen sowie empirischen Befunde früherer Untersuchungen zur Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte wird in vorliegender Arbeit davon ausgegangen, daß die Methode der Orte nicht zu dem natürlichen Verhaltensrepertoire üblicher Versuchspersonen gehört (Cavanaugh, Grady & Perlmutter, 1983; Harris, 1980; Intons-Peterson & Fournier, 1986; Park, Smith & Cavanaugh, 1990), sondern im Sinne eines 'kognitiven Engineering' in das Leistungssystem *neu* eingeführt wird (Kliegl, 1992; Kliegl & Baltes, 1987; Ericsson, 1996). So ermöglicht die Instruktion in die mnemonische Technik im Prinzip kognitive Höchstleistungen, die ohne deren Erwerb nicht erreichbar gewesen wären (vgl.

Kliegl, 1992; Abschnitt 2.3.2.3). Aufgrund dieser Überlegungen wird daher in vorliegender Arbeit nicht von gegenwärtiger Maximalleistung, sondern von Entwicklungskapazität gesprochen.

### 2.3.2.2 Begriffliche Klärung

In der Literatur zur kognitiven Plastizität wird zur Bezeichnung der Entwicklungskapazität häufig auch von Reservekapazität, Entwicklungsreserven, latenten Potentialen oder Lernpotentialen gesprochen. Auch werden die Begriffe der Entwicklungskapazität (und seine Synonyme) und der zukünftigen Maximalleistung oftmals synonym verwendet. Hierbei ist jedoch darauf hinzuweisen, daß diese verwandten Begriffe konzeptuell voneinander zu trennen sind. So bezieht sich die zukünftige Maximalleistung auf das – wenn auch nur über Schätzungen meßbare – maximale *Leistungsniveau* einer Person, wohingegen der Begriff der Entwicklungskapazität auf die Größe des *Unterschieds* zwischen zwei Leistungsniveaus verweist, das heißt auf das Ausmaß an Leistungsveränderung zwischen Ausgangsleistung und geschätzter Maximalleistung (asymptotischer Maximalleistung). Dieser Unterschied entspricht dem Unterschied zwischen Lernrate und Asymptote in der Forschungstradition des verbalen Lernens.

Die mögliche Unabhängigkeit dieser beiden Konzepte kann verdeutlicht werden, wenn hypothetisch folgendes Szenario angenommen wird: Da der Prozeß des Alterns mit einer Abnahme an Übungsmöglichkeiten und Testerfahrungen verbunden ist (eine Annahme, die im Rahmen der Disuse-Hypothese diskutiert wurde), nimmt mit zunehmendem Alter die bei einmaliger Messung beobachtete Ausgangsleistung (baseline performance) von Personen ab. Gleichzeitig nimmt aufgrund biologisch bestimmter Alterungsprozesse die zukünftige Maximalleistung im Alter ab. Wenn die Abnahme des beobachteten Ausgangsniveaus im Alter eine stärkere Beschleunigung erfährt als die altersbedingte Reduktion der zukünftigen Maximalleistung, wird zwar eine altersbedingte Abnahme der Höhe des beobachteten maximalen bzw. asymptotischen Leistungsniveaus nach einem Training an die Leistungsgrenzen zu beobachten sein, das Ausmaß an beobachtbarer Entwicklungskapazität bzw. Lernpotential hingegen mit zunehmendem Alter steigen.

Im gleichen Sinne wird auch der Begriff der Plastizität in der kognitiven Trainingsliteratur häufig zweideutig verwandt: Dieser wird sowohl dann benutzt, wenn auf den

*Leistungszuwachs* im Laufe eines Trainings verwiesen wird (die Differenz zwischen Prä- und Posttestleistungen), als auch dann, wenn die *maximale Leistungsfähigkeit* (geschätzt durch die beobachtete *asymptotische Maximalleistung* nach einem Training) gemeint ist.

### **2.3.2.3 Definition kognitiver Plastizität in vorliegender Arbeit**

Aus dargestellten theoretischen Überlegungen werden in der vorliegenden Arbeit beide Definitionen von Plastizität getrennt herangezogen: Zum einen wird von *Plastizität als Leistungszuwachs*, zum anderen von *Plastizität als maximale Leistungsfähigkeit* gesprochen. Wird im folgenden Text von Plastizität ohne weitere Einschränkung gesprochen, sind beide Formen gemeint. Für die Formulierung der spezifischen Hypothesen sowie im Rahmen der Hypothesentestung wird die begriffliche Trennung in (a) maximale Leistungsfähigkeit und (b) Leistungszuwachs wieder aufgegriffen.

#### Erwerb versus Nutzungsoptimierung

Zusätzlich zur Differenzierung zwischen Leistungszuwachs und maximale Leistungsfähigkeit wird in vorliegender Arbeit eine weitere Unterscheidung vorgenommen, die im Rahmen des oben dargestellten Modells zur Erfassung kognitiver Plastizität bislang allgemein als Diskrepanz zwischen Ausgangsleistung und Maximalleistung (Kliegl, 1992; Kliegl & Baltes, 1987) thematisiert wurde. Es wird unterschieden zwischen

- (a) dem Potential, die Grundzüge einer im Verhaltensrepertoire zuvor noch nicht vorhandenen, leistungsoptimierenden Technik zu erwerben und
- (b) dem Potential, die Nutzung dieser Technik im Laufe eines Trainingsprogramms zu optimieren, um das eigene Leistungsniveau zu verbessern.

Diese Unterscheidung eignet sich insbesondere zur Konzeptualisierung des Leistungszuwachses in Untersuchungen mit dem Testing-the-Limits-Paradigma, die auf Instruktion und Training in einer leistungsoptimierenden kognitiven Strategie aufbauen. Unterschieden wird zwischen zwei Phasen des Umgangs mit der Strategie: der *Erwerbsphase* und der *Optimierungsphase*. Erstere bezieht sich auf Verhaltensänderungen, die durch die Instruktion von neuen Wirkens- und Verhaltenskörpern bewirkt werden können, letztere verweist auf die Nutzungsoptimierung des erworbenen operativen Systems im Laufe eines Trainings.

Aus der Perspektive der Expertiseforschung repräsentieren diese Phasen unterschiedliche Schritte, die der Laie auf dem Weg zur Expertise gehen muß (Ericsson, 1996; Ericsson, Krampe & Tesch-Römer, 1993; Kliegl, 1992; Kliegl & Baltes, 1987). In einem ersten Schritt werden neue Wissenskörper und Strategien instruiert, die behilflich sind, gegebene Verarbeitungsbeschränkungen des Menschen zu überwinden, wie beispielsweise die begrenzte Kapazität des Kurz- und Arbeitsgedächtnisses. In seiner Habilitationsschrift spricht Kliegl (1992) in diesem Zusammenhang von dem Erwerb eines Top-Level-Algorithmus, der junge sowie ältere Erwachsene dazu befähigt, Leistungen zu zeigen, die deutlich über denen liegen, die normale Personen ohne Instruktion erbringen können. Den Effekt der Instruktion in eine solche leistungssteigernde Strategie beschreibt Kliegl (1992) folgendermaßen: "In gewisser Weise soll die Instruktion im Top-Level-Algorithmus ein 'Aha-Erlebnis' auslösen, das in Selbstlernversuchen meist mit einem diskontinuierlichem Leistungssprung einhergeht." (Kliegl, 1992; S. 48 f.) Auf die Methode der Orte angewendet, lernen beispielsweise Personen durch Instruktion in die neue Technik, sich mentale Vorstellungsbilder der Orte und der zu erinnernden Wörter zu machen und diese durch interaktive, phantasievolle Vorstellungsbilder miteinander zu verknüpfen. Da diese Technik effektiv ist, kommt es zu einer Leistungssteigerung.

Nach dem Erwerb solcher leistungsfördernden Mittel ist für die Ausbildung von Höchstleistungen ein anschließendes, sich über einen weiten Zeitraum erstreckendes Training in der entsprechenden Fertigkeit von entscheidender Bedeutung. Kliegl (1992) zufolge liegt der Effekt eines anschließenden Trainings darin, daß Übung die Anwendung der dem Top-Level-Algorithmus zugeordneten Basiskomponenten effizienter werden läßt, ohne daß sich jedoch der Top-Level-Algorithmus prinzipiell verändert. Es handelt sich demnach um quantitative Leistungsverbesserungen. Auf die Methode der Orte übertragen, lernen Personen im Laufe eines gezielten Trainingsprogramms die Anwendung der einzelnen Komponenten der Methode der Orte zu optimieren. So könnten die Teilnehmer über das Training hinweg beispielsweise ihre Geschwindigkeit bzw. Genauigkeit bei der Generierung der mentalen Bilder der jeweiligen Orte steigern, so daß mehr Zeit für die Elaborierung des interaktiven Vorstellungsbildes bleibt; oder sie lernen, die Wörter immer an bestimmte Merkmale eines Ortes zu knüpfen, das heißt sich beispielsweise in der Oper immer eine bestimmte Opernsängerin vorzustellen. Altersdifferentielle Leistungsgewinne im Laufe eines Trainings könnten hierbei trotz Verwendung der gleichen Technik, das heißt bei gleicher Komposition der kognitiven Basiskomponenten deutlich werden, "weil sich in einer älteren 'Hardware' die gleichen Algorithmen, Heuristiken und

Datenstrukturen nicht in der gleichen Qualität implementieren lassen; generelle Verlangsamung und größere Fehleranfälligkeit könnten zu niedrigeren asymptotischen Maximalleistungen bei älteren Erwachsenen führen” (vgl. Kliegl, 1992, S. 49). Ericsson et al. (1993) unterscheiden weiterhin als Bedingungen für die Ausbildung von Höchstleistungen im Laufe eines Trainings (deliberate practice) zwischen drei Attributen: Anstrengung, Intensität und Motivation. Die Anstrengung bezieht sich hierbei auf das Ausmaß an Training (Stunden, Tage usw.), die Intensität verweist auf die Qualität des Trainings. So ist ein ausführliches Feedback im besten Fall durch einen persönlichen Trainer in Einzelsitzungen notwendig, um Leistungsschwächen aufzudecken und gegebenenfalls durch verhaltensrelevante Strategien zu kompensieren. Die Motivation der Lernenden kann beispielsweise durch adaptive Trainingsprogramme gefördert werden, die eine permanente Über- oder Unterforderung der Lernenden verhindern (Ericsson, 1996; Krampe & Ericsson, 1996).

In Analogie an solche Ansätze wird im Kontext vorliegender Arbeit die Frage gestellt, ob auch Hochbetagte unter experimenteller Kontrolle und zeitkomprimierten Bedingungen zu Experten in der Methode der Orte ausgebildet werden können, das heißt noch in der Lage sind, im Laufe eines adaptiven Trainings ihre Gedächtnisleistungen zu optimieren. Hierbei sollen funktionale Leistungsobergrenzen unter Verwendung der Testing-the-Limits-Methode im Laufe der adaptiven Trainingsphase bestimmt werden, in dem durch kontinuierliche Verlängerung der Listenlänge die Schwierigkeit erhöht wird. Auf ein Problem, das bei der Erfassung maximaler Leistungspotentiale von Personen im Kontext von Testing-the-Limits-Studien unumgänglich ist, machen Bäckman, Mäntylä and Herlitz (1990) in einem Artikel über die Optimierung episodischer Gedächtnisfunktionen im Alter aufmerksam:

“taking the perspective that optimization is a concept that is related to the maximal performance level for a given individual in a given task, it follows that we have to know the absolute ceiling of performance for that individual in that task in order to make any definite statements about optimization. As far as the psychology of memory is concerned, determining an individual’s performance ceiling in a given task is difficult. Although an individual may have reached the asymptotic level after, say, 3.000 trials, it is an open question what might happen after, say, 50.000 trials.”  
(S. 118)

Es kann demnach auch nach ausgiebigem Training ein asymptotisches Leistungsniveau nicht als sicherer Beleg dafür gelten, daß keine weiteren Leistungssteigerungen möglich sind bzw. die vorhandene Entwicklungskapazität vollkommen ausgeschöpft wurde. Trotz dieser Erwägungen werden aus heuristischen Gründen in der vorliegenden Arbeit asymptotische Leistungsverläufe nach einem Training in einer leistungsfördernden Technik als Evidenz für eine gelungene Leistungsoptimierung im Laufe eines Trainingsprogramms interpretiert. Um Mißverständnisse zu vermeiden, sei an dieser Stelle deutlich gemacht, daß der Begriff der Optimierung im Vergleich zu seinem Gebrauch in anderen Fachkontexten in der vorliegenden Arbeit relativ eng gefaßt wird. Er verweist hier auf das Potential, die Nutzung einer erworbenen Technik derart zu verfeinern, daß im Rahmen eines Trainingsprogramms ein einmal erreichtes Leistungsniveau kontinuierlich verbessert wird, bis maximale Leistungsgrenzen erreicht sind. Wie später im methodischen Teil nachzulesen, wurde zudem ein strenges Kriterium für die trainingsbedingte Leistungsoptimierung gewählt, da Personen im Laufe der adaptiven Trainingsphase ihr Leistungsniveau nur unter Voraussetzung vorausgegangener fehlerloser Leistungen steigern konnten. Gerade das Kriterium der Fehlerlosigkeit ist jedoch möglicherweise besonders altersanfällig.

Zusammenfassend wird in vorliegender Untersuchung zum einen die Differenzierung zwischen Plastizität (a) als maximale Leistungsfähigkeit (geschätzt durch das Leistungsniveau nach einem ausgiebigem Training) und (b) als Leistungszuwachs (der Differenz zwischen Ausgangsleistung und der nach Instruktion und einem Training erzielten Leistung) vorgenommen. Weiterhin wird unterschieden zwischen (a) dem Potential, eine im Verhaltensrepertoire zuvor noch nicht vorhandene, leistungsoptimierende Technik in ihren Grundzügen zu erwerben und (b) dem Potential, die Nutzung dieser Technik im Laufe eines Trainingsprogramms zu optimieren, um das eigene Leistungsniveau zu maximieren.

## **2.4 Die Methode der Orte**

Bellezza (1981) gibt folgende, recht breit gefaßte Definition einer mnemonischen Strategie: "A strategy for organizing and encoding information with the sole purpose of making it more memorable." (Bellezza, 1981, S. 252) Zu Mnemotechniken zählen beispielsweise die Methode der Orte, die Namen-Gesichter-Technik, die Schlüsselwortmethode und die 'pegword'-Technik (für einen Überblick siehe Bellezza, 1981, 1983). Mnemonische Trainingsstrategien gehören bei

der Mehrheit der üblichen Versuchspersonen nicht zu ihrem natürlichen Verhaltensrepertoire (Cavanaugh, Grady & Perlmutter, 1983; Harris, 1980; Intons-Peterson & Fournier, 1986; Park, Smith & Cavanaugh, 1990). Von mnemonischen Techniken abzugrenzen sind elementare Gedächtnisstrategien wie beispielsweise das Wiederholen von zu lernendem Material, die semantische Elaboration, die Verwendung von Bildern, das Herstellen von Assoziationen und die Organisation des Materials anhand von übergeordneten Kategorien oder anderem bereits erworbenem Wissen. Im Gegensatz zu Mnemotechniken werden solche Basisprozesse von Versuchspersonen bisweilen spontan und nicht immer bewußt angewandt, da sie üblicherweise zu dem Verhaltensrepertoire von Personen gehören. Elementare Gedächtnisstrategien bilden allerdings häufig die Bausteine für mnemonische Techniken (Harris, 1980; Intons-Peterson & Fournier, 1986; Park et al., 1990).

Eine mnemonische Strategie, die bevorzugt in Studien zur Untersuchung der Gedächtnisplastizität verwandt wird, ist die Methode der Orte (Bower, 1970; Yates, 1966). Es fällt schwer, den genauen Zeitpunkt der Entstehung dieser Methode zu datieren, doch ist zu vermuten, daß sie bereits von den alten Griechen genutzt wurde. Schriftlich dokumentiert wurde sie von den Römern in einem Essay über Rhetorik, dem *Ad Herenium*. Cicero empfahl die Technik als Hilfe zum Auswendiglernen von Reden. In den 1970er Jahren wurde die Methode der Orte von der kognitiven Psychologie erneut entdeckt und untersucht, da in dieser Zeit die Rolle mentaler Vorstellungen für Lernen und Gedächtnis in den Fokus der Aufmerksamkeit geriet (Bower, 1970; Bugelski, 1968; Paivio, 1971; für einen historischen Überblick über mnemonische Techniken siehe Yates, 1966).

Bei der Methode der Orte lernen Personen zunächst eine Sequenz unterschiedlicher Orte. Diese überlernte, immer gleichbleibende Sequenz geographischer Orte dient als serielle Hinweisstruktur beim Einprägen der Reihenfolge von Wörtern in einer Liste. Hierbei werden die Personen angeleitet, die zu erinnernden Wörter durch die Generierung phantasievoller, interaktiver Vorstellungsbilder mit den jeweiligen Orten zu verknüpfen. Der Abruf gleicht anschließend einem mentalen Gang durch die innere Landkarte: die Personen "laufen" in ihrer Vorstellung von Ort zu Ort. Jeder Ort fungiert als Hinweisreiz für das gebildete Vorstellungsbild; aus dem mentalen Bild wiederum wird dann das relevante Stimuluswort extrahiert. So dienen die erzeugten Vorstellungsbilder der Vereinfachung beim Einprägen und Abrufen der Wörter und die räumliche Hinweisreizstruktur der Orte der Beibehaltung der Reihenfolgeinformation der Wörter in einer Liste.



## 2.5 Empirische Befunde zum Gedächtnistraining im Alter

Dieser Abschnitt widmet sich der Darstellung empirischer Befunde zum Gedächtnistraining anhand mnemonischer Techniken bei jungen und älteren Erwachsenen. In dem ersten Teil dieses Abschnitts wird es dabei um eine Übersicht über (a) relevante Studiencharakteristika und -bedingungen und (b) die Höhe der beobachteten Leistungsgewinne nach einem mnemonischen Training bei älteren Erwachsenen gehen. Die Frage nach den Altersbereichen der untersuchten Stichproben ist hierbei von besonderer Bedeutung. Im zweiten Teil dieses Abschnitts werden dann empirische Befunde zu Korrelaten von Gedächtnisplastizität im Alter dargestellt.

### 2.5.1 Studiencharakteristika und -bedingungen

Zur Frage des Gedächtnistrainings im Alter liegen bislang zwei neuere Literaturübersichten vor. Verhaeghen et al. (1992) betrachteten in einer Metaanalyse 33 Studien zur Plastizität des episodischen Gedächtnisses im Alter aus den Jahren 1974 bis 1991<sup>1</sup>; Stigsdotter (1994) verglich 38 Studien aus den Jahren 1980 bis 1993. Ein Vergleich zeigte, daß der Anteil an identischen Studien in beiden Literaturübersichten bei 21 Studien lag. Um ein möglichst vollständiges und repräsentatives Bild der vorliegenden Gedächtnistrainingsliteratur im Alter zu geben, werden die Ergebnisse aus beiden Übersichten berichtet. Tabelle 1 bietet einen zusammenfassenden Überblick über relevante deskriptive Charakteristika der Analysen von Stigsdotter (1994) und Verhaeghen et al. (1992).

Verhaeghen et al. (1992) wählten im Rahmen der Metaanalyse 12 Studiencharakteristika aus, von denen angenommen werden konnte, daß sie die Trainingsgewinne beeinflussen könnten: Von diesen 12 Variablen hatten in erster Linie drei einen Einfluß auf die Lernleistungen bei einem Gedächtnistraining mit einer mnemonischen Technik: Die beobachteten Trainingsgewinne waren größer, wenn

- ein Vortraining stattgefunden hatte,
- das Gedächtnistraining in Gruppensitzungen ausgeführt wurde und
- die Sitzungen kurz waren.

---

<sup>1</sup> Verhaeghen et al. (1992) berücksichtigten Studien, die (a) gesunde ältere Erwachsene mit einem mittleren Alter von 60 und über 60 Jahren einschlossen, (b) eine Leistungsverbesserung durch Instruktion in eine mnemonische Technik zum Ziel hatten, (c) eine Prä- und Posttestmessung der Gedächtnisleistungen durchgeführt hatten und (d) genügend Messungen für die Berechnung von Effektgrößen enthielten. Es wurden in den Studien zusammengenommen 1.539 ältere Erwachsene untersucht.

Hinsichtlich der Dauer der Trainingssitzungen macht Tabelle 1 deutlich, daß die Sitzungsdauer zwischen 60 Minuten und 2.5 Stunden bei Stigsdotter (1994) und zwischen 20 Minuten und 2.5 Stunden bei Verhaeghen et al. (1992) variierte. Die mittlere Sitzungsdauer liegt in beiden Übersichten bei 90 Minuten.

Tabelle 1

Deskriptive Statistik relevanter Variablen der Analysen von Stigsdotter (1994) und Verhaeghen et al. (1992) in bezug auf Untersuchungen zum Gedächtnistraining im Alter

Variablen	Stigsdotter (1994) 38 Studien				Verhaeghen et al. (1992) 33 Studien			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
Alter der Probanden	69.2	3.1	61.4	78.0	69.0	3.6	61.4	78.0
Anzahl der Sitzungen	6.0	5.6	1.0	26.0	5.8	5.1	1.0	20.0
Dauer der Sitzungen (Std.)	1.5	0.5	1.0	2.5	1.5	0.6	0.3	2.5
Listenlänge	19.6	7.6	10.0	40.0				
Präsentationsrate (Sek. / Item)	11.9	8.1	3.0	34.0				

Da das primäre Ziel der vorliegenden Studie in der Untersuchung von Ausmaß und Grenzen der Gedächtnisplastizität im hohen Alter liegt, ist im Rahmen der Literaturübersichten die Analyse der Altersverteilungen der untersuchten Stichproben von besonderem Interesse. Tabelle 1 macht deutlich, daß sowohl bei Stigsdotter (1994) als auch bei Verhaeghen et al. (1992) der Altersmittelwert der Stichproben bei 69 Jahren liegt; die Streubreite der Mittelwerte der berücksichtigten Untersuchungen reicht von 61 bis 78 Jahren. Lediglich 24 % der in beiden Übersichten angegebenen Altersmittelwerte liegen über einem Alter von 70 Jahren und keine davon über einem Alter von 80 Jahren. Diese Altersangaben machen deutlich, daß die Frage nach den leistungsfördernden Wirkungen eines episodischen Gedächtnistrainings anhand mnemonischer Techniken *im vierten Lebensalter* bislang nur wenig Beachtung gefunden hat.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> In diesem Zusammenhang zu beachten, ist eine Trainingsstudie von Yesavage, Sheikh, Friedman und Tanke (1990), in der der Altersmittelwert zwar bei 68 Jahren liegt, die Altersspanne jedoch von 55 bis 87 Jahren reicht. In diesem Artikel nehmen die Autoren explizit Bezug auf Ergebnisse, die darauf hinweisen, daß die

Eine ergänzende Literaturrecherche zu Gedächtnistrainingstudien für den Zeitraum von 1993 bis 1999 zeigt, daß bisher keine Testing-the-Limits-Studie zur Untersuchung der Fragen nach Ausmaß und Grenzen von Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte in einer Stichprobe von 75- bis über 100jährigen vorliegt.

### **2.5.2 Ausmaß an Gedächtnisplastizität im Alter**

Die Ergebnisse der Metaanalyse von Verhaeghen et al. (1992) bestätigen, daß auch im höheren Erwachsenenalter ein erhebliches Ausmaß an Gedächtnisplastizität vorhanden ist. So bewirkte das Gedächtnistraining anhand mnemonischer Techniken eine Verbesserung um 0.7, die reine Testwiederholung hingegen lediglich eine Leistungssteigerung um 0.4 gewichtete Standardabweichungseinheiten. Weiterhin konnte gezeigt werden, daß alte Personen mehr von einem mnemonischen Training profitieren als von Placebo-Trainingsinterventionen. Die Effektstärke der Trainingsgruppen war hierbei signifikant größer als die der Kontroll- und der Placebogruppen; ein Befund, der für die Effektivität der verwendeten mnemonischen Techniken spricht. Es zeigten sich jedoch keine systematischen Variationen der Größe des Trainingsgewinns in Abhängigkeit von der jeweiligen Gedächtnistechnik. Dies kann unter anderem an der Homogenität der eingesetzten Techniken liegen, die mit zwei Ausnahmen eine visuelle Vorstellungskomponente enthielten.

Die berichteten Zahlen beziehen sich auf eine Vielzahl sehr heterogener Trainingsstudien mit unterschiedlichen Fragestellungen, Untersuchungsdurchführungen und Sitzungsanzahlen. So lag beispielsweise die mittlere Anzahl an Sitzungen in der Metaanalyse von Verhaeghen et al. (1992) bei 5.8 Sitzungen, die Spannbreite reichte von einer bis zu 20 Sitzungen (vgl. Tab. 1). Wird zum Vergleich die Leistungsverbesserung in einer Testing-the-Limits-Studie mit der Methode der Orte von Kliegl et al. (1990) berechnet (siehe auch Abb. 1), ergibt sich ein weitaus

---

Fähigkeit, von komplexen mnemonischen Trainingsstrategien, wie der Namen-Gesichter-Technik und der Methode der Orte, zu profitieren, bei den Probanden im hohen Alter (zwischen 76 und 87 Jahren) im Vergleich zu den älteren Erwachsenen (zwischen 55 und 75 Jahre) stark eingeschränkt war. Eine weitere Ausnahme stellt die Untersuchung von Yesavage (1983) dar, bei der der Stichprobenmittelwert bei 78 Jahren liegt und die Altersspanne von 64 bis 92 Jahren reicht. Der Schwerpunkt dieser Studie lag jedoch nicht in der Frage nach dem Ausmaß an Gedächtnisplastizität im hohen Alter, sondern in der Untersuchung der Effektivität eines visuellen Vortrainings auf die Gedächtnisleistung älterer Personen nach einem anschließenden Gedächtnistraining mit der Namen-Gesichter-Methode. Die beobachteten Trainingsgewinne waren sehr gering. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß für das Erlernen der mnemonischen Technik in dieser Untersuchung lediglich zwei Trainingssitzungen eingeplant wurden (genaue Angaben zu der Anzahl erinnelter Wörter vor und nach dem Training sind dem entsprechenden Artikel leider nicht zu entnehmen; siehe Yesavage, 1983).

größerer Trainingsgewinn zwischen Prä- und Posttest. Hier konnten sich ältere Erwachsene über 16 Sitzungen hinweg um 4.43 Standardabweichungen der Variabilität in den Ausgangsleistungen verbessern ( $9.8 - 2.7 / 1.6 = 4.43 \text{ SD}$ ). Um Mißverständnisse zu vermeiden, sollte nochmals betont werden, daß es sich bei der Nutzung einer Gedächtnistechnik wie der Methode der Orte nicht um die Verbesserung desselben gedächtnisbezogenen Leistungssystems handelt, sondern prinzipiell um die Einführung eines neuen kognitiven Systems zur effektiveren Bewältigung der gleichen Gedächtnisaufgabe. Eine Diskussion über die damit verbundenen meßtheoretischen Implikationen findet sich an späterer Stelle (siehe Abschnitt 4.4.1).

### **2.5.3 Korrelate der Gedächtnisplastizität im Alter**

Da ein weiteres Ziel der vorliegenden Arbeit die Vorhersage individueller Unterschiede im Ausmaß an beobachteter Plastizität im hohen Alter ist, werden im folgenden Abschnitt empirische Befunde zu Korrelaten von Gedächtnisplastizität nach einem Training in einer mnemonischen Technik im Alter vorgestellt. Hierbei konzentriert sich die Darstellung auf den Zusammenhang zwischen Gedächtnisplastizität und (a) der Altersvariable und (b) Maßen kognitiver Leistungsfähigkeit.

#### **2.5.3.1 Alter und Plastizität**

Alter und Gedächtnisplastizität stehen in einem Zusammenhang. Dies gilt insbesondere für den Vergleich zwischen Stichproben junger und älterer Erwachsener (Baltes & Kliegl, 1992; Kliegl et al., 1989, 1990; Meyer, Young & Bartlett, 1989; Rebok & Balcerak, 1989; Rose & Yesavage, 1983; Yesavage & Rose, 1984). Aber auch innerhalb der Stichproben älterer Erwachsener zeigen sich bedeutsame Zusammenhänge zwischen Altersvarianz und Plastizität (Gratzinger, Sheikh, Friedman & Yesavage, 1990; Yesavage et al., 1990; siehe auch Verhaeghen et al., 1992). In der Metaanalyse von Verhaeghen et al. (1992) beträgt die Effektstärke des Unterschieds zwischen den Leistungszugewinnen der jungen und älteren Probanden 0.75 gewichtete Standardabweichungseinheiten (95 %-Konfidenzintervall: 0.42-1.01 *SD*). Demnach profitieren junge Probanden mehr von einem Gedächtnistraining als ältere. Die Konsequenz ist eine Vergrößerung altersbedingter Unterschiede in den Gedächtnisleistungen im Laufe eines mnemonischen Trainings. Zusätzlich zeigen die Analysen von Verhaeghen et al. (1992) eine

statistisch abgesicherte Assoziation zwischen Alter und Zugewinnen innerhalb der untersuchten Stichproben älterer Erwachsener.<sup>3</sup>

In einer zeitlich besonders ausgedehnten Testing-the-Limits-Studie konnten Baltes und Kliegl (1992) zeigen, daß Leistungsunterschiede zwischen jüngeren und älteren Erwachsenen durch ein Training an die Leistungsobergrenzen derart vergrößert werden können, daß sich die Altersverteilungen nach dem Training kaum mehr überlappen. So erreichte nach der insgesamt 38 Sitzungen (und 17 Trainingssitzungen) umfassenden Interventionsstudie keiner der älteren Erwachsenen ein Leistungsniveau, das über dem mittleren Leistungsniveau der jungen Erwachsenen lag (Baltes & Kliegl, 1992; Kliegl et al., 1990).

#### Abbildung 1

Ergebnisse einer Testing-the-Limits-Studie zur Untersuchung von Ausmaß und Grenzen der Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte (übernommen von Baltes & Kliegl, 1992)



Zusammengenommen lassen die dargestellten Befunde eine kontinuierliche altersbedingte Abnahme kognitiver Plastizität über die Lebensspanne vermuten. Mögliche Erklärungen für diese Reduktion der Gedächtnisplastizität und die beobachtete Vergrößerung altersbedingter Unterschiede im Laufe eines Trainings werden im folgenden Abschnitt dargestellt.

<sup>3</sup> Im Gegensatz dazu konnte Stigsdotter (1994) keine signifikanten Alterskorrelationen zu Maßen der Gedächtnisplastizität innerhalb der älteren Stichprobe finden.

### 2.5.3.2 Korrelate kognitiver Leistungsfähigkeit

Zusätzlich zu der Altersvariablen wurden in erster Linie Maße kognitiver Leistungsfähigkeit als Korrelate von Gedächtnisplastizität anhand mnemonischer Trainings im Alter identifiziert. Zusammenfassend wiesen folgende kognitive Variablen einen positiven Zusammenhang zu Maßen der Plastizität bei älteren Erwachsenen auf:<sup>4</sup>

- Die Wahrnehmungsgeschwindigkeit (Kliegl et al., 1990; Kliegl & Thompson, 1991; Verhaeghen & Marcoen, 1996),
- das Arbeitsgedächtnis (Kliegl & Thompson, 1991; Verhaeghen & Marcoen, 1996),
- die Denkfähigkeit (Kliegl & Thompson, 1991),
- die Fähigkeit zur räumlichen Vorstellung (Kliegl et al., 1990; Lindenberger et al., 1992),
- die episodische und assoziative Gedächtniskapazität (Kliegl & Thompson, 1991; Verhaeghen & Marcoen, 1996),
- die visuelle Kreativität erfaßt durch den Torrance Visual Creativity Test (Lindenberger et al., 1992),
- der mentale Status, erfaßt durch den Mini-Mental State Examination Test (Hill, Yesavage, Sheikh & Friedman, 1989; Yesavage et al., 1990; siehe auch Abschnitt 4.1.1.3).

Demnach sollten Personen mit einer schnellen Wahrnehmungsgeschwindigkeit, einer großen Arbeitsgedächtniskapazität, einem guten assoziativen und episodischen Gedächtnis, einem guten räumlichen und bildlichen Vorstellungsvermögen, einer guten Denkfähigkeit und einem hohen mentalen Status die größten Trainingsgewinne erzielen. Offensichtlich profitierten vor allem die Personen von einem Gedächtnistraining, die bereits vor Beginn der Studie über mehr kognitive Ressourcen im Bereich mechanisch-fluider Fähigkeiten verfügten. Zudem unterstreicht ein solches korrelatives Muster auch die bereits diskutierte multikomponentielle Sichtweise einer Leistung mit der Methode der Orte. Demnach erfordert die Methode der Orte eine neue Konfiguration verschiedener kognitiver Prozesse, die nicht allein durch Maße des Gedächtnisses erfaßt werden können.

---

<sup>4</sup> Als Plastizitätsmaße dienten je nach Untersuchung entweder Maße des Leistungszuwachses (erfaßt durch einfache Differenzwerte oder durch residualisierte Veränderungsmaße) oder die Gedächtnisleistungen nach einem mnemonischen Training.

### Amplifikationsmodell kognitiver Plastizität

Der positive Zusammenhang zwischen kognitiven Fähigkeiten und Plastizität wurde von Verhaeghen und Marcoen (1996) im Sinne eines Amplifikationsmodells der Plastizität interpretiert. Demzufolge hängt die beobachtete Vergrößerung der Altersunterschiede in den Gedächtnisleistungen nach einem mnemonischen Training mit der Tatsache zusammen, daß diejenigen Variablen, die das Ausmaß an Plastizität beeinflussen, dieselben sind, die auch bereits die Gedächtnisleistung zu Beginn der Trainingsstudie (im Prätest) beeinflussen und die gleichzeitig einen negativen Zusammenhang zum Alter aufweisen. Ein altersbedingter Verlust in diesen Fähigkeiten geht mit einer Reduktion kognitiver Plastizität einher. Im Gegensatz zu einem Amplifikationsmodell würde ein Kompensationsmodell annehmen, daß die Korrelate der Plastizität in entgegengesetzter Richtung mit den Prätestleistungen assoziiert sind. Demzufolge würden kognitiv benachteiligte Personen mehr von einem mnemonischen Training profitieren (Verhaeghen & Marcoen, 1996). Dies ist offensichtlich nicht der Fall.

### Mechanismen der Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte

Weiteren Aufschluß über die Mechanismen, die der Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte zugrunde liegen, geben die Ergebnisse der Dissertationsstudie von Verhaeghen (1993), in der eine Vielzahl von Korrelaten erhoben wurde. Als kognitive Korrelate dienten neben generellen Maßen der Wahrnehmungsgeschwindigkeit, des verbalen und visuellen Arbeitsgedächtnisses auch spezifischere, an der Methode der Orte orientierte Maße, wie räumliche Fähigkeitstests, Tests zum bildlichen Vorstellungsvermögen und Tests zum assoziativen Gedächtnis. Zudem wurden zusätzlich Variablen zur Qualität der angewendeten Strategien miteinbezogen (Anzahl der Listenwiederholung und Richtigkeit der Anwendung der Methode der Orte).

Pfadanalysen ergaben, daß sowohl bei den jungen als auch bei den älteren Erwachsenen der generelle Faktor der Wahrnehmungsgeschwindigkeit und die aufgabenspezifischen Faktoren 'assoziatives Gedächtnis' und 'Anzahl der Listenwiederholungen' den Haupteinfluß auf das Ausmaß an beobachteter Gedächtnisplastizität hatten. Dabei beeinflusste nach Maßgabe des Modells die Wahrnehmungsgeschwindigkeit das assoziative Gedächtnis; dieses wiederum beeinflusste die Prätestleistungen direkt und die Posttestleistungen direkt und indirekt, vermittelt über die Anzahl der Listenwiederholungen.

In Anbetracht der Tatsache, (a) daß die Anwendung der Methode der Orte die paarweise Assoziation zwischen Hinweissorten und Stimulusworten erfordert und (b) daß die Versuchspersonen in dargestellter Untersuchung die Worte gleichzeitig auf einer Liste präsentiert bekamen und somit die Möglichkeit hatten, die Stimulusworte in der Einprägungsphase zu wiederholen, ist es nicht verwunderlich, daß das assoziative Gedächtnis und die Anzahl der Listenwiederholung positiv mit der Gedächtnisplastizität assoziiert waren. Von größerem theoretischen Interesse ist der starke Einfluß der Wahrnehmungsgeschwindigkeit auf individuelle Unterschiede im Ausmaß an Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte, da diese Variable im Rahmen kognitiver Altersforschung im Sinne eines Maßes zur Erfassung einer generellen Verarbeitungsressource eine zentrale Rolle für die Erklärung altersbedingter Unterschiede in einer Vielzahl kognitiver Leistungen hat (Salthouse, 1996). Verhaeghen fand weiterhin, daß es nur einen geringen Zusammenhang zwischen Prä- und Posttestleistungen gab. Dies weist darauf hin, daß, auch wenn einige der den Prä- und Posttestleistungen zugrundeliegenden Variablen identisch sind, vor und nach Instruktion in der Methode der Orte etwas Unterschiedliches erfaßt wird.

Konsistent mit diesen Befunden sind frühere Ergebnisse von Kliegl et al. (1990), die in einer umfangreichen Trainingsstudie mit der Methode der Orte, die insgesamt 20 Sitzungen umfaßte, mehrere Maße kognitiver Leistungsfähigkeit als Prädiktoren für die Gedächtnisleistung im Prätest und zu fünf anderen Testzeitpunkten im Laufe der Trainingsphase erhoben. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, daß sich die Vorhersagekraft der individuellen Unterschiedsvariablen in Abhängigkeit von dem Trainingszeitpunkt veränderte: Während die Gedächtnisleistungen in den ersten Sitzungen vor allem mit einem Test zur räumlichen Orientierung und einem 'cued recall'-Test assoziiert waren, stellte im Posttest die Wahrnehmungsgeschwindigkeit (erfaßt durch den Zahlen-Symbol-Test) den besten Indikator für individuelle Unterschiede in den Gedächtnisleistungen dar. Weiterhin konnte gezeigt werden, (a) daß die auf die Variable Alter allein zurückgehende Varianz in den Gedächtnisleistungen im Laufe des Trainings stetig zunahm und (b) daß das Erlernen der Methode der Orte und das anschließende Training zu einer Vergrößerung der durch alle kognitiven Fähigkeitsmessungen aufgeklärten Varianz ( $R^2$ ) führten. Prä- und Posttestleistungen waren unkorreliert.

Wie bereits früher erwähnt, verändert sich das Gefüge der der Gedächtnisleistungen zugrundeliegenden Komponenten durch die Einführung einer neuen Gedächtnistechnik wie der



Methode der Orte. In diesem Sinne interpretierten die Autoren die Ergebnisse dahingehend, daß sich im Laufe des Erlernens der Methode der Orte die relativen Gewichte der zugrundeliegenden Verarbeitungsprozesse verschoben haben: Während die Bedeutung von aufgabenspezifischen kognitiven Fähigkeiten im Laufe des Trainings abnimmt, werden unspezifische, generelle kognitive Ressourcen zunehmend wichtiger.

Die Zunahme in der Vorhersagekraft aller Prädiktoren im Laufe des Trainings wird als weitere Evidenz dafür angesehen, daß die Methode des Testing-the-Limits nicht etwa ein immer enger werdendes Expertisekonstrukt im Sinne einer faktorspezifischen Fertigkeit erfaßt, sondern gleichzeitig zu einer präziseren Messung von allgemeineren kognitiven Fähigkeitenpotentialen führt als standardisierte, einmalige Erhebungen (Baltes & Kindermann, 1985; Carlson & Wiedl, 1978; Guthke, 1982). Die Zunahme der spezifischen Vorhersageanteile des Alters weist darauf hin, daß durch das Heranführen an die Leistungsobergrenzen neue, mit dem Konzept der Plastizität verbundene Varianz erzeugt wird (Kliegl et al., 1990). Eine derartige Sicht stützt das Argument, daß es sich bei der Anwendung der Testing-the-Limits-Methode im vorliegenden Fall um eine Schätzung der *allgemeinen* kognitiven Entwicklungskapazität handelt (Baltes, 1987).

#### 2.5.4 Zusammenfassung

Trotz einer Vielzahl durchgeführter Gedächtnistrainingsstudien anhand mnemonischer Techniken in Stichproben von älteren Erwachsenen scheint die Untersuchung der Fragen nach Ausmaß und Grenzen der Gedächtnisplastizität im *hohen Alter* bisher vernachlässigt worden zu sein. So liegt den Literaturübersichten von Verhaeghen et al. (1992) und Stigsdotter (1994) zufolge das mittlere Alter der untersuchten Stichproben bei 69 Jahren.

Bei gesunden älteren Erwachsenen zwischen 60 und 80 Jahren konnte wiederholt nachgewiesen werden, daß Gedächtnistrainingsprogramme zu beachtlichen Leistungssteigerungen führen, die zu einem Teil auf einfache Testwiederholungseffekte, zu einem weiteren Teil jedoch auf die Effektivität der verwendeten mnemonischen Techniken selbst zurückzuführen sind. Trotz beachtlicher Plastizität in Gedächtnisfunktionen bei älteren Erwachsenen läßt sich gleichzeitig mit zunehmendem Alter eine Abnahme in dem Ausmaß an Plastizität beobachten, die sich sowohl innerhalb der Stichproben älterer Erwachsener als auch im Vergleich zu jüngeren Erwachsenen bemerkbar macht. Altersunterschiede werden typischerweise durch das Training vergrößert. Dies gilt in besonderem Maße für Testing-the-Limits-

Untersuchungen, die aufgrund ihrer Anlage und zeitlichen Ausdehnung in die Nähe der Leistungsobergrenzen vorstoßen und somit zumindest näherungsweise eine Abschätzung von Altersunterschieden in der Entwicklungskapazität gestatten (Baltes, 1987; Kliegl & Baltes, 1987).

Als Korrelate der Gedächtnisplastizität konnten vor allem Maße aus dem Bereich mechanisch-fluider Fähigkeiten identifiziert werden. Hierbei war neben der Merkfähigkeit vor allem die Wahrnehmungsgeschwindigkeit eng mit individuellen Unterschieden in dem Erwerb der Methode der Orte verknüpft (Kliegl et al., 1990; Verhaeghen & Marcoen, 1996).

Der enge Zusammenhang zwischen Wahrnehmungsgeschwindigkeit und Gedächtnisplastizität kann auf unterschiedliche Weise interpretiert werden. So kann im Sinne der Hypothese genereller Verlangsamung (Salthouse, 1996; vgl. Abschnitt 2.2.2) argumentiert werden, daß die Effizienz bei der Anwendung der Methode der Orte bei älteren Erwachsenen durch eine altersbedingte Abnahme in der Verarbeitungsgeschwindigkeit elementarer kognitiver Prozesse beeinträchtigt ist. Alternativ dazu können Tests der Wahrnehmungsgeschwindigkeit (wie der Zahlen-Symbol-Test) auch als besonders sensible Indikatoren mechanisch-fluider Intelligenz interpretiert werden, und zwar insbesondere ihres altersbezogenen Anteils, jedoch ohne die Implikation, diese Tests seien direkter Ausdruck einer bestimmten basalen Determinante wie der Verarbeitungsgeschwindigkeit (Kliegl et al., 1990; Lindenberger et al., 1993). Im Sinne der Investment-Theorie (Cattell, 1971) hängt demnach der Erwerb und die Elaborierung eines operativen Leistungssystems von allgemeinen Ressourcen ab, die durch Maße mechanisch-fluider Intelligenz indiziert werden. Um eine komplexe pragmatisch-kristalline Denkstrategie, wie sie die Methode der Orte darstellt, zu erwerben und zu verfeinern, müssen demnach zunächst mechanisch-fluide Ressourcen investiert werden. Hierbei hängt im Sinne eines Amplifikationsmodells der Plastizität (Verhaeghen & Marcoen, 1996) die Vergrößerung der Altersunterschiede in den Gedächtnisleistungen nach einem mnemonischen Training mit der Tatsache zusammen, daß gerade diese generellen Verarbeitungsressourcen, die bereits den Ausgangsleistungen, jedoch in stärkerem Maße noch dem Erwerb der Gedächtnistechnik zugrunde liegen, eine deutliche altersbedingte Einschränkung erfahren. Demnach ist also die Abnahme der Gedächtnisplastizität im Alter Folge einer altersbedingten Reduktion der Entwicklungskapazität der Mechanik der Intelligenz.

Beiden Interpretationen ist die Grundannahme gemein, daß altersbedingte Unterschiede in der Gedächtnisplastizität nicht auf Einschränkungen in aufgabenspezifischen Komponenten

oder Strategien beruhen, sondern Ausdruck einer altersbedingten Abnahme bereichsübergreifender Verarbeitungsressourcen sind. In Anlehnung an solche bereichsübergreifenden Konzepte kann auch die neurobiologische Common Cause-Hypothese, eine Variante allgemeiner Ressourcenansätze, als Modell zur Erklärung individueller Unterschiede in der Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte herangezogen werden (vgl. Abschnitt 2.1.3.2). Demnach wäre die Reduktion in der Entwicklungskapazität der kognitiven Mechanik im Alter die Folge eines altersbedingten Verlusts in der biologischen Integrität zerebraler Funktionen. In Anlehnung an frühere Befunde aus der Berliner Altersstudie (Lindenberger & Baltes, 1994, 1997) und der daraus abgeleiteten neurobiologischen Common Cause-Hypothese sollten nicht nur Maße der Wahrnehmungsgeschwindigkeit, die in diesem Fall als Indikatoren für den Grad an biologisch bedingter Einschränkung der Hirnintegrität im Alter interpretiert werden, sondern auch nicht-kognitive Indikatoren des altersbezogenen biologischen Funktionsstatus von Personen, wie beispielsweise Maße des sensorischen Funktionsstatus, mit individuellen Unterschieden in der Gedächtnisplastizität verknüpft sein.

Da bisher in erster Linie der Zusammenhang zwischen Maßen kognitiver Leistungsfähigkeit und der Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte im Alter untersucht worden ist, konnte eine solche Annahme bisher empirisch noch nicht falsifiziert werden. In vorliegender Studie wird daher das Konzept der Gedächtnisplastizität in einen breiteren Vorhersagekontext gebettet, in dem als Prädiktoren zusätzlich zu Maßen kognitiver Leistungsfähigkeit auch nicht-kognitive Variablen, wie Maße der Sehschärfe und des Gehörs berücksichtigt werden. Zudem verspricht die Hinzunahme von Prädiktoren längsschnittlicher Leistungsveränderung in Indikatoren des biologischen Funktionsstatus näheren Aufschluß über die der Plastizität zugrundeliegenden Mechanismen.