

III. INTEGRATION DER THEORETISCHEN PERSPEKTIVEN

3.1 Fragestellung

Die vorliegende Arbeit diene der Erforschung kognitiver Plastizität im hohen Alter. Mit hohem Alter ist der Altersbereich zwischen 75- bis über 100 Jahren gemeint (vgl. Bäckman et al, 2000). Die zentralen Fragen der Arbeit gliedern sich in zwei Teile. Der erste besteht in der altersvergleichenden Quantifizierung (Deskription) kognitiver Plastizität als Ausdruck von Entwicklungskapazität; der zweite in der Erklärung interindividueller Plastizitätsunterschiede im hohen Alter. Die Bearbeitung dieser Fragen im Rahmen derselben Arbeit erfordert ein entwicklungstheoretisch fundiertes Konzept kognitiver Plastizität, das sowohl allgemeine als auch differentielle Eigenschaften aufweist. Die allgemeinen Eigenschaften verweisen in erster Linie auf Altersunterschiede im Ausmaß an kognitiver Plastizität. Die differentiellen Eigenschaften beziehen sich auf interindividuelle Unterschiede in aktuellen Merkmalsausprägungen und in längsschnittlichen Merkmalsveränderungen. Das entsprechende Prädiktionsmodell schlägt somit eine Brücke zwischen Ontogenese – die im Rahmen der Berliner Altersstudie beobachteten längsschnittlichen Veränderungen – und Mikrogenese – die Erfassung von Plastizität im gedächtnispsychologischen Experiment (vgl. Baltes et al., 1977).

Im folgenden werden die im vorausgegangenen Abschnitt dargestellten theoretischen Perspektiven integriert und daraus die Fragestellung der vorliegenden Arbeit hergeleitet. Da der Zusammenhang zwischen makro- und mikrogenetischer Veränderungen bislang im Rahmen kognitiver Plastizitätsforschung empirisch nur wenig untersucht wurde, wird im Anschluß an die Darstellung des Prädiktionsmodells kognitiver Plastizität im hohen Alter, detaillierter auf die Erwartungen bezüglich des Zusammenhangs zwischen längsschnittlicher und aktualgenetischer Veränderung eingegangen. Im Anschluß erfolgt ein kurzer Überblick über die Untersuchung, um das Verständnis der konkreten Untersuchungshypothesen zu erleichtern.

3.1.1 Nachweis und Beschreibung des Ausmaßes an kognitiver Plastizität

Das Hauptanliegen vorliegender Untersuchung ist die Ausdehnung der Fragen nach Ausmaß und Grenzen kognitiver Plastizität auf das hohe Alter, das heißt auf eine Stichprobe von 75- bis über 100jährigen (vgl. Bäckman et al., in 2000).

Der Begriff der kognitiven Plastizität verweist im Rahmen kognitiver Altersforschung auf das Lern- und Leistungspotential (Entwicklungskapazität), das Personen unter optimalen Bedingungen, meist nach entwicklungsfördernden Interventionen, zeigen können (Baltes, 1987; Baltes & Willis, 1982; Lerner, 1984). Operationalisiert wurde Plastizität in vorliegender Arbeit (a) durch die maximale Leistungsfähigkeit sowie durch (b) die Leistungsgewinne nach Instruktion und Training in einer leistungsfördernden mnemonischen Technik. Außerdem wurde unterschieden zwischen dem Potential, eine neue, leistungsfördernde Technik in ihren Grundzügen zu erwerben und dem Potential, die Nutzung dieser Technik anschließend im Laufe eines gezielten Trainingsprogramms zu optimieren (Kliegl & Baltes, 1987).

Hierbei interessiert vor allem die Untersuchung der Veränderbarkeit mechanisch-fluider Fähigkeiten, das heißt jener kognitiven Leistungen, die überwiegend von der Qualität elementarer kognitiver Prozesse bestimmt werden (Baltes, 1993; Baltes et al., 1998; Cattell, 1971; Horn, 1982). Die Plastizität der Mechanik wurde am Beispiel episodischer Gedächtnisfunktionen untersucht, die im Vergleich zu anderen Gedächtnisfunktionen die stärksten altersbezogenen Einbußen zeigen (Craik & Jennings, 1992; Kausler, 1994; Light, 1991; Zacks et al., 2000). Hierfür wurden Personen in einer leistungsoptimierenden mnemonischen Technik, der Methode der Orte (Bower, 1970), instruiert und trainiert. Zur Erfassung altersbedingter Grenzen der Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte wurde die Methode des Testing-the-Limits genutzt, bei der Personen im Laufe eines Trainingsprogramms schrittweise an ihre Leistungsgrenzen herangeführt werden (Baltes & Kindermann, 1985; Kliegl & Baltes, 1987; Guthke, 1982; Schmidt, 1971).

In früheren Trainingsstudien mit der Methode der Orte konnten einerseits beachtliche Leistungsverbesserungen bei gesunden jungen und älteren Erwachsenen verzeichnet werden (Lindenberger et al. 1992; Rebok & Balcerak, 1989; Rose & Yesavage, 1983; Stigsdotter, 1994; Thompson & Kliegl, 1991; Verhaeghen et al., 1992; Yesavage et al., 1990), andererseits wurden Altersunterschiede im Laufe eines Trainings an die Leistungsgrenzen vergrößert, wobei bei älteren Erwachsenen das maximale Leistungsniveau deutlich unter dem der jungen Erwachsenen

lag (Baltes & Kliegl, 1992; Kliegl et al., 1989; Verhaeghen & Marcoen, 1996). Die Grundinterpretation dieser Befunde ist, daß durch das Heranführen an Leistungsgrenzen das Ausmaß eines allgemeinen kognitiven Entwicklungspotentials im Sinne der Entwicklungskapazität geschätzt wird.

Literaturübersichten machen deutlich, daß es sich bei den untersuchten Stichproben überwiegend um ältere Erwachsene zwischen 60 und 80 Jahren handelte (Stigsdotter, 1994; Verhaeghen et al., 1992). Die Fragen nach Ausmaß und Grenzen der Gedächtnisplastizität im hohen Alter hingegen blieben weitgehend unberücksichtigt (für Ausnahmen siehe: Yesavage, 1983; Yesavage et al., 1990).

In Anbetracht des Mangels an Untersuchungen zur Gedächtnisplastizität im vierten Lebensalter stellt sich daher im Zusammenhang mit der Frage nach der Größe der zu erwartenden Trainingsgewinne zunächst die grundsätzliche Frage, ob Personen im hohen Alter noch in der Lage sind, eine neue, in ihrem Verhaltensrepertoire bislang nicht vorhandene Gedächtnistechnik zu erlernen und effektiv anzuwenden.

Sollte bei einigen Personen ein Verlust der Fähigkeit zu beobachten sein, die Methode der Orte zu erwerben, könnte dies Folge eines normalen biologischen Alterungsprozesses oder aber ein Indiz für eine beginnende oder bereits vorliegende dementielle Erkrankung sein. Da es das Ziel der vorliegenden Studie war, latente Potentiale und ihre Grenzen in einer Stichprobe von gesunden Personen im vierten Lebensalter zu untersuchen, wurden bereits a priori mittel und schwer demente Personen aus der Studienstichprobe ausgeschlossen.

In einem zweiten Schritt stellt sich die Frage nach der Höhe der Trainingsgewinne, die Personen im hohen Alter nach Instruktion in der Methode der Orte im Laufe eines ausgedehnten Trainingsprogramms an die Leistungsgrenzen erzielen können. Es interessiert demnach die Frage, ob auch Personen in ihrem vierten Lebensalter durch ausgiebiges Training unter optimalen Lernbedingungen zu Experten in der Nutzung der Gedächtnisstrategie ausgebildet werden können (Ericsson, 1996; Ericsson et al., 1993; Kliegl & Baltes, 1987).

In Anlehnung an Befunde aus früheren Testing-the-Limits-Studien mit der Methode der Orte (Kliegl et al., 1989, 1990) wurde erwartet, daß auch Personen im hohen Alter noch über genügend kognitive Entwicklungskapazität verfügen, um im Laufe einer Trainingsphase ihr Leistungsniveau zu optimieren. Gleichzeitig wurde hinsichtlich der zu erwartenden Höchstleistungen nach einem solchen Training vermutet, daß aufgrund einer biologisch bedingten Abnahme der Plastizität im Alter die Höhe des beobachtbaren maximalen Leistungsniveaus nach

einem Training an die Leistungsgrenzen im Durchschnitt mit zunehmendem Alter abnimmt. Diese altersbedingte Abnahme in kognitiver Plastizität sollte sich sowohl innerhalb der Stichprobe der Hochbetagten als auch im Vergleich zu einer jüngeren Vergleichsstichprobe von 20- bis 30jährigen bemerkbar machen.

Ist der Nachweis und die Quantifizierung des Ausmaßes an Gedächtnisplastizität im hohen Alter erfolgt, stellt sich in einem weiteren Schritt die Frage nach den Variablen, die mit individuellen Unterschieden in der Höhe der beobachtbaren Leistungsgewinne verbunden sind. Im folgenden Abschnitt wird zunächst ein Prädiktionsmodell vorgestellt, in dem Erwartungen in bezug auf den Zusammenhang zwischen Maßen aktueller Leistungsfähigkeit und kognitiver Plastizität dargelegt werden. Im Anschluß wird dann der Zusammenhang zwischen Maßen längsschnittlicher Veränderung und der Plastizitätsmaße diskutiert.

3.1.2 Individuelle Unterschiede in kognitiver Plastizität im hohen Alter:

Ein Modell

Betrachtet man zusammenfassend die im theoretischen Teil diskutierten Variablen, die einen möglichen Einfluß auf das Ausmaß an Gedächtnisplastizität im Alter haben könnten, läßt sich das in Abbildung 2 schematisch dargestellte Modell entwickeln.

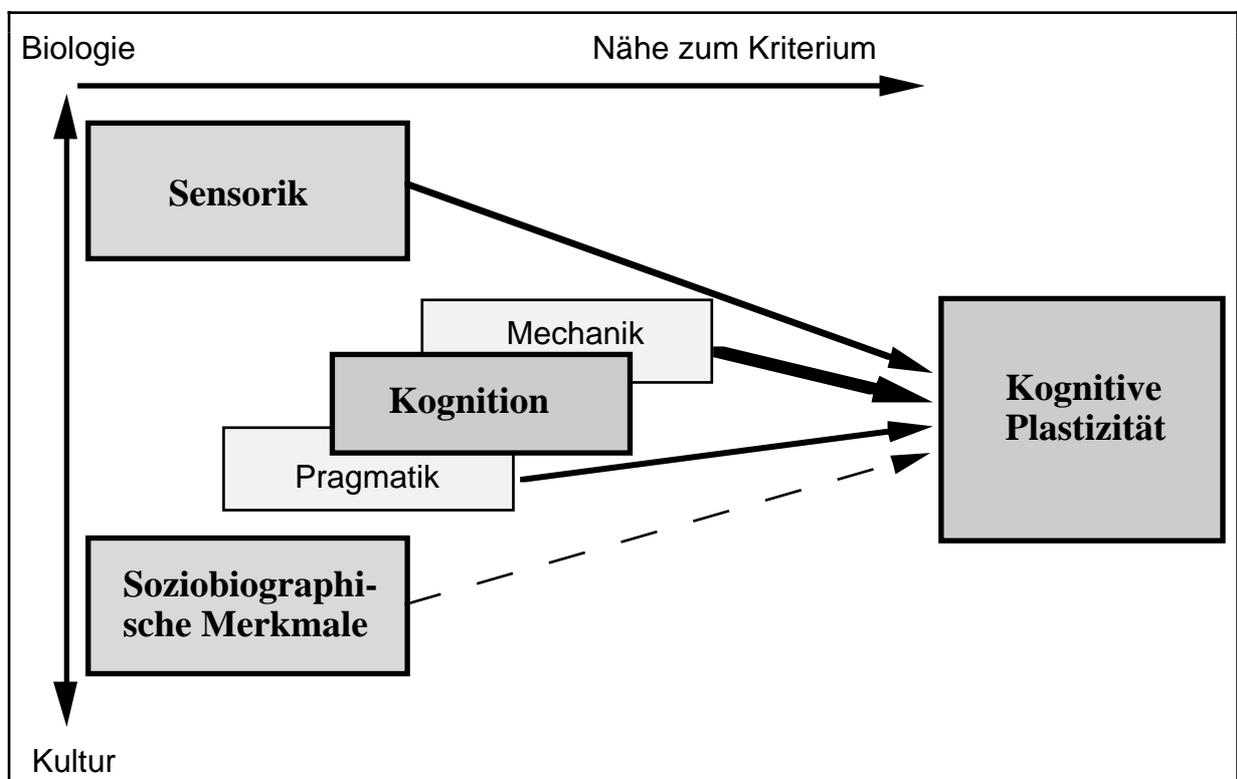
Das Modell verortet das Konzept der Gedächtnisplastizität im ontogenetischen Kontext. In Anlehnung an Entwicklungstheorien, die die Rolle biologischer und kultureller Faktoren für die menschliche Ontogenese und im spezifischen für die Intelligenzentwicklung in den Mittelpunkt ihrer Überlegungen stellen (Baltes, 1987, 1993, 1999; Baltes & Graf, 1996; Klix, 1993), bildet auch im vorliegenden Modell die Unterscheidung zwischen kulturellen und biologischen Einflußsystemen den konzeptuellen Rahmen. Hierbei ist zu beachten, daß zwar konzeptuell zwischen biologischem und kulturellem System unterschieden wird, die Grenzen zwischen beiden Systemen jedoch fließend sind und beide Systeme in ständiger wechselseitiger Abhängigkeit stehen. Im folgenden Modell wurden daher beide Einflußsysteme als Pole eines Kontinuums dargestellt.

Grundannahme des Modells ist, daß individuelle Unterschiede im Ausmaß an kognitiver Plastizität im hohen Alter vor allem von biologischen und weniger von kulturellen Faktoren bestimmt werden. Diese Annahme entspricht den im Abschnitt 2.1.1 dargestellten theoretischen Überlegungen über die Rolle von Kultur und Biologie für die kognitive Entwicklung über die

Lebensspanne (Baltes, 1993, 1997; Baltes & Graf, 1996; Bäckman et al., 2000; Lindenberger & Baltes, 1995a). Demnach nehmen mit zunehmendem Alter Unterschiede in altersbedingten, gesundheitsbezogenen und biologischen Faktoren zu und überlagern Unterschiede in bildungs-, schicht- und arbeitsbezogenen Bedingungen, die in der ersten Lebenshälfte von Bedeutung sind. Individuelle Unterschiede in der beobachteten kognitiven Plastizität sollten daher einen stärkeren Zusammenhang zu mehr biologisch bestimmten Korrelaten aufweisen als zu mehr kulturbasierten Korrelaten. Hierbei zählen zu Indikatoren kultureller Einflüsse nicht nur lebensgeschichtliche Informationen, sondern beispielsweise auch Maße zur Erfassung wissensbasierter Strategien des Lernens und des Handelns, die im Laufe des Lebens erworben wurden (Schneider & Sodian, 1997; Weinert & Schneider, 1995).

Abbildung 2

Modell der Beziehungen zwischen soziostrukturell-biographischen, sensorischen und kognitiven Variablen und kognitiver Plastizität im hohen Alter



In der vorliegenden Arbeit wurden als in erster Linie kulturbasierte Korrelate soziostrukturell-biographische Variablen herangezogen, wie das Einkommen, die Bildung und die Schichtzugehörigkeit einer Person. Diese bildungs-, schicht- und arbeitsbezogenen Indikatoren stellen ökonomische, soziale und kulturelle Umweltbedingungen einer Person dar, die ihr im Laufe ihres Lebens aufgrund ihrer sozialen Lage oder Fähigkeiten zuwachsen und die ihre Entwicklung mehr oder weniger begünstigen (vgl. Lindenberger & Baltes, 1995a; Mayer, Maas & Wagner, 1999; Schaie, 1996). Zusätzlich zu diesen distalen Prädiktoren wurden innerhalb des kognitiven Fähigkeitsbereichs die in erster Linie wissensbasierten Maße pragmatisch-kristalliner Intelligenz berücksichtigt. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß aufgrund früherer Beobachtungen einer Richtungs- und Kovarianz-Dedifferenzierung innerhalb des kognitiven Fähigkeitsbereichs im hohen Alter (Lindenberger & Baltes, 1997) zu erwarten war, daß individuelle Unterschiede in pragmatisch-kristallinen Fähigkeiten im hohen Alter vermutlich stärker als in früheren Lebensphasen von altersbezogenen biologischen Faktoren mitbestimmt werden. Aufgrund dieser Überlegungen nehmen im Rahmen des Prädiktionsmodells die pragmatisch-kristallinen Fähigkeiten eine mittlere Position auf dem Kultur-Biologie-Kontinuum ein. Es sei zudem darauf hingewiesen, daß die Berliner Altersstudie es leider nicht ermöglicht, proximale gedächtnisrelevante Wissenskörper, wie etwa das Wissen um Gedächtnisstrategien, zu erfassen. Daher stellt in gewisser Weise das zur Verfügung stehende Datenmaterial eine Unterschätzung des kulturell geprägten Wissenssystems dar, das für gedächtnisbezogene Plastizität durchaus relevant sein könnte.

Komplementär wird, in Anlehnung an die Befunde von Lindenberger und Baltes (1997), angenommen, daß individuelle Unterschiede im biologischen Funktionsstatus des Gehirns von Personen im hohen Alter durch Maße sensorischer Funktionen (Sehen, Hören) sowie durch kognitive Maße und hier vor allem durch Maße mechanisch-fluider Leistungsfähigkeit erfaßt werden können. Dieser Annahme liegt die neurobiologische Common Cause-Hypothese zugrunde, nach der der beobachtete hohe Zusammenhang zwischen Sensorik und Intelligenz im hohen Alter die Folge einer altersbedingten Verschlechterung bereichsübergreifender neurobiologischer Mechanismen ist, die die funktionale Integrität des Gehirns beeinträchtigen (Lindenberger & Baltes, 1994, 1997; Li & Lindenberger, 1999).

Innerhalb der mehr biologisch determinierten Korrelate wurde zwischen *kriteriumsfernen* und *kriteriumsnahen* Prädiktoren unterschieden. Maße des sensorischen Funktionsstatus (Sehschärfe und Gehör) stellen kriteriumsferne Prädiktoren dar, da sie vorwiegend durch die

postulierten bereichsübergreifenden Alterungsprozesse und in weitaus geringerem Maße als die kognitiven Variablen durch eine Identität der relevanten kognitiven Operationen mit den Gedächtnisleistungen unter Plastizitätsbedingungen zusammenhängen. Maße kognitiver Leistungsfähigkeit (und hier wiederum vor allem Maße mechanisch-fluider Leistungsfähigkeit) hingegen können als kriteriumsnahe Prädiktoren klassifiziert werden, da sie zusätzlich zu diesen altersabhängigen Unterschieden auch altersunabhängige individuelle Unterschiede aufklären können, die mit der Ausführung der Gedächtnisaufgabe vor und nach Instruktion in der Methode der Orte verbunden sind. So ist aus früheren Trainingsstudien mit der Methode der Orte bei jüngeren und älteren Erwachsenen bekannt, daß individuelle Unterschiede im Ausmaß an Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte in erster Linie mit individuellen Unterschieden in Maßen der fluiden Intelligenz sowie des episodischen Gedächtnisses assoziiert sind (Kliegl et al., 1990; Lindenberger et al., 1992; Verhaeghen & Marcoen, 1996). Im Einklang mit einem allgemeinen Investmentmodell mechanisch-fluider Ressourcen in den Erwerb pragmatisch-kristalliner Fähigkeiten (Cattell, 1971) sowie einem Amplifikationsmodell altersbedingter Unterschiede in kognitiver Plastizität (Verhaeghen & Marcoen, 1996) ist zu erwarten, daß Maße im Bereich mechanisch-fluider Leistungen neben altersbezogenen Unterschieden zwischen jungen und alten Erwachsenen auch individuelle Unterschiede gedächtnisbezogener Plastizität im Alter bestimmen (Verhaeghen & Marcoen, 1996). Aufgrund dieser Überlegungen wird angenommen, daß die Maße kognitiver Leistungsfähigkeit einen größeren Anteil der beobachteten Varianz in den Plastizitätsmaßen erklären als die Maße des sensorischen Funktionsstatus, beide Prädiktorgruppen hingegen einen stärkeren Zusammenhang zu dem Leistungsniveau und dem Leistungszuwachs nach Instruktion und Training in der Gedächtnistechnik haben als die soziostrukturell-biographischen Prädiktoren.

Wie bereits angedeutet sollte sich zudem das vergleichsweise größere Gewicht biologischer Faktoren bei der Vorhersage kognitiver Plastizität im hohen Alter auch innerhalb des kognitiven Fähigkeitsbereichs aufzeigen lassen. Im Einklang mit dem Zweikomponentenmodell der Intelligenzentwicklung (Baltes, 1993; Cattell, 1971; Horn, 1982) sollten Maße kognitiver Plastizität einen stärkeren Zusammenhang zu Indikatoren mechanisch-fluider Intelligenz als zu Indikatoren pragmatisch-kristalliner Intelligenz aufzeigen, da erstere die biologisch determinierte Komponente, letztere den sozial-kulturellen Aspekt der Intelligenz besser abbilden. Konsistent mit dieser Annahme sind die Ergebnisse von Lindenberger und Baltes (1997), die zeigen, daß auch im hohen Alter, trotz Homogenisierung der Fähigkeitsprofile,

Maße mechanisch-fluider im Vergleich zu pragmatisch-kristallinen Fähigkeiten höhere Zusammenhänge zu sensorisch-sensomotorischen Merkmalen aufwiesen, und umgekehrt Maße pragmatisch-kristalliner Intelligenz stärker mit soziostrukturell-biographischen Merkmalen korrelierten als mit Maßen mechanisch-fluider Intelligenz. Die unterschiedliche Stärke der Pfeile in oben abgebildetem Modell veranschaulicht diese differentiellen Vorhersagen.

Die bisher entwickelten Erwartungen bezogen sich auf die Vorhersage individueller Unterschiede in dem maximalen Leistungsniveau sowie den Leistungsverbesserungen nach Instruktion und Training mit der Methode der Orte, das heißt auf die Vorhersage der in vorliegender Arbeit verwendeten Maße kognitiver Plastizität (siehe Abschnitte 2.3.2.3 sowie 4.4.2). Die Grundannahme eines stärkeren Zusammenhangs des Konzepts der kognitiven Plastizität zu biologischen im Vergleich zu kulturellen, einschließlich wissensbasierten Faktoren läßt sich zudem durch die Untersuchung differentieller Prädiktionsmuster für Indikatoren des biologischen und kulturellen Systems im Laufe eines Trainings mit der Methode der Orte untermauern. Während zu Anfang eines Trainings individuelle Unterschiede in unspezifischen, unter Umständen mit Bildungschancen korrelierten Faktoren, wie Vertrautheit mit der Testsituation oder mit alternativen Gedächtnisstrategien, einen Einfluß auf die beobachtete Gedächtnisleistung haben, sollte das Training mit der Testing-the-Limits-Methode die Erfassung übergreifender, vor allem biologisch determinierter Fähigkeitspotentiale begünstigen. Demnach sollten stärker kulturbezogene Faktoren, wie sie die soziostrukturell-biographischen Merkmale und innerhalb des kognitiven Fähigkeitsbereichs die pragmatisch-kristallinen Fähigkeiten darstellen, im Laufe eines Trainings mit der Methode der Orte zunehmend an Bedeutung verlieren. Umgekehrt sollten Indikatoren des biologischen Systems, wie die Maße des sensorischen Funktionsstatus und innerhalb des Intelligenzbereichs Maße mechanisch-fluider Intelligenz, während des Trainings zunehmend an Vorhersagekraft gewinnen.

3.1.3 Die Beziehung zwischen längsschnittlicher Leistungsveränderung und kognitiver Plastizität im hohen Alter

Aus entwicklungspsychologischer Perspektive kann der aktuelle Leistungsstatus einer Person zu einem bestimmten Zeitpunkt immer als das Ergebnis vorangegangener Stabilität oder Veränderung verstanden werden (Molenaar, Boomsma & Dolan, 1991). Deswegen sind die Analysen längsschnittlicher Leistungsveränderung für die Überprüfung der Annahme, daß

individuelle Unterschiede in kognitiver Plastizität in erster Linie mit dem Grad der biologisch bedingten Alterung zerebraler Funktionen verbunden sind, von besonderem Interesse, da Veränderungsmaße im Gegensatz zu Statusmaßen einen direkteren Ausdruck biologischer Alterungsprozesse darstellen. Auf die Notwendigkeit der Analyse von Veränderungsprozessen für einen entwicklungspsychologischen Ansatz machen beispielsweise Baltes, Reese und Nesselroade (1977) aufmerksam, wenn sie schreiben:

“In fact, one could argue that a developmental approach loses most of its appeal if a comprehensive account (description, explanation, modification) of a given behavior could be obtained from a concurrent analysis alone. That is, time-related change is the focus of developmental research.” (Baltes et al., 1977, S. 104 f.)

In der vorliegenden Arbeit sind die längsschnittlichen Veränderungen in zweierlei Hinsicht von Interesse: als Prädiktoren des aktuellen Leistungsniveaus und als Prädiktoren der aktuell vorhandenen *kognitiven Plastizität*. In theoretischer Hinsicht entspricht dies dem Zusammenhang zwischen *makrogenetischen* und *mikrogenetischen* Entwicklungsfunktionen. Unter *makrogenetischen* Veränderungen werden im Kontext vorliegender Arbeit die langzeitlichen Entwicklungsverläufe verstanden, die durch die Analyse längsschnittlicher Leistungsveränderung im Laufe der achtjährigen Laufzeit der Berliner Altersstudie (1990–1998) erfaßt werden konnten. *Mikrogenetische* (aktualgenetische) Veränderungen beziehen sich auf zeitkomprimierte Entwicklungsfunktionen, die, wie im Rahmen der hier verwendeten Testing-the-Limits-Methode, unter experimenteller Kontrolle induziert und im Labor beobachtet werden können (Baltes & Goulet, 1971; Kruse, Lindenberger & Baltes, 1993; Lindenberger & Baltes, 1995b; Siegler & Crowley, 1991; vgl. Abschnitt 2.3.1.2). In Anlehnung an den mikrogenetischen Ansatz (Kuhn & Phelps, 1982; Siegler & Crowley, 1991) beruhte der Vergleich von makro- und mikrogenetischen Entwicklungsfunktionen auf der Annahme, daß diesen Veränderungen, auch wenn sie auf unterschiedlichen Zeitskalen operieren, wichtige Gemeinsamkeiten zugrunde liegen können (Werner, 1948).

Im Kontext vorliegender Arbeit wird angenommen, daß eine dieser Gemeinsamkeiten zwischen makro- und mikrogenetischen Veränderungen im Grad des biologisch bedingten Alterungsprozesses zerebraler Funktionen besteht. Es wird postuliert, daß Personen mit stärkeren negativen längsschnittlichen Leistungsveränderungen in biologischen Markern über einen Zeitraum von mehreren Jahren auch geringere Lerngewinne über einen Zeitraum weniger

Wochen zeigen werden, da diese Personen stärkere altersbedingte Einbußen ihrer Gehirnintegrität erlitten haben und daher eine geringere Entwicklungskapazität aufweisen.

Empirische Befunde

Mit der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen längsschnittlicher Leistungsveränderung und Lernfähigkeit im hohen Alter wird in empirischer Hinsicht Neuland betreten, da mit Ausnahme der Arbeiten von Schaie und Willis (1986) sowie von Willis und Nesselroade (1990) Trainingsstudien zur Untersuchung kognitiver Plastizität bei gesunden älteren Erwachsenen bislang nicht in längsschnittliche Studien eingebettet wurden und somit nicht auf Informationen längsschnittlicher Veränderung zurückgreifen konnten.

Willis und Nesselroade (1990) gingen in ihrer längsschnittlichen Untersuchung unter anderem der Frage nach, ob ältere Personen, die dreimal nacheinander an einem fluiden Intelligenztraining im Rahmen der sogenannten ADEPT Studie (Baltes & Willis, 1982) teilgenommen hatten (1979, 1981, 1986), ihr Ausgangsniveau über sieben Jahre hinweg erhalten oder verbessern konnten, obwohl die Probanden im Laufe der mehrstufigen Interventionsstudie vom älteren Erwachsenenalter in das hohe Lebensalter gelangten, das heißt in die Lebensphase, in der gewöhnlicherweise im Mittel deutliche altersbedingte Verluste in fluiden Intelligenzleistungen zu beobachten sind (das mittlere Alter der Probanden lag bei den drei Meßzeitpunkten bei 69, 71 und 77 Jahren). Die durchgeführten Analysen machten deutlich, daß 64 % ($N = 16$) der Personen, die an den drei Trainingsinterventionen teilgenommen hatten, im Vergleich zu ihren Ausgangsleistungen bei jedem der folgenden Meßzeitpunkte das gleiche oder ein höheres Leistungsniveau erzielen konnten. In einer Retest-Kontrollgruppe, die lediglich die Prä- und Posttestsitzungen nicht aber das Training durchführten, zeigten nur 33 % der Probanden dieses Muster. Die Autoren ziehen aus diesen Befunden den Schluß, daß es möglich ist, bis ins hohe Alter (old-old age) durch wiederholte Trainingsprogramme ein höheres Funktionsniveau beizubehalten. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß sich alle untersuchten Personen in bester Gesundheit befanden und längsschnittliche Stichproben oft positiv selektiert sind (vgl. Anhang F). Da bei Betrachtung der Leistungen der Retest-Kontrollgruppe zu allen drei Meßzeitpunkten deutlich wird, daß sich auch die Leistungen der Probanden, die nicht an den Trainingsinterventionen teilgenommen hatten, im Mittel über sieben Jahre hinweg nicht verschlechterten, ist zu vermuten, daß die optimistischen Befunde einer trainingsbedingten, kumulativen Leistungssteigerung bis ins hohe Alter mitunter daraus resultieren können, daß es

sich um eine positiv selektierte Stichprobe handelte, die geringere altersbezogene biologische Funktionseinbußen erlitten hatten als dies auf die Gesamtstichprobe zutrifft (vgl. Lindenberger, Singer, & Baltes, 1999).

Im Rahmen der Untersuchung von Schaie und Willis (1986) stand vor allem die Frage im Mittelpunkt, ob längsschnittlich beobachtete Verluste in Maßen fluider Intelligenz durch ein anschließendes Fertigkeitstraining in den *gleichen* Intelligenzaufgaben aufgehoben werden können. Die Ergebnisse ihrer Analysen zeigen, daß 40 % der Personen, bei denen ein reliabler längsschnittlicher Leistungsverlust über einen Zeitraum von 14 Jahren beobachtet werden konnte (lediglich 53 % der gesamten Stichprobe), nach einem fluiden Intelligenztraining ihr anfängliches Leistungsniveau wiedererlangen konnten. Die Autoren interpretierten diesen Befund als Evidenz für die Disuse-Hypothese, nach der altersbedingte Leistungseinbußen die Folge wenig stimulierender Umwelten und damit einhergehender kognitiver Deprivation sind und nicht die Folge einer altersbedingten Verschlechterung der biologischen Grundlage des Verhaltens darstellen (Schaie, 1996; Schaie & Willis, 1986; Willis, 1987, 1990).

Wie in den Untersuchungen von Schaie und Willis (1986) sowie von Willis und Nesselroade (1990) werden auch in der vorliegenden Arbeit ontogenetische mit aktualgenetischen Veränderungen in Beziehung gesetzt. Auf der aktualgenetischen Seite wird jedoch der Versuch unternommen, zu den oberen Grenzen an Leistungsfähigkeit zu gelangen, an denen die Disuse-Hypothese zunehmend an Gültigkeit verliert (Baltes & Kliegl, 1992). Hiermit soll die Annahme überprüft werden, daß längsschnittliche Leistungsverluste, die als Indikatoren für einen generellen biologischen Alterungsprozeß gewertet werden, einen Vorläufer für den Verlust an Lernpotential zu einem späteren Zeitpunkt darstellen.

Mit der theoretischen Orientierung der vorliegenden Arbeit vergleichbar sind Ansätze aus der Demenzforschung, in denen angenommen wird, daß an Demenz erkrankte Personen im Vergleich zu gesunden älteren Personen einen deutlichen kognitiven Leistungsabfall zeigen, bevor sie klinisch auffällig werden (Almkvist et al., 1998; Baltes & Baltes, 1997; Grober & Kawas, 1997; Helmchen & Reischies 1998; Rubin et al., 1998; Sliwinski, Lipton, Buschke & Stewart, 1996). So argumentiert beispielsweise die Arbeitsgruppe um M. M. Baltes, daß die pathologiebedingten strukturellen Veränderungen im Gehirn zu einer Reduktion kognitiver Plastizität führen und daher auf die Schätzung von Entwicklungskapazität ausgerichtete Lernmaße im Vergleich zu Statusmaßen besonders sensitive Instrumente zur Frühdiagnose von Demenz darstellen (vgl. Abschnitt 2.3.1.2). Interessanterweise sind im Vergleich zu den

Untersuchungen von Schaie und Willis im Falle der Demenzforschung die theoretischen Überlegungen in Übereinstimmung mit den Annahmen der vorliegenden Arbeit, das verwendete Untersuchungsdesign jedoch gewissermaßen umgekehrt: In den empirischen Studien zur Früherkennung von Demenz werden mikrogenetische Veränderungsmaße, das heißt Plastizitätsmaße zur Vorhersage eines Jahre später erfaßten Gesundheitsstatus (Demenzdiagnose) herangezogen (Baltes & Raykov, 1996; Sowarka et al., in Druck).

Das Gewicht aktueller Statusmaße versus Veränderungsmaße

Ähnlich wie in den Studien zur Früherkennung von Demenz anhand von Lernmaßen ist auch in vorliegender Arbeit die Frage von Relevanz, ob Veränderungsmaße im Vergleich zu aktuellen Statusmaßen zusätzliche prädiktive Eigenvarianz besitzen. Die Überlegungen hinsichtlich des Gewichts von Status und Veränderungsmaßen bei der Vorhersage kognitiver Plastizität im hohen Alter soll an einem Beispiel verdeutlicht werden: Stellen wir uns eine Person A vor, die dispositionell ein hohes kognitives Leistungsniveau besitzt, bei der jedoch der biologische Alterungsprozeß in dem längsschnittlich beobachteten Meßzeitraum schon eingesetzt hat, und daneben eine Person B, die zwar ein niedriges kognitives Leistungsniveau besitzt, das jedoch über den beobachteten Meßzeitraum hinweg unverändert geblieben ist. Obwohl die Personen A und B hinsichtlich ihres aktuellen, beobachteten kognitiven Leistungsniveaus vergleichbar sind, hat Person A dennoch einen größeren kognitiven Leistungsverlust erlitten als Person B. Es stellt sich nun die Frage, bei welcher der beiden Personen ein geringeres Maß kognitiver Plastizität zu verzeichnen ist? Es stellt sich demnach die Frage nach dem Zusammenhang von Leistung und zugrundeliegender Entwicklungskapazität.

Wird angenommen, daß das aktuelle Leistungsniveau einer Person allein das Ausmaß an noch vorhandenen latenten Potentialen vorhersagt, dürften sich die Person A und B im Ausmaß an beobachtbarer kognitiver Plastizität nicht unterscheiden, da beide Personen das gleiche Leistungsniveau besitzen. Die Gründe oder Vorläufer, die zu dem beobachteten Leistungsniveau geführt haben, wären dann für die Vorhersage des Ausmaßes an Lernfähigkeit als Schätzung der Entwicklungskapazität nicht von Bedeutung; allein das Ausmaß an zu diesem Zeitpunkt noch verfügbaren Ressourcen determinieren das Ausmaß an kognitiver Plastizität. Im Rahmen der hierarchischen linearen Regression wäre bei einer solchen Annahme zu vermuten, daß längsschnittliche Veränderungsmaße keine zusätzliche, durch aktuelle Statusmaße noch nicht erklärte Varianz in den Plastizitätsmaßen aufklären.

Wird jedoch konsistent mit vorhergehenden Überlegungen angenommen, daß zusätzlich zu dem aktuellen Leistungsniveau einer Person der Grad des vorausgegangenen biologischen Alterungsprozesses – indiziert durch das Ausmaß an beobachteter längsschnittlicher Leistungsveränderung – einen Einfluß auf die zu einem späteren Zeitpunkt beobachtete Plastizität hat, da dieser die Entwicklungskapazität verändert, könnte vermutet werden, daß die Person A (d.h. die Person mit dem größeren längsschnittlichen Verlust) im Vergleich zu Person B weniger Plastizität aufweist, obwohl beide Personen das gleiche aktuelle Leistungsniveau haben; bei Person A sind jedoch altersbezogene Abbauprozesse stärker wirksam als bei Person B. In diesem Fall sollten Veränderungsmaße zusätzliche, durch die aktuellen Statusmaße noch nicht erklärte Varianz in den Plastizitätsmaßen aufklären.

Im Rahmen der Hypothesenformulierung werden die dargelegten Überlegungen zum Zusammenhang zwischen früheren und aktuellen Statusmaßen sowie längsschnittlichen Veränderungsmaßen und den Maßen kognitiver Plastizität nochmals zusammengefaßt. Zuvor wird ein Überblick über das Untersuchungsdesign gegeben, damit die konkrete Hypothesenformulierung besser verständlich ist.

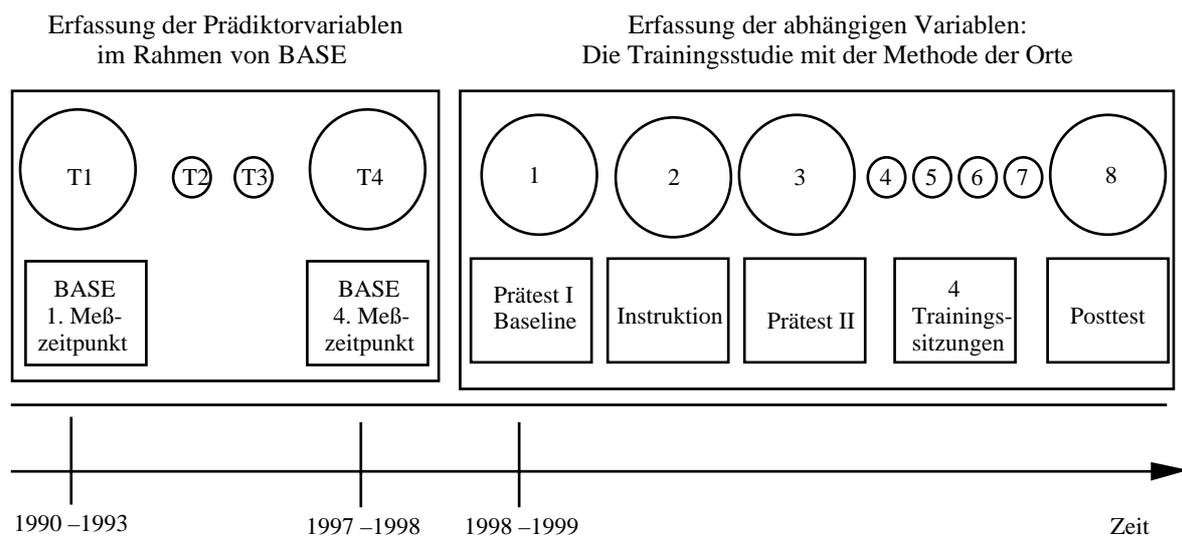
3.2 Überblick über die Studie

In der vorliegenden Studie wurde die Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte in zwei Altersgruppen untersucht: in einer Hauptstichprobe von Personen zwischen 75 und 100+ Jahren und in einer Vergleichsstichprobe von jungen Erwachsenen zwischen 20 und 30 Jahren. Die Personen im hohen Alter wurden aus den Überlebenden der längsschnittlich angelegten Berliner Altersstudie rekrutiert, die sich zu Beginn der Trainingsstudie in ihrer vierten Erhebungswelle befand.

Da die Berliner Altersstudie eine interdisziplinär und längsschnittlich angelegte Untersuchung war, konnten zur Prädiktion kognitiver Plastizität im hohen Alter sowohl (a) Maße aktueller Leistungsfähigkeit herangezogen werden, die im Rahmen der vierten Erhebungswelle der Berliner Altersstudie (1997–1998) erhoben wurden, als auch (b) Maße längsschnittlicher Veränderung, die die individuelle Leistungsveränderung in unterschiedlichen Funktionsbereichen über einen Zeitraum von im Mittel 6.5 Jahren darstellen ($SD = 0.85$; $Range = 5.00$ – 8.11 Jahre; siehe Abb. 3 sowie Anhang A). Tabelle 5 gibt einen Überblick über die verwendeten Prädiktorvariablen aus der Berliner Altersstudie.

Die Erhebung der abhängigen Variablen, das heißt der Gedächtnisleistungen vor, während und nach dem Training mit der Methode der Orte, erstreckte sich über acht Sitzungen. Abbildung 3 zeigt einen Überblick über den Untersuchungsablauf. Die Untersuchungsphase gliederte sich in fünf Teile: (a) eine Baseline-Erhebung (Prätest I), mit der die Gedächtnisleistung vor Instruktion in der Methode der Orte erfaßt wurde; (b) eine anschließenden Instruktionsphase (am Ende der ersten und in der zweiten Sitzung), in der die Methode der Orte ausführlich erklärt und geübt wurde; (c) ein zweiter Prätest (Prätest II) zur Erfassung des Effektes der Instruktion in der Methode der Orte; (d) einer adaptiven Trainingsphase mit vier Sitzungen, und (e) ein Posttest zur anschließenden Erfassung der Wirksamkeit des Gedächtnistrainings. Im Prätest I, II und Posttest (erste, zweite und achte Sitzung) wurde die Gedächtnisleistung jeweils anhand von vier Wortlisten unterschiedlicher Schwierigkeit, nämlich anhand von zwei 8-Wort- und zwei 16-Wort-Listen, erfaßt. In der adaptiven Trainingsphase variierte die Listenlänge in Abhängigkeit des individuellen Leistungsniveaus der Probanden. Jede der vier Trainingssitzungen bestand aus sechs Wortlisten, so daß die gesamte Trainingsphase 24 Wortlisten umfaßte. Die Darbietungszeit pro Wort betrug über alle Listen und alle acht Sitzungen hinweg 12 Sekunden.

Abbildung 3
Übersicht über das Untersuchungsdesign



3.3 Hypothesen

Die Hypothesen lassen sich hauptsächlich in zwei Blöcke unterteilen. Der erste Block (Hypothesen 1–3) bezieht sich auf den deskriptiven Teil der Untersuchung. Er umfaßt den Nachweis und die Quantifizierung von Gedächtnisplastizität bei Personen im hohen Alter (Hypothese 1) sowie die Beschreibung altersbedingter Unterschiede im Ausmaß an kognitiver Plastizität (Hypothesen 2–3). Der zweite Block (Hypothesen 4–5) befaßt sich mit der konkurrenten und längsschnittlichen Vorhersage von Gedächtnisplastizität im hohen Alter und berücksichtigt dabei kognitive, sensorische und soziostrukturell-biographische Merkmale. Hypothese 4 konzentriert sich auf die Vorhersage durch Statusmaße (d.h. durch Maße des zum Zeitpunkt der vierten Erhebungswelle erhobenen aktuellen sensorischen und kognitiven Leistungsstatus sowie durch soziostrukturell-biographische Variablen), Hypothese 5 auf längsschnittliche Veränderungen im sensorischen und kognitiven Funktionsbereich.

Der Nachweis von kognitiver Plastizität im hohen Alter

In der vorliegenden Arbeit wird davon ausgegangen, daß ein gewisses Maß an Entwicklungskapazität bis ins hohe Alter erhalten bleibt und sich daher Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte auch in einer Stichprobe von gesunden Personen zwischen 75 und 100+ Jahren nachweisen läßt.

Als Maße für die Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte wurden sowohl (a) der Leistungszuwachs nach Instruktion und Training in der Methode der Orte als auch (b) das nach einem ausgiebigem Training beobachtete maximale Leistungsniveau herangezogen. Zudem wird das Potential, eine neue, leistungsfördernde Technik in ihren Grundzügen zu erwerben, von dem Potential unterschieden, die Nutzung dieser Technik im Laufe eines gezielten Trainingsprogramms zu optimieren, um das eigene Leistungsniveau zu maximieren.

Das Potential, eine im Verhaltensrepertoire noch nicht vorhandene mnemonische Technik in ihren Grundzügen zu erwerben und zur Leistungsverbesserung zu nutzen, tritt im Leistungsanstieg nach Instruktion in der Methode der Orte zu Tage. Das Potential zu einer anschließenden Leistungsoptimierung im Laufe eines mnemonischen Trainings äußert sich zum einen in einer Steigerung der Gedächtnisleistungen zwischen der Sitzung vor (Prätest II) und der Sitzung nach der Trainingsphase (Posttest). Außerdem sollte bei Prozessen der Leistungs-

optimierung eine monoton ansteigende Leistungsfunktion im Laufe der Trainingsphase zu beobachten sein. Asymptotische Leistungsverläufe können hierbei als Indiz für die Annäherung an die maximale Leistungsfähigkeit gewertet werden (auch wenn ein solches Ergebnis aufgrund der geringen Anzahl an Trainingssitzungen unwahrscheinlich ist). Hypothese 1 faßt diese Erwartungen zusammen:

Hypothese 1:

Kognitive Plastizität bleibt bis ins hohe Alter erhalten. Personen im Alter zwischen 75 und 100+ Jahren verfügen über genügend kognitive Plastizität, um
(1a) die Methode der Orte in ihren Grundzügen zu erlernen und anzuwenden und
(1b) im Laufe eines mnemonischen Trainings ihre Gedächtnisleistung zu optimieren.

Daher sollten sowohl zwischen Prätest I und Prätest II (1a) als auch zwischen Prätest II und Posttest sowie im Laufe der Trainingsphase (1b) Lernzuwächse zu beobachten sein.

Die Beschreibung altersbedingter Unterschiede im Ausmaß an Plastizität

Hypothese 2 und 3 drücken Erwartungen hinsichtlich altersbedingter Unterschiede im Ausmaß an beobachteter Gedächtnisplastizität aus. Sie beziehen sich auf die Grundannahme, daß kognitive Plastizität mit zunehmendem Alter abnimmt (vgl. Abschnitt 2.5.3.1). Diese altersbedingte Reduktion in kognitiver Plastizität sollte sich vor allem bei einem Vergleich zwischen den Trainingsfunktionen der Personen im hohen Alter und der jüngeren Erwachsenen zeigen. In Anlehnung an frühere Trainingsstudien mit der Methode der Orte (Baltes & Kliegl, 1992; Kliegl et al., 1989, 1990; Verhaeghen & Marcoen, 1996) wird daher eine Vergrößerung der Altersunterschiede im Laufe der Trainingsphase erwartet.

Hypothese 2:

Aufgrund einer altersbedingten Reduktion der Entwicklungskapazität und der Maximalleistung kommt es bei einem Vergleich zwischen den Stichproben der 75- bis über 100jährigen und der 20- bis 30jährigen zu einer Vergrößerung der altersbedingten Unterschiede in den Gedächtnisleistungen im Laufe des adaptiven Trainings.

Die altersbedingte Abnahme an Gedächtnisplastizität sollte sich zudem auch innerhalb der Stichprobe der Hochbetagten äußern. Diese Vorhersage geht allerdings von der Grundannahme aus, daß die untersuchte längsschnittliche Stichprobe repräsentativ für die Population der 75- bis über 100jährigen ist. Wie man aus altersbezogenen Selektivitätsanalysen weiß, lassen sich jedoch in längsschnittlichen Stichproben meist alterskorrelierte positive Selektivitätseffekte nachweisen (vgl. Lindenberger, Singer & Baltes, 1999). Dennoch wurde in vorliegender Arbeit angenommen, daß eine altersbedingte Abnahme kognitiver Plastizität zu beobachten sein sollte, obwohl die älteren Stichproben positiv selektiert sind.

Hypothese 3:

Aufgrund einer altersbedingten Reduktion der Entwicklungskapazität und der Maximalleistung nimmt die beobachtete Plastizität (Leistungszuwachs und maximale Leistungsfähigkeit) innerhalb der Stichprobe der 75- bis über 100jährigen im Durchschnitt mit zunehmendem Alter ab.

Korrelationen zwischen Maßen der Plastizität und aktuellen Statusmaßen kognitiver und sensorischer Leistungsfähigkeit sowie soziostrukturell-biographischen Variablen

Im zweiten Teil der Arbeit stand die Identifizierung von Korrelaten kognitiver Plastizität in der Stichprobe der 75- bis über 100jährigen im Vordergrund. Die im Rahmen von Hypothese 4 formulierten Erwartungen bezogen sich auf die Vorhersage individueller Unterschiede in kognitiver Plastizität durch aktuelle Merkmale, die wenige Monate vor Beginn der Trainingsstudie im Rahmen der vierten Erhebungswelle der Berliner Altersstudie erhoben wurden, sowie durch soziostrukturell-biographische Variablen. Hypothesen 4a bis 4d dienten der Überprüfung der Grundannahme, daß individuelle Unterschiede in kognitiver Plastizität im hohen Alter in erster Linie von biologischen und nicht von kulturellen Faktoren bestimmt werden.

Im einzelnen wird erwartet, daß Maße sensorischer Leistungsfähigkeit, die aufgrund von früheren Befunden aus der Berliner Altersstudie als Indikatoren des biologischen Alterungsprozesses angesehen werden können (Lindenberger & Baltes, 1997), stärker mit Maßen der Gedächtnisplastizität assoziiert sind als soziostrukturell-biographische Variablen bzw. Maßen wissensbasierter pragmatischer Intelligenz. Die dominante Rolle biologischer Faktoren für das Konzept der Plastizität im hohen Alter sollte sich zudem auch in differentiellen Prädiktionsmustern im Laufe der Trainingsstudie zeigen. Demnach sollte die Bedeutung biologischer Indikatoren im Laufe des Trainings zunehmen und gleichzeitig die Vorhersagekraft kultureller Faktoren abnehmen.

Die Hypothesen 4a und 4b beziehen sich auf den Vergleich zwischen biologischem, indiziert durch Maße sensorischer Leistungsfähigkeit, und kulturellem Einflußsystem, indiziert durch soziostrukturell-biographische Variablen. Die Hypothesen 4c und 4d beziehen sich auf den analogen Unterschied innerhalb des Bereichs intellektueller Fähigkeiten. Mechanisch-fluide Maße werden hierbei vor allem der genetisch-biologischen Komponente der Intelligenz zugeordnet. Pragmatisch-kristalline Fähigkeiten dagegen sind vor allem durch kulturelle Faktoren reguliert. Hierbei muß jedoch berücksichtigt werden, daß in Anlehnung an Befunde einer Dedifferenzierung der Fähigkeitsprofile im hohen Alter erwartet werden muß, daß pragmatisch-kristalline Fähigkeiten stärker durch biologische Faktoren bestimmt werden als in früheren Lebensphasen.

Hypothese 4:

Individuelle Unterschiede im Ausmaß an kognitiver Plastizität (maximale Leistungsfähigkeit und Leistungszuwachs) im hohen Alter sind stärker mit biologischen als mit kulturellen Faktoren verknüpft.

- (4a) Indikatoren des biologischen Systems, wie sie Maße des sensorischen Funktionsstatus darstellen, präzisieren einen größeren Anteil der beobachteten Varianz in den Plastizitätsmaßen (maximale Leistungsfähigkeit und Leistungszuwachs) als soziostrukturell-biographische Variablen wie Bildung, Einkommen und soziale Schicht.
- (4b) Maße des sensorischen Funktionsstatus gewinnen durch Instruktion in und Training mit der Methode der Orte an Vorhersagewert, während soziostrukturell-biographische Variablen an Bedeutung verlieren.
- (4c) Innerhalb des Intelligenzbereichs stehen individuelle Unterschiede in kognitiver Plastizität (maximale Leistungsfähigkeit und Leistungszuwachs) in einem stärkeren positiven Zusammenhang zu Indikatoren mechanisch-fluiden Intelligenz als zu Indikatoren pragmatisch-kristalliner Intelligenz.
- (4d) Die Wahrnehmungsgeschwindigkeit als besonders alterungssensitive Markerfähigkeit mechanisch-fluiden Intelligenz gewinnt durch Instruktion in und Training mit der Methode der Orte an Vorhersagewert. Das bisher erworbene Wissen als Indikator pragmatisch-kristalliner Intelligenz verliert durch Instruktion in und Training mit der Methode der Orte an Vorhersagewert.

*Korrelationen zwischen Maßen der Plastizität und Maßen längsschnittlicher Veränderung
kognitiver und sensorischer Leistungsfähigkeit*

In Hypothese 5 werden die Erwartungen bezüglich des Zusammenhangs zwischen längsschnittlichen Veränderungsmaßen und den zu einem späteren Zeitpunkt erhobenen Plastizitätsmaßen formuliert. Hypothese 5a bezieht sich auf die theoretische Annahme, daß individuellen Unterschieden in makro- und mikrogenetischen Veränderungen individuelle Unterschiede im

Ausmaß an biologisch bedingter Alterung zerebraler Funktionen bei Personen im hohen Alter zugrunde liegen. Die Entwicklungskapazität (kognitive Plastizität) wird im hohen Alter demnach vor allem vom neurobiologischen Altern des Gehirns bestimmt. Demnach sollten Personen mit größeren negativen Veränderungen in ihrer sensorischen und kognitiven Leistungsfähigkeit über einen Zeitraum von mehreren Jahren geringere Leistungsverbesserungen im Laufe der Trainingsstudie zeigen.

Hypothese 5:

(5a) Individuelle Unterschiede im Ausmaß an kognitiver Plastizität (maximale Leistungsfähigkeit und Leistungszuwachs) lassen sich durch individuelle Unterschiede in längsschnittlich beobachteten kognitiven und sensorischen Leistungsveränderungen vorhersagen.

In Hypothese 5b wird die stärkere Erwartung formuliert, daß in Maßen längsschnittlicher Leistungsveränderung zusätzliche Information enthalten ist, die eng mit dem Konzept der Entwicklungskapazität verbunden ist und durch Maße des aktuellen Leistungsstatus sensorischer und kognitiver Leistungsfähigkeit nicht vollständig erfaßt werden kann.

Hypothese 5:

(5b) Maße längsschnittlicher, intraindividuellder kognitiver und sensorischer Leistungsveränderung können zusätzliche, durch die aktuellen kognitiven und sensorischen Statusmaße noch nicht erklärte Varianz in den kognitiven Plastizitätsmaßen (der maximalen Leistungsfähigkeit und dem Leistungszuwachs) aufklären.