

V. ERGEBNISSE

Die zuvor dargestellten korrelativen Ergebnisse machten deutlich, daß es sich bei dem Gesamtdatenmuster um ein meßtheoretisch sinnvolles System von Erhebungen handelt. Man kann daher bei der Prüfung der einzelnen Hypothesen davon ausgehen, daß der Datenraum ein hinreichendes Maß an Reliabilität und Stabilität besitzt.

Im *ersten Teil* der nun folgenden Analysen liegt der Schwerpunkt (a) auf dem Nachweis von Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte in einer Stichprobe von 75- bis über 100jährigen, (b) auf der Quantifizierung von Gedächtnisplastizität im letzten Lebensabschnitt und (c) auf der Beschreibung altersbedingter Unterschiede im Ausmaß an Plastizität sowohl im Vergleich zu einer jüngeren Kontrollgruppe von 20- bis 30jährigen als auch innerhalb der Stichprobe der 75- bis 101jährigen (Hypothesen 1–3).

Im *zweiten Teil* der Untersuchung steht die Vorhersage individueller Unterschiede im Ausmaß an beobachteter Plastizität in der Stichprobe der 75- bis 101jährigen im Vordergrund. Hierfür wurde das Konzept der Plastizität in den Kontext kultureller und biologischer Einflußsysteme eingebettet. Als Prädiktoren kognitiver Plastizität dienten aktuelle Leistungsmaße und längsschnittliche Veränderungsmaße kognitiver und sensorischer Leistungsfähigkeit sowie soziostrukturell-biographische Variablen (Hypothesen 4–5).

Alle Analysen wurden mit Hilfe der entsprechenden Prozeduren des Statistikprogramms SPSSX (Statistical Package for the Social Sciences) durchgeführt. Im ersten Teil der Arbeit wurden zur Testung der Mittelwertshypothesen in erster Linie Varianzanalysen berechnet (Hypothesen 1–2). Im zweiten Teil dienten korrelative Analysen der Untersuchung der Zusammenhangshypothesen (Hypothesen 4–5). Hierbei wurde für die Berechnung der Varianzanalysen angesichts der hohen Anzahl an durchgeführten statistischen Tests das konservative Kriterium eines Alpha-Niveaus von .01 gewählt. Im zweiten Teil, dem korrelativen Teil der Arbeit, hingegen wurden auch Ergebnisse auf einem Alpha-Niveau von .05 berichtet, da die Teststärke, Gruppenunterschiede bei Korrelationen aufzuzeigen, geringer ist als die Teststärke für den statistischen Nachweis von Gruppenunterschieden bei Mittelwerten (Cohen, 1977).

5.1 Kognitive Plastizität im hohen Alter: Nachweis und Beschreibung

5.1.1 Der Nachweis kognitiver Plastizität im hohen Alter

Angesichts des Mangels an empirischen Untersuchungen zur Gedächtnisplastizität in einer Stichprobe von 75- bis über 100jährigen bestand das erste Ziel der Arbeit im Nachweis von Gedächtnisplastizität im letzten Lebensabschnitt. Hierbei wurde im Rahmen der ersten Hypothese angenommen, daß auch Personen im hohen Alter über genügend kognitive Plastizität verfügen, um sowohl (a) die Methode der Orte in ihren Grundzügen zu erwerben als auch (b) ihre Nutzung im Laufe eines Trainingsprogramms zu optimieren, um ihre Gedächtnisleistung zu maximieren (Hypothesen 1a, 1b). Das Potential zum Erwerb und zur Nutzung einer neuen leistungsoptimierenden Technik sollte sich in einem Leistungsanstieg von der ersten Sitzung (Prätest I) zu der Sitzung nach Instruktion in der Methode der Orte (Prätest II) bemerkbar machen (Hypothese 1a); das Vermögen zur anschließenden Leistungsoptimierung sollte sich zum einen in einem Leistungsanstieg zwischen Prätest II und Posttest, zum anderen in einem ansteigenden Leistungsverlauf im Laufe der adaptiven Trainingsphase äußern (Hypothese 1b). Ein asymptotischer Leistungsverlauf wird hierbei als Annäherung an die maximale Leistungsgrenze gewertet.

Zur Überprüfung von Hypothese 1 wurden zunächst die Gedächtnisleistungen in den drei Testsitzungen, Prätest I, II und Posttest und anschließend die Leistungsverläufe im Laufe der adaptiven Trainingsphase für die Stichprobe der 75- bis 101jährigen analysiert.

5.1.1.1 Gedächtnisleistungen in Prätest I, II und Posttest (Hypothesen 1a, 1b)

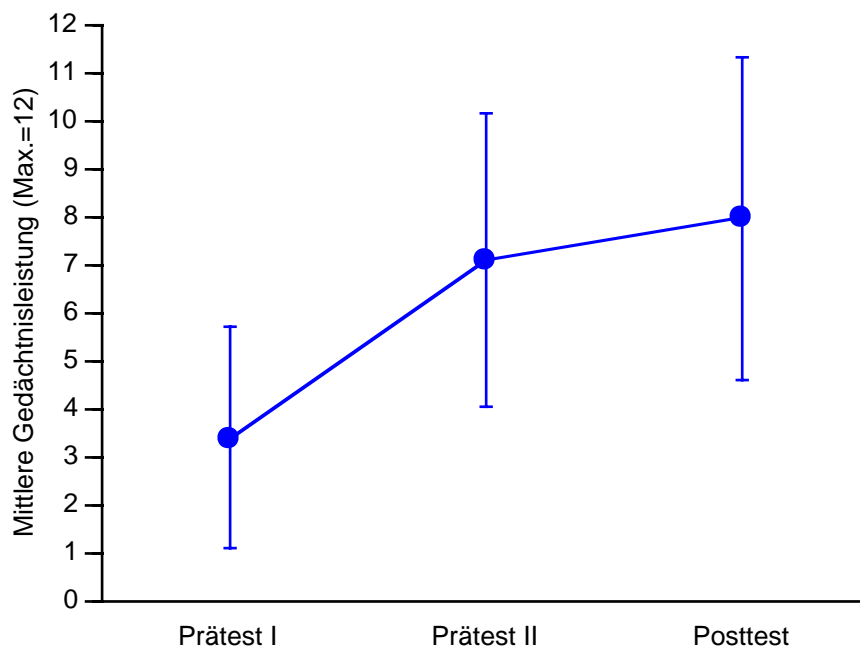
Um festzustellen, ob sich die Gedächtnisleistungen in der Stichprobe der 75- bis 101jährigen im Mittel durch Instruktion in und Training mit der Methode der Orte signifikant verbessern ließen, wurden Varianzanalysen mit dem Meßwiederholungsfaktor 'Testsitzung' (Prätest I, II und Posttest) berechnet. Als Maße für das Leistungsniveau in Prätest I, II und Posttest wurden in allen Analysen die über vier Listen einer Sitzung gemittelte Anzahl korrekt erinnelter Wörter herangezogen (das heißt, die über zwei 8-Wort- und zwei 16-Wort-Listen gemittelte Anzahl

korrekt erinnertes Wörter). Demnach konnten im Mittel in den drei Testsitzungen maximal 12 Wörter korrekt erinnert werden.²⁴

Die Ergebnisse der Varianzanalyse²⁵ zeigten, daß sich die Leistungen der 75- bis 101jährigen im Laufe der Trainingsstudie signifikant steigern ließen [$F(2,190) = 231.60$; $MSe = 2.45$; $p < .01$; $\eta^2 = .70$]. Die anschließende Berechnung spezifischer Kontraste zwischen Prätest I und Prätest II sowie Prätest II und Posttest bestätigten, daß sowohl die Leistungsänderungen zwischen Prätest I und II als auch zwischen Prätest II und Posttest von Null verschieden waren [Prätest I vs. Prätest II: $F(1,95) = 242.89$; $MSe = 5.43$; $p < .005$ ²⁶; $\eta^2 = .72$; Prätest II vs. Posttest: $F(1,95) = 35.56$; $MSe = 2.04$; $p < .005$; $\eta^2 = .27$].

Abbildung 5

Mittlere Gedächtnisleistungen vor und nach Instruktion in und Training mit der Methode der Orte in der Stichprobe der 75- bis 101jährigen



Anmerkung. Die Fehlerbalken stellen Standardabweichungen dar.

²⁴ Im folgenden Text wird bei der Darstellung der Gedächtnisleistungen in Prätest I, II und Posttest immer die über vier Listen einer Sitzung gemittelte Anzahl korrekt erinnertes Wörter berichtet. Die Mittelwerte und Standardabweichungen für die einzelnen Wortlisten sind in Tabelle E1.1 im Anhang E abgebildet.

²⁵ Alle Varianzanalysen mit Meßwiederholung wurden mit der MANOVA Prozedur des Statistikprogramms für Sozialwissenschaftler berechnet (SPSSX; O'Brien & Kaiser, 1985).

²⁶ Adjustierung nach Bonferroni (zwei nichtorthogonale Vergleiche: $p = .01/2 = .005$); Formel Bortz (1993).

Abbildung 5 zeigt die mittleren Gedächtnisleistungen in Prätest I, II und Posttest. Im Mittel verbesserten sich die Gedächtnisleistungen der Hochbetagten nach lediglich einer Instruktionssitzung in der Methode der Orte, in der anhand von vier 6-Wort-Listen die Anwendung der Gedächtnistechnik geübt wurde, von im Mittel 3.39 ($SD = 2.29$) auf 7.10 ($SD = 3.07$) Wörter; nach vier weiteren Trainingssitzungen mit der Methode der Orte stiegen die Leistungen auf im Mittel 7.97 ($SD = 3.37$) korrekt erinnerte Wörter an. Insgesamt konnten sich die Probanden im Mittel im Laufe der gesamten Trainingsstudie um zwei Standardabweichungen ihrer Ausgangsleistung verbessern [$(7.97 - 3.39) / 2.29 = 2.00 SD$]. Dabei konnten 81 % der gesamten Leistungsgewinne bereits zwischen Prätest I und Prätest II verzeichnet werden [$(7.10 - 3.39) / 2.29 = 1.62 SD$]. Das darauffolgende, vier Sitzungen umfassende Training mit der Methode der Orte führte im Mittel nur noch zu einem geringen Leistungszuwachs [$(7.97 - 7.10) / 2.29 = 0.38 SD$].²⁷

Der Zusammenhang zwischen Leistungszuwachs und Nutzungshäufigkeit der Methode der Orte

Im Rahmen von Hypothese 1a wurde die Annahme formuliert, daß Personen zwischen 75- und 100+ Jahren über genügend kognitive Plastizität verfügen, um die Methode der Orte zu erlernen und zur Leistungsverbesserung zu nutzen. Es stellt sich daher die Frage, ob der beobachtete Leistungszuwachs nach der Instruktionssitzung auch tatsächlich dem Erwerb und der adäquaten Nutzung der Methode der Orte zugeschrieben werden darf. Diese Frage ist auch deshalb bedeutsam, weil das nach Instruktion im Mittel erzielte Leistungsniveau zwar deutlich über den Ausgangsleistungen (sowie den aufgrund von Retestgewinnen zu erwartenden Leistungen²⁸)

²⁷ Die Möglichkeit, daß der zwar signifikante, doch in seiner Größe vergleichsweise geringe Leistungszuwachs zwischen Prätest II und Posttest auf Deckeneffekte in Prätest II und Posttest zurückzuführen war, konnte ausgeschlossen werden. Keiner der 75- bis 101jährigen konnte sowohl im Prätest I als auch im Prätest II die maximale Leistung (im Mittel 12 Wörter) erzielen. Im Posttest jedoch waren leichte Deckeneffekte zu verzeichnen: Es konnten zwar nur drei Personen (3 %) in allen vier Listen fehlerlose Leistungen erbringen, jedoch erlangten 13 Personen (13.54 %) einen Mittelwert, der bei oder über 11.50 Wörtern lag. Die erneute Berechnung der Effektstärken (η^2) für die jeweiligen Kontraste (Prätest I vs. Prätest II und Prätest II vs. Posttest) nach Ausschluß der 16 Personen, die im Posttest eine mittlere Gedächtnisleistung von 11.50 oder mehr Wörtern erzielten, führte nur zu minimalen Veränderungen: Der Lernzuwachs von Prätest II zu Posttest konnte hierbei nach Ausschluß der 16 Personen mit möglichen Deckeneffekten im Posttest weniger von der vorhandenen Varianz aufklären als zuvor [Lernzuwachs zwischen Prätest I und Prätest II: $F(1,79) = 189.36$; $MSe = 4.70$; $p < .005$; $\eta^2 = .70$; Lernzuwachs zwischen Prätest II und Posttest: $F(1,79) = 23.99$; $MSe = 2.28$; $p < .005$; $\eta^2 = .23$]. Die dargestellten Kontrollanalysen machen deutlich, daß der im Mittel beobachtete, geringe Lernzuwachs zwischen Prätest II und Posttest bei den Probanden im hohen Alter nicht auf Deckeneffekte zurückzuführen ist.

²⁸ Ein Zugewinn von 1.62 Standardabweichungen liegt deutlich über dem Wert von 4/10 einer Standardabweichung, der einer Metaanalyse von Verhaeghen zufolge als Lerngewinn angegeben wird, der aufgrund reiner Testwiederholung bei älteren Erwachsenen beobachtet werden kann.

liegt, aber zumindest nicht bei Einzelpersonen so hoch ist, als daß es nur mit Hilfe der Methode der Orte erzielt werden konnte. So könnte, zumindest den klassischen Angaben von 7 +/- 2 Items als Leistungsgrenzen für die Gedächtnisspanne zufolge (Miller, 1956), auch angenommen werden, daß eine Strategie, bei der Wörter intern wiederholt aufgesagt werden, bei einigen Personen zu einem ähnlichen Ergebnis geführt hätte. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß auch die einfache Gedächtnisspanne in der Regel einem signifikanten Altersabbau unterliegt, so daß eine Anzahl von 5 bis 9 Wörtern eine Überschätzung der Normgedächtnisspanne von 75- bis über 100jährigen darstellt (Verhaeghen, Marcoen & Goosens, 1993).

Eine Evidenz für die Annahme, daß das Ausmaß an beobachteten Leistungsverbesserungen mit der Nutzungsintensität der Gedächtnistechnik verknüpft war, lieferten die Analysen der nach jeder Sitzung erhobenen Einschätzungen der Versuchsleiter über die Nutzungshäufigkeit der Methode der Orte (vgl. Abschnitt 4.2.2 und Anhang C).

Zur Analyse dieser Einschätzungsdaten wurden die Probanden zunächst in zwei Gruppen eingeteilt: in die Gruppe der 'seltenen' und der 'häufigen' Anwender der Methode der Orte. Zu der Gruppe der seltenen Anwender gehörten Personen, die nach Beurteilung der Versuchsleiter im Prätest II die Methode der Orte 'gar nicht', 'bei weniger als der Hälfte der Wörter' oder 'bei der Hälfte der Wörter' genutzt hatten; zu der Gruppe der häufigen Anwender zählten Personen, die die Gedächtnistechnik 'bei mehr als der Hälfte der Wörter' oder 'bei allen Wörtern' angewendet hatten.

Abbildung 6 zeigt das Ausmaß des beobachteten Leistungszuwachses zwischen Prätest I und II als Funktion der fremd eingeschätzten Nutzungshäufigkeit der Methode der Orte.²⁹ Ein t-Test bestätigte, daß der Leistungszuwachs zwischen Prätest I und II bei den häufigen Anwendern der Methode der Orte signifikant größer war als bei der Gruppe, die die Gedächtnistechnik nur selten nutzte [$t(94) = -6.09; p < .01$].³⁰ Die Befunde sprechen dafür, daß individuelle Unterschiede in instruktionsbedingten Leistungsverbesserungen mit individuellen Unterschieden in der Nutzungsintensität der Methode der Orte verbunden waren.³¹

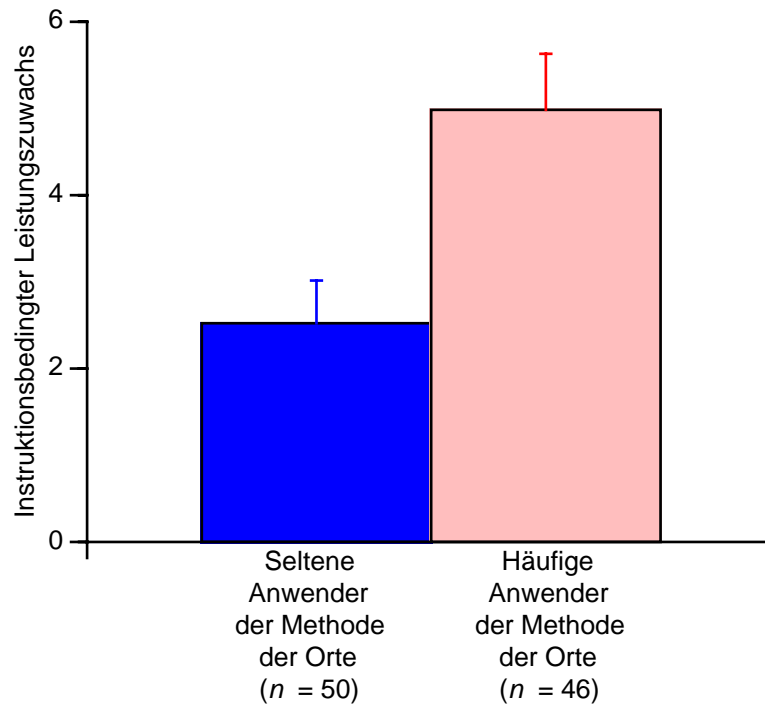
29 Hierbei wandten nach Urteilen der Versuchsleiter 19 Personen die Methode der Orte im Prätest II 'immer', 27 'bei mehr als der Hälfte', 23 'bei der Hälfte', 22 'bei weniger als der Hälfte der Wörter' und 5 Personen 'gar nicht' an.

30 Eine Gruppeneinteilung aufgrund der Selbstbeurteilungen der Probanden im Prätest II führte zu vergleichbaren Ergebnissen: Diejenigen, die von sich behaupteten, die Methode der Orte in mehr als der Hälfte der Fälle genutzt zu haben, hatten einen signifikant größeren Lernzuwachs zwischen Prätest I und II als diejenigen, die angaben, die Technik 'bei der Hälfte', 'bei weniger als der Hälfte' oder 'gar nicht' angewandt zu haben.

31 Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die Versuchsleiter während der Erhebungsphase in wöchentlichen Sitzungen erinnert wurden, sich bei ihrer Einschätzung weder auf die Güte des allgemeinen

Abbildung 6

Ausmaß an beobachteten Leistungsgewinnen nach Instruktion in der Methode der Orte als Funktion der Nutzungshäufigkeit der Gedächtnistechnik im Prätest II



Anmerkung. Die Fehlerbalken entsprechen dem 95 % Konfidenzintervall. Der Leistungszuwachs stellt die Differenz aus den Erinnerungsleistungen in Prätest I und II dar.

Gleichzeitig zeigt die vorgenommene Gruppeneinteilung auf, daß entsprechend der Beurteilungen der Versuchsleiter 47 % der Hochbetagten nach Instruktion in der Methode der Orte die Gedächtnistechnik lediglich bei weniger oder der Hälfte der Fälle anwendeten und fünf Personen (5 %) die Technik gar nicht nutzten. Es scheint daher, daß trotz beobachteter mittlerer instruktionsbedingter Leistungsverbesserungen nicht alle Hochbetagten in der Lage waren, die Methode der Orte in ihren Grundzügen zu erwerben bzw. zu nutzen. Die auf Fremdurteile basierenden Befunde lassen sich durch weitere Berechnungen untermauern, die beispielsweise als Kriterium für eine adäquate Nutzung der Methode der Orte die Mindestanforderung stellen, daß Personen in wenigstens zwei von den vier Listen des Prätests II 75 % oder mehr Wörter

Gedächtnisses der jeweiligen Person noch auf die effektive Anwendung alternativer mnemonischer Strategien zu beziehen, sondern ausschließlich die Häufigkeit der *korrekten* Anwendung der *Methode der Orte* zu beurteilen. Daher beinhalten die Fremdbeurteilungen nicht nur quantitative Informationen über die Nutzungshäufigkeit, sondern zusätzlich auch qualitative Einschätzungen über das Ausmaß der korrekten Anwendung der Methode der Orte.

richtig erinnert haben sollten. Einem solchen Kriterium wurden in der vorliegenden Stichprobe 50 von 96 Personen (52 %) gerecht.

Zusammenfassung

Der beobachtete mittlere signifikante Leistungszuwachs von 1.62 Standardabweichungen nach Einführung in die Gedächtnistechnik spricht dafür, daß *im Mittel* auch Personen im hohen Alter über genügend kognitive Plastizität verfügen, um die Methode der Orte in ihren Grundzügen zu erwerben und zu einer Leistungsverbesserung zu nutzen (Hypothese 1a). Die Analysen der Fremdbeurteilungen über die Nutzungshäufigkeit der Gedächtnistechnik bestätigten hierbei, daß die Höhe der beobachteten Leistungsgewinne eng mit der Nutzungsintensität der instruierten Gedächtnistechnik verknüpft war. Es zeigte sich hierbei gleichzeitig, daß nicht alle Hochbetagten die Methode der Orte nach der Instruktionsphase adäquat nutzten; ein Befund, der sich mit der Beobachtung deckt, daß einige Personen im hohen Alter Leistungsgewinne zeigten, die auch ohne Nutzung der Methode der Orte erreichbar gewesen wären.

Die Optimierungsannahme (Hypothese 1b) ließ sich aufgrund der Analysen des mittleren Leistungszuwachses zwischen Prätest II und Posttest noch nicht eindeutig bestätigen. Zwar konnte nach der adaptiven Trainingsphase im Mittel eine statistisch reliable Leistungssteigerung nachgewiesen werden. Es stellte sich jedoch die Frage, wie dieser in seiner Stärke geringe Leistungszuwachs zu interpretieren ist. Nimmt man zum Beispiel die Effektstärke der insgesamt beobachteten Leistungsverbesserung zum Maßstab (2.00 *SD*), gehen 81 % dieser Steigerung auf die Instruktion und lediglich 19 % auf das nachfolgende Training zurück. Somit stellt sich die Frage, ob der geringfügige Anstieg der mittleren Leistungen vom Prätest II zum Posttest als Beleg für die Annahme gelten darf, daß die Mehrzahl der 75- bis 101jährigen in der Lage waren, ihre Gedächtnisleistungen mit der Methode der Orte im Laufe des Trainings zu verbessern bzw. zu optimieren. Diese Frage wird im folgenden anhand des Leistungsverlaufs in den vier adaptiv gestalteten Trainingssitzungen näher untersucht.

5.1.1.2 Gedächtnisleistungen im Laufe der Trainingsphase (Hypothese 1b)

Die zwischen Prätest II und Posttest plazierte, vier Sitzungen währende adaptive Trainingsphase hatte hauptsächlich zwei Funktionen: (a) die Erfassung des Ausmaßes an trainingsbedingter

Leistungsverbesserung und (b) die Erfassung der Leistungsgrenzen bzw. der maximalen Leistungsfähigkeit von Personen im hohen Alter (vgl. Abschnitt 4.3.3).

Es wurde erwartet, daß vier Trainingssitzungen mit insgesamt 24 Listen ausreichen würden, eine Annäherung an die Leistungsgrenzen von Personen im Alter zwischen 75 und 100+ Jahren zu erreichen. Eine asymptotische Leistungskurve wird hierbei als Indikator für die Annäherung an die jeweilige Leistungsgrenze interpretiert.

Zur Analyse der Leistungsverläufe im Laufe der Trainingsphase wurden Varianzanalysen mit dem Meßwiederholungsfaktor 'Trainingssitzung' (Trainingssitzung I–IV) durchgeführt. Hierfür wurden jeweils die über sechs Listen einer Trainingssitzung gemittelten Gedächtnisleistungen herangezogen. In Tabelle 8 sind die Mittelwerte, Standardabweichungen und Streubreiten der gemittelten Gedächtnisleistungen für die vier Trainingssitzungen abgebildet (vgl. auch Abb. 10).³²

Obwohl die Betrachtung der mittleren Gedächtnisleistungen im Laufe der Trainingsphase zunächst vermuten läßt, daß es keinerlei Leistungsveränderungen im Laufe der Trainingsphase in der Stichprobe der 75- bis 101jährigen gegeben habe, wies die Berechnung einer Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Trainingssitzungsfaktor (Trainingssitzung I–IV) einen signifikanten Effekt auf [$F(3,285) = 6.84$; $MSe = 0.84$; $p < .01$; $\eta^2 = 0.07$]. Die Spezifizierung polynomer Kontraste für die vier Trainingssitzungen zeigten zwar keinen linearen, jedoch einen signifikanten quadratischen Trend auf [linear: $F(1,95) = 1.81$; $MSe = 1.68$, $p > .01$; $\eta^2 = .02$; quadratisch: $F(1,95) = 27.50$; $MSe = .46$; $p < .01$; $\eta^2 = .22$].

Die Post-hoc-Überprüfung spezifischer Kontraste zwischen jeweils aufeinanderfolgenden Trainingssitzungen machte deutlich, daß der quadratische Trend darauf zurückzuführen war, daß sich die mittleren Gedächtnisleistungen von der ersten zu der zweiten Trainingssitzung zunächst signifikant verschlechterten [$F(1,95) = 10.20$; $MSe = 1.47$; $p < .003$ ³³, $\eta^2 = .09$], und dann von der zweiten zur dritten Trainingssitzung zunächst nur marginal signifikant [$F(1,95) = 6.26$; $MSe = .94$; $p = .01$; $\eta^2 = .06$] und von der dritten zur vierten Trainingssitzung signifikant verbesserten [$F(1,95) = 12.97$; $MSe = .80$; $p < .003$; $\eta^2 = .12$]. Konsistent zu diesen Analysen führte die erneute Durchführung einer Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Trainingssitzungsfaktor (3) zu einem signifikanten linearen Trend, wenn die erste Trainingssitzung nicht in die Analyse aufgenommen wurde [$F(1,95) = 17.76$;

³² Die mittleren Gedächtnisleistungen für die 24 einzelnen Wortlisten der Trainingsphase sind Tabelle E1.2, Anhang E zu entnehmen.

³³ Adjustiertes Signifikanzniveau nach Bonferroni (drei nichtorthogonale Vergleiche: $p = .01/3 = .003$).

$MSe = .90, p < .01, \eta^2 = .15$]. Der Vergleich zwischen den mittleren Gedächtnisleistungen in der ersten und letzten Trainingssitzung war nicht signifikant, was einen Hinweis darauf gibt, das die anfänglichen Leistungseinbußen zwar im Laufe des Trainings kompensiert, das zu Beginn erreichte Leistungsniveau jedoch nicht überschritten werden konnte [$F(1,95) = 1.01; MSe = 1.58, p > .01, \eta^2 = .01$].

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß sich in der Stichprobe der 75- bis 101jährigen weder der über die vier Sitzungen hinweg monoton ansteigende noch der erwartete asymptotische Leistungsverlauf nachweisen ließen. Im Gegensatz dazu schienen die Probanden sich mehrheitlich beim Eintritt in die Trainingsphase in ihren Gedächtnisleistungen zunächst zu verschlechtern, um sich dann von der zweiten bis zu der letzten Trainingssitzung wieder geringfügig zu verbessern und etwa das Niveau zu erreichen, das sie im Mittel in der ersten Trainingssitzung erzielt hatten.

Tabelle 8

Mittelwerte, Standardabweichungen und Streubreiten der Gedächtnisleistungen im Laufe der vier Trainingssitzungen für die Stichprobe der 75- bis 101jährigen

| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>Min.</i> – <i>Max.</i> |
|----------------------|----------|-----------|---------------------------|
| Trainingssitzung I | 7.54 | 4.37 | 1.00 – 17.17 |
| Trainingssitzung II | 7.14 | 4.47 | 0.83 – 17.83 |
| Trainingssitzung III | 7.39 | 4.92 | 0.50 – 19.83 |
| Trainingssitzung IV | 7.72 | 5.24 | 0.67 – 21.67 |

Anmerkung. Die Mittelwerte stellen die über sechs Listen einer Trainingssitzung gemittelte Anzahl korrekt erinnelter Worte dar.

5.1.1.3 Folgeanalysen zur Exploration der Optimierungsannahme

Die dargestellten Befunde hinsichtlich der Trainingsverläufe der Studienteilnehmer im hohen Alter werfen Fragen auf, deren Beantwortung in diesem Abschnitt anhand mehrerer Post-hoc-Analysen nachgegangen wurde. Zunächst wird hierfür eine mögliche Erklärung für die beobachteten anfänglichen Leistungseinbußen angeboten. Anschließend wird die Optimierungs-

annahme spezifiziert, das heißt auf die Personen eingegrenzt, die im Laufe der Trainingsphase einen weiteren Leistungsanstieg aufwiesen.

Interpretation der anfänglichen Leistungseinbußen zu Beginn der Trainingsphase

Folgende Erklärung erscheint für den mehrheitlich beobachteten Leistungsabfall zu Beginn der Trainingsphase am plausibelsten: Der Übergang von der dritten (Prätest II) zu der vierten Sitzung (Training I) war mit einem Aufgabenwechsel verbunden (vgl. Abschnitt 4.3). In Prätest I und II wurde von den Probanden verlangt, sich bei vier Listen vorgegebener Länge an so viele Wörter wie möglich zu erinnern. In der adaptiven Trainingsphase hingegen sollten die Probanden ihre Gedächtnisleistung durch *fehlerfreie* Leistungen (100 % korrekt erinnerte Worte pro Liste) verbessern. Da der Anfangspunkt des adaptiven Trainings individuell durch die jeweils *beste* Erinnerungsleistung im Prätest II – im Sinne der Anzahl richtig erinnerter Wörter und nicht im Sinne einer fehlerfreien Leistung – bestimmt wurde, ist zu vermuten, daß das individuelle Leistungsniveau der Probanden in bezug auf *fehlerfreies Erinnern einer Liste* zu Beginn des Trainings überschätzt wurde. An einem Beispiel verdeutlicht, ist anzunehmen, daß es Personen im hohen Alter einfacher fiel, sich an 11 von 16 präsentierten Wörtern korrekt zu erinnern, als 11 von 11 Wörter fehlerfrei wiederzugeben.³⁴ Es ist demnach zu vermuten, daß es wegen der Anpassung der Listenlänge als Funktion optimaler (d.h. fehlerfreier) Leistungen zunächst bei den meisten 70- bis 101jährigen zu einem Rückgang der Gedächtnisleistungen kam. Gemäß dieser Interpretation bestand die Funktion der ersten beiden Sitzungen des adaptiven Trainings darin, die Listenlänge zu bestimmen, die den einzelnen Probanden fehlerfreie Erinnerungsleistungen ermöglichte.

Werden folglich nicht die mittleren Gedächtnisleistungen der ersten, sondern erst der zweiten Trainingssitzung als Ausgangsniveau für die Berechnung des trainingsbedingten Leistungszuwachses herangezogen, stellt sich die Frage, ob die im Rahmen der Varianzanalysen aufgezeigte signifikante, jedoch im Mittel geringe Leistungsverbesserung ab der zweiten Trainingssitzung als Bestätigung der Annahme interpretiert werden kann, daß auch Personen im hohen Alter noch über genügend kognitive Plastizität verfügen, um im Laufe eines Trainings mit der Methode der Orte ihre Gedächtnisleistungen zu optimieren (Hypothese 1b)?

³⁴ Mögliche Ursachen für die Schwierigkeit von Personen im hohen Alter, fehlerlose Leistungen zu erbringen, werden an späterer Stelle diskutiert (vgl. Abschnitt 6.2.1).

Post-hoc-Analysen zur Spezifizierung der Optimierungsannahme (Hypothese 1b)

Zur weiteren Überprüfung der Optimierungsannahme wurde zunächst festgelegt, daß erst ein mittlerer Leistungsgewinn von zwei oder mehr als zwei Wörtern als Leistungsverbesserung interpretiert werden kann.³⁵ Die 75- bis 101jährigen wurden dann aufgrund ihres Leistungszuwachses zwischen zweiter und letzter Trainingssitzung in zwei ‘Lerngruppen’ eingeteilt. Die Gruppe der ‘Optimierer‘ enthielt alle Personen, die eine mittlere Leistungsverbesserung von zwei oder mehr als zwei Wörtern ($N = 14$) erzielen konnten, die Gruppe der ‘Nicht-Optimierer‘ alle Personen, die sich im Mittel um weniger als zwei Wörter verbessern konnten ($N = 82$).³⁶ Wie aus Abbildung 8 ersichtlich machte eine solche Gruppeneinteilung deutlich, daß nur 15 % der 75- bis 101jährigen als ‘Optimierer’ klassifiziert werden konnten, die Mehrheit (85 %) der Studienteilnehmer hingegen ab der zweiten Trainingssitzung keinen nennenswerten Leistungszuwachs mehr zeigten.³⁷ Konsistent zu vorhergehenden Analysen (siehe Abb. 6) legt dieser Befund nahe, daß nicht alle Studienteilnehmer die Methode der Orte erwerben konnten.

Das Resultat dieser Gruppeneinteilung wirft daher zwei Folgefragen auf, denen durch zusätzliche Analysen nachgegangen wurde: (a) Unterschieden sich Optimierer von Nicht-Optimierern bereits hinsichtlich ihres Leistungsniveau vor Beginn der Trainingsphase, das heißt vor und nach Instruktion in der Methode der Orte?; (b) War der Erwerb und die Nutzung der Methode der Orte eine notwendige Voraussetzung für eine anschließende Leistungsoptimierung im Laufe des Gedächtnistrainings?

Abbildung 7 zeigt die mittleren Gedächtnisleistungen der Optimierer und Nicht-Optimierer in Prätest I, II und Posttest. Die Leistungsverläufe legen nahe, daß sich Optimierer von Nicht-Optimierern vor Beginn der Trainingsphase vor allem darin unterschieden, daß erstere

³⁵ Ein Lernzuwachs von zwei Wörtern entspricht einer Verbesserung um 0.44 Standardabweichungen der Ausgangsleistung in der zweiten Trainingssitzung ($2/4.47 = 0.44 SD$). Der Metaanalyse von Verhaeghen (1993) zufolge entspricht eine Verbesserung um 4/10 einer Standardabweichung dem Lerngewinn, der aufgrund reiner Testwiederholung bei älteren Erwachsenen beobachtet werden kann. Ein Lernzuwachs unter einer mittleren Anzahl von zwei Wörtern sollte demzufolge nicht mehr als eine auf ein mnemonisches Training zurückzuführende Leistungsverbesserung interpretiert werden.

³⁶ In der Gruppe der Nicht-Optimierer zeigten 35,4 % aller Personen eine Verschlechterung ihrer Leistung zwischen Training II und Training IV und 50 % einen mittleren Leistungszuwachs zwischen 0 und 1.99 Wörtern.

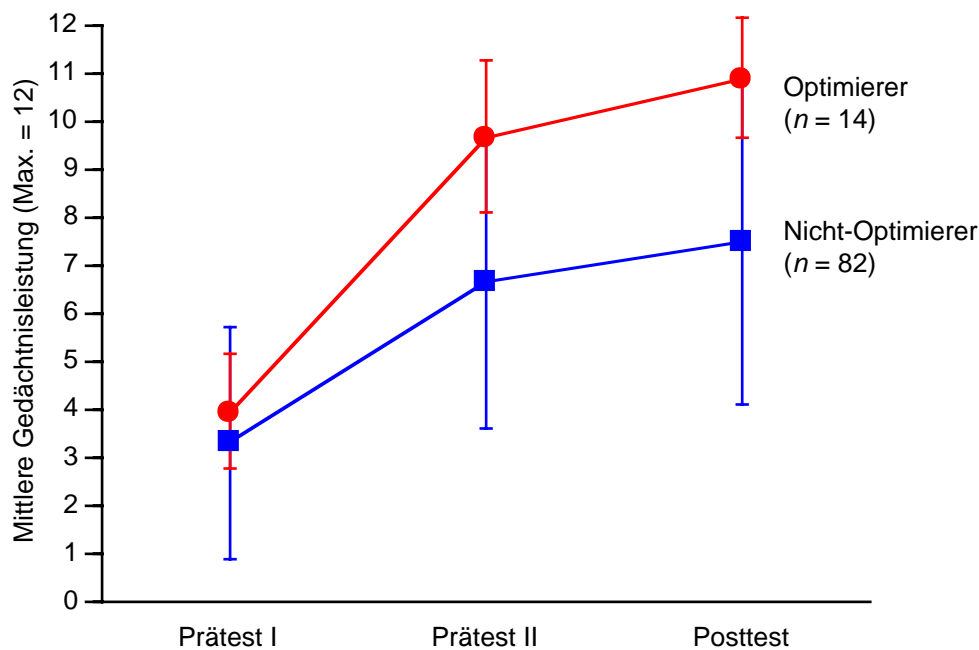
³⁷ Eine Gruppeneinteilung aufgrund des Leistungszuwachses zwischen Training I und IV führte zu ähnlichen Ergebnissen: Wie erwartet zeigten 50 %, das heißt mehr Personen als bei einer Einteilung aufgrund der Differenz zwischen den mittleren Gedächtnisleistungen im Training IV und II, eine Verschlechterung ihrer Leistungen im Laufe des gesamten Trainings und 36.5 % einen mittleren Leistungszuwachs von 0 bis 1.99 Wörtern. Lediglich 13.5 % fielen unter die Kategorie der ‘Optimierer’.

mehr von der Instruktion in der Gedächtnistechnik profitieren konnten als die Personen, die später im Laufe des Trainings geringe oder negative Leistungsgewinne zeigten.

Zur Überprüfung dieser Beobachtung wurde eine Varianzanalyse mit dem Faktor ‘Lerngruppe’ (Optimierer vs. Nicht-Optimierer) und dem Meßwiederholungsfaktor ‘Testsitzung’ (Prätest I, Prätest II, Posttest) berechnet. Sowohl die beiden Haupteffekte ‘Lerngruppe’ [$F(1,94) = 10.29$; $MSe = 19.26$; $p < .01$; $\eta^2 = .09$] und ‘Sitzung’ [$F(2,188) = 190.54$; $MSe = 2.20$; $p < .01$; $\eta^2 = .67$] als auch die Interaktion ‘Lerngruppe \times Sitzung’ waren signifikant [$F(2,188) = 12.03$; $MSe = 2.20$; $p < .01$; $\eta^2 = .11$]. Die Berechnung von Post-hoc-Kontrasten zeigte, daß die signifikante Interaktion ‘Lerngruppe \times Sitzung’ darauf zurückzuführen war, daß die ‘Optimierer’ zwischen Prätest I und II einen höheren Leistungszuwachs zeigten als die ‘Nicht-Optimierer’ [Lerngruppe \times Sitzung für den Vergleich zwischen Prätest I und II: $F(1, 94) = 15.39$; $MSe = 3.37$; $p < .01$; $\eta^2 = .14$; Lerngruppe \times Sitzung für den Vergleich zwischen Prätest II und Posttest: $F(1, 94) = .95$; $MSe = 1.02$; $p > .01$; $\eta^2 = .01$].

Abbildung 7

Mittlere Gedächtnisleistungen in Prätest I, II und Posttest
als Funktion der Leistungsverbesserungen im Laufe der Trainingsphase:
‘Optimierer’ versus ‘Nicht-Optimierer’



Anmerkung. Die Fehlerbalken stellen Standardabweichungen dar.

Weiterhin wurde unter Verwendung eines t-Tests die Mittelwertsdifferenz der Gedächtnisleistungen im Prätest I auf Signifikanz geprüft. Dabei wurde deutlich, daß sich ‘Optimierer’ und ‘Nicht-Optimierer’ zu Anfang der Studie in ihrem Leistungsniveau noch nicht signifikant voneinander unterschieden.³⁸

Da sich die Optimierer von den Nicht-Optimierern hinsichtlich ihres beobachteten Leistungsniveaus zu Beginn der Trainingsstudie noch nicht unterschieden, läßt sich der nach Instruktion in der Methode der Orte beobachtete Leistungsunterschied zwischen beiden Gruppen darauf zurückzuführen, daß die Personen, die im Laufe der Trainingsphase ihre Gedächtnisleistungen verbessern konnten, auch diejenigen waren, die bereits mehr von der Instruktion in der Methode der Orte profitieren konnten.

Im Zusammenhang mit diesem Befund stellte sich die weitere Frage, ob der Erwerb und die korrekte Anwendung der Methode der Orte eine notwendige Voraussetzung für eine anschließende Leistungsoptimierung im Laufe der Trainingsphase darstellte.

Das Heranziehen der Fremdbeurteilungen zur Anwendungshäufigkeit der Methode der Orte durch die Versuchsleiter dienten der Untersuchung dieser Frage (vgl. Abschnitt 4.2.2). Falls die Nutzung der Methode der Orte eine notwendige Voraussetzung für eine anschließende Leistungsoptimierung ist, sollte es keine Personen geben, die in die Gruppe der ‘Optimierer’ fallen obwohl sie in der zweiten Trainingssitzung von den Versuchsleitern als ‘seltene Anwender’ der Methode der Orte eingeschätzt worden waren. Umgekehrt wäre der Befund, daß nicht alle Personen, die nach Einschätzung der Versuchsleiter zu den ‘häufigen Anwendern’ der Gedächtnistechnik zählten, in der Lage waren, ihre Leistungen im Laufe des Trainings zu verbessern, ein Indiz für die Unabhängigkeit der Fähigkeiten, (a) eine neue, gedächtnisunterstützende Technik in ihren Grundzügen zu erwerbem und (b) die Nutzung dieser Technik anschließend zu verfeinern, um ein bereits erzieltes Leistungsniveau im Laufe eines Trainings unter Voraussetzung fehlerfreier Leistungen zu optimieren.

³⁸ Da sich bei der Testung auf Homogenität der Varianz-Kovarianz-Matrixen (Box M) zeigte, daß die Homogenitätsvoraussetzungen verletzt waren (Box’s $M = 23.43$; $p = .002$), kann die Zuverlässigkeit der dargestellten Signifikanzschätzungen eingeschränkt sein. Daher wurden zur Absicherung der Ergebnisse die Einzelvergleiche zwischen den Gedächtnisleistungen der Gruppe der ‘Optimierer’ und ‘Nicht-Optimierer’ in Prätest I, II und Posttest nochmals nach Rangtransformation der Gedächtnisleistungen berechnet (durch Zuweisung der höchsten Ränge an die Personen mit den höchsten Gedächtnisleistungen). Die Ergebnisse der drei Rangvarianzanalysen mit dem nonparametrischen Kruskal-Wallis-Test bestätigten, konsistent mit der oben dargestellten signifikanten Interaktion zwischen ‘Lerngruppe \times Sitzung’ zwischen Prätest I und II, daß sich die Gruppe der ‘Optimierer’ von der Gruppe der ‘Nicht-Optimierer’ bezüglich ihrer Gedächtnisleistungen im Prätest I noch nicht signifikant (Kruskal-Wallis-H-Wert = 3.53; $p > .05$), im Prätest II und im Posttest hingegen signifikant voneinander unterschieden (Prätest II: Kruskal-Wallis-H-Wert = 10.62; $p < .01$; Posttest: Kruskal-Wallis-H-Wert = 14.67; $p < .01$).

Abbildung 8

Verteilung der Personen im hohen Alter als Funktion ihrer Leistungszuwächse im Training und der Nutzungshäufigkeit der Methode der Orte

| | Seltene Anwender Methode der Orte bei 50 % oder weniger als 50 % der Wortpaare angewandt | Häufige Anwender Methode der Orte bei mehr als 50 % der Wortpaare angewandt | Zeilensumme |
|--|---|--|----------------------|
| Nicht-Optimierer Trainingszuwachs kleiner als zwei Wörter | $n = 40$ (41.7 %) | $n = 42$ (43.8 %) | $n = 82$ (85.4 %) |
| Optimierer Trainingszuwachs gleich oder größer als zwei Wörter | $n = 1$ (1 %) | $n = 13$ (13.5 %) | $n = 14$ (14.6 %) |
| Spaltensumme | $n = 41$ (42.7 %) | $n = 55$ (57.3 %) | $N = 96$ (100 %) |

Der Vierfeldertafel in Abbildung 8 ist zu entnehmen, daß, mit einer Ausnahme³⁹, alle als ‘Optimierer’ kategorisierten Personen auch zu den häufigen Anwendern der Gedächtnistechnik zählten.⁴⁰ Die Gruppe dieser 14 Optimierer war hierbei mit einem mittleren Alter von 84.49 Jahren (*Range* = 80–94 Jahre) nicht jünger als die Gruppe der Nicht-Optimierer, deren mittleres Alter bei 83.57 Jahren lag (*Range* = 76–101 Jahre).

³⁹ Es zeigte sich, daß die eine Person, die in der zweiten Trainingssitzung zu den seltenen Anwendern der Gedächtnistechnik zählte, obwohl sie ab der zweiten Trainingssitzung einen Leistungszuwachs über zwei Wörtern zeigte, zwar in der dritten bis zur fünften Sitzung nach Einschätzung des Versuchsleiters die Methode nur ‘bei der Hälfte der Wörter’ angewandt hatten, ab der sechsten bis zur achten Sitzung jedoch die Methode der Orte ‘bei mehr als der Hälfte der Wörter’ nutzte und somit in die Kategorie der häufigen Nutzer gefallen wäre. Es handelt sich hierbei also vermutlich entweder um ein Reliabilitätsproblem der Messung oder aber um eine Person, die die korrekte Anwendung der Methode der Orte erst im Laufe des Trainings erlernte.

⁴⁰ Die Aufstellung einer analogen Vierfeldertafel für einerseits ‘Optimierer versus Nicht-Optimierer’, die aufgrund ihres Lernzuwachses zwischen Trainingssitzung I und IV klassifiziert wurden, und andererseits ‘häufige versus seltene Anwender’ der Methode der Orte, die aufgrund der Einschätzungen der Versuchsleiter im Prätest II kategorisiert wurden, zeigte ein identisches Muster, jedoch mit leichten Unterschieden in den Häufigkeitsverteilungen auf: Auch hier gab es lediglich eine Person (1 %), die zu den ‘Optimierern’ zählte, obwohl diese in die Kategorie der seltenen Anwender der Gedächtnistechnik im Prätest II fiel. Der Rest der ‘Optimierer’ (13 %) wendeten nach Einschätzungen der Versuchsleiter im Prätest II die Methode der Orte bereits häufig korrekt an. Außerdem fanden sich auch bei dieser Einteilung Personen (35 %), die ihre Leistung nicht optimieren konnten, obwohl sie die Methode der Orte häufig nutzten. Die Mehrheit der Probanden (51 %) hingegen (wie aufgrund des früheren Zeitpunktes in der Trainingsstudie zu erwarten, waren es mehr Personen als in oben aufgeführter Tabelle) wendeten im Prätest II die Methode der Orte nur selten an und konnten folglich ihre Leistungen im Laufe der gesamten Trainingsphase auch nicht optimieren.

Weiterhin zeigt sich, daß 40 der Hochbetagten (42 %) noch in der zweiten Trainingssitzung die Gedächtnistechnik nur selten nutzten und auch nicht in der Lage waren, im Laufe des Trainings ihre Gedächtnisleistungen zu verbessern. Von besonderem Interesse war die Gruppe der Teilnehmer, die nicht in der Lage waren, ihre Leistungen während der Trainingsphase zu verbessern, obwohl sie nach Einschätzung der Versuchsleiter die Methode der Orte häufig nutzten.⁴¹ Die Mehrheit der Studienteilnehmer fiel unter diese Kategorie ($N = 42$).

Zusammenfassung

Zusammenfassend legen die Ergebnisse der Folgeanalysen nahe, die Optimierungsannahme (Hypothese 1b) zu verwerfen. Die Mehrzahl der Personen im hohen Alter scheinen nicht mehr über genügend kognitive Plastizität zu verfügen, um im Laufe des hier verwendeten Trainings mit der Methode der Orte unter Voraussetzung fehlerloser Leistungen ihre Gedächtnisleistungen zu optimieren. Mehrheitlich zeigten die 75- bis 101jährigen keine nennenswerten Leistungsverbesserungen im Laufe der Trainingsphase, obwohl ein Großteil (57 %) unter ihnen laut Fremdbeurteilung der Versuchsleiter die Methode der Orte bis zur zweiten Trainingssitzung erlernt und korrekt angewendet hatten.

Eine Ausnahme bildeten hierbei 13 Studienteilnehmer, die ihre Leistungen im Laufe des Trainings um mehr als zwei Wörter verbessern konnten. Hierbei konnte gezeigt werden, daß sich diese Gruppe der ‘Optimierer’ zu Beginn der Trainingsstudie hinsichtlich ihres Ausgangsniveaus noch nicht von den übrigen Studienteilnehmern unterschied, bereits nach Instruktion in der Methode der Orte jedoch ein höheres Leistungsniveau zeigte als die ‘Nicht-Optimierer’. Sie scheinen demnach mehr von der Instruktion in der Methode der Orte profitiert zu haben. Die Tatsache, daß mit einer Ausnahme alle Optimierer von den Versuchsleitern als häufige Anwender der Gedächtnistechnik eingeschätzt wurden, ist konsistent mit dieser Vermutung.

Schließlich ließ sich konsistent zu den im Rahmen der Analysen zur Überprüfung von Hypothese 1a berichteten Ergebnissen (vgl. Abb. 6) auch zeigen, daß 41 Personen (42 %) auch noch in der zweiten Trainingssitzung die Methode der Orte nur selten nutzten und folglich auch keine nennenswerten Trainingsgewinne zeigten. Für die gesamte Stichprobe trifft daher zu, daß

⁴¹ Die Durchführung einer Varianzanalyse mit dem Meßwiederholungsfaktor ‘Testsitzung’ (Prätest I, Prätest II) machte deutlich, daß diese 42 Personen signifikante Lerngewinne nach Instruktion in der Methode der Orte zeigten [$F(1,41) = 124.96$; $MSe = 3.08$; $p < .01$; $\eta^2 = .75$]. Demnach konnten diese Personen von dem Erwerb der Methode der Orte profitieren, auch wenn sie im Laufe der anschließenden Trainingsphase keine Leistungsoptimierung zeigten.

mit Ausnahme nur weniger Personen die 75- bis 101jährigen nicht mehr in der Lage waren, die Methode der Orte unter vorgegebenen Leistungsbedingungen so zu erwerben, daß ohne Zögern von einer effektiven Performanz in der Methode der Orte gesprochen werden kann: Die fehlenden Leistungsgewinne im Laufe der Trainingsphase sprechen vielmehr dafür, daß die Hochbetagten nicht mehr in der Lage waren, die Nutzung der instruierten Technik zu verfeinern bzw. zu optimieren. Die folgenden Analysen der jüngeren Erwachsenen werden zeigen, daß dies für die 20- bis 30jährigen nicht zutrifft.

5.1.2 Altersbedingte Unterschiede im Ausmaß an Plastizität

Ein weiterer Schwerpunkt der vorliegenden Untersuchung lag in der Beschreibung altersbedingter Unterschiede im Ausmaß an beobachtbarer Gedächtnisplastizität. Hierbei wurde die Arbeit durch die theoretischen Annahmen geleitet, (a) daß das Altern mit einer zunehmenden Reduktion der Entwicklungskapazität und der Maximalleistungen einhergeht; und (b) daß die beobachtbaren Auswirkungen kognitiven Alterns vergrößert werden, wenn Personen an den Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit getestet werden.

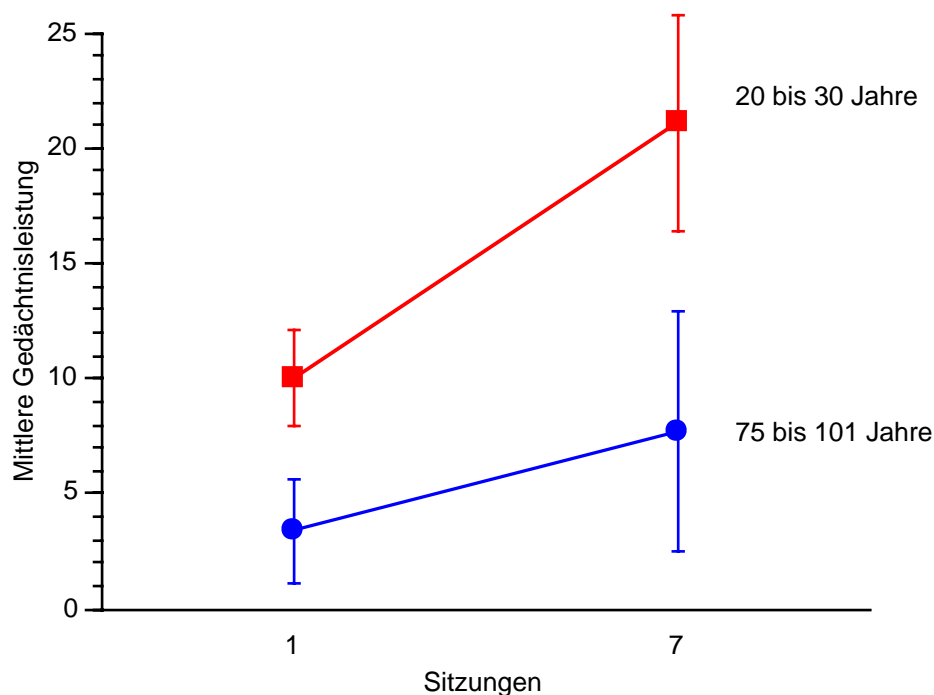
Daher wurde in Hypothese 2 angenommen, daß bei einem Vergleich zwischen einer Gruppe junger Erwachsener und der Personen im hohen Alter eine Vergrößerung der altersbedingten Unterschiede in den Gedächtnisleistungen während des Trainings zu beobachten sein sollte. Weiterhin wurde in Hypothese 3 angenommen, daß sich die Abnahme kognitiver Plastizität auch innerhalb der Stichprobe der 75- bis 101jährigen in negativen Beziehungen zwischen dem chronologischen Alter und den Plastizitätsmaßen (maximale Leistungsfähigkeit und Leistungszuwachs) zeigen sollte (Hypothese 3).

5.1.2.1 Altersvergleich mit jungen Erwachsenen (Hypothese 2)

Für die Überprüfung der Annahme einer Vergrößerung altersbedingter Unterschiede im Laufe eines Trainings mit der Methode der Orte war aufgrund der Antizipation von Deckeneffekten in der Stichprobe der jungen Erwachsenen in den drei Testsitzungen ein Vergleich zwischen den mittleren Gedächtnisleistungen der beiden Altersgruppen im Prätest I und der Gedächtnis-

leistungen in der letzten Trainingssitzung geplant (vgl. Abschnitt 4.3.3).⁴² Zur Überprüfung der Annahme einer Vergrößerung altersbedingter Unterschiede wurde eine Altersgruppe (2) × Sitzung (2) ANOVA mit dem Meßwiederholungsfaktor ‘Sitzung’ (Prätest I, Training IV) durchgeführt.

Abbildung 9
Vergrößerung altersbedingter Unterschiede im Laufe des Gedächtnistrainings
mit der Methode der Orte



Anmerkung. Die Fehlerbalken stellen Standardabweichungen dar. Die maximal zu erreichende Anzahl korrekt erinnelter Wörter betrug in der siebten Sitzung (der letzten Trainingssitzung) 33.5 Wörter.

Es zeigte sich, daß die jungen Erwachsenen signifikant mehr Wörter erinnerten als Personen im hohen Alter [$F(1,114) = 148.47$; $MSe = 22.42$; $p < .01$; $\eta^2 = .57$], und daß die

⁴² Die Erwartung von Deckeneffekten bei den jungen Erwachsenen in Prätest I, II und Posttest ließ sich bestätigen. So erzielten im Prätest I drei junge Personen (15 %) die maximale Leistung (12 Wörter) und sechs Personen (30 %) erreichten eine Gedächtnisleistung, die entweder bei oder über 11.50 Wörtern lag. Im Prätest II erreichten bereits 8 Personen (40 %) die maximale Leistung und sechs (30 %) erzielten einen Mittelwert von oder über 11.50 Wörtern. Im Posttest erinnerten sich 65 % im Mittel an 12 Wörter und keine der Personen lag unter einem Mittelwert von 10 Wörtern. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Stichprobe junger Erwachsener für die einzelnen Listen in Prätest I, II und Posttest sind im Anhang E, Tabelle E.1.1 dargestellt.

Gedächtnisleistungen in der vierten Trainingssitzung signifikant höher waren als im Prätest I [$F(1,114) = 212.51$; $MSe = 9.17$; $p < .01$; $\eta^2 = .65$]. Außerdem profitierten die jungen Erwachsenen signifikant mehr von einem Training mit der Methode der Orte als die Personen im hohen Alter [Interaktion Altersgruppe \times Sitzung: $F(1,114) = 40.32$; $MSe = 9.17$; $p < .01$; $\eta^2 = .26$].⁴³ Dies bestätigte Hypothese 2.

Abbildung 9 zeigt die mittleren Gedächtnisleistungen der beiden Altersgruppen im Prätest I und in der letzten Trainingssitzung. Die jungen Erwachsenen konnten ihre mittlere Gedächtnisleistung vom Prätest I zu der vierten Trainingssitzung von 10.07 ($SD = 2.07$) auf 21.09 ($SD = 4.69$) Wörtern steigern. In der Stichprobe der 75- bis 101jährigen hingegen verbesserte sich die mittlere Gedächtnisleistung von 3.39 ($SD = 2.28$) auf 7.72 ($SD = 5.23$) Wörter.

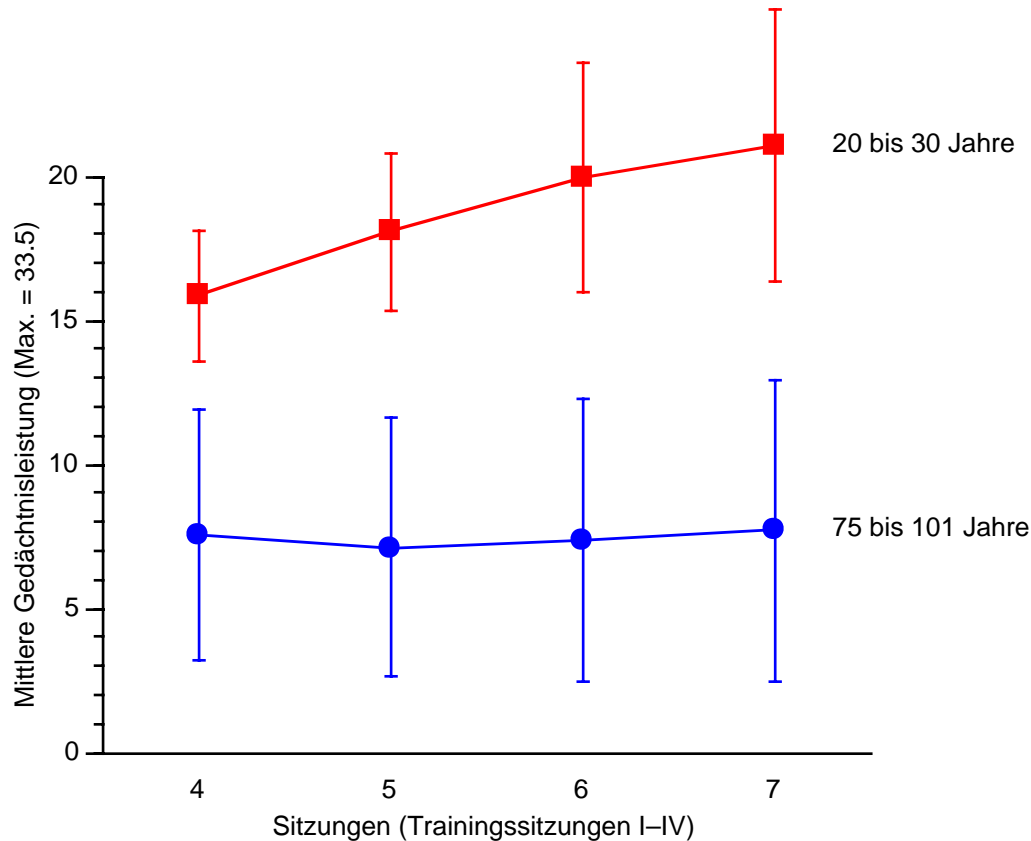
Die varianzanalytisch geprüfte Vergrößerung altersbedingter Unterschiede im Laufe des Trainings zeigte sich auch bei einem Vergleich der Leistungen beider Altersgruppen über die vier einzelnen Trainingssitzungen hinweg (siehe Abb. 10). So lag die mittlere Gedächtnisleistung der jüngeren Probanden bereits in der ersten Trainingssitzung 1.90 Standardabweichungen über der der Probanden im hohen Alter [$(15.73 - 7.49) / 4.32 = 1.90 SD$]. Der Unterschied zwischen den mittleren Gedächtnisleistungen stieg in der zweiten Trainingssitzung auf 2.44 SD [$(18.07 - 7.11) / 4.49 = 2.44 SD$] und in der dritten weiter auf 2.56 SD [$(19.99 - 7.38) / 4.93 = 2.56 SD$]; in der letzten Trainingssitzung blieb der Unterschied mit einem Wert von 2.55 SD stabil [$(21.09 - 7.72) / 5.24 = 2.55 SD$].⁴⁴ Es ist durchaus möglich, daß weitere Trainingssitzungen den beobachteten Unterschied noch vergrößert hätten, wobei allerdings der Leistungsverlauf der jungen Erwachsenen zwischen der dritten und vierten Trainingssitzung bereits eine Verflachung der Trainingskurve vermuten ließ.⁴⁵

⁴³ Die Voraussetzung der Homogenität der Varianz-Kovarianz-Matrizen war gegeben (Box's $M = 2.81$; $p = .44$).

⁴⁴ Die Differenzen der mittleren Gedächtnisleistungen sind hier an den Standardabweichungen der älteren Probanden relativiert. Da die Standardabweichungen der BASE-Stichprobe auf ein N von 96 Personen basieren und nicht wie bei der jungen Kontrollstichprobe auf einem N von nur 20 Personen wurde angenommen, daß das Heranziehen der Standardabweichung der Stichprobe der 75- bis über 100jährigen in diesem Fall zu repräsentativeren Ergebnissen führt; nicht zuletzt auch, weil diese nicht durch anfängliche Deckeneffekte zu Beginn des Trainings erniedrigt waren.

⁴⁵ Es sei hier darauf hingewiesen, daß auch die jungen Erwachsenen trotz ansteigender Trainingsverläufe im Mittel in keiner der vier Trainingssitzungen perfekte Leistungen erbrachten. Ein Befund, der gegen Deckeneffekte in der Stichprobe der jungen Erwachsenen in der adaptiven Trainingsphase spricht. So hätten die jeweiligen Mittelwerte in den einzelnen Trainingssitzungen bei maximalen Trainingsleistungen (das heißt bei fehlerlosen Erinnerungsleistungen in jeder der 24 Trainingslisten mit einer maximalen Anfangsliste von 16 Wörtern) bei jeweils im Mittel 18.5 Wörtern in der ersten, 23.5 in der zweiten, 28.5 in der dritten und 33.5 in der letzten Trainingssitzung liegen müssen. Lediglich ein junger Erwachsener erzielte

Abbildung 10
Leistungsverläufe während der vier Trainingssitzungen als Funktion der Altersgruppe



Anmerkung. Die Fehlerbalken stellen Standardabweichungen dar.

Für die Annahme einer Verflachung der Trainingsfunktion am Ende der Trainingsphase in der Stichprobe der jungen Erwachsenen sprachen die Ergebnisse einer Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Trainingssitzungsfaktor für die Gruppe der jungen Erwachsenen (Trainingssitzung I-IV). Die Spezifizierung polynomer Kontraste zeigten einen signifikanten linearen und einen marginal signifikanten quadratischen Trend auf [linearer Trend: $F(1,19) = 52.05$; $MSe = 5.92$; $p < .01$; $\eta^2 = .73$; quadratischer Trend: $F(1,19) = 6.64$; $MSe = .88$; $p < .05$; $\eta^2 = .26$]. Die Berechnung spezifischer Kontraste zwischen jeweils aufeinanderfolgenden

in der ersten Trainingssitzung die Maximalleistung von 18.5 Wörtern; in den folgenden Sitzungen erreichte keiner der Probanden mehr die mögliche mittlere Maximalleistung. Dieser Befund ist jedoch nicht verwunderlich, bedenkt man, daß die Listen bei den jungen Erwachsenen aufgrund ihres hohen Ausgangsniveaus zu Beginn der Trainingsphase bereits weitaus länger waren als bei den Probanden im hohen Alter und die Wahrscheinlichkeit für Intrusionseffekte mit steigender Anzahl von Trainingslisten zunehmend stieg. So gab es keinen der jungen Erwachsenen, der in der letzten Trainingssitzung die gleichen Orte nicht mindestens zweimal als Hinweisreize nutzen mußte; die besten Probanden 'durchliefen' die 32 Hinweissorte sogar fünfmal hintereinander.

Trainings-sitzung bestätigte die Vermutung eines beginnenden asymptotischen Verlaufs der Trainingsfunktion: So waren sowohl zwischen erster und zweiter als auch zwischen zweiter und dritter Trainings-sitzung signifikante Leistungsverbesserungen zu beobachten [$F(1,19) = 79.93$; $MSe = 1.19$; $p < .01$; $\eta^2 = .81$; $F(1,19) = 23.07$; $MSe = 3.21$; $p < .01$; $\eta^2 = .55$], der Leistungszuwachs von der dritten zur vierten Trainings-sitzung hingegen war nur noch marginal signifikant [$F(1,19) = 6.90$; $MSe = 3.50$; $p < .05$; $\eta^2 = .27$].

Der Vergleich zwischen den Leistungsfunktionen der jungen und alten Erwachsenen im Laufe der Trainingsphase lieferte auch in bezug auf die im Rahmen von Hypothese 1b ausführlich diskutierte Optimierungsannahme zusätzliche, interessante Informationen. So ließen die Post-hoc-Analysen der Trainingsverläufe der Personen im hohen Alter vermuten, daß die Mehrheit der Probanden nicht mehr in der Lage war, im Laufe der Trainingsphase ihre Leistungen zu verbessern. Im Gegensatz dazu schienen die jüngeren Erwachsenen keine Schwierigkeiten zu haben, auch unter der Voraussetzung vorausgegangener fehlerfreier Leistung, ihre Gedächtnisleistungen während der vier Trainings-sitzungen kontinuierlich zu verbessern. So konnte beispielsweise der bei 57 % der Probanden im hohen Alter beobachtete Leistungseinbruch zwischen der ersten und zweiten Trainings-sitzung bei keiner der Personen zwischen 20 und 30 Jahren beobachtet werden. Vielmehr war in der Stichprobe der jungen Probanden der, ursprünglich auch für Personen im hohen Alter erwartete, linear ansteigende Leistungsverlauf mit beginnender Verflachung am Ende der Trainingsphase zu beobachten. So zeigten fast alle Personen (90 %) der jungen Stichprobe einen Leistungszuwachs, der im Mittel weit über zwei Wörtern lag⁴⁶ (mittlerer Leistungszuwachs der 18 jungen Erwachsenen = 5.79 Wörter; *Range* = 2.00–10.50).⁴⁷ Im Vergleich dazu erzielten von den 75- bis 101jährigen lediglich 14 % einen Leistungszuwachs von mehr als zwei Wörtern im Laufe der Trainings-studie; auch war der mittlere Leistungszuwachs bei den wenigen ‘Optimierern’ weitaus niedriger

⁴⁶ Bei optimalen Trainingsfunktionen (bei fehlerloser Leistungen in allen 24 Trainingslisten) hätte ein maximaler Trainingsgewinn von 15 Wörtern erreicht werden können.

⁴⁷ Die 10 % (zwei Personen) der Gruppe der jungen Erwachsenen, die von der ersten zur vierten Trainings-sitzung weniger als zwei Wörter Lernzuwachs zeigten, lassen sich auf eine Person zurückführen, die aufgrund persönlicher Probleme und vermutlich damit verbundener Konzentrationsschwäche in der dritten Trainings-sitzung einen massiven Leistungseinbruch erlitt, den sie in der Folge nicht mehr aufheben konnte und auf eine weitere Person, deren Leistung, trotz hohem Leistungsniveau und hoher Lerngewinne in den drei ersten Trainings-sitzungen, in der letzten Trainings-sitzung auf ein ungewöhnlich niedriges Leistungsniveau sank. Der Grund für diesen Leistungsabfall ist unbekannt, doch vermutlich handelte es sich hier um ein Motivationsproblem.

als bei den jungen Erwachsenen (mittlerer Leistungszuwachs der 13 Personen im hohen Alter = 3.42 Wörter; *Range* = 2.00–5.67).⁴⁸

Die Analyse der Fehlerraten, das heißt des prozentualen Anteils an falsch oder nicht erinnerten Wörtern in den 24 Listen der adaptiven Trainingsphase, stützen die Annahme, daß die Personen im hohen Alter im Vergleich zu den jüngeren Erwachsenen die Methode der Orte weniger effektiv anwendeten und daher ihre Leistungen im Laufe der adaptiven Trainingsphase mehrheitlich nicht verbessern konnten. So wiesen die 20- bis 30jährigen über die 24 Listen der adaptiven Trainingsphase hinweg eine mittlere Fehlerrate⁴⁹ von 6 % (*SD* = 4.72; *Range* = 1–23 Prozent), die 75- bis 101jährigen hingegen eine Fehlerrate von 22 % auf (*SD* = 11.74; *Range* = 4–59 Prozent). Bei der Bewertung dieses Befunds ist zu berücksichtigen, daß die Trainingslisten bei den jungen Erwachsenen aufgrund ihres hohen Ausgangsniveaus bereits zu Beginn der Trainingsphase weitaus länger waren als bei den Probanden im hohen Alter (vgl. Abb. 10) und die Wahrscheinlichkeit für Intrusionsfehler mit steigender Anzahl an zunehmend länger werdenden Listen im Laufe der Trainingsphase stetig stieg. Werden beispielsweise lediglich die Anzahl an präsentierten Wörtern in den sechs Wortlisten der letzten Trainingssitzung betrachtet, lag die mittlere Anzahl präsentierter Wörter für die jungen Erwachsenen bei 137.60 Wörtern (*SD* = 25.14; *Range* = 83–169 Wörter), für die Hochbetagten bei 54.53 Wörtern (*SD* = 31.62; *Range* = 9–140 Wörter). Die 20- bis 30jährigen mußten sich demnach in der letzten Trainingssitzung im Mittel an 2.5mal so viele Wörter erinnern als die 75- bis 101jährigen. Diesen Angaben ist gleichzeitig zu entnehmen, daß bei einer Anzahl von 32 Hinweisorten die jungen Erwachsenen im Mittel im Laufe der vierten Trainingssitzung mehr als viermal die gleichen Hinweisreize erhielten ($137.60 / 32 = 4.3$), die Probanden im hohen Alter hingegen im

⁴⁸ Allerdings gab es in der Gruppe der 75- bis 101jährigen einige Personen mit bemerkenswerten Leistungssteigerungen. Zum Beispiel erzielte eine 80jährige Person hinsichtlich ihrer Leistung in der vierten Trainingssitzung mit einer mittleren, richtig erinnerten Anzahl von 21.67 Wörtern eine Leistung, die über dem Mittelwert der Stichprobe jüngerer Erwachsener in der letzten Trainingssitzung ($M_{Junge} = 21.09$ Wörter) lag. Auch zeigte diese Person keine anfänglichen Leistungseinbußen zu Beginn der Trainingsphase, sondern konnte ihre Leistung über alle vier Trainingssitzungen hinweg kontinuierlich verbessern (ihre mittlere Gedächtnisleistung lag in der ersten Trainingssitzung bei 16.83, in der zweiten bei 17.83, in der dritten bei 19.83 und in der letzten bei 21.67 Wörtern). Zur Erfassung des asymptotischen Leistungsniveaus dieser Person hätte es vermutlich noch einige Trainingssitzungen benötigt. Ferner konnten zwei andere Personen von 86 und 81 Jahren zwar nicht in Bezug auf ihr maximales Leistungsniveau in der letzten Trainingssitzung, das im Mittel bei 20.17 und 14.50 richtig erinnerten Wörtern lag, jedoch in Bezug auf ihren von der ersten zur vierten Trainingssitzung beobachteten Leistungszuwachs von 5.67 Wörtern den mittleren Lernzuwachs der jungen Erwachsenen übersteigen, der bei 5.21 Wörtern lag. Auch diese Personen im hohen Alter waren noch in der Lage, ihre Gedächtnisleistungen über alle vier Trainingssitzungen hinweg stetig zu optimieren. Diese Ergebnisse unterstreichen die Variabilität kognitiver Leistungen im Alter.

⁴⁹ Die Fehlerrate wurde folgendermaßen berechnet: (Summe aller falsch bzw. nicht erinnelter Wörter in den 24 Trainingslisten / Summe der präsentierten Wörter in den 24 Trainingslisten) \times 100

Mittel nicht einmal alle 32 Orte ein zweites Mal als Hinweisreize nutzen mußten ($54.53 / 32 = 1.70$). Dieser Befund deutet zudem darauf hin, daß der Mangel an beobachteter Leistungs-optimierung bei den 75- bis 101jährigen im Laufe der Trainingsphase nicht ausschließlich darüber erklärt werden kann, daß ältere Personen stärker unter Intrusionseffekten leiden als jüngere Erwachsene. Zumindest für die Hochbetagten mit niedrigem Leistungsniveau sollten Intrusionseffekte im Laufe einer jeweiligen Trainingssitzung keine entscheidende Rolle gespielt haben, da sich die Sequenz der Orte nicht wiederholte.

5.1.2.2 Altersbedingte Unterschiede im hohen Alter (Hypothese 3)

Die Annahme einer altersbedingten Abnahme kognitiver Plastizität innerhalb der Stichprobe der 75- bis 101jährigen wurde korrelativ überprüft. Die Möglichkeit einer positiven Stichproben-selektion vernachlässigend, wurden im Rahmen von Hypothese 3 signifikante negative Beziehungen zwischen dem Alter der Hochbetagten und den Plastizitätsmaßen erwartet. Es wurde demnach erwartet, daß die ältesten der Alten weniger kognitive Plastizität aufweisen.

Wie in allen folgenden korrelativen Analysen dienten hier als Maß maximaler Leistungsfähigkeit die Posttestleistungen und als Maße des Leistungszuwachses die jeweiligen Differenzwerte aus Prätest II und I (Zuwachs I) bzw. aus Posttest und Prätest II (Zuwachs II).

Tabelle 9
Zusammenhänge der Gedächtnisleistungen im Prätest I, II und Posttest sowie
der Leistungszuwächse I und II mit dem Alter

| | Alter |
|----------------------------------|-------|
| Gedächtnisleistung im Prätest I | -.24* |
| Gedächtnisleistung im Prätest II | -.25* |
| Gedächtnisleistung im Posttest | -.20 |
| Zuwachs I | -.09 |
| Zuwachs II | .07 |

Anmerkung. * $p < .05$. Bei den Lernzuwächsen I und II handelt es sich um Differenzwerte.

In Tabelle 9 sind die Korrelationen zwischen der chronologischen Altersvariablen und den Gedächtnisleistungen im Prätest I, II und Posttest sowie zu den Lernzuwächsen I und II abgebildet.

Es zeigte sich, daß die Beziehungen zwischen dem chronologischen Alter und den Plastizitätsmaßen geringer waren als erwartet. Weder die beobachteten Alterskorrelationen zu dem Leistungsniveau im Posttest noch zu den zwei Plastizitätsmaßen als Leistungszuwachs waren statistisch signifikant. Die Gedächtnisleistungen in Prätest I und II wiesen einen signifikanten, wenn auch geringen negativen Zusammenhang zum Alter auf. Auf eine mögliche Erklärung dieses Befundes wird im Anhang F im Rahmen der Darstellung der bereits erwähnten Selektivitätsanalysen sowie in der Diskussion näher eingegangen werden.

5.1.3 Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse

Der Schwerpunkt des ersten Teils der vorliegenden Untersuchung lag zunächst im Nachweis und in der Quantifizierung des Ausmaßes an Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte bei Personen im hohen Alter. In einem zweiten Schritt wurden Annahmen bezüglich altersbedingter Unterschiede in kognitiver Plastizität überprüft.

Hypothese 1a konnte bestätigt werden. Auch Personen im hohen Alter verfügten *im Mittel* noch über genügend kognitive Plastizität, um die Grundzüge einer neuen Gedächtnistechnik, der Methode der Orte, zu erlernen und zu nutzen, um ihre Gedächtnisleistungen zu verbessern. Im Durchschnitt konnten sich die 75- bis 101jährigen ($N = 96$) im Mittel nach einer ausführlichen Instruktionssitzung in der Methode der Orte um 1.62 Standardabweichungen ihrer Ausgangsleistungen verbessern.

Die Auswertung der Fremdeinschätzungsbögen zur Erfassung der Nutzungshäufigkeit der Methode der Ort bestätigte, daß die Höhe der beobachteten Leistungsgewinne zwischen erster und dritter Sitzung eng mit dem Erwerb und der Nutzungsintensität der instruierten Gedächtnistechnik verknüpft waren. Hiermit konnte die Effektivität der Methode der Orte als leistungsverbessernde Gedächtnistechnik, die bereits in vielfältigen Gedächtnistrainingstudien mit älteren Erwachsenen zwischen 60 und 80 Jahren belegt werden konnte, zumindest partiell auf den Altersbereich der 75- bis über 100jährigen ausgedehnt werden. Partiiell deswegen, weil sich gleichzeitig zeigte, daß nicht alle Hochbetagten die Methode der Orte nach der Instruktionphase korrekt nutzten. Diese auf Fremdbeurteilungen der Versuchsleiter basierenden Befunde

standen außerdem im Einklang mit der Beobachtung, daß einige der 75- bis 101jährigen nach Einführung in die Gedächtnistechnik Leistungsniveaus zeigten, die auch ohne Nutzung der Methode der Orte hätten erzielt werden können.

Die Optimierungshypothese (Hypothese 1b) konnte nicht bestätigt werden. So war die Entwicklungskapazität, hier indiziert als das Potential, die Nutzung eines erworbenen Hilfsmittels zu verfeinern, um eine erzielte Leistung im Laufe eines Trainingsprogramms zu *optimieren*, im hohen Alter offensichtlich stark eingeschränkt. Für diese Schlußfolgerung sprechen zum einen der zwar signifikante, jedoch geringe Leistungszuwachs zwischen Prätest II und Posttest, der im Mittel nur noch 3/10 einer Standardabweichung ausmachte (81 % des gesamten Leistungszugewinns beruhte bereits auf der Instruktion in der Gedächtnistechnik); vor allem jedoch die Ergebnisse aus den Analysen der Leistungsverläufe während der adaptiven Trainingsphase. So konnte weder der aufgrund der Optimierungsannahme erwartete monoton steigende noch asymptotische Leistungsverlauf im Laufe der Trainingsphase beobachtet werden. Entgegen der Erwartung schienen sich die Probanden mehrheitlich in ihren Gedächtnisleistungen bei Eintritt in die Trainingsphase zunächst zu verschlechtern und erst im Laufe der dritten und vor allem der vierten Trainingssitzung wieder geringfügig zu verbessern. Der zu Anfang der Trainingsphase beobachtete Leistungseinbruch war vermutlich darauf zurückzuführen, daß die Probanden besondere Schwierigkeiten hatten, den Anforderungen eines adaptiven Trainingsprogramms gerecht zu werden, das fehlerlose Leistungen als Voraussetzung für eine kontinuierliche Leistungsverbesserung erfordert.

Folgeanalysen zeigten beispielsweise, daß auch bei Berücksichtigung der Leistungseinbrüche zu Beginn der Trainingsphase lediglich 15 % der Probanden im hohen Alter zwischen der zweiten und der letzten Trainingssitzung einen mittleren Leistungszuwachs von mehr als zwei Wörtern erzielen konnten. Dies bedeutet, daß weniger als 1/6 der Probanden im hohen Alter in der Lage waren, ihre Gedächtnisleistung um ein Maß zu verbessern, das aufgrund einfacher Testwiederholungseffekte zu erwarten gewesen wäre.

Weitere Analysen legen die Vermutung nahe, daß das Erlernen und korrekte Anwenden der Gedächtnistechnik zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für eine anschließende Leistungsoptimierung während der Trainingsphase darstellt: Obwohl die Mehrheit (57 %) der Teilnehmer in der zweiten Trainingssitzung nach Einschätzungen der Versuchsleiter die Methode der Orte häufig korrekt nutzten, waren 76 % von diesen Personen dennoch nicht in der Lage, ihre Gedächtnisleistungen während der adaptiven Trainingsphase zu

verbessern. Dieser Befund legt die Interpretation nahe, daß die Prozesse, die dem Erwerb und der Nutzung der Grundzüge eines leistungssteigernden Hilfsmittels zugrunde liegen, andere sind als die, die für die Nutzungsoptimierung der erworbenen Strategie zur kontinuierlichen Leistungssteigerung im Laufe eines adaptiven Trainings erforderlich sind. Hierbei muß der Begriff der Optimierung immer im Sinne der in vorliegender Studie verwendeten Operationalisierung verstanden werden: Er verweist hier auf die Fähigkeit, zunächst eine fehlerlose Leistung zu erbringen, um auf dieser Leistung aufbauend durch weiteres Training eine bessere zu erzielen.

Der Vergleich der Leistungsverläufe der Kontrollgruppe der 20- bis 30jährigen und der 75- bis 101jährigen während der Trainingsphase lieferte weitere Evidenz für die Annahme, daß es sich bei der Schwierigkeit, unter Voraussetzung fehlerfreier Leistungen kontinuierliche Leistungssteigerungen zu erbringen, um ein altersbedingtes Phänomen handelt. Im Gegensatz zu den Personen im hohen Alter zeigten die jüngeren Erwachsenen unter gleichen Trainingsbedingungen zu Beginn der Trainingsphase keine Leistungseinbrüche, sondern konnten im Gegenteil ihre mittleren Gedächtnisleistungen über die vier Trainingssitzungen hinweg kontinuierlich verbessern. Im Vergleich zu den Hochbetagten, die noch in der vierten Trainingssitzung lediglich ein mittleres Leistungsniveau von 7.7 korrekt erinnertes Wörter aufwiesen, erreichten die jungen Erwachsenen in der letzten Trainingssitzung bereits ein Leistungsniveau von 21.1 korrekt erinnertes Wörter. Der beobachtete Altersunterschied hätte durch weitere Trainingssitzungen vermutlich noch vergrößert werden können, wobei die Analysen der Trainingsverläufe der jungen Erwachsenen den Beginn eines asymptotischen Leistungsverlaufs am Ende der Trainingsphase erkennen ließen. Die vergleichenden Analysen der Fehlerraten im Laufe der adaptiven Trainingsphase erbrachten weitere Evidenz dafür, daß die Hochbetagten die Methode der Orte weniger effizient nutzten. So wiesen die jungen Probanden trotz bedeutend längerer Wortlisten und damit verbundener erhöhter Wahrscheinlichkeit für Intrusionsfehler eine weitaus geringere mittlere Fehlerrate (6 %) im Laufe der Trainingsphase auf als die 75- bis 101jährigen (22 %).

Die Annahme einer Vergrößerung altersbedingter Unterschiede im Laufe eines mnemonischen Trainings konnte folglich auch in vorliegender Studie bei einem Vergleich der Gedächtnisleistungen der jungen und alten Erwachsenen vor und nach einem Training mit der Methode der Orte bestätigt werden (Hypothese 2). Die bei einem Vergleich der Gedächtnisleistungen junger und alter Erwachsener nachgewiesene Reduktion kognitiver Plastizität ließ sich

jedoch *innerhalb* der Stichprobe der 75- bis 101jährigen nicht nachweisen (Hypothese 3). So waren die Beziehungen zwischen den Plastizitätsmaßen und dem chronologischen Alter der Hochbetagten statistisch nicht signifikant. An anderer Stelle berichtete Kontrollanalysen legen nahe, daß dieser nicht erwartete Befund zumindest teilweise auf alterskorrelierte positive Selektivitätseffekte in der längsschnittlichen Stichprobe zurückgeht (siehe Anhang F). In anderen Worten, gibt es gute empirische Hinweise, daß die bis ins hohe Alter überlebenden Personen keine Zufallsstichprobe aus der ursprünglichen Grundgesamtheit der Geburtskohorte sind. Sie stellen vielmehr im Durchschnitt gerade im kognitiven Bereich eine positiv selegierte Gruppe dar. Hierbei sind die ältesten Alten wiederum positiver selegiert als die jüngeren Alten (vgl. Anhang F).

5.2 Individuelle Unterschiede in kognitiver Plastizität im hohen Alter: Vorhersage durch Status- und längsschnittliche Veränderungsmaße

Ziel des zweiten Teils der Untersuchung lag in der Einbettung des Konzepts der Plastizität in einen breiten Entwicklungskontext, in dem sowohl kulturelle als auch biologische Faktoren zur Erklärung individueller Unterschiede im Ausmaß an latenten Potentialen im hohen Alter berücksichtigt wurden. Im Vordergrund des vorgeschlagenen Prädiktionsmodells stand die Frage nach dem Gewicht biologischer und kultureller Einflußfaktoren bei der Vorhersage individueller Unterschiede im Ausmaß an kognitiver Plastizität (siehe Abschnitt 3.1.2). Hierbei wurden als Prädiktoren kognitiver Plastizität sowohl lebensgeschichtliche Variablen als auch Maße des aktuellen sowie früheren kognitiven und sensorischen Leistungsstatus berücksichtigt. Zudem wurden Maße längsschnittlicher Leistungsveränderung im kognitiven und sensorischen Funktionsbereich über einen Zeitraum von im Mittel 6.5 Jahren zur Prädiktion herangezogen. Im Abschnitt 5.2.1 werden zunächst die im Rahmen des Prädiktionsmodells in Abschnitt 3.1.2 dargestellten Annahmen überprüft (Hypothesen 4a–4c). Hierfür werden die Zusammenhänge zwischen kognitiver Plastizität und den soziostrukturell-biographischen Variablen sowie den zum vierten Meßzeitpunkt der Berliner Altersstudie erhobenen Maßen des aktuellen sensorischen und kognitiven Leistungsstatus der Studienteilnehmer dargestellt. Im Abschnitt 5.2.2 erfolgt dann die Überprüfung der Hypothesen zur Beziehung zwischen der 6.5jährigen längsschnittlichen Leistungsveränderungen im kognitiven und sensorischen Funktionsbereich und der durch die Trainingsstudie gemessenen kognitiven Plastizität (Hypothesen 5a und 5b).

5.2.1 Vorhersage durch Statusmaße

In Anlehnung an die Befunde von Lindenberger und Baltes (1994, 1997) wurde der biologische Funktionsstatus einer Person durch sensorische Funktionen (Nah- und Fernsicht, Hörvermögen) und kognitive Fähigkeiten erfaßt. Hierbei wurde innerhalb des kognitiven Fähigkeitsbereichs zwischen den in erster Linie biologisch bestimmten fluiden Fähigkeiten (Wahrnehmungsgeschwindigkeit) und den vor allem kulturbasierten pragmatischen Fähigkeiten (Wissen) unterschieden. Als weitere Indikatoren kultureller Einflüsse dienten (1) die Bildung in Jahren, (2) das Haushalts-Äquivalenz-Einkommen sowie (3) die soziale Schichtzugehörigkeit.

Vor der Überprüfung der im Rahmen des Prädiktionsmodells entwickelten Annahmen

erfolgt zunächst ein Überblick über die Korrelationen der Prädiktoren untereinander sowie zu den Gedächtnisleistungen im Laufe der gesamten Trainingsstudie.

5.2.1.1 Überblick

Tabelle 10 stellt die Interkorrelationen der kognitiven, sensorischen und soziostrukturell-biographischen Variablen sowie die Beziehungen der Prädiktoren zu den Gedächtnisleistungen in Test- und Trainingssitzungen und den zwei relevanten Zuwachsmaßen I und II dar. Zudem sind die Korrelationen der Variablen zum Alter abgebildet. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der verwendeten Prädiktoren sind dem Anhang E, Tabelle E2.1 zu entnehmen.

Interkorrelationen der Prädiktoren im Vergleich zu der Ausgangsstichprobe der Berliner Altersstudie ($N = 516$)

In der Trainingsstichprobe der 75- bis 101jährigen ($N = 96$) lagen die beobachteten Interkorrelationen der vier kognitiven Fähigkeitskonstrukte zwischen $r = .23$ und $r = .55$, die jeweiligen Alterskorrelationen zwischen $r = -.05$ und $r = -.38$. Im Vergleich zu den in der *Ausgangsstichprobe der Berliner Altersstudie* ($N = 516$) beobachteten Zusammenhängen zwischen denselben vier kognitiven Fähigkeiten, die sich zwischen $r = .66$ und $r = .73$ bewegten, waren die hier beobachteten Interkorrelationen demnach niedriger.

Ähnliches galt für die in der Berliner Altersstudie beobachteten Alterskorrelationen der kognitiven Fähigkeiten, die sich in der Ausgangsstichprobe ($N = 516$) zwischen $r = -.41$ und $r = -.59$, bei Ausschluß von Personen mit Demenzdiagnose ($N = 407$) zwischen $r = -.33$ und $r = -.54$ bewegten; in der vorliegenden Stichprobe lagen die entsprechenden Korrelationen zwischen $r = -.05$ und $r = -.38$. Auch die beobachteten Alterskorrelationen der sensorischen Maße, die in der Ausgangsstichprobe bei $r = -.57$ (Hörvermögen) und $r = -.59$ (Sehschärfe) lagen, waren in vorliegender Stichprobe mit $r = -.31$, $r = -.24$ und $r = -.17$ reduziert. Weiterhin war der Zusammenhang zwischen Maßen der Sehschärfe (Nah- und Fernvisus) und des Gehörs mit $r = .02$ und $r = .17$ geringer als die in BASE beobachtete Korrelation von $r = .45$ zwischen der Sehschärfe und dem Hörvermögen (vgl. Lindenberger & Baltes, 1995a).

Die Zusammenhänge zwischen den soziostrukturell-biographischen Variablen und den anderen Prädiktoren hingegen glichen in ihrer geringen Höhe früheren Befunden.

Trotz generell niedrigerer Korrelationen entsprach das beobachtete *Korrelationsmuster* den Erwartungen. So wiesen ähnlich wie in früheren Untersuchungen innerhalb des Meßraums kognitiver Fähigkeiten die Wahrnehmungsgeschwindigkeit als typischer Indikator mechanisch-fluider Fähigkeiten den stärksten altersbedingten Rückgang ($r = -.38, p < 0.01$), umgekehrt das Wissen als prototypischer Marker des pragmatisch-kristallinen Fähigkeitsbereichs die am wenigsten negative Beziehung ($r = -.05, n.s.$) zum Alter auf (Horn & Hofer, 1992; Lindenberger & Baltes, 1995a; Salthouse, 1994; Schaie, 1989).

Im Sinne divergenter Validität zeigte die Wahrnehmungsgeschwindigkeit einen signifikant höheren Zusammenhang zu Maßen des sensorischen Funktionsstatus (Sehschärfe und Gehör) als zu den soziostrukturell-biographischen Variablen (Wahrnehmungsgeschwindigkeit: Sensorik vs. soziostrukturell-biographische Variablen: $z = -2.12; p < 0.05$). Umgekehrt ließ sich in den Korrelationsmustern ein signifikant stärkerer Zusammenhang zwischen dem Wissen und den soziostrukturell-biographischen Variablen als zu den sensorischen Maßen nachweisen (Wissen: Sensorik vs. soziostrukturell-biographische Variablen: $z = -2.11; p < 0.05$).⁵⁰ Dies entspricht den Befunden von Lindenberger und Baltes (1997).

Die Unterschiede in der beobachteten Höhe der Interkorrelationen sensorischer und kognitiver Fähigkeitsmaße sowie der jeweiligen Alterskorrelationen in der Ausgangsstichprobe der Berliner Altersstudie und der vorliegenden Stichprobe beruhen auf zwei Quellen. Erstens auf der Tatsache, daß der betrachtete Altersbereich in der vorliegenden Stichprobe durch selektive Mortalität verringert ist und zweitens, daß die Stichprobe der Überlebenden eine positive Auswahl der Ausgangsstichprobe darstellt.

5.2.1.2 Vorhersage durch sensorische versus soziostrukturell-biographische Variablen (Hypothesen 4a, 4b)

Im Rahmen von Hypothese 4 (siehe S. 68) wurde angenommen, daß individuelle Unterschiede im Ausmaß an kognitiver Plastizität im Alter vor allem durch biologische und weniger durch kulturelle Faktoren bestimmt werden. Daher wurde angenommen, daß Maße des sensorischen Funktionsstatus, dessen alterungsbezogener Rückgang zu einem großen Teil neuronaler Natur

⁵⁰ Die Korrelationsvergleiche (Kontraste) wurden mit der Formel (8) von Meng et al. (1992) berechnet.

ist (Fozard, 1990), einen größeren Anteil der beobachteten Varianz in den Plastizitätsmaßen aufklären sollte als soziostrukturelle und biographische Merkmale, wie sie die soziale Schicht, das Einkommen und die Bildung darstellen (Hypothese 4a).

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden die Maße des sensorischen Funktionsstatus (Nah- und Fernvisus sowie Gehör) und andererseits die soziostrukturell-biographischen Variablen (Einkommen, Bildung und soziale Klasse) zu den Gedächtnisleistungen vor und nach Instruktion in der Methode der Orte (Prätest I und II) sowie zu den drei Plastizitätsmaßen (Posttest und Leistungszuwachs I und II) in Beziehung gesetzt (siehe Tab. 11).

Tabelle 11
Beziehungen (Kovarianzanteile) der sensorischen und soziostrukturell-biographischen Prädiktoren zu den Gedächtnisleistungen in Prä- und Posttests sowie zu den Leistungszuwächsen

| | Prätest I | Prätest II | Posttest | Zuwachs I | Zuwachs II |
|---|-------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|------------|
| Sensorik | <u>9.41</u> | <u>19.07^c</u> | <u>14.11^c</u> | 7.70 ^a | 2.88 |
| Soziostrukturell- biographische Variablen | 5.92 ¹ | 1.55 ^d | 0.58 ^{d2} | 0.85 ^b | 1.83 |

Anmerkung. Angegeben ist die aufgeklärte Varianz (%) (Quadrat der Korrelation \times 100). Beim Zuwachs I handelt es sich um die Differenz zwischen den Gedächtnisleistungen in Prätest II und I, beim Zuwachs II um die Differenz zwischen den Leistungen in Posttest und Prätest II. Unterstrichene Werte sind signifikant von Null verschieden ($p < .05$).

^a unterscheidet sich signifikant von ^b ($p < .01$) derselben Spalte.

^c unterscheidet sich signifikant von ^d ($p < .05$) derselben Spalte.

¹ unterscheidet sich signifikant von ² ($p < .05$) derselben Zeile.

Hypothesenkonform waren die Maße sensorischer Leistungsfähigkeit im hohen Alter signifikant stärker mit dem Leistungsniveau im Posttest sowie dem instruktionsbedingtem Leistungszuwachs (Zuwachs I) korreliert als die soziostrukturell-biographischen Variablen (Posttest: Sensorik vs. soziostrukturell-biographische Variablen: $z = 2.29$; $p < 0.05$; Zuwachs I: Sensorik vs. soziostrukturell-biographische Variablen: $z = 2.88$; $p < 0.01$).⁵¹ Der Unterschied für den Leistungszuwachs zwischen Prätest II und Posttest hingegen war statistisch nicht

⁵¹ Die Korrelationsvergleiche (Kontraste) wurden mit der Formel (8) von Meng et al. (1992) berechnet.

signifikant (Zuwachs II: Sensorik vs. soziostrukturell-biographische Variablen: $z = .16$; $p = 0.43$). Folgeanalysen ergaben, daß der Unterschied im Vorhersagewert zwischen sensorischen und soziostrukturell-biographischen Variablen vor Instruktion in der Methode der Orte, im Prätest I noch nicht signifikant (Prätest I: Sensorik vs. soziostrukturell-biographische Variablen: $z = .04$; $p = 0.48$), nach Einführung der Gedächtnistechnik im Prätest II bereits signifikant war (Prätest II: Sensorik vs. soziostrukturell-biographische Variablen: $z = 2.39$; $p < 0.05$).

In bezug auf die Veränderung der Prädiktionsmuster im Laufe der Trainingsstudie wurde im Rahmen von Hypothese 4b (siehe S. 68) angenommen, daß die lebensverlaufsbezogenen sozio-kulturellen Einflüsse zunehmend an Vorhersagekraft verlieren, während umgekehrt die biologischen Faktoren, die Maße sensorischer Leistungsfähigkeit im Laufe eines Trainings mit der Methode der Orte an Vorhersagewert gewinnen.

Wie aus Tabelle 11 hervorgeht, verloren erwartungsgemäß die soziostrukturell-biographischen Merkmale von der ersten (Prätest I) zu der letzten Sitzung (Posttest) signifikant an Vorhersagepotential (soziostrukturell-biographische Variablen: Prätest I vs. Posttest: $z = -1.86$; $p < 0.05$).⁵² Der Verlust an prädiktiver Kraft war im Prätest II noch nicht signifikant (soziostrukturell-biographische Variablen: Prätest I vs. Prätest II: $z = -1.41$; $p = 0.07$). Der erwartete, umgekehrte Verlauf für die Maße sensorischer Leistungsfähigkeit ließ sich nicht bestätigen: Weder der Anstieg an Varianzaufklärung zwischen Prätest I und II, noch der zwischen Prätest I und Posttest waren statistisch signifikant (Sensorik: Prätest I vs. Prätest II: $z = -1.63$; $p = 0.05$; Sensorik: Prätest I vs. Posttest: $z = -.81$; $p = 0.21$).

Zusammenfassend läßt sich demnach festhalten, daß sich trotz der im Vergleich zur Ausgangsstichprobe der Berliner Altersstudie generell abgeschwächten korrelativen Zusammenhänge die Annahme bestätigen ließ, daß Indikatoren des biologischen Systems, wie sie sensorische Maße darstellen, einen höheren Zusammenhang zu individuellen Unterschieden in den Posttestleistungen sowie dem instruktionsbedingten Leistungszuwachs aufwiesen als lebensverlaufsbezogene, soziokulturelle Faktoren. Dieses differentielle Prädiktionsmuster ließ sich dabei zu Beginn der Trainingsstudie im Prätest I noch nicht nachweisen: Es entstand dadurch, daß individuelle Unterschiede in bildungs-, schicht- und arbeitsbezogenen Bedingungen im Laufe der Trainingsstudie zunehmend an Bedeutung verloren, während der Zusammenhang der Gedächtnisleistungen zu den sensorischen Maßen erhalten blieb.

⁵² Die folgenden Korrelationsvergleiche wurden mit der Formel (1) von Meng et al. (1992) berechnet.

5.2.1.3 Vorhersage durch Maße kognitiver Leistungsfähigkeit

Im folgenden Abschnitt wurden die Zusammenhänge zwischen den Prädiktoren kognitiver Leistungsfähigkeit und dem Ausmaß an Plastizität im hohen Alter näher betrachtet. Zunächst werden im Rahmen der Überprüfung von Hypothesen 4c und 4d differentielle Vorhersagen hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Maßen fluider und kristalliner Intelligenz und Maßen kognitiver Plastizität überprüft. Anschließend erfolgt ein allgemeiner Überblick über die Höhe des Zusammenhangs zwischen Maßen der kognitiven Leistungsfähigkeit und den Gedächtnisleistungen im Laufe der Trainingsstudie.

5.2.1.3.1 Vorhersage durch Maße mechanisch-fluider versus pragmatisch-kristalliner Intelligenz (Hypothesen 4c, 4d)

Im Einklang mit dem Zweikomponentenmodell der Intelligenzentwicklung wurde im Rahmen von Hypothese 4c (siehe S. 68) angenommen, daß Maße kognitiver Plastizität innerhalb des kognitiven Fähigkeitsbereichs einen stärkeren Zusammenhang zu Indikatoren mechanisch-fluider Intelligenz als zu Indikatoren pragmatisch-kristalliner Intelligenz aufzeigen sollten, da erstere vorwiegend altersabhängige biologische und letztere vorwiegend sozio-kulturelle Komponenten der Intelligenz repräsentieren.

Als Indikatoren für die Mechanik bzw. Pragmatik wurden die prototypischen Fähigkeiten Wahrnehmungsgeschwindigkeit für die Mechanik und Wissen für die Pragmatik herangezogen, die theoriekonsistent die höchste ($r = -.38$; $p < .01$) bzw. niedrigste ($r = -.05$; *n.s.*) Korrelation mit dem Alter aufwiesen.

Zur Überprüfung von Hypothese 4c wurden die Beziehungen der beiden Fähigkeiten zu den drei Plastizitätsmaßen vergleichend untersucht (siehe Tab. 12).

Die der Mechanik zugeordnete Wahrnehmungsgeschwindigkeit zeigte zu den Posttestleistungen keinen signifikant höheren Zusammenhang als das Wissen, auch wenn die beobachteten Effekte in erwartete Richtung wiesen (Posttest: Wahrnehmungsgeschwindigkeit vs. Wissen: $z = 1.25$; $p = 0.11$).⁵³ So konnte die Wahrnehmungsgeschwindigkeit 24.2 % und das Wissens lediglich die Hälfte (12.2 %) der Varianz in den Posttestleistungen aufklären. Hinsichtlich des Leistungszuwachses zwischen Prätest I und II konnte hypothesenkonform

⁵³ Die folgenden Korrelationsvergleiche wurden mit der Formel (1) von Meng et al. (1992) berechnet.

nachgewiesen werden, daß individuelle Unterschiede in der Wahrnehmungsgeschwindigkeit signifikant stärker mit individuellen Unterschieden in dem Leistungszuwachs nach Instruktion in der Methode der Orte verknüpft waren als mit individuellen Unterschieden in der Wissensfähigkeit (Leistungszuwachs I: Wahrnehmungsgeschwindigkeit vs. Wissen: $z = 2.38$; $p < 0.01$). Der Zusammenhangsunterschied der Prädiktoren zu dem Leistungszuwachs II war nicht signifikant (Leistungszuwachs II: Wahrnehmungsgeschwindigkeit vs. Wissen: $z = .33$; $p = 0.37$).

Tabelle 12

Beziehungen (Kovarianzanteile) der Indikatoren mechanisch-fluider und pragmatisch-kristalliner Intelligenz zu den Gedächtnisleistungen in Prä- und Posttests sowie zu den Leistungszuwächsen

| | Prätest I | Prätest II | Posttest | Zuwachs I | Zuwachs II |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|
| Wahrnehmungsgeschwindigkeit | <u>13.57</u> ¹ | <u>27.01</u> ² | <u>24.25</u> | <u>10.46</u> ^a | 0.20 |
| Wissen | <u>24.74</u> ¹ | <u>14.93</u> | <u>12.27</u> ² | 0.04 ^b | 0.00 |

Anmerkung. Angegeben ist die aufgeklärte Varianz (%) (Quadrat der Korrelation $\times 100$). Beim Zuwachs I handelt es sich um die Differenz zwischen den Gedächtnisleistungen in Prätest II und I, beim Zuwachs II um die Differenz zwischen den Leistungen in Posttest und Prätest II. Unterstrichene Werte sind signifikant von Null verschieden ($p < .01$).

^a unterscheidet sich signifikant von ^b ($p < .01$) derselben Spalte.

¹ unterscheidet sich signifikant von ² ($p < .05$) derselben Zeile.

In bezug auf die Veränderung der Prädiktionsmuster im Laufe der Trainingsstudie war im Rahmen der Hypothese 4d (siehe S. 68) erwartet worden, daß die Wahrnehmungsgeschwindigkeit als Indikator mechanisch-fluider Intelligenz im Laufe des Trainings mit der Methode der Orte an Vorhersagewert gewinnt. Hingegen sollte das Wissen als Indikator pragmatisch-kristalliner Intelligenz vor Instruktion in der Methode der Orte einen stärkeren Zusammenhang zu den Gedächtnisleistungen aufweisen als nach Instruktion in und Training mit der Gedächtnistechnik.

Tabelle 12 verdeutlicht, daß zu Anfang der Trainingsstudie im Prätest I das Wissen 24.7 % und die Wahrnehmungsgeschwindigkeit lediglich 13.5 % der Varianz in den Gedächtnisleistungen aufklären konnten. Nach dem Training mit der Methode der Orte kehrte sich

dieses Muster um: Der Indikator mechanisch-fluider Intelligenz sagte jetzt 24.2 % und der Indikator pragmatisch-kristalliner Intelligenz nur 12.2 % der Varianz in den Posttestleistungen vorher. Die Überprüfung auf Signifikanz der Prädiktionsverläufe für beide Indikatoren zeigte, daß der Anstieg an Vorhersagewert für die Wahrnehmungsgeschwindigkeit von der ersten (Prätest I) zu der letzten Sitzung (Posttest) nicht signifikant (Wahrnehmungsgeschwindigkeit: Prätest I vs. Posttest: $z = 1.58$; $p = 0.06$), der Anstieg von der ersten zu der dritten Sitzung (Prätest II) hingegen signifikant war (Wahrnehmungsgeschwindigkeit: Prätest I vs. Prätest II: $z = 1.96$; $p < 0.05$). Im Gegensatz dazu war der Verlust an Vorhersagewert für das Wissen vom Prätest I zum Posttest signifikant (Wissen: Prätest I vs. Posttest: $z = -1.70$; $p < 0.05$), der Abfall vom Prätest I zum Prätest II nicht (Wissen: Prätest I vs. Prätest II: $z = -1.43$; $p = 0.08$).

Zusammenfassend ließ sich die Annahme bestätigen, daß der Zusammenhang von Indikatoren mechanisch-fluider Intelligenz, wie sie Maße der Wahrnehmungsgeschwindigkeit darstellen, mit Maßen der Gedächtnisleistung nach Erwerb der Gedächtnistechnik an Stärke gewinnt und zugleich die Indikatoren pragmatisch-kristalliner Intelligenz, wie das Wissen, im Laufe des Trainings an Bedeutung verlieren. Außerdem konnte die Annahme bestätigt werden, daß die Wahrnehmungsgeschwindigkeit einen stärkeren Zusammenhang zu dem instruktionsbedingten Leistungszuwachs aufweist als das Wissen.

5.2.1.3.2 Weitere Exploration des Zusammenhangs zwischen Kognition, Sensorik und Plastizität

Im Rahmen des vorgeschlagenen Prädiktionsmodells (vgl. Abschnitt 3.1.2) wurde bei den in erster Linie dem biologischen System zugeordneten Prädiktoren zwischen kriteriumsfernen Prädiktoren (Maße sensorischer Leistungsfähigkeit) und kriteriumsnahen Prädiktoren (Maße kognitiver Leistungsfähigkeit) unterschieden. Die kriteriumsnahen Prädiktoren kognitiver Leistungsfähigkeit und hier vor allem die Maße mechanisch-fluider Intelligenz sollten einen größeren Varianzanteil in den Plastizitätsmaßen aufklären als die kriteriumsfernen Indikatoren sensorischer Leistungsfähigkeit.⁵⁴ Dabei bezieht sich die Definition der relativen Nähe zum

⁵⁴ Um Mißverständnisse zu vermeiden, soll daran erinnert werden, daß Maße pragmatisch-kristalliner Intelligenz (wie die Wortflüssigkeit und das Wissen) in dem vorgeschlagenen Prädiktionsmodell eine Zwischenstellung einnehmen. So muß aufgrund früherer Befunde einer Dedifferenzierung der Fähigkeitsprofile im hohen Alter erwartet werden, daß auch in vorliegender Stichprobe die vor allem kulturbasierten Maße pragmatisch-kristalliner Intelligenz stärker als in früheren Jahren von altersbezogenen biologischen Faktoren mitbestimmt werden. Trotz Homogenisierung der Fähigkeitsprofile im hohen Alter sollten jedoch die

Kriterium auf das Ausmaß an Überlappung in den spezifischen Prozessen und Mechanismen, die den einzelnen Leistungen zugrunde liegen. Da in vorliegender Studie kognitive Plastizität im hohen Alter am Beispiel von Gedächtnisfunktionen untersucht wurde, war beispielsweise zu erwarten, daß innerhalb der vier Fähigkeitskonstrukte, die im Rahmen der kognitiven Testbatterie der Berliner Altersstudie erhoben wurden, das Gedächtnis die höchsten Zusammenhänge zu den Gedächtnisleistungen vor und nach einem Training mit der Methode der Orte haben sollte.

Tabelle 10 (siehe S. 132) gibt einen Überblick über die Beziehungen der vier kognitiven Fähigkeitskonstrukte zu den Gedächtnisleistungen vor und nach Einführung in die Gedächtnistechnik sowie zu den drei Plastizitätsmaßen.

Tabelle 13
Beziehungen (Kovarianzanteile) der kognitiven und sensorischen Prädiktoren zu den Gedächtnisleistungen in Prä- und Posttests sowie zu den Leistungszuwächsen

| | Prätest I | Prätest II | Posttest | Zuwachs I | Zuwachs II |
|-----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|------------|
| Kognition | <u>51.31</u> ^a | <u>48.46</u> ^a | <u>43.76</u> ^a | <u>11.51</u> | 0.78 |
| Sensorik | <u>9.41</u> ^b | <u>19.07</u> ^b | <u>14.11</u> ^b | 7.70 | 2.88 |

Anmerkung. Angegeben ist die aufgeklärte Varianz (%) (Quadrat der Korrelation \times 100). Beim Zuwachs I handelt es sich um die Differenz zwischen den Gedächtnisleistungen in Prätest II und I, beim Zuwachs II um die Differenz zwischen den Leistungen in Posttest und Prätest II. Unter Kognition fallen die vier Fähigkeiten Gedächtnis, Geschwindigkeit, Wortflüssigkeit und Wissen. Unter Sensorik fallen Maße des Nah- und Fernvisus sowie des Hörens. Unterstrichene Werte sind signifikant von Null verschieden ($p < .05$).

^a unterscheidet sich signifikant von ^b ($p < .01$) derselben Spalte.

Aus Tabelle 13 geht hervor, daß die vier Maße kognitiver Leistungsfähigkeit zusammen zwischen 44 % und 51 % der Varianz in den Prä- und Posttestleistungen sowie 12 % der Varianz in dem instruktionsbedingten Leistungszuwachs aufklären konnten. Wie erwartet wiesen die kriteriumsnahe Maße kognitiver im Vergleich zu den kriteriumsfernen Maßen sensorischer Leistungsfähigkeit signifikant stärkere Zusammenhänge zu den Gedächtnisleistungen im Laufe der Trainingsstudie auf (Prätest I: Kognition vs. Sensorik: $z = 5.02$; $p <$

stärker kulturbasierter Maße der Mechanik im Vergleich zu den in erster Linie biologisch-genetisch determinierten Maßen mechanisch-fluiden Intelligenz geringere Beziehungen zu den Plastizitätsmaßen aufweisen. Diese Erwartung wurde teilweise bereits im Rahmen von Hypothese 4c und 4d geprüft.

0.01; Prätest II: Kognition vs. Sensorik: $z = 3.61$; $p < 0.01$; Posttest: Kognition vs. Sensorik: $z = 4.04$; $p < 0.01$).⁵⁵

In einem weiteren Schritt wurde die Höhe der Zusammenhänge der einzelnen vier kognitiven Fähigkeiten zu den Gedächtnisleistungen im Laufe der Trainingsstudie exploriert. Der Überblickstabelle 10 (S. 132) ist zu entnehmen, daß alle vier kognitiven Fähigkeitskonstrukte hohe Zusammenhänge zu den Gedächtnisleistungen vor und nach Instruktion in und Training mit der Methode der Orte aufwiesen. Wie erwartet zeigte hierbei die Gedächtnisvariable unter den vier kognitiven Fähigkeitsvariablen die höchsten Korrelationen zu den Ausgangsleistungen im Prätest I (Prätest I: Gedächtnis vs. Wahrnehmungsgeschwindigkeit: $z = 3.24$; $p < 0.01$; Prätest I: Gedächtnis vs. Wortflüssigkeit: $z = 2.29$; $p < 0.05$; Prätest I: Gedächtnis vs. Wissen: $z = 2.32$; $p < 0.05$). Interessanterweise zeigte sich jedoch außerdem, daß die Gedächtnisfähigkeit (a) keinen signifikanten Zusammenhang zu den Zuwachsmäßen aufwies und (b) im Vergleich zu den Fähigkeitskonstrukten der Wahrnehmungsgeschwindigkeit sowie der Wortflüssigkeit keinen signifikant höheren Zusammenhang mehr zu den Posttestleistungen zeigte (das Wissen hingegen wies noch im Posttest geringere Zusammenhänge auf als das Gedächtnis; Posttest: Gedächtnis vs. Wissen: $z = 2.26$; $p < 0.05$).

Zur weiteren Exploration des Zusammenhangs zwischen Mäßen kognitiver Leistungsfähigkeit und der Gedächtnisplastizität mit der Methode der Orte wurden hierarchische Regressionen gerechnet, um eine Einschätzung über die Höhe der jeweils zusätzlichen prädiktiven Eigenvarianz der einzelnen vier kognitiven Variablen zu erhalten. Die in Tabelle 14 abgebildeten Werte an zusätzlich aufgeklärter Varianz geben demnach an, wieviel zusätzliche, durch die drei anderen Fähigkeiten noch nicht aufgeklärte Varianz jede einzelne kognitive Fähigkeit in den Prä- und Posttestleistungen sowie in den Lernzuwächsen aufklären konnten.

Die Befunde machen deutlich, daß für die Vorhersage der Ausgangsleistungen im Prätest I das Gedächtnis als einzige Fähigkeit zusätzliche prädiktive Eigenvarianz besaß. Nach Instruktion und Training mit der Methode der Orte hingegen zeigte die Wahrnehmungsgeschwindigkeit im Vergleich zu dem Gedächtnis gleich hohe Anteile an prädiktiver Eigenvarianz. Es war also die der Mechanik zugeordnete Wahrnehmungsgeschwindigkeit, die operativ wurde, als es darum ging die Methode der Orte zu erlernen. Ganz in diesem Sinne war es dann auch die Wahrnehmungsgeschwindigkeit, die zusätzliche Vorhersagekraft für individuelle Unterschiede im instruktionsbedingten Leistungszuwachs besaß. Im Überblick machen die

⁵⁵ Die Korrelationsvergleiche (Kontraste) wurden mit der Formel (8) von Meng et al. (1992) berechnet.

geringen bis mittelgroßen spezifischen Varianzanteile jedoch deutlich, daß der hohe Zusammenhang zwischen Maßen kognitiver Leistungsfähigkeit und der Gedächtnisplastizität (siehe Tab. 13) vorwiegend auf gemeinsame Varianzanteile zurückzuführen war.

Tabelle 14

Hierarchische Regressionsanalysen: Spezifische Vorhersageanteile der vier kognitiven Fähigkeiten nach statistischer Kontrolle der drei jeweils anderen kognitiven Prädiktoren

| Zusätzlich aufgeklärte Varianz | Prätest I | Prätest II | Posttest | Zuwachs I | Zuwachs II |
|--------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Gedächtnis | <u>14.46</u> | <u>8.38</u> | <u>7.64</u> | 0.00 | 0.09 |
| Geschwindigkeit | 1.35 | <u>8.39</u> | <u>7.30</u> | <u>7.17</u> | 0.02 |
| Wortflüssigkeit | 0.05 | 1.30 | 1.59 | 0.58 | 0.26 |
| Wissen | 2.01 | 0.19 | 0.03 | 0.66 | 0.23 |

Anmerkung. Angegeben ist die aufgeklärte Varianz (%) (Quadrat der Korrelation \times 100). Sie bezieht sich auf den Zuwachs an aufgeklärter Varianz, der durch das Hinzugeben der jeweiligen kognitiven Fähigkeitsvariablen aufgeklärt werden konnte, das heißt nicht bereits durch die drei anderen kognitiven Fähigkeiten aufgeklärt wurde. Beim Zuwachs I handelt es sich um die Differenz zwischen den Gedächtnisleistungen in Prätest II und I, beim Zuwachs II um die Differenz zwischen den Leistungen in Posttest und Prätest II. Unterstrichene Werte sind signifikant von Null verschieden ($p < .05$).

Zusammenfassend zeigen die dargestellten explorativen Analysen, daß alle vier kognitiven Fähigkeitskonstrukte mit den Ausgangsleistungen im Prätest I als auch mit dem Erwerb der Methode der Orte eng verbunden waren. Ein solcher Befund stimmt mit der Hypothese einer Dedifferenzierung der Fähigkeitsstrukturen im hohen Alter überein (vgl. Abschnitt 2.1.3.1). Gleichzeitig machen die Befunde deutlich, daß der Gedächtnisfaktor die höchsten Zusammenhänge zu den Ausgangsleistungen im Prätest I aufwies. Nach Erwerb der Gedächtnistechnik gewann die Wahrnehmungsgeschwindigkeit an spezifischer Vorhersagekraft (siehe auch Tab. 12). Insbesondere individuelle Unterschiede im instruktionsbedingten Leistungszuwachs konnten am besten durch individuelle Unterschiede in der Wahrnehmungsgeschwindigkeit vorhergesagt werden. Diese Befunde stehen im Einklang mit der Investmenttheorie der fluiden-kristallinen Intelligenz (Cattell, 1971), nach der beim Erwerb eines Wissenssystems wie der Methode der Orte die mechanisch-fluide Intelligenz als Ressource

wirkt, die den Erwerb entscheidend mitbedingt. Im vorliegenden Fall wird diese Ressource durch Maße der Wahrnehmungsgeschwindigkeit indiziert.

5.2.2 Vorhersage durch längsschnittliche Veränderung

Im vorigen Abschnitt wurden im Rahmen von Hypothesen 4a–4d Annahmen über den Zusammenhang zwischen Maßen des aktuellen Leistungsstatus der Studienteilnehmer zu Beginn der Trainingsstudie und dem Ausmaß an beobachtbarer Gedächtnisplastizität überprüft. Schwerpunkt des folgenden Abschnitts bildet die Untersuchung der Beziehung zwischen längsschnittlich beobachteter Leistungsveränderung über einen Zeitraum von durchschnittlich 6.5 Jahren und dem anschließend beobachteten Ausmaß an kognitiver Plastizität in der Gruppe der 75- bis 101jährigen. Hierbei konzentrieren sich die Analysen auf die Erfassung von Leistungsveränderungen in Indikatoren kognitiver und sensorischer Leistungsfähigkeit.

Analog zu der Erfassung individueller Unterschiede in den Leistungsgewinnen im Laufe des Trainings mit der Methode der Orte wurden auch zur Erfassung individueller Unterschiede in den längsschnittlichen Leistungsveränderungen einfache Differenzmaße herangezogen (für eine ausführliche Diskussion hierzu siehe Abschnitt 4.4.1).

Zur Bildung der Veränderungsmaße wurden in einem ersten Schritt die vier kognitiven Fähigkeitsmaße in T-Werte transformiert und an der Ausgangsstichprobe der Berliner Altersstudie ($N = 516$) standardisiert. In einem zweiten Schritt wurden dann Differenzwerte für Maße des Gedächtnisses, der Wahrnehmungsgeschwindigkeit, der Wortflüssigkeit und des Wissens, sowie für Maße des Gehörs, des Nah- und des Fernvisus gebildet. Die Veränderungsmaße stellen dabei jeweils die Differenz aus den zum ersten (1990–1993) und den zum vierten Meßzeitpunkt der Berliner Altersstudie (1997–1998) beobachteten Leistungen der Studienteilnehmer, das heißt die Leistungsveränderung über einen mittleren Zeitraum von 6.5 Jahren dar (siehe auch Abb. 3 und Anhang A). Alle Veränderungsmaße wurden so kodiert, daß höhere Werte Veränderungen in mehr positiver Richtung und niedrigere Werte in einer mehr negativen Richtung anzeigen.

Weiterhin wurde in den Analysen zwischen *früheren* und *aktuellen Statusmaßen* unterschieden. Frühere Statusmaße verweisen auf das Leistungsniveau der Studienteilnehmer zum ersten Meßzeitpunkt der Berliner Altersstudie (T1), aktuelle Statusmaße stehen für das

Leistungsniveau der Probanden, das zum vierten Meßzeitpunkt der Berliner Altersstudie (T4) beobachtet werden konnte, das heißt wenige Monate vor Beginn der Trainingsstudie.

Mittelwerte und Standardabweichungen der früheren und aktuellen Statusmaße sowie der daraus gebildeten längsschnittlichen Veränderungsmaße sind Anhang E, Tabelle E2.1 zu entnehmen. Tabelle 15 gibt einen Überblick über die Zusammenhänge zwischen den früheren und aktuellen Statusmaßen sowie den längsschnittlichen Veränderungsmaßen kognitiver und sensorischer Leistungsfähigkeit zu den Gedächtnisleistungen vor und nach Instruktion in der Methode der Orte (Prätest I und II) und zu den Plastizitätsmaßen (Posttest und Leistungszuwachs I und II). Außerdem sind die jeweiligen Alterskorrelationen sowie Stabilitätskoeffizienten abgebildet. Die Stabilitäten stellen Korrelationen zwischen den jeweiligen Leistungen zum ersten und zum vierten Meßzeitpunkt der Berliner Altersstudie dar.

Bevor die Analysen zur Überprüfung der relevanten Hypothesen (Hypothesen 5a–5b) vorgestellt werden, erfolgt im nächsten Abschnitt zunächst eine Darstellung der Interkorrelationen und Reliabilitäten der längsschnittlichen Veränderungsmaße kognitiver und sensorischer Leistungsveränderung (die Reliabilitäten der Veränderungsmaße kognitiver Plastizität wurden bereits in Abschnitt 4.4.3 dargestellt).

5.2.2.1 Überblick über Reliabilitäten und Korrelationen

Wie bereits in Abschnitt 4.4.1 diskutiert, kann ein Problem bei der Verwendung von einfachen Differenzmaßen zur Erfassung individueller Unterschiede im Ausmaß an Leistungsveränderung in deren mangelnden Reliabilität liegen. Daher wurden in einem ersten Schritt Reliabilitäten für die sieben längsschnittlichen Veränderungsmaße berechnet.⁵⁶

Tabelle 16 gibt einen Überblick über die Interkorrelationen und Reliabilitäten (in Klammern) der Veränderungsmaße kognitiver und sensorischer Leistungsfähigkeit. Aus Tabelle 16 geht hervor, daß von den sieben interessierenden längsschnittlichen Veränderungsmaßen lediglich die Differenzwerte für Maße der Wahrnehmungsgeschwindigkeit, des Gehörs sowie der Sehschärfe befriedigende Reliabilitäten zeigten. Der beobachtete negative Zusammenhang zwischen den jeweiligen Veränderungsmaßen der beiden Gedächtnistests ‘Wortpaare’ und ‘Geschichte erinnern’ wird an dieser Stelle nicht interpretiert, da keine schlüssige Erklärung vorliegt. Die beobachtete Reliabilität von $r = .29$ für das Veränderungsmaß der Wortflüssigkeit wurde als nicht ausreichend gewertet.

⁵⁶ Da die vier kognitiven Fähigkeitskonstrukte aus jeweils zwei konstruktverwandten Tests gebildet worden waren, konnte zur Schätzung der Reliabilitäten der verwendeten Veränderungsmaße für jeden einzelnen dieser Tests die Differenz aus den Leistungen zum ersten und vierten Meßzeitpunkt der Berliner Altersstudie gebildet werden. Die Korrelation zwischen jeweils zwei dieser Veränderungsmaße diente als Reliabilitätschätzung der Veränderungsmaße für die vier kognitiven Fähigkeitskonstrukte. In bezug auf die drei Veränderungsmaße sensorischer Leistungsfähigkeit konnten Reliabilitäten lediglich für den Nahvisus und das Gehör berechnet werden, da für den Fernvisus keine zwei unabhängigen Maße gebildet werden konnten. Die Korrelationen zwischen den zwei Differenzen für den Nahvisus des linken bzw. des rechten Auges zum ersten und vierten Meßzeitpunkt stellte die Reliabilität des Veränderungsmaßes für den Nahvisus dar. Zur Berechnung der Reliabilität des Veränderungsmaßes für das Gehör wurden zunächst zwei parallele Maße gebildet (Gehör 1: Mittelwert der Hörschwellen für das rechte Ohr bei 1 und 4 kHz und für das linke Ohr bei 2 und 6 kHz; Gehör 2: Mittelwert der Hörschwellen für das rechte Ohr bei 2 und 6 kHz und für das linke Ohr bei 1 und 4 kHz). Die Korrelationen zwischen den jeweiligen Differenzen dieser Maße zum ersten und vierten Meßzeitpunkt stellte die Reliabilität dar.

Tabelle 16

Interkorrelationen und Reliabilitäten der längsschnittlichen Veränderungsmaße kognitiver und sensorischer Leistungsfähigkeit von dem ersten (1990–1993) zu dem vierten (1997–1998) Meßzeitpunkt der Berliner Altersstudie für die Stichprobe der 75- bis 101jährigen

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 1 Δ Gedächtnis (GE) | -.23* | | | | | |
| 2 Δ Geschwindigkeit (WG) | -.05 | .40** | | | | |
| 3 Δ Wortflüssigkeit (WF) | .32** | .22* | .29** | | | |
| 4 Δ Wissen (WI) | .10 | .17 | -.05 | -.01 | | |
| 5 Δ Hören (HÖ) | -.11 | .17 | -.03 | .10 | .81** | |
| 6 Δ Nahvisus (NV) | -.05 | .01 | .18 | -.06 | -.06 | .53** |
| 7 Δ Fernvisus (FV) | .00 | .07 | -.05 | .01 | .00 | .13 |

Anmerkung. * $p < .05$; ** $p < .01$. Die fettgedruckten Werte stellen Reliabilitätskoeffizienten der Veränderungsmaße dar, die sich auf die jeweilige Korrelation zwischen zwei Veränderungsmaße von Paralleltests bzw. konstruktverwandten Tests derselben Fähigkeit beziehen. Alle Veränderungsmaße waren derart kodiert, daß höhere Werte Veränderungen in positive Richtung, niedrigere Werte in negative Richtung darstellten.

Aufgrund der geringen Reliabilitäten der Veränderungsmaße für die drei kognitiven Fähigkeitskonstrukte Gedächtnis, Wissen und Wortflüssigkeit wurden für die statistische Überprüfung von Hypothesen 5a und 5b lediglich das Veränderungsmaß der Wahrnehmungsgeschwindigkeit als Repräsentant kognitiver Leistungsveränderung sowie die Veränderungsmaße des Nah- und Fernvisus und des Gehörs als Indikatoren sensorischer Leistungsveränderung herangezogen. Dieses Ausschlußkriterium entspricht einem äußerst konservativen Vorgehen, da die Berechnungen der Reliabilitätskoeffizienten für die kognitiven Veränderungsmaße nicht auf der Grundlage von Paralleltests erfolgte und die Koeffizienten deswegen die wahre Reliabilität der Veränderungsmaße unterschätzen.⁵⁷

Unter den Annahmen, (a) daß sich die Leistungen der Studienteilnehmer der vorliegenden Stichprobe im beobachteten Zeitraum verändert haben, (b) daß es genügend individuelle Unterschiede in den längsschnittlichen Leistungsveränderungen gegeben hat und (c) daß diese individuellen Unterschiede in der Leistungsveränderung im hohen Alter hauptsächlich auf

⁵⁷ Kontrollanalysen zeigten, daß sich die im Rahmen der Überprüfung von Hypothese 5 beobachteten Zusammenhangsmuster auch bei Integration der Fähigkeit Wortflüssigkeit in ihrer Struktur nicht wesentlich veränderten. Die Ergebnisse dieser Kontrollanalysen finden sich in Anhang E, Tabelle E3.1.

individuelle Unterschiede im Ausmaß an altersbedingtem Verlust zerebraler Funktionen zurückzuführen waren, wurden in bezug auf die Interkorrelationen der Veränderungsmaße positive Zusammenhänge zwischen Maßen kognitiver und sensorischer Leistungsveränderung erwartet. Im Gegensatz zu dieser Erwartung ist aus Tabelle 16 zu ersehen, daß die beobachteten Zusammenhänge zwischen den Veränderungsmaßen kognitiver und sensorischer Leistungsfähigkeit mit zwei Ausnahmen nicht signifikant waren.

Die beobachteten niedrigen Interkorrelationen zwischen den Veränderungsmaßen kognitiver Leistungsfähigkeit lassen sich am sparsamsten durch deren geringe Reliabilitäten erklären. Da jedoch die Reliabilitäten der sensorischen Veränderungsmaße zufriedenstellend waren, muß zumindest in diesem Fall angenommen werden, daß in der vorliegenden Stichprobe entweder nicht ausreichend große individuelle Unterschiede in der Leistungsveränderung in sensorischen Funktionen zu beobachten waren oder aber diese Veränderungen nicht in der Weise miteinander korrelieren, wie dies durch die neurobiologische Common Cause-Hypothese (siehe Abschnitt 2.1.3.2) nahegelegt wird.

5.2.2.2 Vorhersage durch frühere Status- und Veränderungsmaße sensorischer und kognitiver Leistungsfähigkeit (Hypothese 5a)

Im Rahmen von Hypothese 5a (S. 69) wurde angenommen, daß sich ein Teil der individuellen Unterschiede im Ausmaß an kognitiver Plastizität durch individuelle Unterschiede in längsschnittlich beobachteten kognitiven und sensorischen Leistungsveränderungen vorhersagen läßt. Demnach sollten Personen mit negativeren längsschnittlichen Leistungsveränderungen geringere Leistungsgewinne in der Trainingsstudie zeigen. Diese Hypothese fußt auf der Annahme, daß den individuellen Unterschieden in den beobachteten makro- und mikro-genetischen Veränderungen individuelle Unterschiede im Ausmaß an biologisch bedingter Alterung zerebraler Funktionen von Personen im hohen Alter zugrunde liegen.

Bei der statistischen Überprüfung standen zwei Fragen im Vordergrund: (a) Wie groß ist der Varianzanteil in den Plastizitätsmaßen, der bereits durch das Leistungsniveau zum ersten Meßzeitpunkt (T1) aufgeklärt werden kann, und (b) wie groß ist der Anteil an zusätzlicher, durch das 6.5 Jahre zurückliegende Ausgangsniveau der Probanden noch nicht erklärter Varianz in den Plastizitätsmaßen, der mit interindividuellen Unterschieden in der längsschnittlichen über 6.4 Jahren beobachteten Leistungsveränderung verbunden ist.

Zur Untersuchung dieser Fragen wurden mehrere hierarchische Regressionsanalysen für die Gedächtnisleistungen im Prätest I, II und Posttest sowie für die Leistungszuwächse I und II durchgeführt. Hierbei wurden in einem ersten Schritt zunächst die früheren Statusmaße berücksichtigt, und anschließend in einem zweiten Schritt die jeweiligen Veränderungsmaße. Die in den Tabellen 17 und 18 angegebenen Werte an zusätzlich aufgeklärter Varianz geben folglich an, wieviel zusätzliche, durch die früheren Statusmaße noch nicht erklärte Varianz die Maße kognitiver bzw. sensorischer Leistungsveränderung in den Gedächtnisleistungen vorhersagen konnten. Es sei darauf hingewiesen, daß ein solches Verfahren der Verwendung von residualisierten Veränderungsmaßen gleichkommt, das heißt von Veränderungsmaßen, bei denen für individuelle Unterschiede in den Ausgangsleistungen kontrolliert wird (siehe Abschnitt 4.4.1). Dieses Verfahren wurde in zwei getrennten Analysen auf das Maß der Wahrnehmungsgeschwindigkeit sowie die drei Maße der Sensorik angewendet.

Die Ergebnisse in Tabelle 17 und 18 zeigen, daß das frühere Leistungsniveau, das bei den Studienteilnehmern zu Beginn der Berliner Altersstudie (1990–1993) beobachtet wurde, sowohl für Maße sensorischer als auch kognitiver Leistungsfähigkeit bereits einen großen Varianzanteil in den mehr als 6.5 Jahre später gemessenen Gedächtnisleistungen nach Instruktion in und Training mit der Methode der Orte aufklären konnte. So klärten frühere Statusmaße kognitiver (Wahrnehmungsgeschwindigkeit) und sensorischer Leistungsfähigkeit beide jeweils 18 % der Varianz in den Gedächtnisleistungen nach Instruktion in der Methode der Orte, und 15 % bzw. 17 % der Varianz in den Gedächtnisleistungen nach dem Training auf. Den Kontrollanalysen im Anhang E3 ist zu entnehmen, daß ein ähnliches Muster zu beobachten ist, wenn statt der Wahrnehmungsgeschwindigkeit die drei anderen kognitiven Fähigkeiten als Prädiktoren kognitiver Plastizität berücksichtigt werden.

Die Analysen der Varianzanteile, die allein auf individuelle Unterschiede in längsschnittlicher Leistungsveränderung zurückzuführen waren, machen deutlich, daß die Maße *längsschnittlicher sensorischer Leistungsveränderung* während der 6.5 Jahre der Untersuchung keine signifikanten, zusätzlichen Varianzanteile in den Gedächtnisleistungen vor und nach Instruktion in und Training mit der Methode der Orte sowie in den Leistungszuwächsen I und II aufklären konnten.

Tabelle 17

Die Vorhersage (Kovarianzanteile) kognitiver Plastizität durch frühere Status- und längsschnittliche Veränderungsmaße der Wahrnehmungsgeschwindigkeit

| R^2 | Prätest I | Prätest II | Posttest | Zuwachs I | Zuwachs II |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| Leistungsniveau Geschwindigkeit zu T1 | <u>19.23</u> | <u>17.62</u> | <u>14.98</u> | 1.51 | 0.00 |
| Zusätzlich aufgeklärte Varianz: Δ Geschwindigkeit | 0.27 | <u>9.51</u> | <u>9.30</u> | <u>12.57</u> | 0.32 |

Anmerkung. Angegeben ist die aufgeklärte Varianz (%) (Quadrat der Korrelation x 100). Das Leistungsniveau zum ersten Meßzeitpunkt von BASE (T1) wurde im ersten Schritt eingegeben, die längsschnittliche Leistungsveränderung von dem ersten zu dem vierten Meßzeitpunkt von BASE im zweiten Schritt. Zuwachs I und II sowie das Veränderungsmaß stellen Differenzwerte dar. Unterstrichene Werte sind signifikant von Null verschieden ($p < .05$).

Tabelle 18

Die Vorhersage (Kovarianzanteile) kognitiver Plastizität durch frühere Status- und längsschnittliche Veränderungsmaße sensorischer Leistungsfähigkeit

| R^2 | Prätest I | Prätest II | Posttest | Zuwachs I | Zuwachs II |
|---|-----------|--------------|--------------|--------------|------------|
| Leistungsniveau Sensorik zu T1 | 6.85 | <u>18.01</u> | <u>17.26</u> | <u>10.09</u> | 7.67 |
| Zusätzlich aufgeklärte Varianz: Δ Sensorik | 3.43 | 5.87 | 4.23 | 1.97 | 0.52 |

Anmerkung. Angegeben ist die aufgeklärte Varianz (%) (Quadrat der Korrelation x 100). Das Leistungsniveau zum ersten Meßzeitpunkt von BASE (T1) wurde im ersten Schritt eingegeben, die längsschnittliche Leistungsveränderung von dem ersten zu dem vierten Meßzeitpunkt von BASE im zweiten Schritt. Zuwachs I und II sowie das Veränderungsmaß stellen Differenzwerte dar. Unterstrichene Werte sind signifikant von Null verschieden ($p < .05$).

Im Vergleich zu den Maßen sensorischer Leistungsveränderung ließen sich erwartungsgemäß für die *Maße längsschnittlicher Veränderung in der Wahrnehmungsgeschwindigkeit* signifikante Zusammenhänge zu den Plastizitätsmaßen nachweisen. So klärten individuelle Unterschiede in der Leistungsveränderung 10 % zusätzliche, durch frühere Statusmaße noch nicht erklärte Varianz in den Gedächtnisleistungen im Prätest II, 9 % in den Gedächtnisleistungen im Posttest sowie 13 % in dem instruktionsbedingten Leistungszuwachs (Zuwachs I) auf (siehe Tab. 17).⁵⁸

Tabelle 17 und Abbildung 11 machen auf einen weiteren Befund aufmerksam: Die früheren Statusmaße konnten 19 % der Varianz in den Ausgangsleistungen zu Beginn der Trainingsstudie, im Prätest I aufklären. Maße der längsschnittlichen Leistungsveränderung in der Wahrnehmungsgeschwindigkeit hingegen hatten für die Vorhersage der Ausgangsleistungen der Hochbetagten keine Bedeutung. Umgekehrt konnten die früheren Statusmaße keinen signifikanten Beitrag bei der Vorhersage individueller Unterschiede in dem Ausmaß an instruktionsbedingtem Leistungszuwachs (Zuwachs I) liefern. In diesem Fall konnte jedoch die Hinzunahme längsschnittlicher Veränderungsmaße 13 % zusätzliche Varianz in dem Veränderungsmaß der Plastizität als Leistungszuwachs erklären. Die Veränderungsmaße gewannen demnach als Prädiktoren in dem Maße an Bedeutung, in dem Lernen stattgefunden hatte, das heißt nach Instruktion in und Training mit der Gedächtnistechnik.⁵⁹

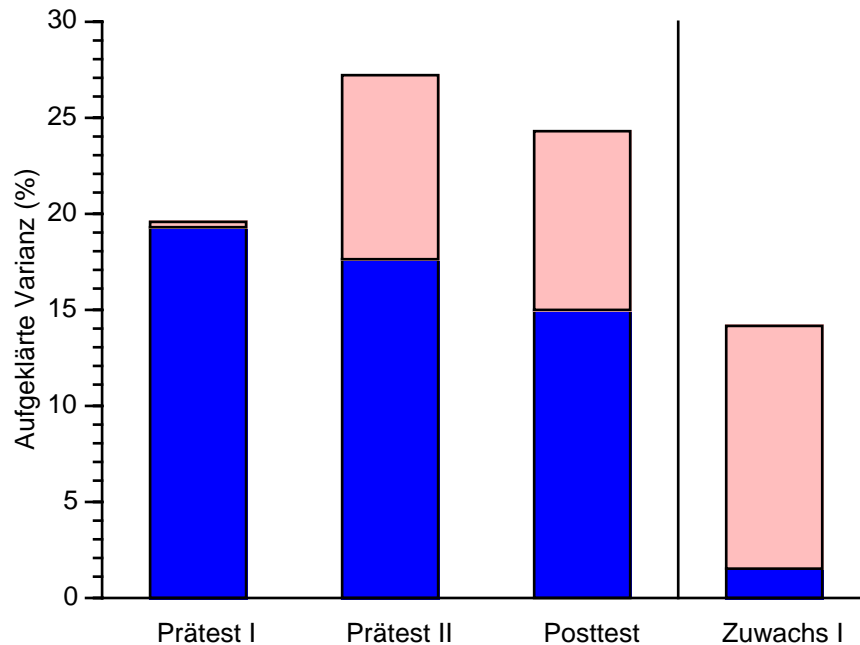
Konsistent mit allen vorherigen korrelativen Analysen konnten auch in diesen Analysen keine signifikanten Zusammenhänge zwischen individuellen Unterschieden in der längsschnittlichen Leistungsveränderung in kognitiven sowie sensorischen Funktionen und dem *trainingsbedingten* Leistungszuwachs (Zuwachs II) beobachtet werden.

⁵⁸ Wenn man die gleichen Analysen mit den drei anderen Fähigkeitskonstrukten gemacht hätte, so wären dies jeweils in der Reihenfolge der Fähigkeiten Wortflüssigkeit, Wissen und Gedächtnis jeweils zusätzlich aufgeklärte Varianzanteile von 17 %, 5 % und 8 % für den Prätest II, 16 %, 5 % und 6 % für den Posttest und 5 %, 1 % und 0 % für den instruktionsbedingten Leistungszuwachs. Die Ergebnisse sind den Kontrollanalysen in Anhang E3, Tabellen E3.1 bis E3.8 zu entnehmen.

⁵⁹ Um Mißverständnisse zu vermeiden, soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß ein solches Ergebnis nicht bedeutet, daß individuelle Unterschiede in der kognitiven Plastizität *am besten* durch frühere Status- und längsschnittliche Veränderungsmaße in der Wahrnehmungsgeschwindigkeit prädiziert werden können. Die berichteten Analysen zur Überprüfung des Zusammenhangs zwischen makro- und mikro-genetischer Leistungsveränderungen wurden in der vorliegenden Studie für die kognitiven Variablen auf die Maße der Wahrnehmungsgeschwindigkeit beschränkt, da die drei anderen kognitiven längsschnittlichen Veränderungsmaße keine befriedigenden Reliabilitäten zeigten. Weitere Analysen machen jedoch deutlich, daß bei Berücksichtigung der vier kognitiven Fähigkeiten Wahrnehmungsgeschwindigkeit, Gedächtnis, Wortflüssigkeit und Wissen der frühere Leistungsstatus in diesen vier Variablen (zu T1) zusammengekommen einen größeren Anteil an Varianz in den Posttestleistungen aufklären konnte (39 %), als der frühere Leistungsstatus und die längsschnittliche Leistungsveränderung in der Wahrnehmungsgeschwindigkeit zusammen (24 %).

Abbildung 11

Das Gewicht von früheren Status- und Veränderungsmaßen der Wahrnehmungsgeschwindigkeit für die Vorhersage der Gedächtnisleistungen vor und nach Instruktion in und Training mit der Methode der Orte sowie des instruktionsbedingten Leistungszuwachs



Anmerkung. Der dunkle Abschnitt der Balken stellt den Varianzanteil in den Gedächtnisleistungen sowie in dem instruktionsbedingten Leistungszuwachs (Zuwachs I = Prätest II – Prätest I) dar, der durch das *frühere Leistungsniveau* in der Wahrnehmungsgeschwindigkeit zum ersten Meßzeitpunkt der Berliner Altersstudie (T1) aufgeklärt werden konnte. Die aufgeklärten Varianzanteile waren außer für den Zuwachs I signifikant von Null verschieden ($p < .05$). Der helle Abschnitt der Balken bildet den Varianzanteil ab, der *zusätzlich* durch Maße anschließender 6.5jähriger *längsschnittlicher Leistungsveränderung* in der Wahrnehmungsgeschwindigkeit aufgeklärt werden konnte. Die spezifischen Vorhersageanteile differentieller längsschnittlicher Leistungsveränderung waren außer für die Ausgangsleistungen im Prätest I signifikant von Null verschieden ($p < .05$).

5.2.2.3 Vorhersage durch aktuelle Status- und Veränderungsmaße sensorischer und kognitiver Leistungsfähigkeit (Hypothese 5b)

Im Gegensatz zum vorangegangenen Abschnitt steht im folgenden Abschnitt die Frage nach dem Gewicht von Maßen *aktueller* Leistungsfähigkeit im Vergleich zu vorausgegangener längsschnittlicher Leistungsveränderung für die Vorhersage kognitiver Plastizität im hohen Alter im Vordergrund.

Im Rahmen von Hypothese 5b (S. 69) wurde die Erwartung ausgedrückt, daß Maße kognitiver und sensorischer Leistungsveränderung zusätzliche, durch die aktuellen kognitiven und sensorischen Statusmaße noch nicht erklärte Varianz in den Plastizitätsmaßen aufklären können. Diese Hypothese beruht auf der Annahme, daß sowohl das Niveau wie die längsschnittliche Veränderung wesentliche Informationen enthalten. So sind Maße längsschnittlicher Leistungsveränderung in einer Stichprobe von Personen im hohen Alter besonders sensible Indikatoren für den biologisch bedingten Alterungsprozeß und enthalten daher Informationen, die eng mit individuellen Unterschieden im Ausmaß an beobachteter Plastizität verbunden sind und durch Maße des aktuellen Leistungsniveaus allein nicht vollständig erfaßt werden.

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden, wie auch im Rahmen von Hypothese 5a, mehrere hierarchische Regressionsanalysen berechnet. Hier wurden jedoch in einem ersten Schritt nicht die lebenszeitlich früheren (1990–1993), sondern die aktuellen Statusmaße (1997–1998) der Studienteilnehmer in die Analysen eingegeben, und in einem zweiten Schritt erst die jeweiligen Veränderungsmaße. Tabelle 19 und 20 enthalten die Ergebnisse der hierarchischen Regressionsanalysen getrennt für die Prädiktoren sensorischer (Nah- und Fernvisus, Gehör) und kognitiver Leistungsfähigkeit (Wahrnehmungsgeschwindigkeit).

Die Ergebnisse in Tabelle 19 und 20 machen deutlich, daß sich keine starken Hinweise auf die *zusätzlich* prädiktive Wirkung von Veränderungsmaßen nach Berücksichtigung des *aktuellen* Leistungsniveaus aufzeigen ließen: Mit zwei Ausnahmen konnten weder Maße kognitiver noch Maße sensorischer Leistungsveränderung signifikante zusätzliche Varianzanteile in den Gedächtnisleistungen vor und nach Instruktion in und Training mit der Gedächtnistechnik sowie den entsprechenden Leistungszuwächsen aufklären. Genauere Betrachtung im Falle des Zusammenhangs zwischen sensorischen Maßen und den Posttestleistungen ergibt, daß die drei Maße sensorischer Leistungsveränderung zusammengenommen zwar einen signifi-

kanten Varianzanteil von 7 % zusätzlicher Varianz in den Posttestleistungen aufklären konnten, dieses Ergebnis jedoch mit Vorsicht zu interpretieren ist, da es auf β -Gewichten mit zum Teil erwartungswidrigen Vorzeichen beruht.⁶⁰ Auch hinsichtlich des Veränderungsmaßes der Wahrnehmungsgeschwindigkeit läßt sich der signifikante zusätzliche Varianzanteil von 6 % in den Ausgangsleistungen im Prätest I nur schwer interpretieren, da entsprechend der in Hypothese 5b ausgedrückten Erwartungen ein konsistentes Ergebnismuster in erster Linie signifikante Eigenvarianzanteile in den *Plastizitätsmaßen* hätte aufzeigen müssen. Die Kontrollanalysen in Anhang E3 (Tabellen E3.1 bis E3.8) machten zudem deutlich, daß die analogen Analysen mit den drei anderen kognitiven Fähigkeiten Wortflüssigkeit, Wissen und Gedächtnis zu vergleichbaren Ergebnissen führten. Auch hier ließ sich mit einer Ausnahme keine zusätzliche prädiktive Wirkung von Veränderungsmaßen nach Berücksichtigung des aktuellen Leistungsniveaus in den Plastizitätsmaßen aufzeigen.

Aufgrund der insgesamt reduzierten Zusammenhänge zwischen Maßen sensorischer Leistungsveränderung und den Gedächtnisleistungen war der beobachtete Befund für Maße der Sensorik nicht unerwartet und vermutlich darauf zurückzuführen, daß innerhalb des Beobachtungszeitraums nicht genügend individuelle Unterschiede in der Veränderung sensorischer Funktionen beobachtet werden konnten. Für das Veränderungsmaß der Wahrnehmungsgeschwindigkeit hingegen konnten signifikante Zusammenhänge zwischen längsschnittlicher Veränderung und den Plastizitätsmaßen beobachtet werden (vgl. Tab. 15).

Die Ergebnisse weisen daher tendenziell darauf hin, daß zumindest in den Maßen längsschnittlicher Veränderung in der Wahrnehmungsgeschwindigkeit keine Informationen enthalten waren, die nicht auch durch die aktuellen Statusmaße erfaßt werden konnten. Von einer diagnostischen Perspektive aus gesehen sind die vorliegenden Befunde mit der Annahme vereinbar, daß bei einer Gegenüberstellung makrogenetischer Veränderungs- und aktueller Statusmaße bei der vorliegenden Studie Informationen über den aktuellen Leistungsstatus ausreichen, um individuelle Unterschiede in kognitiver Plastizität vorherzusagen.

⁶⁰ So hatten die β -Gewichte für die Maße der Leistungsveränderung im Hören und im Fernvisus im Gegensatz zu den Erwartungen negative Vorzeichen. Maße der Leistungsveränderung in dem Nahvisus allein konnten nur noch 5 % zusätzliche Varianz in den Posttestleistungen aufklären (siehe auch Tab. 15).

Tabelle 19

Die Vorhersage (Kovarianzanteile) kognitiver Plastizität durch aktuelle Status- und längsschnittliche Veränderungsmaße der Wahrnehmungsgeschwindigkeit

| R^2 | Prätest I | Prätest II | Posttest | Zuwachs I | Zuwachs II |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| Leistungsniveau Geschwindigkeit zu T4 | <u>13.57</u> | <u>27.01</u> | <u>24.25</u> | <u>10.46</u> | 0.20 |
| Zusätzlich aufgeklärte Varianz: Δ Geschwindigkeit | <u>5.93</u> | 0.13 | 0.03 | 3.63 | 0.13 |

Anmerkung. Angegeben ist die aufgeklärte Varianz (%) (Quadrat der Korrelation x 100). Das Leistungsniveau zum vierten Meßzeitpunkt von BASE (T4) wurde im ersten Schritt eingegeben, die längsschnittliche Leistungsveränderung von dem ersten zu dem vierten Meßzeitpunkt von BASE im zweiten Schritt. Zuwachs I und II sowie das Veränderungsmaß stellen Differenzwerte dar. Unterstrichene Werte sind signifikant von Null verschieden ($p < .05$).

Tabelle 20

Die Vorhersage (Kovarianzanteile) kognitiver Plastizität durch aktuelle Status- und längsschnittliche Veränderungsmaße sensorischer Leistungsfähigkeit

| R^2 | Prätest I | Prätest II | Posttest | Zuwachs I | Zuwachs II |
|---|-------------|--------------|--------------|-----------|------------|
| Leistungsniveau Sensorik zu T4 | <u>9.41</u> | <u>19.07</u> | <u>14.11</u> | 7.70 | 2.88 |
| Zusätzlich aufgeklärte Varianz: Δ Sensorik | 0.88 | 4.81 | <u>7.38</u> | 4.36 | 5.31 |

Anmerkung. Angegeben ist die aufgeklärte Varianz (%) (Quadrat der Korrelation x 100). Das Leistungsniveau zum vierten Meßzeitpunkt von BASE (T4) wurde im ersten Schritt eingegeben, die längsschnittliche Leistungsveränderung von dem ersten zu dem vierten Meßzeitpunkt von BASE im zweiten Schritt. Zuwachs I und II sowie das Veränderungsmaß stellen Differenzwerte dar. Unterstrichene Werte sind signifikant von Null verschieden ($p < .05$).

5.2.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Überblick waren die dargestellten Befunde mehrheitlich konsistent mit der Grundannahme, daß individuelle Unterschiede in kognitiver Plastizität im hohen Alter in erster Linie durch biologische und weniger durch kulturelle Faktoren bestimmt werden.

So zeigten die Maße des aktuellen sensorischen Funktionsstatus, dessen altersbedingter Rückgang zu einem großen Teil neuronaler Natur ist, im Vergleich zu soziostrukturell-biographischen Variablen signifikant stärkere Beziehungen zu den Gedächtnisleistungen nach einem Training mit der Methode der Orte sowie zu dem instruktionsbedingten Leistungszuwachs (Zuwachs I; Hypothese 4a). Unter den eher biologisch bestimmten Korrelaten klärten hierbei erwartungsgemäß die konstrukt-nahen Prädiktoren kognitiver Leistungsfähigkeit im Vergleich zu den konstrukt-fernen Maßen sensorischer Leistungsfähigkeit einen größeren Anteil an Varianz in den Plastizitätsmaßen auf. So konnten beispielsweise die soziostrukturell-biographischen Variablen lediglich 1 % der Varianz, die Maße sensorischer Leistungsfähigkeit 14 % und Maße kognitiver Leistungsfähigkeit 44 % der Varianz in den Posttestleistungen aufklären.

Innerhalb des Intelligenzbereichs waren im Einklang mit der Hypothese einer Dedifferenzierung der Fähigkeitsstruktur im hohen Alter alle vier kognitiven Fähigkeitskonstrukte (Gedächtnis, Geschwindigkeit, Wortflüssigkeit, Wissen) eng mit den Leistungen vor und nach einem Training mit der Methode der Orte verknüpft, wobei die Gedächtnisfähigkeit erwartungsgemäß die höchsten Zusammenhänge zu den Ausgangsleistungen zeigte. Weiterhin wiesen entsprechend den Erwartungen von Hypothese 4c Maße der Wahrnehmungsgeschwindigkeit als prototypischer Indikator der vor allem biologisch determinierten Mechanik der Intelligenz im Vergleich zu Maßen des eher kulturell determinierten Fähigkeitskonstrukts des Wissens stärkere Zusammenhänge zu individuellen Unterschieden im Ausmaß an instruktionsbedingten Leistungsgewinnen auf.

Die Erwartungen hinsichtlich der Veränderung der Prädiktionsmuster im Laufe der Trainingsstudie konnten mehrheitlich bestätigt werden (Hypothesen 4b, 4d): So zeigte sich hypothesenkonform, daß die soziostrukturell-biographischen Variablen sowie die pragmatisch-kristalline Fähigkeit Wissen im Laufe der Trainingsstudie zunehmend an Bedeutung verloren. Umgekehrt gewann die Wahrnehmungsgeschwindigkeit als besonders valider Indikator biologisch determinierter Alterungsprozesse nach Instruktion in der Gedächtnistechnik an

Vorhersagekraft. Der erwartete Anstieg an Vorhersagekraft der sensorischen Maße ließ sich hingegen statistisch nicht absichern; die Befunde wiesen allerdings in die erwartete Richtung.

Zusätzliche Evidenz für die Annahme, daß individuelle Unterschiede in kognitiver Plastizität in erster Linie durch den Grad der biologisch bedingten Alterung des Gehirns bestimmt werden, konnte durch die Analyse längsschnittlicher Leistungsveränderungen in Maßen der Wahrnehmungsgeschwindigkeit aufgezeigt werden. Maße längsschnittlicher Leistungsveränderung in der Wahrnehmungsgeschwindigkeit hatten im Gegensatz zu früheren Statusmaßen (dem Leistungsniveau der Probanden vor durchschnittlich 6.5 Jahren) für die Vorhersage des *zu Beginn* der Trainingsstudie beobachteten Leistungsniveaus der Hochbetagten noch keine Bedeutung. Dieselben längsschnittlichen Veränderungsmaße konnten jedoch 13 % zusätzliche Varianz in der *instruktionsbedingten Leistungsveränderung* (Zuwachs I) erklären, während umgekehrt die früheren Statusmaße keine Bedeutung für die Vorhersage individueller Unterschiede in diesem Veränderungsmaß hatten. Individuelle Unterschiede in den 6.5jährigen längsschnittlichen Leistungsveränderungen scheinen demnach in dem Maße an Bedeutung gewonnen zu haben, in dem die experimentellen Bedingungen lernbezogene (mikrogenetische) Faktoren zum Vorschein bringen. Insofern konnte daher die Annahme bestätigt werden, daß individuelle Unterschiede in kognitiver Plastizität durch individuelle Unterschiede in längsschnittlich beobachteter Leistungsveränderung in Indikatoren des biologischen Systems vorhergesagt werden können (Hypothese 5a). Dieser Befund ist auch konsistent mit der Investmenttheorie über das Zusammenspiel von kognitiver Mechanik und Pragmatik. Der erwartete positive Zusammenhang zwischen Veränderungsmaßen sensorischer Leistungsfähigkeit und Maßen der kognitiven Plastizität konnte hingegen statistisch nicht abgesichert werden.

Die Annahme, daß längsschnittliche Veränderungsmaße zusätzliche, durch *aktuelle* Statusmaße noch nicht erklärte Varianz in den Plastizitätsmaßen aufklären können, ließ sich nicht eindeutig bestätigen (Hypothese 5b). Nach Berücksichtigung von Maßen aktueller Leistungsfähigkeit trugen Veränderungsmaße sensorischer und kognitiver Leistungsfähigkeit abgesehen von einer nicht eindeutig interpretierbaren Ausnahme nicht zusätzlich zur Vorhersage der Gedächtnisplastizität bei.

Schließlich konnten über alle Analysen hinweg keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den berücksichtigten Prädiktoren kognitiver Plastizität und dem *trainingsbedingten* Leistungszuwachs (Zuwachs II) beobachtet werden. So lag die mittlere Korrelation zwischen

den Prädiktoren und dem Leistungszuwachs zwischen Prätest II und Posttest bei $r = .00$ (vgl. Tab. 10). Dies stützt die weiter oben geäußerte Interpretation nach der die Teilnehmer größtenteils nicht in der Lage waren, die Gedächtnistechnik auf höherem Niveau zu erlernen und im Laufe des Trainings weiter zu verbessern. Der trainingsbedingte Leistungszuwachs enthielt also relativ wenig plastizitätsbezogene Varianz.