

Kognitive Leistungsfähigkeit im hohen Alter: Erste Ergebnisse aus der Berliner Altersstudie¹

Ulman Lindenberger und Paul B. Baltes

Max Planck Institut für Bildungsforschung, Berlin

Schlüsselwörter: Gerontologie, kognitives Altern, Berliner Altersstudie, Theorie der fluid-kristallinen Intelligenz (Gf-Gc)

Zusammenfassung: Berichtet werden Daten aus der Berliner Altersstudie, die eine umfassende Erfassung der psychometrischen Intelligenz bei Hochbetagten sowie eine erste Erkundung interdisziplinärer Zusammenhänge ermöglichen. Die Stichprobe ist nach Alter und Geschlecht geschichtet und umfaßt 516 Menschen im Alter von 70 bis 103 Jahren. Zur Anwendung kamen 14 kognitive Tests, die faktorenanalytisch je einer von fünf Fähigkeiten zugeordnet werden konnten: **Denkfähigkeit, Wahrnehmungsgeschwindigkeit, Gedächtnis, Wissen und Wortflüssigkeit.** Bei der Interpretation der im folgenden zusammengefaßten Hauptergebnisse ist zu berücksichtigen, daß es sich um querschnittliche Daten handelt und somit keine Aussagen über intraindividuelle Verläufe getroffen werden können. (1) Alle fünf Fähigkeiten zeigten lineare Abnahmen der Leistungshöhe mit dem Alter, deren Ausmaß über den gesamten Altersbereich im Durchschnitt ca. 1.8 Standardabweichungen entsprach. Die Abnahme war im mechanisch-fluiden (z.B. Wahrnehmungsgeschwindigkeit, $r = -.59$) stärker ausgeprägt als im pragmatisch-kristallinen Bereich (z.B. Wissen, $r = -.41$). (2) Die Fähigkeiten waren hoch und positiv miteinander korreliert. Dieser Befund ist mit der Theorie der Dedifferenzierung oder Neointegration der Intelligenz im Alter konsistent. (3) Die in bisherigen Altersstudien dokumentierte interindividuelle Variabilität setzt sich bis ins hohe Alter fort. Geschlechtsunterschiede waren von geringer Größe. (4) Lebensverlaufsbezogene soziokulturelle Einflüsse (wie zum Beispiel Bildung und soziale Schicht) hatten einen geringeren Vorhersagewert für interindividuelle Unterschiede in der intellektuellen Leistungsfähigkeit als biologisch-medizinische Indikatoren. Die erstaunlich hohe, alterskorrelierte Vorhersagekraft sensorischer (Sehschärfe, Hörvermögen) und sensomotorischer (Gleichgewicht/Haltung) Maße weist

¹ Die vorliegende Arbeit ist im Rahmen der multidisziplinären Berliner Altersstudie (BASE) entstanden. BASE wird von der Arbeitsgruppe „Altern und gesellschaftliche Entwicklung“ (AGE) der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften in Zusammenarbeit mit Instituten und Forschergruppen der Freien Universität Berlin und des Virchow-Klinikums der Humboldt-Universität zu Berlin sowie dem Max-Planck-Institut für Bildungsforschung durchgeführt. Sie wird nach früheren Finanzierungen durch das Bundesministerium für Forschung und Technik gegenwärtig insbesondere durch das Ministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ) gefördert. Die Arbeitsgruppe „Altern und gesellschaftliche Entwicklung“ konstituierte sich 1987 im Rahmen der früheren Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

Wir danken unseren jetzigen und früheren Kollegen in der Berliner Altersstudie für ihre Kooperation, insbesondere Markus Borchelt, Reinhold Kliegl, Michael Marsiske, Ulrich Mayr, Friedel Reischies, Jacqui Smith und Ursula Staudinger. Ferner danken wir für kritische Kommentare Georg Rudinger und zwei anonymen Gutachtern.

darauf hin, daß gehirnbezogene Determinanten eine herausragende Bedeutung für die Intelligenz im Alter besitzen. Weitere Befunde stützen im Sinne divergenter externer Validität die Annahme, daß pragmatisch-kristalline Fähigkeiten auch im Alter höher mit soziostrukturell-biographischen Merkmalen zusammenhängen als dies für mechanisch-fluide Fähigkeiten der Fall ist.

Cognitive Abilities in Old Age: First Results From the Berlin Aging Study

Key words: Gerontology, cognitive aging, Berlin Aging Study, fluid-crystallized intelligence

Summary: This study reports data on intellectual functioning in old and very old age from the Berlin Aging Study (N = 516; age range = 70-103 years; mean age = 85 years). A psychometric battery of 14 tests was used to assess five cognitive abilities: reasoning, memory, and perceptual speed from the broad fluid-mechanical as well as knowledge and fluency from the broad crystallized-pragmatic domains. Cognitive abilities had a negative linear relationship with age, with more pronounced age-based reductions in fluid-mechanical than crystallized-pragmatic abilities. At the same time, ability intercorrelations formed a highly positive manifold, and did not follow the fluid-crystallized distinction. Interindividual variability was of about equal magnitude across the entire age range studied. There was, however, no evidence for substantial sex differences. As to origins of individual differences, indicators of sensory and sensorimotor functioning were more powerful predictors of intellectual functioning than cultural-biographical variables, and the two sets of predictors were, consistent with theoretical expectations, differentially related to measures of fluid-mechanical (perceptual speed) and crystallized pragmatic (knowledge) functioning. Results, in general indicative of sizeable and general losses with age, are consistent with the view that aging-induced biological influences are a prominent source of individual differences in intellectual functioning in old and very old age. Longitudinal follow-ups are underway to examine the role of cohort effects, selective mortality, and interindividual differences in change trajectories.

1 Einführung

Die vorliegende Untersuchung berichtet Daten aus der Intensiverhebung der Berliner Altersstudie (Baltes, Mayer, Helmchen & Steinhagen-Thiessen, 1993, im Druck). Die Berliner Altersstudie ist eine umfassende Untersuchung einer Stichprobe alter und sehr alter Menschen aus der Stadt Berlin (West). Da die Arbeit an der Berliner Altersstudie vor der Vereinigung Deutschlands begann, war die Datenerhebung auf das Stadtgebiet West-Berlins beschränkt. Die besonderen Merkmale der Studie sind unter anderem (vgl. Baltes et al., 1993, im Druck): (1) **Heterogenität** der Teilnehmer durch Ziehung einer großen Stichprobe aus dem Landeseinwohnermeldeamt; (2) ein Schwerpunkt auf dem **hohen** Alter; (3) **Interdisziplinarität** auf breiter Basis durch in 14 Sitzungen erhobene, umfangreiche Datensätze. Mit einer Altersspanne von 70 bis 103 Jahren und einem Altersdurchschnitt von 85 Jah-

ren bringt die hier untersuchte Stichprobe von 516 Personen einen Ausschnitt der Lebensspanne zur Geltung, über den man vergleichsweise wenig weiß. Daraus ergibt sich die Pflicht zur Deskription sowie die Möglichkeit, die Gültigkeit bestehender Theorien und Annahmen für das hohe Alter zu überprüfen.

Die folgenden Abschnitte dienen zunächst der Einführung in die psychometrische Forschungstradition zur Intelligenzentwicklung im Erwachsenenalter (Baltes, 1984; Cattell, 1971; Horn, 1982; Lindenberger & Baltes, 1994a), an der sich die vorliegende Untersuchung in erster Linie orientiert. Nach einem historischen Rückblick und einer Diskussion der Vor- und Nachteile unterschiedlicher Erhebungspläne beschäftigen wir uns mit der psychometrisch orientierten Unterscheidung zwischen **fluiden** und **kristallinen** Intelligenz (Cattell, 1971; Horn, 1982) sowie mit der entsprechenden Unterscheidung zwischen der wissensfreien **Mechanik** und der wissensbasierten **Pragmatik** der Kognition (Baltes, 1990, 1993).

Der anschließende Bericht über die Auswertung des Datensatzes erfolgt in drei Schritten: (1) Quantifizierung der Altersgradienten, (2) strukturelle Analyse des Raums kognitiver Fähigkeiten und (3) Exploration intersystemischer Beziehungen zwischen Intelligenz und Außenkriterien (soziostrukturell-biographische vs. biologisch-medizinische Merkmale). Die Ergebnisse der Auswertungen erlauben eine erste Antwort auf die Frage, in welchem Maße die Unterscheidung zwischen mechanisch-fluiden und pragmatisch-kristallinen Fähigkeiten auch im hohen Alter eine tragfähige Basis für die Interpretation intelligenzbezogener individueller Unterschiede abgibt. Diskutiert wird ferner, ob die bisherige Konzentration der empirischen Forschung auf das „junge“ Alter zu einer Überbetonung der Kontinuität individueller Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit über den Lebenslauf geführt haben könnte.

1.1 Altersgradienten psychometrischer Intelligenz im Erwachsenenalter

In der Nachfolge früher Arbeiten zur Entwicklung der Intelligenz über die Lebensspanne von Galton, Quetelet und Tetens (vgl. Baltes, 1979; Dixon & Baltes, 1986; Reinert, 1979; Riegel, 1958, 1959) sowie auf der Grundlage der zu Beginn dieses Jahrhunderts entwickelten Intelligenztests wurden in der 20er und 30er Jahren die ersten altersvergleichenden, querschnittlichen Untersuchungen zur Intelligenzentwicklung im Erwachsenenalter durchgeführt. Ein typisches Beispiel ist eine amerikanische Studie von Jones und Conrad (1933), die einen während des ersten Weltkriegs zur Testung von Rekruten verwandten Test, den „Army Alpha“, 600 Personen im Alter von 19 bis 60 Jahren zur Bearbeitung vorlegten. Es ergaben sich negative Altersgradienten für Tests wie „Zahlenfolgen“ und „Verbale Analogien“. Hingegen veränderten sich die Leistungen auf Tests wie „Grundrechnen“ und „Generelles Wissen“ mit dem Alter kaum.

Die Existenz fähigkeitsabhängiger Unterschiede in kognitiven Altersgradienten (siehe auch Hollingworth, 1927) fand mit der Entwicklung des Intelligenztests für Erwachsene von Wechsler eine weitere Bestätigung (Wechsler, 1955, 1982). Die Tests des WAIS oder HAWIE werden gemeinhin einer von zwei Kategorien zugeordnet, dem Handlungs- und dem Verbalteil. Die durchschnittlichen Leistungen im

Handlungsteil nehmen mit dem Alter ab, die Leistungen im Verbalteil weisen jedoch, zumindest im Altersbereich zwischen 25 und 70 Jahren, keinen starken Zusammenhang zum Alter auf (Botwinick, 1967; Matarazzo, 1976; Rudinger, 1987).

Die von K. Warner Schaie im Jahre 1956 begonnene und noch immer andauernde Seattle Longitudinal Study bietet den wohl umfassendsten Datensatz zur Frage der Altersgradienten kognitiver Fähigkeiten im Erwachsenenalter (Schaie, 1983, im Druck). Seit 1956 haben Schaie und seine Mitarbeiter die PMA Testbatterie zur Erfassung kognitiver Fähigkeiten (Thurstone & Thurstone, 1949) in siebenjährigen Abständen an längsschnittlich und querschnittlich zusammengestellten Stichproben unterschiedlichen Alters erhoben. Dies geschah simultan – im Sinne eines Kohortensequenzdesigns – für aufeinanderfolgende Geburtskohorten (Generationen). Die beobachteten Altersunterschiede und Altersverläufe bestätigten, präzisierten und erweiterten das bereits mit dem Army Alpha und dem WAIS identifizierte Muster: Die durchschnittlichen Werte auf den Fähigkeiten Verbales Wissen und Grundrechnen erreichten im mittleren Erwachsenenalter ihren Höhepunkt und zeigten bis zum Alter von 70 Jahren keinen wesentlichen Rückgang. Hingegen ließen die durchschnittlichen Leistungen auf den Fähigkeiten Wahrnehmungsgeschwindigkeit, Induktives Denken, Räumliche Orientierung und Verbales Gedächtnis früher im Lebensverlauf und stärker nach.

Dieses gleichzeitige Vorhandensein von Stabilität und Rückgang ließ sich aufgrund des längsschnittlichen Charakters eines Teils der Daten auch intraindividuell nachweisen, so zum Beispiel durch die Bestimmung von Hazardraten im Rahmen von Ereignisanalysen (Schaie, 1989a). Dabei zeigte sich zum Beispiel, daß zwischen dem 74. und dem 81. Lebensjahr die knappe Hälfte (47.3%) der untersuchten Personen in mindestens zwei der fünf untersuchten Fähigkeiten Leistungsrückgänge aufwies (Schaie, 1990).

1.2 Querschnitt versus Längsschnitt: Konvergenz der Ergebnisse im Erwachsenenalter

In der psychometrisch orientierten Forschung zur Intelligenzentwicklung über die Lebensspanne wurden methodische Fragen und Probleme, die sich aus der Verwendung unterschiedlicher Erhebungspläne (wie zum Beispiel Querschnitts- versus Längsschnittdesign) ergeben, kontrovers diskutiert (Baltes & Schaie, 1976; Horn & Donaldson, 1976). Diese Diskussion hat zu einem besseren Verständnis der Stärken und Schwächen der jeweiligen Erhebungspläne sowie zu tragfähigeren Verallgemeinerungen geführt (Collins & Horn, 1991; Knopf & Neidhardt, 1995; Kliegl & Baltes, 1987; Kruse, Lindenberger & Baltes, 1993; Oswald, 1988; Rudinger & Wood, 1990; Weinert, 1992).

Informationen über Altersgradienten in kognitiven Fähigkeiten stammen zumeist aus Untersuchungen, deren Erhebungsplan als Querschnitt, Längsschnitt oder als eine spezifische Kombination von Quer- und Längsschnitt klassifiziert werden kann (z.B. das Kohortensequenzdesign; vgl. Baltes, Reese, & Nesselroade, 1988; Baltes, 1968; Schaie, 1965). Der Querschnitt erfaßt Leistungen von Personen unterschiedlichen Alters zum gleichen Zeitpunkt und bringt zusätzlich zu altersbedingten und

periodenabhängigen auch generationsbedingte Unterschiede zum Ausdruck. Der Längsschnitt erfaßt dieselben Personen über die Zeit und stellt somit den einzigen Erhebungsplan dar, an dem sich interindividuelle Unterschiede in intraindividuellen Veränderungen direkt beobachten lassen (Nesselrode, 1991). Im Vergleich zu Querschnittsuntersuchungen weist der Längsschnitt aber den Nachteil auf, daß die Verallgemeinerbarkeit der beobachteten durchschnittlichen Altersveränderungen durch Übungseffekte und selektiven Stichprobenausfall erschwert wird (vgl. Siegler & Botwinick, 1979). Außerdem vernachlässigt er in seiner am häufigsten anzutreffenden Ausprägung als Einzelkohorten-Längsschnitt das Problem der Kohortenspezifität von Altersgradienten.

Somit enthalten, was die Beschreibung durchschnittlicher altersbedingter Veränderungen in kognitiven Fähigkeiten anbelangt, querschnittliche und längsschnittliche Erhebungspläne jeweils unterschiedliche Fehlerquellen. Untersuchungen, die beide Pläne kombinieren (insbesondere die Seattle Longitudinal Study; vgl. Schaie, 1983, im Druck) ermöglichen drei verschiedene altersbezogene Vergleiche: querschnittliche Vergleiche, längsschnittliche Vergleiche sowie Altersvergleiche an **unabhängigen** Stichproben desselben Geburtsjahrgangs. Reanalysen der Seattle Longitudinal Study haben gezeigt, daß sich – zumindest im Erwachsenenalter – für querschnittliche Vergleiche und für Altersvergleiche an unabhängigen Stichproben desselben Geburtsjahrgangs nach Berücksichtigung von Periodeneffekten nahezu identische Altersgradienten in kognitiven Fähigkeiten ergaben (Salthouse, 1991; vgl. Schaie, 1983, im Druck). Hingegen zeigten längsschnittliche Daten eine länger andauernde Phase der Stabilität, so daß negative Alterstrends weniger stark ausgeprägt waren. Vermutlich ist diese Diskrepanz zumindest teilweise auf Übungseffekte sowie auf selektiven Stichprobenausfall zurückzuführen.

Das Ergebnis dieser Vergleiche macht deutlich, daß der Querschnitt dem Längsschnitt nicht von vornherein unterlegen ist, wenn das Ziel der Untersuchung in der Identifikation **durchschnittlicher** Verläufe besteht. Vielmehr müssen in beiden Fällen mögliche Fehlerquellen identifiziert und in ihrer Bedeutung eingeschätzt (d.h. nach Möglichkeit quantifiziert) werden. Stehen interindividuelle Unterschiede in intraindividuellen Veränderungen im Vordergrund der Untersuchung, so bleibt der Längsschnitt in seinen verschiedenen Ausprägungen allerdings die Methode der Wahl.

1.3 Ontogenetische Modelle der Intelligenzentwicklung: Die Wirksamkeit von Biologie und Kultur

Die seit langem bekannte Unterscheidung zwischen altersstabilen und altersbezogen abnehmenden Fähigkeiten (Botwinick, 1967; Hollingworth, 1927; Jones & Conrad, 1933) steht im Mittelpunkt von Theorien der Intelligenzentwicklung, die biologische und kulturelle Dimensionen der Intelligenz zueinander in Beziehung setzen und gegeneinander abgrenzen (Klix, 1993; Staudinger & Baltes, 1994). Die wohl bekannteste Vertreterin dieser Theoriengruppe ist die Theorie der fluiden und kristallinen Intelligenz (Gf-Gc Theorie) nach Cattell und Horn (Cattell, 1971; Horn, 1982; vgl. auch die Unterscheidung von „intellectual power“ und „intellectual products“ bei Hebb, 1949).

Baltes und seine Mitarbeiter haben die in erster Linie auf psychometrische Methodik und Theorie beschränkte Gf-Gc Theorie durch kognitions- und evolutionspsychologische Überlegungen und Ansätze erweitert (Baltes, 1990, 1993; Baltes, Dittmann-Kohli, & Dixon, 1984; Lindenberger & Baltes, 1994a; Staudinger & Baltes, 1995). In Analogie zur Gf-Gc Unterscheidung wird die fluide Mechanik der Kognition der kristallinen Pragmatik gegenübergestellt. Die Mechanik der Kognition verweist auf die durch die biologische Evolution vorgeprägte Architektur unseres Gehirns, während in der Pragmatik die durch die kulturell-historische Evolution tradierten Wissenskörper zum Ausdruck kommen. Dementsprechend bezeichnen mechanisch-fluide Fähigkeiten in erster Linie das Ausmaß, in dem Personen in der Lage sind, neuartige Probleme zu lösen, Informationen zu strukturieren und schnell zu erfassen, Irrelevantes zu ignorieren sowie Aufmerksamkeit zielgerichtet einzusetzen. Im Gegensatz hierzu beziehen sich Fähigkeiten im pragmatisch-kristallinen Bereich in erster Linie auf individuelle Unterschiede im Gebrauch von kulturell relevantem Wissen (z.B. Wortschatz, Grundrechnen). Im Laufe des Lebens investieren Personen ihre „Mechanik“ in diverse Wissensbereiche und eignen sich auf diese Weise Fähigkeiten an, die dem pragmatisch-kristallinen Bereich zugeordnet sind.

Die Trennung zwischen Mechanik und Pragmatik der Intelligenz ist aber notwendigerweise unvollkommen, und dementsprechend ist das Verhältnis zwischen mechanisch-fluiden und pragmatisch-kristallinen Fähigkeiten nicht symmetrisch. Insbesondere ist die Verwendung von Wissen auf Speicher- und Abrufprozesse angewiesen, die der Mechanik zugerechnet werden müssen. Somit stellt sich die Frage, ob die Diskrepanz in den Altersgängen mechanisch-fluider und pragmatisch-kristalliner Fähigkeiten im Alter erhalten bleibt oder ob der biologische Alterungsprozess eine Nivellierung des Unterschieds zwischen den beiden Fähigkeitsbereichen zur Folge hat. Diese Frage soll in der vorliegenden Untersuchung auf drei verschiedenen Ebenen bearbeitet werden:

(1) Unterscheiden sich die Altersgänge mechanisch-fluider und pragmatisch-kristalliner Fähigkeiten auch im Alter, oder gleichen sich die Altersgradienten einander an?

(2) Bietet die Interkorrelationsstruktur der kognitiven Fähigkeiten Hinweise für die Unterscheidung zwischen Mechanik und Pragmatik, oder sind die Interkorrelationen zwischen mechanisch-fluiden und pragmatisch-kristallinen Fähigkeiten nicht wesentlich niedriger als die Interkorrelation innerhalb der beiden Fähigkeitsbereiche?

(3) Gibt es im Sinne divergenter Validität Hinweise dafür, daß pragmatisch-kristalline Fähigkeiten auch im Alter höher mit soziostrukturell-biographischen Merkmalen zusammenhängen als mechanisch-fluide Fähigkeiten? Und läßt sich für Korrelate, die den biologischen Status des Gehirns stärker zum Ausdruck bringen, das Umgekehrte feststellen?

Die gemeinsame Betrachtung der Antworten auf diese drei Fragen sollte Aufschluß darüber geben, ob und in welchem Ausmaß die Unterscheidung zwischen mechanisch-fluiden und pragmatisch-kristallinen Fähigkeiten im Alter erhalten bleibt oder an Gültigkeit verliert. Eine Konvergenz oder Dedifferenzierung der Fähigkeitsstruktur (Lienert & Crott, 1964; Reinert, 1970) könnte zum Beispiel darauf hindeuten, daß biologisch determinierte Alternseinbußen in der Mechanik der Ko-

gnition den Spielraum wissensbasierter (d.h. pragmatisch-kristalliner) Fähigkeiten zunehmend einschränken.

1.4 Korrelate der Intelligenz im Alter: Quellen prädiktiver Kontinuität versus Diskontinuität

Individuelle Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit im Alter werden oft als das kumulative Ergebnis der Lebensgeschichte und der in ihr wirksam gewordenen soziostrukturellen und biographischen Faktoren wie Bildung, soziale Schicht, Einkommen und Genetik angesehen (Hertzog & Schaie, 1986, 1988). Dies hat zu einer Betonung der Kontinuität individueller Unterschiede in kognitiven Fähigkeiten über den Lebenslauf geführt, derzufolge die im mittleren Lebensalter vorherrschenden individuellen Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit auch im Alter weitgehend erhalten bleiben. Bisherige empirische Untersuchungen stützen diese Annahme. So berichten Hertzog und Schaie (1988) für Stichproben mit einem Durchschnittsalter zwischen 25 und 67 Jahren zum Zeitpunkt der ersten Messung meßfehlerbereinigte Stabilitätskoeffizienten zwischen .89 und .96 über Zeitspannen von jeweils sieben Jahren. Ähnliche Ergebnisse wurden von Rudinger und Rietz (1995) für die Bonner Längsschnittstudie (BOLSA) berichtet.

Dieses Bild einer Kontinuität in der Vorhersage interindividueller Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit könnte im Alter durch ein Bild prädiktiver Diskontinuität abgelöst werden, und zwar in dem Maße, in dem neue, mit früheren Einflußquellen unkorrelierte Faktoren an Bedeutung gewinnen (Baltes & Lindenberger, 1995; Lindenberger & Baltes, 1994b). Dabei ist zunächst an dementielle Syndrome zu denken, die eine neue, stark alterskorrelierte Einflußquelle darstellen (Helmchen, M. Baltes, Geiselman, Kanowski, Linden, Reischies, Wagner & Wilms, im Druck). Darüber hinaus könnten aber auch die physiologischen und anatomischen Veränderungen des normalen (nichtpathologischen) Alterungsprozesses zu einer partiellen Neuordnung individueller Unterschiede im Alter führen. Der zur Bearbeitung dieser Frage erforderliche Vergleich lebensverlaufsbezogener und altersspezifischer Faktoren ist trotz des querschnittlichen Charakters der Berliner Altersstudie möglich, da vor allem im soziologischen Teil des Erhebungsprotokolls (Mayer & Wagner, im Druck) eine große Anzahl von Informationen zur Lebensgeschichte erhoben wurde.

Hinsichtlich der Relevanz biologisch-medizinischer Faktoren hat sich in früheren Analysen bereits gezeigt, daß interindividuelle Unterschiede in der Sensorik im Alter in einem äußerst engen, altersbedingten Zusammenhang zur kognitiven Leistungsfähigkeit stehen (Lindenberger & Baltes, 1994b) und daß dieser Zusammenhang im Alter wesentlich enger als in früheren Lebensphasen des Erwachsenenalters ist (Baltes & Lindenberger, 1995).

1.5 Fragestellungen der empirischen Untersuchung

Auf der Grundlage der oben angeführten Überlegungen ergeben sich zwei komplementäre Fragenkomplexe:

(1) **Deskription kognitiver Fähigkeiten im Alter.** Über den Altersgang, die Variabilität und die Struktur kognitiver Fähigkeiten im Altersbereich von 70 bis 103 Jahren ist bislang nur wenig bekannt (vgl. Salthouse, 1991). Aus diesem Grund besteht eine erste Aufgabe der hier dargestellten Analysen von Daten aus der Berliner Altersstudie in der deskriptiven Darstellung kognitiver Fähigkeiten. Zu fragen ist hier zunächst nach den querschnittlichen Altersgradienten kognitiver Fähigkeiten sowie nach dem Fortbestand der interindividuellen Variabilität kognitiver Leistungen im hohen Alter. Von besonderem Interesse ist die Frage, ob sich der bis ins frühe Alter postulierte und auch empirisch recht gut belegte Unterschied im Altersgang mechanisch-fluiden und pragmatisch-kristalliner Fähigkeiten bis ins hohe Alter fortsetzt.

(2) **Determinanten kognitiver Leistungsfähigkeit im Alter.** Das multidisziplinäre Erhebungsprotokoll der Berliner Altersstudie gestattet es, interindividuelle Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit mit soziostrukturell-biographischen und biologisch-medizinischen Merkmalen der Person in Beziehung zu setzen. Vor dem Hintergrund der Kontinuitätsproblematik ist dies von besonderem Interesse, da diese beiden Merkmalskomplexe als systematisch verschiedene Determinanten kognitiver Leistungsfähigkeit im Alter angesehen werden können. Die soziostrukturell-biographischen, kontinuierkeitsfördernden Merkmale sollten sich als weitgehend altersunabhängig erweisen, wobei zu untersuchen ist, ob ihre relative Bedeutung im untersuchten Altersbereich zunimmt, abnimmt oder konstant bleibt. Die biologisch-medizinischen Merkmale hingegen sollten sich als gute Prädiktoren des Rückgangs der kognitiven Leistungsfähigkeit mit dem Alter erweisen.

2 Stichprobe

Die Ausgangsstichprobe ($N = 1908$) der Berliner Altersstudie beruht auf einer Zufallsziehung von Adressen des Einwohnermeldeamts von Berlin (West). Die hier berichteten Daten der Intensiverhebungs-Stichprobe beziehen sich auf alle Personen, die das Intensivprotokoll der Berliner Altersstudie vollständig durchlaufen haben ($N = 516$; **Altersrange** = 70-103 Jahre; **Altersdurchschnitt** = 84.9 Jahre ; **SD** = 8.66). Die Intensiverhebungs-Stichprobe ist nach Alter und Geschlecht geschichtet, so daß sich in sechs Altersgruppen (70-74, 75-79, 80-84, 85-89, 90-94 und 95+ Jahre) jeweils 43 Männer und 43 Frauen befinden (siehe auch Baltes et al., im Druck; Nuthmann & Wahl, im Druck).

Ein besonderes Kennzeichen der Berliner Altersstudie besteht darin, daß bereits auf niedrigeren „Teilnahmeebenen“ als der des Intensivprotokolls untersuchungsrelevante Personenmerkmale erfaßt wurden, die zur Analyse der Stichprobenselektivität genutzt werden können (Lindenberger et al., im Druck). Die Ergebnisse der entsprechenden Analysen deuten darauf hin, daß die Intensiverhebungs-Stichprobe generell positiv selektiert ist, so zum Beispiel in Bezug auf die Anzahl medizinischer Diagnosen, Activities of Daily Living, sensorische Fähigkeiten, kognitive Leistungsfähigkeit, Bildung, Größe des sozialen Netzwerks und Persönlichkeitsdimensionen (z.B. Offenheit). Das Ausmaß dieser Selektivitätseffekte überschritt jedoch

bei keinem der Konstrukte eine halbe Standardabweichung (Lindenberger, Gilberg, Pötter, Little & Baltes, im Druck). Ferner boten die Selektivitätsanalysen keine starken Anhaltspunkte dafür, daß sich Zusammenhangsmuster und Variabilität der erfaßten Merkmale über die Teilnahmeebenen hinweg wesentlich verändern. Dies stützt die Annahme, daß die Generalisierbarkeit von Aussagen über strukturelle Merkmalszusammenhänge, die einen Schwerpunkt der im folgenden berichteten Analysen ausmachen, durch die beobachtete Stichprobenselektivität nicht wesentlich beeinträchtigt wird.

Von den untersuchten 516 erhielten 109 Personen eine klinische Demenzdiagnose nach DSM-IIIR (siehe auch Helmchen et al., im Druck). Diese Diagnose wurde von einem Psychiater im Rahmen eines klinischen Interviews ohne Wissen der kognitionspsychologischen und neuropsychologischen Testergebnisse gestellt. Sofern nicht ausdrücklich anders vermerkt, schließen die hier berichteten Ergebnisse Personen mit Demenzdiagnose ein (N = 516). Eine ausführliche Analyse der Unterschiede in den Fähigkeitsprofilen von Personen mit und ohne Demenzdiagnose findet sich in Reischies und Lindenberger (im Druck).

3 Methode

3.1 Kognitive Meßbatterie

Individuelle Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit wurden mit einer in der Tradition der psychometrischen Intelligenzforschung (Carroll, 1993) stehenden Testbatterie erfaßt (vgl. Lindenberger, Mayr & Kliegl, 1993; Lindenberger & Baltes, 1994b). Die Batterie bestand aus 14 kognitiven Tests, die jeweils einer von fünf verschiedenen kognitiven Fähigkeiten zugeordnet sind: (a) **Denkfähigkeit** – das Ausmaß des logischen Denkvermögens – mit den Tests „Figurale Analogien“, „Buchstabenfolgen“, „Praktische Probleme“; (b) **Gedächtnis** oder Merkfähigkeit – die Fähigkeit, sich neue Informationen einzuprägen und sich an sie zu erinnern – mit den Tests „Aufgaben erinnern“, „Geschichte erinnern“ und „Paarverbindungslernen“; (c) **Wahrnehmungsgeschwindigkeit** – die Schnelligkeit beim Ausführen relativ einfacher Vergleichsoperationen – mit den Tests „Gleiche Bilder“, „Zahlen-Buchstaben-Test“ und „Zahlensymboltest“; (d) **Wissen** – der Umfang und die Qualität sprachlichen Wissens – mit den Tests „Wortschatz“, „Praktisches Wissen“ und „Wörter finden“; und (e) **Wortflüssigkeit** – die Fähigkeit, möglichst viele Wörter einer Kategorie in einem begrenzten Zeitraum zu nennen – mit den Tests „Tiere nennen“ sowie „Wortanfang mit ‘S’“.

Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Tests sowie statistische Kennwerte zu Reliabilität und Validität liegen bereits vor (Lindenberger, Mayr & Kliegl, 1993; Reischies & Lindenberger, im Druck). Die internen Konsistenzen und Inter-Rater-Übereinstimmungen für den untersuchten Altersbereich sind ohne Ausnahme gut (siehe Tabelle 1).

Tab. 1 Interne Konsistenz, Reliabilität und Faktorladungen der kognitiven Tests

Faktor		α	r	τ_c	β
Denkfähigkeit	Figurale Analogien	.90	–	–	.76
	Buchstabenfolgen	.86	–	–	.80
	Praktische Probleme	.84	–	–	.81
Gedächtnis	Paarverbindungslernen	.87	.99	.94	.72
	Aufgaben erinnern	.61	.91	.80	.82
	Geschichte erinnern ^a	.57	.96	.86	.65
Wahrnehmungsgeschwindigkeit	Gleiche Bilder ^b	.90	–	–	.89
	Zahlen-Buchstaben-Test	.96	1.0	1.0	.91
	Zahlensymboltest ^c	–	1.0	.99	.92
Wissen	Wörter finden ^d	.92	–	–	.66
	Wortschatz ^e	.82	.96	.85	.82
	Praktisches Wissen	.82	.95	.84	.88
Wortflüssigkeit	Wortanfang mit „S“	–	.99	.94	.77
	Tiere nennen	–	.99	.94	.87

Anmerkung. Die folgenden Indices wurden verwandt: Cronbachs Alpha als Maß der internen Skalenkonsistenz (α); Pearsons r und Stuarts Tau- c als Maße der Inter-Rater-Reliabilität (r und τ_c); die Ladungen der Tests in einer konfirmatorischen Faktorenanalyse mit fünf interkorrelierten Faktoren erster Ordnung (β).

^a nach Engel & Satzger, 1989; ^b nach Educational Testing Service, 1976; ^c nach Wechsler, 1955; ^d nach Lehrl, 1977; ^e nach Wechsler, 1982

Die fünf erfaßten Fähigkeiten decken ein weites Spektrum kognitiver Leistungen ab und ermöglichen die Bestimmung eines sogenannten Generalfaktors der Intelligenz im Alter (fortan als allgemeine intellektuelle oder kognitive Leistungsfähigkeit bezeichnet; vgl. Lindenberger & Baltes, 1994b). Dabei sind, im Sinne der Gegenüberstellung von Mechanik und Pragmatik (Baltes, 1990, 1993) bzw. fluider und kristalliner Intelligenz (Cattell, 1971; Horn, 1982), die Fähigkeiten Wissen und Wortflüssigkeit als eher wissensbasiert oder pragmatisch-kristallin zu bezeichnen, während die drei anderen Fähigkeiten – insbesondere Wahrnehmungsgeschwindigkeit, aber auch Denkvermögen und Gedächtnis – als eher wissensfrei oder mechanisch-fluid anzusehen sind.

Die Testung wurde mit einem Computer durchgeführt, der mit einem berührungsempfindlichen Bildschirm ausgerüstet war (Macintosh SE/30 mit MicroTouch Systems Touchscreen). Bei den Tests zur Erfassung von Denkvermögen und Wissen waren die Items nach der Schwierigkeit aufsteigend geordnet, und der Test wurde beendet, wenn der Studienteilnehmer hintereinander eine gewisse Anzahl von falschen Antworten gegeben hatte (drei bei Figurale Analogien, Buchstabenfolgen, Praktische Probleme, Praktisches Wissen und Wörter finden; fünf bei Wortschatz).¹

¹ Der relative Schwierigkeitsgrad der Items und das angemessene Kriterium der Testbeendigung waren in einer Voruntersuchung an einer unabhängigen Stichprobe ermittelt worden ($N = 99$; Altersbereich = 63-88 Jahre; vgl. Lindenberger, Mayr, & Kliegl, 1990).

schen Alltagskompetenz und psychometrischer Intelligenz haben ergeben, daß diese Annahme zumindest im Alter nicht zuzutreffen scheint (Willis, 1991; Willis, Jay, Diehl, & Marsiske, 1992; Altersdurchschnitt der untersuchten Stichprobe zum zweiten Meßzeitpunkt: 77 Jahre). Wegen der weit verbreiteten Skepsis gegenüber der ökologischen Validität psychometrischer Intelligenztestwerte haben auch wir die Beziehung zwischen Testleistung und Alltagskompetenz in der hier untersuchten Stichprobe alter und sehr alter Personen überprüft. Es wurden zwei Ebenen der Alltagskompetenz im Alter unterschieden (siehe M. Baltes, Mayr, Borchelt, Maas, Wilms, 1993; M. Baltes, Maas, Wilms & Borchelt, im Druck): (a) die **Basiskompetenz**, die sich auf das Ausmaß der Selbständigkeit bei der Ausführung einfacher Tätigkeiten wie Waschen, Kochen und Aufstehen bezieht (den Activities of Daily Living; siehe auch Steinhagen-Thiessen & Borchelt, im Druck); (b) die **erweiterte Alltagskompetenz**, die auch komplexere Verhaltensabläufe einschließt und unter anderem mit dem „Yesterday-Interview“ (M. Baltes et al., im Druck) erfaßt wurde.

Die fünf kognitiven Fähigkeiten erklärten 36.5% der individuellen Unterschiede (Varianz) in der Basiskompetenz des Alltagslebens und 44.7% der individuellen Unterschiede in der erweiterten Alltagskompetenz. Die Beziehung zur erweiterten Kompetenz war signifikant stärker als die Beziehung zur Basiskompetenz ($N = 516$; $z = 2.34$; $p < .01$).¹ Die Vorhersagekraft der kognitiven Fähigkeitsmaße für die Alltagskompetenz ließ sich nur zum Teil darauf zurückführen, daß beide Bereiche mit dem Alter korrelieren, da sich 28% der gemeinsamen Varianz von kognitiver Leistungsfähigkeit und Basiskompetenz sowie 40% der gemeinsamen Varianz von kognitiver Leistungsfähigkeit und erweiterter Alltagskompetenz als altersunabhängig erwiesen. Das kausale Beziehungsmuster dieser doch recht bedeutsamen Zusammenhänge kann wegen der korrelativen Natur der Daten allerdings nicht eindeutig bestimmt werden, und reziproke Effekte zwischen den beiden Bereichen sind durchaus denkbar.

Die von Willis und ihren Mitarbeitern vorgelegten Befunde sind somit in der vorliegenden Untersuchung für den bislang nicht erfaßten Altersbereich von 70 bis 103 Jahren bestätigt worden. Die in standardisierten psychometrischen Verfahren erfaßten individuellen Unterschiede in der Intelligenz standen in einem relativ engen Zusammenhang mit individuellen Unterschieden in der kompetenten Bewältigung des Alltags.

4 Ergebnisse

4.1 Kognitive Fähigkeiten im Alter: Deskription

Wie aus Abbildung 1 ersichtlich ist, ließen sich auf allen fünf erfaßten kognitiven Fähigkeiten negative Korrelationen zwischen der Leistungshöhe und dem Alter der Studienteilnehmer nachweisen: Ältere Personen erzielten im Durchschnitt niedrigere Ergebnisse (siehe auch Abschnitt 4.1.1).

¹ Unterschiede zwischen Korrelationen innerhalb einer Stichprobe wurden mit Hilfe der in Meng, Rosenthal, & Rubin (1992) enthaltenen Formeln auf Signifikanz getestet.

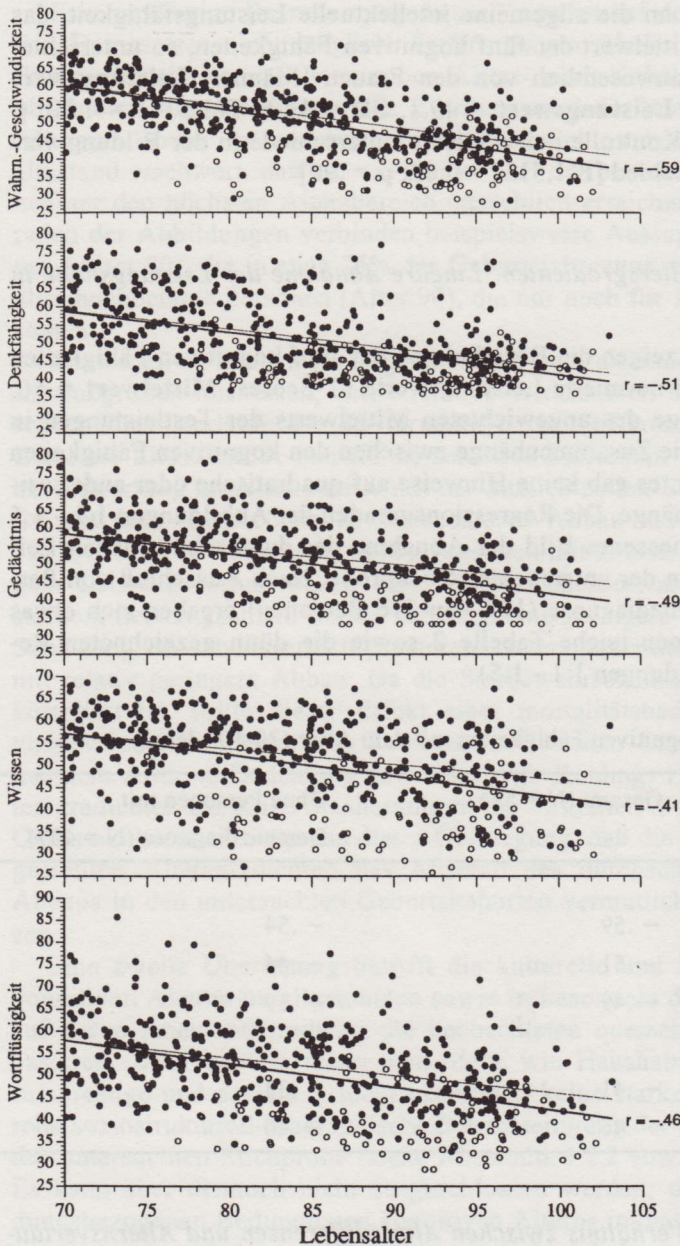


Abb. 1 Die Beziehung der fünf kognitiven Fähigkeiten zum Alter. Studienteilnehmer ohne Demenzdiagnose sind durch gefüllte, Studienteilnehmer mit Demenzdiagnose durch offene Kreise dargestellt. Die dicker eingezeichnete Regressionsgerade sowie die Korrelation beziehen sich auf die Gesamtstichprobe. Die dünner eingezeichnete Regressionsgerade zeigt den Zusammenhang zum Alter nach Ausschluß von Personen mit Demenzdiagnose (vgl. Reischies & Lindenberger, im Druck).

Jedoch war gleichzeitig über den gesamten untersuchten Altersbereich hinweg ein großes Ausmaß an interindividueller Variabilität in den kognitiven Leistungen erkennbar. Eine ähnliche Befundlage kennen wir aus Studien zu jüngeren Alten. Neu an diesen Ergebnissen ist unter anderem der Nachweis, daß das hohe Alter, zumindest bei einer querschnittlichen Betrachtungsweise, nicht mit einer generellen Abnahme der interindividuellen Variabilität in der kognitiven Leistungsfähigkeit

verbunden ist. Betrachtet man die allgemeine intellektuelle Leistungsfähigkeit, das heißt den ungewichteten Mittelwert der fünf kognitiven Fähigkeiten, so unterscheiden sich die Männer nur unwesentlich von den Frauen [Männer: **Leistungswert** = 50.9, **SD** = 9.3; Frauen: **Leistungswert** = 49.1, **SD** = 10.6; $F(1,514) = 4.10$; $p = .043$]. Nach statistischer Kontrolle individueller Unterschiede in der Bildung verschwand auch dieser Unterschied [$F(1,513) = 0.02$; $p = .90$].

4.1.1 Durchschnittliche Altersgradienten: Lineare Abnahme der Leistungshöhe in allen fünf Fähigkeiten

Die Abbildungen 1.1 - 1.5 zeigen die Beziehungen der fünf kognitiven Fähigkeiten zum Alter. Dargestellt sind normierte Leistungswerte (T-Scores; **Mittelwert** = 50, **SD** = 10) auf der Grundlage des ungewichteten Mittelwerts der Testleistungen in der jeweiligen Fähigkeit. Die Zusammenhänge zwischen den kognitiven Fähigkeiten und dem Alter waren linear; es gab keine Hinweise auf quadratische oder anderweitig nichtlineare Zusammenhänge. Die Regressionsgeraden der Abbildungen 1.1 - 1.5 vermitteln somit ein angemessenes Bild der Abnahme der durchschnittlichen Leistungshöhe mit dem Alter in der untersuchten Stichprobe. Nach Ausschluß von Personen mit klinischer Demenzdiagnose (109 von 516 Personen) ergaben sich etwas niedrigere Alterskorrelationen (siehe Tabelle 2 sowie die dünn gezeichneten Regressionsgeraden der Abbildungen 1.1 - 1.5).

Tab. 2 Korrelationen der kognitiven Fähigkeiten mit dem Alter (70-103 Jahre)

	Gesamt (N = 516)	Ohne Personen mit Demenzdiagnose (N = 407)
Fluide Fähigkeiten		
Geschwindigkeit	– .59	– .54
Denkvermögen	– .51	– .44
Gedächtnis	– .49	– .39
Kristalline Fähigkeiten		
Wissen	– .41	– .33
Wortflüssigkeit	– .46	– .40

4.1.2 Exkurs: Über das Verhältnis zwischen Altersdifferenzen und Alternsverläufen im untersuchten Altersbereich

Die in den Abbildungen 1.1 - 1.5 dargestellten Altersgradienten sind bekanntlich nicht das Ergebnis von Verlaufsbeobachtungen, sondern basieren auf querschnittlichen „Momentaufnahmen“ unterschiedlicher Personen. Somit stellt sich die Frage, ob die beobachteten Altersdifferenzen dem **durchschnittlichen** Alternsverlauf im Altersbereich von 70 bis 103 Jahren entsprechen.

Eine eindeutige Beantwortung dieser Frage ist auf der Grundlage des vorliegenden Datensatzes nicht möglich. Erstens tragen, ähnlich wie bei querschnittlichen Stichproben jüngerer Alters, neben Alters- auch Kohortenunterschiede zu den beobachteten Altersgradienten bei. Zweitens wird die Interpretation querschnittlicher Altersgradienten im untersuchten Altersbereich in besonderem Maße durch den Umstand erschwert, daß nur ein kleiner Teil der beobachteten jüngeren Studienteilnehmer den höchsten Altersbereich tatsächlich erreichen wird. Die Regressionsgeraden der Abbildungen verbinden beispielsweise Aussagen über „jung-alte“ Personen (Alter 70), die in etwa 74% des Geburtsjahrgangs repräsentieren, mit Aussagen über hochbetagte Personen (Alter 90), die nur noch für 13% ihres Geburtsjahrgangs stehen.

Deswegen wollen wir im folgenden statt einer direkten Antwort lediglich auf drei Einflußgrößen hinweisen, deren relative Wirksamkeit bei der Abschätzung durchschnittlicher Verläufe auf der Grundlage von Differenzen zu berücksichtigen ist. Die erste Einflußgröße betrifft die selektive Mortalität. Es ist bekannt, daß die Lebenserwartung im Alter positiv mit der intellektuellen Leistungsfähigkeit und negativ mit dem längsschnittlich beobachteten Abbau korreliert (Rudinger & Rietz, 1995; Siegler & Botwinick, 1979): Personen mit hohem Leistungsniveau und geringem Leistungsverlust haben eine höhere Lebenserwartung. Personen mit relativ starkem Leistungsabbau weisen demnach eine geringere Wahrscheinlichkeit auf, zur Schätzung der lebenszeitlich „späteren“ Altersgradienten beizutragen als Personen mit relativ geringem Abbau. Da die Sterbewahrscheinlichkeit hoch mit dem Alter korreliert ist, sollte dieser Effekt einer mortalitätsbedingt reduzierten Beobachtungswahrscheinlichkeit von Personen mit starken Leistungseinbußen mit zunehmendem Alter an Bedeutung gewinnen (vgl. Keiding, 1991). Versteht man die Altersgradienten als eine Annäherung an die virtuellen Verläufe aller Mitglieder der Geburtskohorte, so folgt aus dieser Überlegung, daß die in Abbildung 1.1 - 1.5 dargestellten Altersgradienten das Ausmaß des durchschnittlichen altersbedingten Abbaus in den untersuchten Geburtskohorten vermutlich eher unter- als überschätzen.

Eine zweite Überlegung betrifft die kulturelle und historische Spezifität des kognitiven Alterns im allgemeinen sowie insbesondere derjenigen Geburtskohorten, auf deren Aneinanderreihung die beobachteten querschnittlichen Altersgradienten basieren. Zwar gab es, wenn man Maße wie Haushaltseinkommen, Bildung, Berufsprestige und soziale Schicht betrachtet, keine starken Hinweise auf eine generelle soziostrukturell-biographische Benachteiligung der älteren Geburtsjahrgänge in der untersuchten Stichprobe (siehe Abschnitt 4.2.2 sowie Spalte 3 von Tabelle 5). Es kann aber dennoch nicht ausgeschlossen werden, daß sich vor allem die bildungsbezogenen Bedingungen kognitiven Alterns im betrachteten historischen Zeitraum verbessert haben und die jüngeren Geburtskohorten altersfreundlicheren Lebenswelten ausgesetzt waren beziehungsweise ausgesetzt sind als die älteren. Im Gegensatz zur selektiven Mortalität würde diese Art von Kohorteneffekten dazu führen, daß die querschnittlichen Altersgradienten den altersbedingten Rückgang der kognitiven Leistungen überschätzen.

Eine dritte Überlegung bezieht sich auf den Kontext der kognitiven Leistungsmessung (Baltes & Kliegl, 1986; Kliegl, Smith, & Baltes, 1986). Altersverglei-

chende Untersuchungen zur Trainierbarkeit von Leistungen im Bereich der Mechanik der Intelligenz haben gezeigt, daß altersbedingte Leistungsrückgänge im Erwachsenenalter deutlicher zutage treten, wenn Personen an die Obergrenzen ihrer Leistungsfähigkeit herangeführt werden (Baltes & Kliegl, 1992; Kliegl, Smith, & Baltes, 1989). Somit ließe sich argumentieren, daß die negative Beziehung zwischen Alter und kognitiver Leistungsfähigkeit in der hier untersuchten Stichprobe vermutlich noch deutlicher ausgefallen wären, wenn statt einer standardisierten, auf einen Meßzeitpunkt beschränkten psychometrischen Leistungsmessung sogenannte „testing-the-limits“ Verfahren (Baltes & Kliegl, 1986; Kliegl & Baltes, 1991; Kliegl, Smith, & Baltes, 1986) zur Bestimmung der Obergrenzen der kognitiven Leistungsfähigkeit zur Anwendung gelangt wären.

Insgesamt weisen diese Überlegungen erneut darauf hin, daß zum besseren Verständnis des Verhältnisses von Altersdifferenzen zu Alternsverläufen Informationen zur relativen Häufigkeit unterschiedlicher **intraindividuellen Verlaufsformen** (linear, negativ beschleunigt, etc.) benötigt werden, die nur im Rahmen von längsschnittlichen und experimentell-interventiv angelegten Versuchsplänen gewonnen werden können (Kruse, Lindenberger, & Baltes, 1994; Lindenberger & Baltes, im Druck; Magnusson, Bergman, Rudinger, & Törestad, 1991).

4.1.3 Ausmaß der altersbedingten Leistungsabnahme: Gibt es Unterschiede zwischen den Fähigkeiten?

Die negative Beziehung der drei mechanisch-fluiden Fähigkeiten Denkfähigkeit, Wahrnehmungsgeschwindigkeit und Gedächtnis zum Alter war signifikant stärker ausgeprägt als die entsprechende Beziehung der Fähigkeiten Wissen und Wortflüssigkeit ($z = 4.98$; $p < .01$). Innerhalb der drei mechanisch-fluiden Fähigkeiten war die Korrelation zwischen Wahrnehmungsgeschwindigkeit und Alter ($r = -.59$) signifikant höher als die beiden anderen Korrelationen (Denkfähigkeit – Alter: $r = -.51$; Gedächtnis – Alter: $r = -.49$; $z = 3.60$; $p < .01$). Die beiden pragmatisch-kristallinen Fähigkeiten hingegen unterschieden sich in ihrer Beziehung zum Alter nicht (Wissen – Alter: $r = -.41$; Wortflüssigkeit – Alter: $r = -.46$; $z = 1.45$; $p > .10$). Ähnlich wie in früheren Untersuchungen mit jüngeren Stichproben weisen somit innerhalb des Meßraums kognitiver Fähigkeiten Maße der Wahrnehmungsgeschwindigkeit den stärksten altersbedingten Rückgang in der durchschnittlichen Leistungshöhe auf (siehe auch Lindenberger, Mayr & Kliegl, 1993; vgl. Hertzog, 1989; Nettelbeck & Rabbitt, 1992; Salthouse, 1994; Schaie, 1989b). Umgekehrt zeigt das Wissen als Markerfähigkeit des pragmatisch-kristallinen Fähigkeitsbereichs den geringsten Leistungsrückgang.

Die erste Frage zum Schicksal der Gf-Gc Theorie im Alter läßt sich demnach dahingehend beantworten, daß der bis zum siebten Lebensjahrzehnt gut belegte Unterschied im Altersgang mechanisch-fluider und pragmatisch-kristalliner Fähigkeiten erhalten bleibt, allerdings in deutlich abgeschwächter Form: Die **Unterschiedlichkeit in den Richtungen** der Altersgradienten, wie sie im mittleren Erwachsenenalter und teilweise bis zum 70. Lebensjahr in der Regel zu beobachten ist (gleichbleibend/abnehmend versus gleichbleibend/ansteigend), hat sich in unter-

schiedlich starke Ausprägungen **derselben** Richtung (Leistungsrückgang) gewandelt.

Die Existenz negativer Altersgradienten ließ sich sowohl bei Personen mit hoher als auch bei Personen mit niedrigerer kognitiver Leistungsfähigkeit nachweisen. So ergaben sich bei einer Aufteilung der Stichprobe in Personen mit über- und unterdurchschnittlicher kognitiver Leistungsfähigkeit keine Unterschiede im Ausmaß der linearen Abnahme der fünf Fähigkeiten mit dem Alter sowie in der Größe des Unterschieds in der Abnahme zwischen mechanisch-fluiden und pragmatisch-kristallinen Fähigkeiten.

4.1.4 Dedifferenzierung der Fähigkeitsstruktur im Alter

Die fünf kognitiven Fähigkeiten waren hoch und gleichmäßig miteinander korreliert (siehe Tabelle 3; Medianwert der Korrelation: $r = .71$; niedrigste Korrelation: $r = .63$; höchste Korrelation: $r = .73$). In einer exploratorischen Faktorenanalyse über die fünf kognitiven Fähigkeiten konnte der erste unrotierte Faktor 75.3% der Varianz auf sich vereinigen.

Im Vergleich zu diesen Werten wurden für frühere Phasen des Erwachsenenalters mit ähnlichen bzw. identischen Meßinstrumenten ohne Ausnahme wesentlich niedrigere Zusammenhänge beobachtet (Baltes & Lindenberger, 1995; vgl. Carroll, 1993). Bemerkenswert ist weiterhin, daß die Korrelationen **innerhalb** der mechanisch-fluiden und pragmatisch-kristallinen Fähigkeiten nicht höher ausfielen als die Korrelation **zwischen** den beiden Fähigkeitsbereichen (Median der Korrelation zwischen Denkfähigkeit, Gedächtnis und Wahrnehmungsgeschwindigkeit: $r = .71$; Korrelation zwischen Wissen und Wortflüssigkeit: $r = .70$; Median der Korrelationen zwischen den Fähigkeitsbereichen: $r = .70$). Das Fähigkeitsmuster oder die Fähigkeitsstruktur im engeren Sinne folgte also nicht der Unterscheidung zwischen fluider Mechanik und kristalliner Pragmatik. Vielmehr hatten die Höhe und die Homogenität der Interkorrelationen zur Folge, daß sich die gemeinsame Varianz der fünf Fähigkeiten mit einem einzigen Faktor angemessen darstellen ließ (siehe auch Smith & Baltes, im Druck).

Der Befund gleichförmiger und hoher Interkorrelationen zwischen den untersuchten kognitiven Fähigkeiten erweitert die Ergebnisse früherer Untersuchungen

Tab. 3 Interkorrelation der fünf kognitiven Fähigkeiten

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1) Geschwindigkeit	–	.72	.71	.71	.73
(2) Denkfähigkeit	.60	–	.64	.70	.63
(3) Gedächtnis	.60	.52	–	.66	.70
(4) Wissen	.64	.62	.58	–	.70
(5) Wortflüssigkeit	.64	.52	.61	.63	–

Anmerkung. $N = 516$. Über der Hauptdiagonalen sind die Interkorrelationen der Fähigkeiten dargestellt, unter der Hauptdiagonalen die Interkorrelationen ihrer altersbereinigten Residuen.

zur strukturellen Entwicklung der psychometrischen Intelligenz im Erwachsenenalter (Baltes, Cornelius, Spiro, Nesselroade, & Willis, 1980; Schaie, Willis, Jay & Chipuer, 1989) für den Bereich des hohen Alters und entspricht der sogenannten Dedifferenzierungs- bzw. Neointegrationshypothese der Intelligenz (Baltes et al., 1980; Lienert & Crott, 1964; Reinert, 1970). Allerdings ist zu bedenken, daß die Interkorrelation der Fähigkeiten auch deren relativ starker und gleichsinniger Beziehung zum Alter geschuldet sein könnte (i.S. der simultanen Überlagerungshypothese; vgl. Merz & Kalveram, 1965; Reinert, Baltes & Schmidt, 1966). Um diese Möglichkeit zu überprüfen, sind in Tabelle 3 auch die Interkorrelationen der altersbereinigten Residuen der fünf kognitiven Fähigkeiten aufgeführt. Es ergaben sich niedrigere, aber weiterhin hohe und homogene Interkorrelationen (Medianwert der Korrelation: $r = .61$; niedrigste Korrelation: $r = .52$; höchste Korrelation: $r = .64$). In einer exploratorischen Faktorenanalyse über die fünf kognitiven Fähigkeiten konnte der erste unrotierte Faktor 67.8 der Varianz, das sind 7.5% weniger als bei den nicht altersbereinigten Werten, auf sich vereinigen. Eine Zweiteilung des Korrelationsmusters im Sinne der Unterscheidung zwischen fluider Mechanik und pragmatisch-kristalliner Pragmatik war auch nach Beseitigung der altersbezogenen Varianz nicht zu erkennen.

Aus psychiatrischer und methodischer Sicht ließe sich der weitere Einwand erheben, die Anwesenheit von Personen mit klinischer Demenzdiagnose, die in allen fünf Fähigkeiten niedrige Leistungen aufweisen, treibe die Interkorrelationen der fünf Fähigkeiten in die Höhe. Aus diesem Grund wurden dieselben Analysen nach Ausschluß von Personen mit Demenzdiagnose noch einmal durchgeführt. Der Median der Interkorrelation der Fähigkeiten lag nun bei $r = .61$ für die alterskorrelierten Werte und bei $r = .54$ für die altersbereinigten Residuen. Die Beziehungen der fünf Fähigkeiten zum Alter sowie die Anwesenheit von Personen mit starken, vermutlich demenzbedingten kognitiven Einschränkungen in der Stichprobe leisteten also einen gewissen Beitrag zur Höhe der Interkorrelationen. Die hohe und homogene Interkorrelation der fünf Fähigkeiten kann aber keineswegs auf den Einfluß dieser Faktoren reduziert werden.

Folglich sind, im Vergleich zu früheren Lebenszeiten des Erwachsenenalters, die beobachteten individuellen Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit durch eine gewisse interindividuelle Nivellierung oder Homogenisierung der Fähigkeitsprofile gekennzeichnet. Insbesondere läßt sich in Bezug auf die zweite Frage der Differenzierung zwischen mechanisch-fluiden und pragmatisch-kristallinen Fähigkeiten im Alter festhalten, daß sich auf der Ebene der Faktorenstruktur kognitiver Fähigkeiten keine Hinweise für die Existenz getrennter mechanisch-fluider und pragmatisch-kristalliner Bereiche finden lassen (i. S. von Faktoren zweiter Ordnung). Zusätzlich zur weitgehenden, aber nicht vollständigen Angleichung der Altersgradienten kommt es somit zu einer Konvergenz interindividueller Unterschiede in mechanisch-fluiden und pragmatisch-kristallinen Fähigkeiten.¹

¹ Hier nicht berichtete Analysen mit entsprechenden hierarchisch genesteten Strukturgleichungsmodellen stützen den Befund, daß ein Generalfaktor zweiter Ordnung die Interkorrelation der fünf Fähigkeiten angemessen wiedergibt. Ferner ergab eine Zweiteilung der Stichprobe in eine alte ($N = 258$, Alter = 70-84 Jahre) und in eine sehr alte ($N = 258$, Alter = 85-103 Jahre) Teilstichprobe keine signifikanten Altersunterschiede in der durchschnittlichen Höhe der Interkorrelationen zwischen den fünf Fähigkeiten (alte Personen: $r = .62$; sehr alte Personen: $r = .64$; $t = .50$).

4.1.5 Unterschiede zwischen Personen in der kognitiven Leistungsfähigkeit

Wie bereits berichtet, konnte bis zu einem Drittel der gesamten Variabilität in den kognitiven Fähigkeiten mit dem chronologischen Lebensalter der Studienteilnehmer in Verbindung gebracht werden. Bei der Verwendung von Verfahren, die den Fehler der Messung berücksichtigen – zum Beispiel konfirmatorischen Faktorenanalysen –, ergaben sich Werte der Vorhersagekraft des Lebensalters im Bereich von 23.7% (Wissen) bis 37.7% (Wahrnehmungsgeschwindigkeit).

Umgekehrt bedeutet dies, daß ein beträchtlicher Teil der individuellen Unterschiede **nicht** vom Lebensalter abhängig war. In den Abbildungen 1.1 - 1.5 kommt diese Variabilität der Leistungen in den Streubreiten der Punktwolken um die Regressionsgeraden zum Ausdruck. Einige Beispiele mögen dies verdeutlichen: Ein über 95-jähriger Mann wies auf dem Faktor der Wahrnehmungsgeschwindigkeit Leistungen auf, die eine Standardabweichung über dem Durchschnitt der 70jährigen und anderthalb Standardabweichungen über dem Durchschnitt der Gesamtstichprobe lagen; eine 89jährige Frau belegte zusammen mit einem 73jährigen Mann und einer 77jährigen Frau den ersten Rang auf dem Faktor der Denkfähigkeit (die drei Probanden befanden sich 2.7 Standardabweichungen über dem Mittelwert der Stichprobe!); und ein 96jähriger Mann befand sich unter den zehn Studienteilnehmern mit den höchsten Leistungen auf dem Faktor des Wissens.

Aus quantitativer Sicht stellt sich die Frage, ob die interindividuelle Variabilität der Leistungen mit dem Alter eher zu- oder abnahm. Beide Ansichten sind plausibel, denn die unterschiedlichen Biographien und Anlagen könnten Personen mit zunehmendem Alter unterschiedlicher, der Alterungsprozeß sie hingegen ähnlicher machen. Zur Bearbeitung dieser Frage wurden die Abstände zur Alters-Regressionsgeraden (d.h. die Absolutwerte der altersbereinigten Residuen) mit dem Alter korreliert. Für die Fähigkeiten Wahrnehmungsgeschwindigkeit ($r = .01$), Gedächtnis ($r = -.06$) und Wortflüssigkeit ($r = -.07$) konnte keine Veränderung der Variabilität mit dem Alter festgestellt werden (alle p s $> .05$). Eine Abnahme der Variabilität ergab sich für das Denkvermögen ($r = -.26$, $p < .01$). Dabei scheint es sich nicht in erster Linie um einen Bodeneffekt zu handeln, denn nach Entfernung von Personen mit Null-Leistungen (Bodeneffekten) auf mindestens einem der drei Tests des Denkvermögens ergab sich ein weiterhin signifikanter Wert ($r = -.20$, $p < .01$). Schließlich nahm die Variabilität auf dem Faktor Wissen geringfügig mit dem Alter zu ($r = .12$, $p < .01$).

Insgesamt stützen diese Ergebnisse die Annahme, daß im Altersbereich von 70 bis 103 Jahren die interindividuelle Variabilität kognitiver Leistungen Hochbetagter keine deutliche Zu- oder Abnahme mit dem Alter zeigt. Für den Altersbereich der Hochbetagten ist dies ein neuer Befund. Analysen mit rangkorrelierten oder quadrierten Residuen sowie Analysen ohne Personen mit klinischer Demenzdiagnose führten zu dem gleichen Ergebnis.

4.2 Determinanten kognitiver Leistungsfähigkeit im Alter

4.2.1 Übersicht

In diesem Abschnitt beschäftigen wir uns mit den soziostrukturell-biographischen und biologisch-medizinischen Korrelaten kognitiver Leistungsfähigkeit im Alter.

zur Vereinfachung der Darstellung dient hierbei durchgängig die allgemeine intellektuelle Leistungsfähigkeit, das heißt die ungewichtete Summe der fünf untersuchten kognitiven Fähigkeiten, als abhängige Variable.¹

Vor dem Hintergrund genereller Überlegungen über die Rolle von biologischen und kulturellen Faktoren in der Gestaltung des Lebensverlaufs (Baltes, 1987, 1993; Baltes & Graf, im Druck; Klix, 1993) erwarteten wir, daß soziostrukturelle und biographische Merkmale wie soziale Schicht, Einkommen, Berufsprestige und Bildung in erster Linie die vom Alter **unabhängigen** individuellen Unterschiede der kognitiven Leistungsfähigkeit im Alter bestimmen, während die **altersabhängigen** Unterschiede vor allem durch biologische Faktoren vorhersagbar sein sollten. Diese Erwartung entspricht der theoretischen Perspektive, daß bildungs-, schicht- und arbeitsbezogene Bedingungen der Lebenswelt vor allem während der ersten Lebenshälfte wirksam sind und im höheren Erwachsenenalter zunehmend durch alterskorrelierte biologische Prozesse überlagert werden. Eine derartige Verschiebung zuungunsten soziostrukturell-biographischer und zugunsten biologischer Faktoren wird auch deswegen erwartet, weil die bisherige Kultur des Alterns hinsichtlich der Ausbildung von Anreizstrukturen für die weitere Entwicklung bzw. Beibehaltung des geistigen Potentials gegenüber früheren Phasen der Lebensspanne als unterentwickelt angesehen werden kann (Baltes, 1993; Baltes & Graf, im Druck).²

Im folgenden berichten wir zunächst in getrennten Abschnitten über die Zusammenhänge der soziostrukturell-biographischen und der biologisch-medizinischen Merkmale mit der allgemeinen intellektuellen Leistungsfähigkeit. Als Indikatoren soziostrukturell-biographischer Faktoren dienen (1) die Bildung in Jahren, (2) das Berufsprestige, (3) das Haushalts-Äquivalenz-Einkommen zum Erhebungszeitpunkt sowie (4) die soziale Schichtzugehörigkeit (für eine genaue Beschreibung dieser Maße, siehe Mayer & Wagner, im Druck). Bei den biologischen Faktoren stehen, neben der Anzahl klinisch relevanter somatischer Diagnosen und der Medikation (Steinhausen-Thiessen & Borchelt, im Druck), aufgrund früherer Überlegungen und Analysen (Baltes & Lindenberger, 1995; Lindenberger & Baltes, 1994b) Maße im Vordergrund, die sich auf sensorische und sensomotorische Funktionen beziehen, das heißt Sehschärfe, Hörvermögen und Gleichgewicht/Haltung (siehe Marsiske, Delius, Maas, Lindenberger, Scherer, & Tesch-Römer, im Druck, für eine detaillierte Beschreibung der verwendeten Maße). Der alterungsbezogene Rückgang der Leistungsfähigkeit in diesen Funktionen ist, wie aus der einschlägigen Forschung hervorgeht, zu einem großen Teil neuronaler Natur (Fozard, 1990). Anschließend bestimmen wir die relative Bedeutung soziostrukturell-biographischer und sensorisch-sensomotorischer Merkmalsgruppen in einer Kommunalitätsanalyse und diskutieren die Ergebnisse dieses Abschnitts unter dem Gesichtspunkt der prädiktiven Kontinuität und Diskontinuität kognitiver Leistungsfähigkeit im Alter.

¹ Die im folgenden berichteten Analysen wurden auch mit Strukturgleichungsmodellen durchgeführt, einem gewichtenden und stärker meßfehlerbereinigenden Aggregationsverfahren. Es ergaben sich keine Abweichungen vom Muster der hier berichteten Ergebnisse.

² Auf behaviorale und persönlichkeitsbezogene Faktoren, deren altersbedingte Varianz zumindest teilweise als eine Folge altersbedingter Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit angesehen werden könnte, wird in diesem Bericht nicht eingegangen (vgl. Reischies & Lindenberger, im Druck; Smith & Baltes, im Druck).

Tab. 4 Interkorrelationen der sensorischen und soziostrukturell-biographischen Prädiktoren kognitiver Leistungsfähigkeit im Alter

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	Alter
(1) Sehschärfe	–	.45	.51	.25	.22	.15	.17	– .59
(2) Hörvermögen	.17	–	.46	.15	.15	.07	.16	– .57
(3) Gleichgew./Haltung	.22	.15	–	.19	.15	.13	.05	– .64
(4) Bildung	.21	.09	.13	–	.52	.29	.46	– .14
(5) Berufsprestige	.21	.12	.13	.51	–	.28	.55	– .07
(6) Haushaltseinkommen	.16	.06	.14	.29	.28	–	.24	– .04
(7) Soziale Schicht	.21	.19	.07	.47	.56	.24	–	.00

Anmerkung. N = 516. Nicht signifikant von Null verschiedene Korrelationen ($p > .01$) sind kursiv gedruckt. Über der Hauptdiagonalen sind Interkorrelationen der Rohwerte, unter der Hauptdiagonale Interkorrelationen der altersbereinigten Residuen dargestellt.

Tabelle 4 zeigt vorab die Interkorrelation der soziostrukturell-biographischen und der sensorisch-sensomotorischen Maße sowie ihre Beziehung zum Alter. Das Interkorrelationsmuster stützt die Annahme, daß es sich um zwei verschiedene, mäßig miteinander korrelierte Einflußsysteme handelt. In exploratorischen Faktorenanalysen der vier soziostrukturell-biographischen und der drei sensorisch-sensomotorischen Variablen ergaben sich dementsprechend zwei klar getrennt definierte Faktoren, die eine Einteilung der Prädiktoren in zwei Gruppen als gerechtfertigt erscheinen lassen.

4.2.2 Soziostrukturelle und biographische Faktoren des Lebensverlaufs

Soziale Schicht, Bildung in Jahren, Berufsprestige und Haushaltseinkommen dienen als Indikatoren materieller und geistiger Güter, die Personen im Laufe ihres Lebens aufgrund ihrer Fähigkeiten und ihrer sozialen Lage erwerben konnten oder in deren kontextuellem Rahmen sich ihre Entwicklung vollzog (siehe Mayer & Wagner, im Druck). Alle vier Maße standen in einem positiven Zusammenhang zur kognitiven Leistungsfähigkeit (siehe Tabelle 5). Dabei korrelierten Bildung und Berufsprestige stärker mit der kognitiven Leistungsfähigkeit als Haushaltseinkommen und soziale Schicht ($z = 3.15$; $p < .01$).

Aufgrund der mäßigen bis hohen Interkorrelation der soziostrukturell-biographischen Merkmale erscheint es gerechtfertigt, die kognitive Leistungsfähigkeit von Personen, die auf der Summe der standardisierten soziostrukturell-biographischen Merkmale überdurchschnittliche Werte erreichten (N = 228) mit jenen, die unterdurchschnittliche Werte aufwiesen (N = 288), zu vergleichen. Der Unterschied zwischen den Mittelwerten der beiden Personengruppen betrug eine knappe Standardabweichung [Effektstärke_{SD} = 0.87; $F(1,514) = 97.6$; $p < .01$]. Soziostrukturelle und biographische Faktoren sind also auch im Alter mit individuellen Unterschieden in der kognitiven Leistungsfähigkeit verknüpft. Wie Tabelle 5 entnommen werden kann, bleibt diese Beziehung im vollen Umfang erhalten, wenn das Alter der Studienteilnehmer statistisch kontrolliert wird.

Tab. 5 Korrelate der allgemeinen intellektuellen Leistungsfähigkeit (Generalfaktor)

Bereich	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Soziostrukturell-biographische Faktoren					
Soziale Schicht	.29	.35	.00	–	–
Bildung in Jahren	.39	.38	– .13	–	–
Berufsprestige	.40	.42	.09	–	–
Haushaltseinkommen	.28	.31	– .04	–	–
Multiple Korrelation	.51				
Biologisch-medizinische Faktoren					
Sehschärfe	.57	.36	– .59	70.4	74.5
Hörvermögen	.51	.28	– .57	64.5	64.5
Gleichgewicht/Haltung	.56	.32	– .64	62.9	77.5
Somatische Diagnosen (Anzahl)	– .14	– .08	.13	–	–
Medikamentation (Anzahl)	– .00	.04	.05	–	–
Multiple Korrelation	.68				

Anmerkung. N = 516. (1) Korrelation des Merkmals mit der generellen kognitiven Leistungsfähigkeit (g); (2) Alterspartialisierte Korrelation des Merkmals mit g; (3) Korrelation des Merkmals mit dem Alter; (4) Anteil der durch g aufgeklärten Altersvarianz des Merkmals in Prozent; (5) Anteil der durch das Merkmal aufgeklärten Altersvarianz in g in Prozent. Werte für (4) und (5) wurden nur berechnet, wenn die Korrelation des Merkmals mit dem Alter |.20| überstieg. Nicht signifikant von Null ($p > .01$) verschiedene Korrelationen sind kursiv gedruckt.

In der Gerontologie wird oft diskutiert, ob „besser gestellte“ oder „leistungsfähigere“ Personen anders altern als die übrige Bevölkerung. Dabei wird zumeist postuliert, daß hohe Ausprägungen auf erwünschten Merkmalen im Sinne protektiver Faktoren wirksam sind, daß „age kinder to the initially more able“ sei (Christensen & Henderson, 1991; Owens, 1959). Entgegen dieser Annahme kamen die meisten querschnittlichen und längsschnittlichen (Gribbin, Schaie & Parham, 1980; Siegler, 1983) Untersuchungen zu dem Schluß, daß Personen mit hohen Ausprägungen auf positiv mit der Intelligenz korrelierten Merkmalen **dasselbe** Ausmaß an negativen Altersdifferenzen aufweisen wie Personen mit niedrigen Ausprägungen (Christensen & Henderson, 1991; Fozard & Nuttal, 1971; Salthouse et al., 1990; Salthouse, Kausler & Saults, 1988). Eine wichtige Ausnahme bilden die längsschnittlichen Untersuchungen von Kohn und Schooler (1978, 1983), die sich allerdings ausschließlich auf das mittlere Erwachsenenalter beziehen. Die Ansicht, daß Personen mit hohen Ausprägungen auf erwünschten kognitiven, selbstbezogenen oder soziostrukturell-biographischen Attributen einen vergleichsweise geringeren altersbedingten Rückgang ihrer kognitiven Leistungen erfahren als Personen mit niedrigen Werten auf diesen Merkmalen, findet also kaum empirische Bestätigung. Informationen zu diesem Thema für den Bereich des sehr hohen Alters liegen bislang nicht vor.

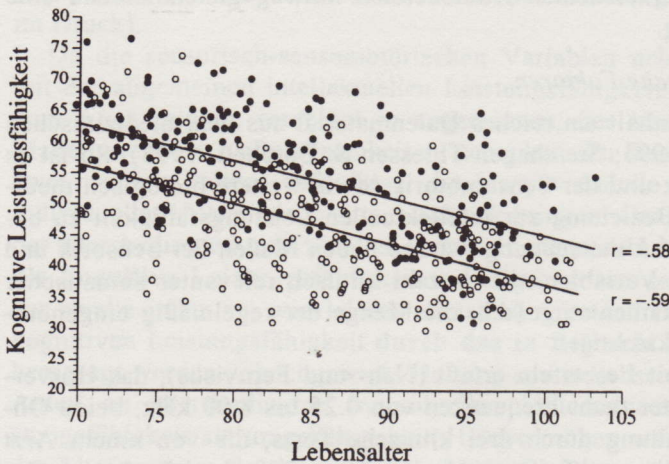


Abb. 2 Der Zusammenhang zwischen Alter und kognitiver Leistungsfähigkeit für Personen, die auf einem Index soziostrukturell-biographischer Faktoren überdurchschnittliche (gefüllte Kreise) oder unterdurchschnittliche (offene Kreise) Werte aufweisen. Der Index enthält die Variablen Bildung, berufliches Prestige, soziale Schicht und Haushaltseinkommen.

Wie Abbildung 2 veranschaulicht, lassen sich die Verhältnisse in der hier untersuchten Stichprobe ebenfalls durch die Annahme einer Alterskonstanz der Einflussgrößen angemessen beschreiben.¹ Verwendet wurde die oben erwähnte Summe der standardisierten Werte der vier Merkmale soziale Schicht, Bildung in Jahren, Berufsprestige und Haushaltseinkommen. Dargestellt sind zwei Regressionsgeraden, eine für Personen mit überdurchschnittlichen Werten ($N = 228$) und darunter eine weitere für Personen mit unterdurchschnittlichen Werten ($N = 288$). Wie am vollkommen parallelen Verlauf der Geraden zu erkennen ist, ist der Zusammenhang zwischen Alter und allgemeiner intellektueller Leistungsfähigkeit in beiden Gruppen gleich stark ausgeprägt.

Ist, im hohen Alter, „age kinder to the initially more able?“ Eine Antwort auf diese Frage erscheint verfrüht, da selektive Mortalität, Stichprobenselektivität und die querschnittliche Natur der Daten in schwer zu bestimmender Weise das Geschehen beeinflussen. Vorläufig stützen die Daten jedoch folgende Interpretation: Zumindest in Bezug auf die intellektuelle Leistungsfähigkeit ist das hohe Alter **nicht** der große Gleichmacher, der die soziostrukturellen und biographischen (und somit teilweise auch genetisch bedingten) Unterschiede früherer Lebensabschnitte unwirksam werden läßt und zunehmend einebnnet. Das hohe Alter ist aber ebensowenig der Lebensabschnitt, in dem diese Unterschiede, etwa im Sinne protektiver Faktoren (vgl. Staudinger, Marsiske & Baltes, 1993; Rutter, 1987), zu ihrer größten Entfaltung gelangen. Über den gesamten untersuchten Altersbereich hinweg sind die Intelligenzunterschiede zwischen Personen mit über- und unterdurchschnittlichen Ausprägungen konstant. Verwendet man einen aus Bildung, sozialer Schicht, Haushaltseinkommen und Berufsprestige zusammengesetzten Summenscore, so beträgt der Unterschied zwischen Personen unter und über dem Durchschnitt auf diesem

¹ Diese Aussage wurde in zahlreichen weiteren Analysen mit anderen Variablen und statistischen Verfahren bestätigt. Verwendet wurden unter anderem hierarchische Regressionsanalysen mit kontinuierlichen oder Dummy-kodierten Interaktionstermen sowie Mehr-Gruppen-Modelle. Als abhängige Variablen fungierten die generelle kognitive Leistungsfähigkeit, Wahrnehmungsgeschwindigkeit und verbales Wissen.

Score über den gesamten untersuchten Altersbereich hinweg gleichbleibend eine knappe Standardabweichung.

4.2.3 *Biologisch-medizinische Faktoren*

Die Berliner Altersstudie enthält ein reiches Datenmaterial aus dem medizinischen Bereich (Helmchen et al., 1993; Steinhagen-Thiessen & Borchelt, 1993). So ist es möglich, Maße der Sensorik und der Sensomotorik sowie weitere biologisch-medizinische Faktoren in ihrer Beziehung zur intellektuellen Leistungsfähigkeit zu betrachten. In der vorliegenden Untersuchung wurden neben Maßen der Sensorik und Sensomotorik zwei weitere Variablen, die Anzahl klinisch relevanter somatischer Diagnosen sowie die Medikation (d.h. die Menge der regelmäßig eingenommenen Medikamente) berücksichtigt.

Die Sehschärfe wurde mit Lesetafeln erfaßt (Nah- und Fernvisus), das Hörvermögen mit einem Audiometer (acht Frequenzen von 0.25 bis 8.00 kHz, beide Ohren) und Gleichgewicht/Haltung durch drei klinische Tests, die von einem Arzt durchgeführt wurden (Unterberger Tretversuch, Romberg, 360-Grad Drehung). Bei der Sehschärfe wurden jeweils Werte mit und ohne Brille erhoben. Die vorliegenden Analysen basieren auf den besseren Werten; dies waren mit wenigen Ausnahmen die Werte mit Brille. Eine genaue Beschreibung der sensorischen und sensomotorischen Maße findet sich bei Lindenberger und Baltes (1994) sowie bei Marsiske et al. (im Druck). Die Variablen „Anzahl klinisch relevanter Diagnosen“ und „Menge regelmäßig eingenommener Medikamente“ werden in Steinhagen-Thiessen und Borchelt (1993, im Druck) genauer beschrieben.

Auffallend war die große Vorhersagekraft von Sehschärfe, Hörvermögen und Gleichgewicht/Haltung (siehe Tabelle 5). Die eher unspezifischen somatischen Faktoren Diagnosen und Medikation (siehe Steinhagen-Thiessen und Borchelt, im Druck) waren hingegen nicht mit der kognitiven Leistungsfähigkeit korreliert.

Bei der Beurteilung dieses Ergebnisses gibt es aus unserer Sicht zwei Aspekte zu berücksichtigen. Erstens erscheint es **a posteriori** einleuchtend, daß es sich bei Syndromen, wie sie zum Beispiel in der Anzahl klinisch relevanter Diagnosen zum Ausdruck kommen, um ein Bündel von Faktoren handelt, die für das Gehirn als dem Organ, dessen funktionale Integrität die kognitive Leistungsfähigkeit bestimmt, vermutlich keine einheitliche Bedeutung aufweisen. Ähnliches kann für die Medikation angenommen werden.

Zweitens ist es denkbar, daß die **Messung** der sensorischen und sensomotorischen Leistungen insbesondere bei alten und sehr alten Menschen auch interindividuelle Unterschiede in kognitiven Prozessen erfaßt, so zum Beispiel hinsichtlich der Güte des Instruktionsverständnisses, der selektiven Aufmerksamkeit oder der Vigilanz (Lindenberger & Baltes, 1994b). Dies könnte zu einer meßbedingten Überschätzung des Zusammenhangs zwischen Sensorik/Sensomotorik und Intelligenz im Alter führen, es sei denn, die zunehmende Relevanz kognitiver Prozesse bei der sensorischen und sensomotorischen Leistungsmessung wäre selbst wiederum ein notwendiger Ausdruck der Alterung des Gehirns. In diesem Zusammenhang ist die Tatsache bemerkenswert, daß ein Gehirnatrophie-Index, der für einen Teil der Stichprobe (N = 254) mit Hilfe eines Computertomogramms bestimmt wurde, einen ähnlich gearteten Zusammenhang zur allgemeinen intellektuellen Leistungsfähigkeit

aufwies wie die sensorisch-sensomotorischen Maße (vgl. Reischies & Lindenberger, im Druck).

Da die sensorisch-sensomotorischen Variablen neben einer hohen Korrelation mit der allgemeinen intellektuellen Leistungsfähigkeit auch eine starke Beziehung zum Alter zeigten, erscheint es angemessen, der altersbezogenen Varianz dieser Maße besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Zu diesem Zweck sind in Tabelle 5 zwei weitere Indizes aufgeführt, die jeweils Anteile aufgeklärter altersbedingter individueller Unterschiede zum Ausdruck bringen. Der erste Index zeigt an, wieviel der altersbedingten individuellen Unterschiede in dem betreffenden Merkmal **durch die kognitive Leistungsfähigkeit** vorhergesagt werden. Komplementär dazu gibt der zweite Index an, wieviel der altersbedingten individuellen Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit **durch das in Betracht genommene Merkmal** vorhergesagt werden. Gleichgewicht/Haltung sowie Sehschärfe erklärten einen höheren Anteil an altersbedingten individuellen Unterschieden in der kognitiven Leistungsfähigkeit als umgekehrt; beim Hörvermögen waren die aufgeklärten Anteile der Altersvarianz gleich groß.¹ So erklärte Gleichgewicht/Haltung 77.5% der alters-

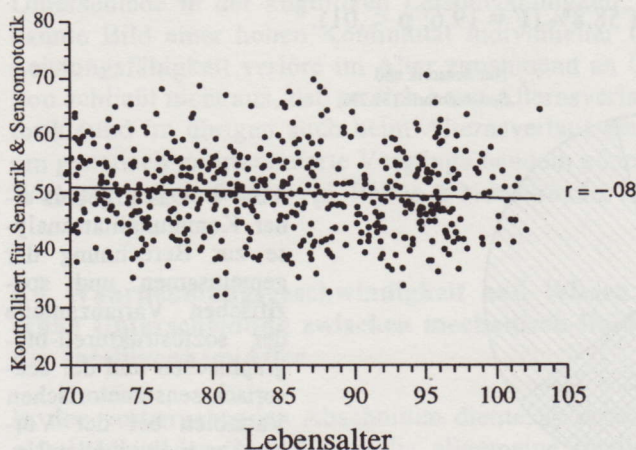
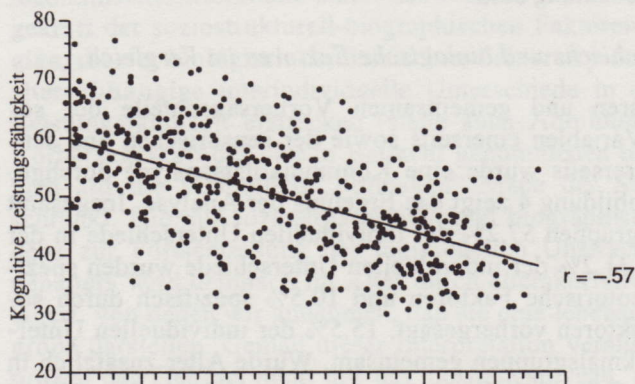


Abb. 3 Altersunterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit vor und nach statistischer Kontrolle individueller Unterschiede in Sehschärfe, Hörvermögen und Gleichgewicht/Haltung

¹ Eine statistische Absicherung dieser Befunde fällt schwer, da die Varianz, an der die Werte normiert sind, unterschiedlich groß ist.

bedingten individuellen Unterschiede in der Intelligenz, die Intelligenz hingegen lediglich 62.9% der altersbedingten individuellen Unterschiede in Gleichgewicht /Haltung. Dieses Datenmuster stützt die Hypothese, daß die sensorisch-sensomotorischen Maße einen Alterungsprozeß erfassen, der auch das Altern der Intelligenz bestimmt. Es sei allerdings erneut betont, daß diese Richtungsdeutung der Beziehungsmuster der Absicherung durch längsschnittliche Befunde sowie durch stärker prozessorientierte, experimentell angelegte Untersuchungen bedarf.

Zur Illustration der alterskorrelierten Vorhersagekraft der sensorisch-sensomotorischen Merkmale zeigt Abbildung 3 den Altersgradienten der allgemeinen intellektuellen Leistungsfähigkeit vor und nach statistischer Kontrolle der drei Merkmale. In entsprechenden hierarchischen Regressionsanalysen zeigte sich, daß die drei Merkmale zusammengenommen 97.6% der altersbezogenen, 22.6% der altersunabhängigen und 46.7% der Gesamtvarianz in der kognitiven Leistungsfähigkeit aufzuklären vermochten. Dieses Ergebnis bestätigt die Erwartung, daß sensorische und sensomotorische Faktoren, die wir vor allem der Biologie der Gehirnalterung zurechnen, bei der Vorhersage von altersbezogenen interindividuellen Unterschieden im Alter von herausragender Bedeutung sind.

4.2.4 Soziostrukturell-biographische und biologische Faktoren im Vergleich

Zur Bestimmung der trennbaren und gemeinsamen Vorhersageanteile der soziostrukturell-biographischen Variablen einerseits sowie der sensorischen und sensomotorischen Variablen andererseits wurde eine Kommunalitätsanalyse durchgeführt (vgl. Pedhazur, 1982). Abbildung 4 zeigt das Ergebnis der Analyse. Insgesamt erklärten die beiden Variablengruppen 57.2% der individuellen Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit. 31.2% der individuellen Unterschiede wurden spezifisch durch sensorisch-sensomotorische Faktoren und 10.5% spezifisch durch soziostrukturell-biographische Faktoren vorhergesagt. 15.5% der individuellen Unterschiede waren den beiden Merkmalsgruppen gemeinsam. Wurde Alter zusätzlich in die Analyse aufgenommen, stieg der Anteil an vorhergesagten individuellen Unterschieden um lediglich 1.6% auf 58.8% ($F = 19.6$; $p < .01$).

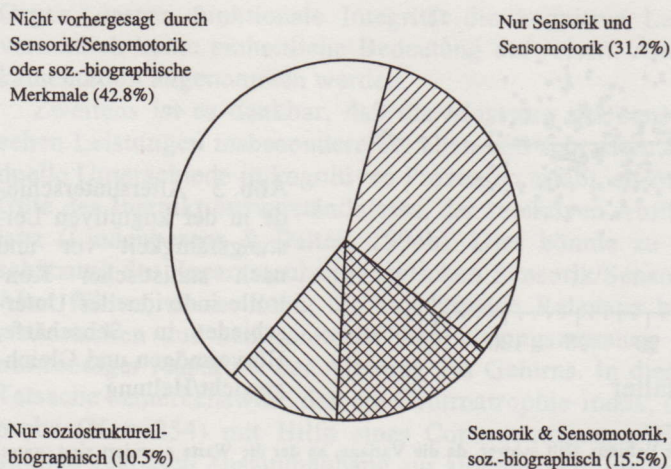


Abb. 4 Das Ergebnis einer Kommunalitätsanalyse zur Berechnung der gemeinsamen und spezifischen Varianzanteile der soziostrukturell-biographischen und der sensorisch-sensomotorischen Variablen bei der Vorhersage individueller Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit

Die Ergebnisse der Kommunalitätsanalyse unterstreichen im direkten Vergleich mit den soziostrukturell-biographischen Variablen die herausragende Bedeutung von Sensorik und Sensomotorik für die kognitive Leistungsfähigkeit im Alter. Gleichzeitig ist zu bemerken, daß die sensorisch-sensomotorischen Variablen etwa ein Drittel (33.2%) ihrer Vorhersagekraft mit den soziostrukturell-biographischen Variablen [d.h. $(15.5\% / 46.7\%) \times 100$] gemeinsam hatten. Die im Alter auftretenden kognitionsrelevanten Unterschiede in den sensorisch-sensomotorischen Leistungen werden demnach zu etwa einem Drittel durch Faktoren vorweggenommen, die bereits in früheren Phasen des Erwachsenenalters mit individuellen Unterschieden in der Intelligenz verknüpft sind. Die verbleibende spezifische Vorhersagekraft von Sensorik und Sensomotorik scheint jedoch immer noch von ausreichender Größe, um die Erwartung zu rechtfertigen, daß die für frühere Phasen des Erwachsenenalters gut belegte hohe Stabilität individueller Unterschiede (vgl. Hertzog & Schaie, 1988) im hohen Alter nachlassen könnte. Diese Vorhersage wird gegenwärtig an längsschnittlichen Datensätzen der Berliner Altersstudie überprüft.

Die vergleichende Betrachtung soziostrukturell-biographischer und biologisch-medizinischer Merkmale stützt desweiteren die Erwartung, daß sich die Vorhersagekraft der soziostrukturell-biographischen Faktoren vor allem auf **altersunabhängige**, die der biologisch-medizinischen Faktoren jedoch auch und in erster Linie auf **altersabhängige** interindividuelle Unterschiede in der allgemeinen intellektuellen Leistungsfähigkeit erstrecken (siehe auch Abbildungen 2 und 3). Dabei war die Vorhersagekraft der hier in Betracht genommenen biologisch-medizinischen Variablen auf die vermutlich „hirnnahen“ Maße der Sensorik und Sensomotorik beschränkt. Die mit soziostrukturellen und biographischen Faktoren verknüpfte Tendenz zur Fortschreibung der individuellen Unterschiede des mittleren Erwachsenenalters wird demnach im Alter durch alterskorrelierte biologische Faktoren überlagert, von denen wir annehmen, daß sie eine lebensgeschichtlich neuartige Einflußgröße darstellen. Gemäß dieser Interpretation verändert der biologische Alterungsprozeß des Gehirns nicht nur das Leistungsniveau, sondern auch die individuellen Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit, und das aus der Literatur bekannte Bild einer hohen Kontinuität individueller Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit verlöre im Alter zunehmend an Gültigkeit. Eine derartige Position schließt nicht aus, daß es sich beim Alternsverlauf von Sensorik und Sensomotorik (und im übrigen auch beim Alternsverlauf der Demenz) zumindest teilweise um genetisch programmierte Vorgänge handeln könnte, die erst im hohen Alter ihre Wirkung voll entfalten (vgl. Baltes & Nesselroade, 1978).

4.3 Wahrnehmungsgeschwindigkeit und Wissen: Zur Validität der theoretischen Unterscheidung zwischen mechanisch-fluiden und pragmatisch-kristallinen Intelligenz im Alter

In den vorhergehenden Abschnitten diente, in erster Linie aus Gründen der Übersichtlichkeit der Darstellung, die allgemeine intellektuelle Leistungsfähigkeit als abhängige Variable. Die in den Abschnitten 4.1.3 und 4.1.4 thematisierte Unterscheidung zwischen mechanisch-fluiden und pragmatisch-kristallinen Fähigkeiten

wurde somit zwangsläufig unterschlagen. Die dort berichteten Analysen ergaben ein gemischtes Bild, da zwar differentielle Beziehungen zum Alter, jedoch keine Binnendifferenzierung der Interkorrelation der fünf Fähigkeiten im Sinne der Gf-Gc Unterscheidung nachgewiesen werden konnte. Dies könnte unserer Einschätzung nach auch daran liegen, daß die Erfassung kognitiver Fähigkeiten mit einer standardisierten (d.h. nicht an idiosynkratischen Wissenskörpern orientierten) Batterie kognitiver Tests zur optimalen Messung der pragmatisch-kristallinen Komponente im hohen Alter weniger gut geeignet ist als zur Messung der mechanisch-fluiden Komponente.

Trotz dieses Einwands wollen wir uns zum Abschluß des Ergebnisteils der Frage zuwenden, ob es im hohen Alter keine weiteren Hinweise auf die Sinnhaftigkeit der Unterscheidung zwischen mechanisch-fluiden und pragmatisch-kristallinen Dimensionen der Intelligenz geben könnte. Insbesondere stellen wir uns die Frage, ob die bereits eingeführten soziostrukturell-biographischen und sensorisch-sensomotorischen Merkmale zur Validierung der Unterscheidung zwischen fluider Mechanik und kristalliner Pragmatik beizutragen vermochten. Dabei beschränken wir unsere Betrachtung auf die Fähigkeiten Wahrnehmungsgeschwindigkeit und Wissen, die die höchste ($r = -.59$) beziehungsweise niedrigste ($r = -.41$) Korrelation mit dem Alter aufwiesen. Erwartet wurde im Sinne divergenter externer Validität, daß das Wissen, als Repräsentant der pragmatisch-kristallinen Intelligenz, einen höheren Zusammenhang zu den soziostrukturell-biographischen Merkmale aufweisen würde als die Wahrnehmungsgeschwindigkeit. Umgekehrt sollte die Wahrnehmungsgeschwindigkeit, als Repräsentant der fluid-mechanischen Intelligenz, einen höheren Zusammenhang zu den sensorisch-sensomotorischen Merkmalen aufweisen als das Wissen.

Das Datenmuster entsprach dieser Erwartung vollständig (siehe Abbildung 5): Die Wahrnehmungsgeschwindigkeit war stärker mit den sensorisch-sensomotorischen Maßen korreliert als das Wissen, und das Wissen war stärker mit Bildung,

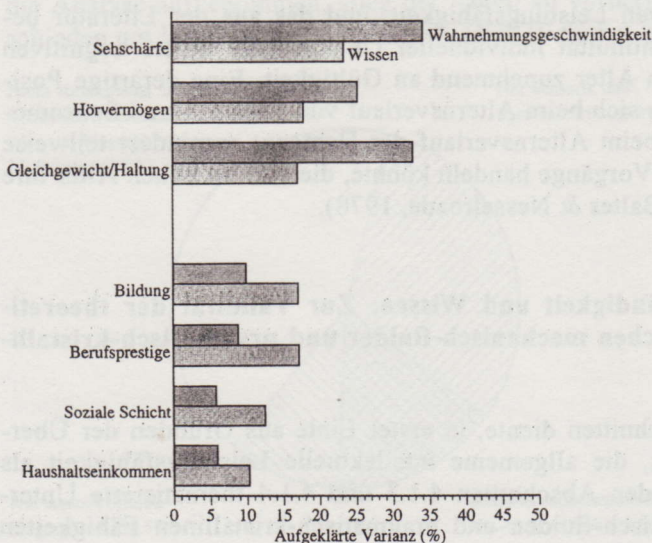


Abb. 5 Die Korrelationsprofile von Wissen und Wahrnehmungsgeschwindigkeit mit soziostrukturell-biographischen und biologischer Variablen

Berufsprestige, sozialer Schicht und Haushaltseinkommen korreliert als die Wahrnehmungsgeschwindigkeit (für alle Signifikanztests: $p < .01$).¹ Dieses klare Ergebnis deutet auf die unterschiedliche Beeinflussung der beiden Fähigkeiten durch biologische und kulturelle Faktoren hin und stützt somit die Unterscheidung von Mechanik und Pragmatik im Sinne divergenter externer Validität. Gleichzeitig wird erneut deutlich, daß die individuellen Unterschiede in der intellektuellen Leistungsfähigkeit in diesem Altersbereich, das heißt im hohen Alter, generell stärker durch Indikatoren bestimmt sind, die biologischen Prozessen nahestehen als solchen, die die Kultur- und Bildungslage des Einzelnen repräsentieren.

5 Methodenkritischer Ausblick

Die vorliegenden Befunde ergeben ein klares Bild des Alterns der psychometrisch erfaßten Intelligenz. Es ist zu vermuten, daß experimentell angelegte Untersuchungen zum kognitiven Altern ein ähnliches Bild gezeichnet hätten, da der von uns verwendete Meßraum zur Erfassung individueller Unterschiede in kognitiven Fähigkeiten einen großen Teil der Aufgaben abdeckt, der von experimentell ausgerichteten kognitiven Altersforschern genutzt wird (vgl. Craik & Salthouse, 1992; Kliegl & Baltes, 1987; Salthouse, 1991; Weinert, 1992).

Da die wesentlichen Ergebnisse in der Zusammenfassung dargestellt und im Text kommentiert wurden, verzichten wir hier auf eine weitere Beschreibung und Bewertung. Stattdessen möchten wir die methodische Beschränkung der vorliegenden Befunde noch einmal hervorheben. Die Berliner Altersstudie ist bislang eine Querschnittsstudie (Baltes et al., 1993; Mayer & Baltes, im Druck). Aus der methodenkritischen Literatur der Entwicklungspsychologie ist bekannt (Baltes, 1968; Baltes, Reese, & Nesselroade, 1988; Magnusson et al., 1991; Nesselroade & Baltes, 1979; Schaie, 1965), daß die Nutzung querschnittlicher Befunde für Inferenzen über Entwicklungsprozesse in mehrfacher Hinsicht hinterfragbar ist.

Um sicherzustellen, daß die Implikationen dieser methodischen Beschränkung für die Interpretation des vorliegenden Datensatzes deutlich werden, wollen wir zum Schluß noch einmal auf die wesentlichen und in unserem Zusammenhang relevanten Probleme querschnittlicher Daten hinweisen. Erstens erlauben Querschnittsdaten keine direkten Schlüsse über intraindividuelle Entwicklungsverläufe sowie über interindividuelle Unterschiede in intraindividuellen Verläufen. Zweitens stellen querschnittliche Altersunterschiede das komplexe Produkt mehrerer Veränderungs- bzw. Einflußsysteme dar. Im vorliegenden Fall sind dies vor allem der biologische Alternungsprozeß, die damit verknüpfte selektive Mortalität sowie generationsbezogene Kohorteneffekte. Drittens haben lebensverlaufsbezogene Kausalinterpretationen der in Querschnittsstudien gefundenen Altersunterschiede notwendigerweise einen retrospektiven Charakter und sind aus diesem Grunde problematisch.

¹ Die Überprüfung der Korrelationsunterschiede erfolgte mit der Formel (1) in Meng et al. (1992). Hierarchische Regressionsanalysen, in denen der Einfluß der jeweils anderen kognitiven Fähigkeit statistisch kontrolliert wurde, führten zu entsprechenden Ergebnissen.

Die Berliner Altersstudie wird gegenwärtig als vierjährige Längsschnittstudie weitergeführt. Aus diesem Grund hoffen wir, in einigen Jahren neue Befunde vorzulegen, die das hier vorgestellte Bild vom Altern der Intelligenz mit längsschnittlichen Daten ergänzen und gegebenenfalls neu bewerten.

6 Literatur

- Baltes, M.M., Mayr, U., Borchelt, M., Maas, I., & Wilms, H.-U. (1993). Everyday competence in old and very old age: An inter-disciplinary perspective. *Ageing and Society*, 13, 657-680.
- Baltes, M.M., Maas, I., Wilms, H.-U., & Borchelt, M. (im Druck). Alltagskompetenz im Alter. Theoretische Überlegungen und empirische Befunde. In K.U. Mayer & P.B. Baltes (Hrg.), *Die Berliner Altersstudie*. Berlin: Akademie-Verlag.
- Baltes, P.B. (1968). Longitudinal and cross-sectional sequences in the study of age and generation effects. *Human Development*, 11, 145-171.
- Baltes, P.B. (1979). Life-span developmental psychology: Some converging observations on history and theory. In P.B. Baltes & O.G. Brim Jr. (Eds.), *Life-span development and behavior* (Vol. 2) (pp. 255-279). New York: Academic Press.
- Baltes, P.B. (1984). Intelligenz im Alter. *Spektrum der Wissenschaft*, 5, 46-60.
- Baltes, P.B. (1990). Entwicklungspsychologie der Lebensspanne: Theoretische Leitsätze. *Psychologische Rundschau*, 41, 1-24.
- Baltes, P.B. (1993). Die zwei Gesichter des Alterns der Intelligenz. *Jahrbuch der Leopoldina*, 39, 169-190.
- Baltes, P.B., Cornelius, S.W., Spiro, A., Nesselroade, J.R., & Willis, S.L. (1980). Integration versus differentiation of fluid/crystallized intelligence in old age. *Developmental Psychology*, 16, 625-635.
- Baltes, P.B., Dittmann-Kohli, F. & Dixon, R.A. (1984). New perspectives on the development of intelligence in adulthood: Toward a dual-process conception and a model of selective optimization with compensation. In P.B. Baltes & O.G. Brim Jr. (Eds.), *Life-span development and behavior* (Vol. 6) (pp. 33-76). New York: Academic Press.
- Baltes, P.B. & Graf, P. (im Druck). Psychological aspects of aging: Facts and frontiers. In D. Magnusson et al. (Eds.), *Individual development over the lifespan: Biological and psychosocial perspectives*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Baltes, P.B. & Kliegl, R. (1986). On the dynamics between growth and decline in the aging of intelligence and memory. In K. Poeck, H.J. Freund & H. Gänshirt (Eds.), *Neurology* (pp. 1-17). Heidelberg: Springer.
- Baltes, P.B., & Kliegl, R. (1992). Further testing of limits of cognitive plasticity: Negative age differences in a mnemonic skill are robust. *Developmental Psychology*, 28, 121-125.
- Baltes, P.B. & Lindenberger, U. (1995). Sensorik und Intelligenz: Intersystemische Wechselwirkungen und Veränderungen im hohen Alter. *Akademie-Journal*, 20-28.
- Baltes, P.B., Mayer, K.U., Helmchen, H., & Steinhagen-Thiessen, E. (1993). The Berlin Aging Study (BASE). Overview and design. *Ageing and Society*, 13, 483-515.
- Baltes, P.B., Mayer, K.U., Helmchen, H., & Steinhagen-Thiessen, E. (im Druck). Die Berliner Altersstudie (BASE). Theoretische Orientierungen, Untersuchungsplan, Methoden und Stichprobe. In K.U. Mayer & P.B. Baltes (Hrg.), *Die Berliner Altersstudie*. Berlin: Akademie-Verlag.

- Baltes, P.B., & Nesselroade, J.R. (1978). Multivariate antecedents of structural change in adulthood: A simulation of cumulative environmental patterns. *Multivariate Behavioral Research*, 13, 127-152.
- Baltes, P.B., Reese, H.W., & Nesselroade, J.R. (1988). *Life-span developmental psychology: An introduction to research methods* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Baltes, P.B., & Schaie, K.W. (1976). On the plasticity of intelligence in adulthood and old age: Where Horn and Donaldson fail. *American Psychologist*, 31, 720-725.
- Beale, E.M.L. & Little, R.J. (1975). Missing values in multivariate analysis. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 37, 129-145.
- Botwinick, J. (1967). *Cognitive processes in maturity and old age*. New York: Springer.
- Carroll, J.B. (1993). *Human cognitive abilities*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Cattell, R.B. (1971). *Abilities: Their structure, growth, and action*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Christensen, H. & Henderson, A.S. (1991). Is age kinder to the initially more able? A study of eminent scientists and academics. *Psychological Medicine*, 21, 935-946.
- Collins, L.M., & Horn, J.L. (Eds.) (1991). Best methods for the analysis of change: Recent advances, unanswered questions, future directions (pp. 92-105). Washington, DC: American Psychological Association.
- Craik, F.I.M., & Salthouse, T.A. (1992). *The handbook of aging and cognition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Dixon, R.A. & Baltes, P.B. (1986). Toward life-span research on the functions and pragmatics of intelligence. In R.J. Sternberg & R.K. Wagner (Eds.), *Practical intelligence: Nature and origins of competence in the everyday world* (pp. 203-234). New York: Cambridge University Press.
- Educational Testing Service (1977). *Reading: Basic skills assessment program*. Menlo Park, CA: Addison-Wesley.
- Ekstrom, R.B., French, J.W., Harman, H.H., & Dermen, D. (1976). *Manual for kit of factor-referenced cognitive tests*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Engel, R.R., & Satzger, W. (1990). *Kompendium alterssensitiver Leistungstests*. Psychiatrische Klinik der Universität München, Abteilung für Experimentelle und Klinische Psychologie.
- Fozard, J.L. (1990). Vision and hearing in aging. In J.E. Birren & K.W. Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging* (3rd edition, pp. 150-170). San Diego, CA: Academic Press.
- Fozard, J.L. & Nuttal, R.L. (1971). General Aptitude Test Battery scores for men differing in age and socioeconomic status. *Journal of Applied Psychology*, 55, 372-379.
- Gribbin, K., Schaie, K.W. & Parham, I.A. (1989). Complexity of life style and maintenance of intellectual abilities. *Journal of Social Issues*, 36, 47-61.
- Hebb, D.O. (1949). *The organization of behavior*. New York: Wiley.
- Helmchen, H., Baltes, M. M., Geiselman, B., Kanowski, S., Linden, M., Reischies, F.M., Wagner, M., & Wilms, H.-U. (im Druck). *Psychische Erkrankungen im Alter*. In K.U. Mayer & P.B. Baltes (Hrg.), *Die Berliner Altersstudie*. Berlin: Akademie-Verlag.
- Heller, K., Gaedike, A.-K., & Weinläder, H. (1976). *Kognitiver Fähigkeits-Test (KFT)*. Weinheim: Beltz Test GmbH.
- Hertzog, C. (1989). Influences of cognitive slowing on age differences in intelligence. *Developmental Psychology*, 25, 636-651.
- Hertzog, C., & Schaie, K.W. (1986). Stability and change in adult intelligence: 1. Analysis of longitudinal covariance structures. *Psychology and Aging*, 1, 159-171.

- Hertzog, C., & Schaie, K.W. (1988). Stability and change in adult intelligence: 2. Simultaneous analysis of longitudinal means and covariance structures. *Psychology and Aging*, 3, 122-130.
- Hollingworth, H.L. (1927). *Mental growth and decline: A survey of developmental psychology*. New York: Appleton.
- Horn, J.L. (1982). The theory of fluid and crystallized intelligence in relation to concepts of cognitive psychology and aging in adulthood. In F.I.M. Craik & S. Trehub (Hrg.), *Aging and cognitive processes* (pp. 237-278). New York: Plenum Press.
- Horn, J.L., & Donaldson, G. (1976). On the myth of intellectual decline in adulthood. *American Psychologist*, 31, 701-709.
- Jones, H.E., & Conrad, H. (1933). The growth and decline of intelligence: A study of a homogeneous group between the ages of ten and sixty. *Genetic Psychological Monographs*, 13, 223-298.
- Keiding, N. (1991). Age-specific incidence and prevalence: A statistical perspective. *Journal of the Royal Statistical Society A*, 154, 371-412.
- Kliegl, R. & Baltes, P.B. (1987). Das Janusgesicht des Alters: Über Wachstum und Abbau in Intelligenz und Gedächtnis. In E.H. Graul, S. Pütter & D. Loew (Eds.), *Medicennale XVII* (pp. 1-22). Iserlohn: Medice.
- Kliegl, R., & Baltes, P.B. (1991). Testing the limits: Kognitive Entwicklungskapazität in einer Gedächtnisleistung. *Zeitschrift für Psychologie, Suppl.*, 11, 84-92.
- Kliegl, R., Smith, J. & Baltes, P.B. (1986). Testing-the-limits, expertise, and memory in adulthood and old age. In F. Klix & H. Hagen (Eds.), *Human memory and cognitive capabilities: Mechanism & performances* (pp. 395-407). Amsterdam: North Holland.
- Kliegl, R., Smith, J., & Baltes, P.B. (1989). Testing-the-limits and the study of age differences in cognitive plasticity of a mnemonic skill. *Developmental Psychology*, 25, 247-256.
- Klix, F. (1993). *Erwachendes Denken: Geistige Leistungen aus evolutionspsychologischer Sicht*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Knopf, M., & Neidhardt, E. (1995). Altersunterschiede versus Altersentwicklung – Eine Querschnitt- und Längsschnittanalyse zur Entwicklung des Gedächtnisses im höheren Erwachsenenalter. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 2, 129-139.
- Kohn, M.L., & Schooler, C. (1978). The reciprocal effects of the substantive complexity of work and intellectual flexibility: A longitudinal assessment. *American Journal of Sociology*, 84, 24-52.
- Kohn, M. L., & Schooler, C. (1983). *Work and personality*. Norwood, NJ: Ablex.
- Kruse, A., Lindenberger, U. & Baltes, P.B. (1993). Longitudinal research on human aging: The power of combining real-time, microgenetic, and simulation approaches. In D. Magnusson (Ed.), *Longitudinal research on individual development: Present status and future perspectives* (pp. 153-193). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lehrl, S. (1977). *Mehrfachwahl-Wortschatz-Test (MWT-B)*. Erlangen: Straube.
- Lienert, G.A., & Crott, H.W. (1964). Studies on the factor structure of intelligence in children, adolescents, and adults. *Vita Humana*, 7, 147-163.
- Lindenberger, U., & Baltes, P.B. (1994a). Aging and intelligence. In R.J. Sternberg et al. (Hrg.), *The encyclopedia of human intelligence* (pp. 52-66). New York: MacMillan.
- Lindenberger, U., & Baltes, P.B. (1994b). Sensory functioning and intelligence in old age: A strong connection. *Psychology and Aging*, 9, 339-355.
- Lindenberger, U., & Baltes, P.B. (im Druck). Testing-the-limits and experimental simulation: Two methods to explicate the role of learning in development. *Human Development*.

- Lindenberger, U., Gilberg, R., Pötter, U., Little, T.L., & Baltes, P.B. (im Druck). Selektivität und Mortalität in der Berliner Altersstudie. In K.U. Mayer & P.B. Baltes (Hrg.), Die Berliner Altersstudie. Berlin: Akademie-Verlag.
- Lindenberger, U., Mayr, U., & Kliegl, R. (1990). Validation of the cognitive battery of the Berlin Aging Study: Results from a pilot study (Technical Report). Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Lindenberger, U., Mayr, U., & Kliegl, R. (1993). Speed and intelligence in old age. *Psychology and Aging*, 8, 207-220.
- Magnusson, D., Bergman, L.R., Rudinger, G. & Törestad, B. (Eds.). (1991). Problems and methods in longitudinal research: Stability and change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Matarazzo, J.D. (1976). Wechsler's measurement and appraisal of intelligence. Baltimore, MD: Williams & Wilkins.
- Marsiske, M., Delius, J., Maas, I., Lindenberger, U., Scherer, H., & Tesch-Römer, C. (im Druck). Sensorische Systeme im Alter. In K.U. Mayer & P.B. Baltes (Hrg.), Die Berliner Altersstudie. Berlin: Akademie-Verlag.
- Mayer, K.U., & Baltes, P.B. (im Druck) (Hrg.). Die Berliner Altersstudie. Berlin: Akademie-Verlag.
- Mayer, K.U., & Wagner, M. (im Druck). Lebenslagen und soziale Ungleichheit im Alter. In K.U. Mayer & P.B. Baltes (Hrg.), Die Berliner Altersstudie. Berlin: Akademie-Verlag.
- Meng, X.-L., Rosenthal, R., & Rubin, D.B. (1992). Comparing correlated correlation coefficients. *Psychological Bulletin*, 111, 172-175.
- Nesselroade, J.R. (1991). Interindividual differences in intraindividual change. In L.M. Collins & J.L. Horn (Eds.), Best methods for the analysis of change. Recent advances, unanswered questions, future directions (pp. 92-105). Washington, DC: American Psychological Association.
- Nesselroade, J.R. & Baltes, P.B. (Eds.). (1979). Longitudinal research in the study of behavior and development. New York: Academic Press.
- Nettelbeck, T., & Rabbit, P. (1992). Aging, cognitive performance, and mental speed. *Intelligence*, 16, 189-205.
- Nuthmann, R., & Wahl, H.-W. (im Druck). Zur Durchführung der Berliner Altersstudie. In K.U. Mayer & P.B. Baltes (Hrg.), Die Berliner Altersstudie. Berlin: Akademie-Verlag.
- Oswald, W.D. (1988). Möglichkeiten und Grenzen der Psychometrie in der psychogeriatrischen Forschung. *Zeitschrift für Gerontopsychologie und -psychiatrie*, 1, 181-191.
- Owens, W.A. (1959). Is age kinder to the initially more able? *Journal of Gerontology*, 14, 334-337.
- Pedhazur, E. J. (1982). Multiple regression in behavioral research. New York: Holt.
- Reinert, G., Baltes, P.B. & Schmidt, L.R. (1966). Kritik einer Kritik der Differenzierungshypothese der Intelligenz. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 13, 602-610.
- Reinert, G. (1970). Comparative factor analytic studies of intelligence throughout the life span. In L.R. Goulet & P.B. Baltes (Eds.), Life-span developmental psychology: Research and theory. New York: Academic Press.
- Reinert, G. (1979). Prolegomena to a history of life-span developmental psychology. In P.B. Baltes & Jr O.G. Brim (Eds.), Life-span development and behavior (Vol. 2) (pp. 205-254). New York: Academic Press.
- Reischies, F., & Lindenberger, U. (im Druck). Grenzen und Potentiale kognitiver Leistungsfähigkeit im Alter. In K.U. Mayer & P.B. Baltes (Hrg.), Die Berliner Altersstudie. Berlin: Akademie-Verlag.

- Riegel, K.F. (1958). Ergebnisse und Probleme der psychologischen Altersforschung. Teil I und II. *Vita Humana*, 1, 52-64, 204-243.
- Riegel, K.F. (1959). Ergebnisse und Probleme der psychologischen Altersforschung. Teil III. *Vita Humana*, 2, 213-237.
- Rudinger, G. (1987). Intelligenzentwicklung unter unterschiedlichen sozialen Bedingungen. In U. Lehr & H. Thomae (Hrg.), *Formen seelischen Alterns: Ergebnisse der Bonner Gerontologischen Längsschnittstudie (BOLSA)* (pp. 66-73). Stuttgart: Enke.
- Rudinger, G., & Rietz, C. (1995). Intelligenz: Neuere Ergebnisse aus der Bonner Längsschnittstudie des Alterns (BOLSA). In A. Kruse & R. Schmitz-Scherzer (Hrg.), *Psychologie des Lebenslaufs* (pp. 197-211). Darmstadt: Steinkopf.
- Rudinger, G. & Wood, P.K. (1990). N's, times, and the number of variables in longitudinal research. In D. Magnusson & L.R. Bergman (Eds.), *Data quality in longitudinal research* (pp. 157-180). New York: Cambridge University Press.
- Rutter, M. (1987). Psychosocial resilience and protective mechanisms. *American Journal of Orthopsychiatry*, 57, 316-331.
- Salthouse, T.A. (1991). Theoretical perspectives on cognitive aging. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Salthouse, T.A. (1994). The nature of the influence of speed on adult age differences in cognition. *Developmental Psychology*, 30, 240-259.
- Salthouse, T.A., Kausler, D.H. & Saults, J.S. (1988). Investigation of student status, background variables, and the feasibility of standard tasks in aging research. *Psychology and Aging*, 3, 29-37.
- Salthouse, T.A., Babcock, R.L., Skovronek, E., Mitchell, D.R.D., & Palmon, R. (1990). Age and experience effects in spatial visualization. *Developmental Psychology*, 26, 128-136.
- Schaie, K.W. (1965). A general model for the study of developmental problems. *Psychological Bulletin*, 64, 92-107.
- Schaie, K.W. (1983). The Seattle Longitudinal Study: A 21-year exploration of psychometric intelligence in adulthood. In K.W. Schaie (Ed.), *Longitudinal studies of adult psychological development* (pp. 64-135). New York: Guilford Press.
- Schaie, K.W. (1989a). The hazards of cognitive aging. *The Gerontologist*, 29, 484-493.
- Schaie, K.W. (1989b). Perceptual speed in adulthood: Cross-sectional studies and longitudinal studies. *Psychology and Aging*, 4, 443-453.
- Schaie, K.W. (1990). The optimization of cognitive functioning in old age: Predictions based on cohort-sequential and longitudinal data. In P.B. Baltes & M.M. Baltes (Eds.), *Successful aging: Perspectives from the behavioral sciences* (pp. 99-117). New York: Cambridge University Press.
- Schaie, K.W. (im Druck). *Adult intellectual development: The Seattle Longitudinal Study*. New York: Cambridge University Press.
- Schaie, K.W., Willis, S.L., Jay, G., & Chipuer, H. (1989). Structural invariance of cognitive abilities across the adult life span: A cross-sectional study. *Developmental Psychology*, 25, 652-662.
- Siegler, I.C. (1983). Psychological aspects of the Duke longitudinal studies. In K.W. Schaie (Hrg.), *Longitudinal studies of adult psychological development* (pp. 136-190). New York: Guilford.
- Siegler, I.C. & Botwinick, J. (1979). A long-term longitudinal study of intellectual ability of older adults: The matter of selective subject attrition. *Journal of Gerontology*, 34, 242-245.

- Smith, J., & Baltes, P.B. (im Druck). Psychologisches Altern: Trends und Profile im hohen Alter. In K.U. Mayer & P.B. Baltes (Hrg.), Die Berliner Altersstudie. Berlin: Akademie-Verlag.
- Staudinger, U.M. & Baltes, P.B. (1994). Gedächtnis, Weisheit und Lebenserfahrung: Zur Ontogenese als Zusammenwirken von Biologie und Kultur. In D. Dörner & E. Van der Meer (Eds.), Gedächtnis. Festschrift zum 65. Geburtstag von Friedhart Klix (pp. 433-484). Göttingen: Hogrefe.
- Staudinger, U., & Baltes, P.B. (1995). Weisheit als Gegenstand psychologischer Forschung. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung: Unveröffentlichtes Manuskript.
- Staudinger, U.M., Marsiske, M. & Baltes, P.B. (1993). Resilience and levels of reserve capacity in later adulthood: Perspectives from life-span theory. *Development and Psychopathology*, 5, 541-566.
- Steinhagen-Thiessen, E., & Borchelt, M. (1993). Health differences in advanced old age. *Ageing and Society*, 13, 619-655.
- Steinhagen-Thiessen, E., & Borchelt, M. (im Druck). Körperliche Gesundheit und medizinische Versorgung im Alter. In K.U. Mayer & P.B. Baltes (Hrg.), Die Berliner Altersstudie. Berlin: Akademie-Verlag.
- Thurstone, L.L., & Thurstone, T.G. (1949). Examiner's manual: SRA Primary Mental Abilities Test (Form 11-17). Chicago: Science Research Associates.
- Wechsler, D. (1955). Wechsler Adult Intelligence Scale manual. New York: The Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1982). Handanweisung zum Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene (HAWIE). Bern: Huber.
- Weinert, F.E. (1992). Altern in psychologischer Perspektive. In P.B. Baltes & J. Mittelstraß (Hrsg.), Zukunft des Alterns und gesellschaftliche Entwicklung (pp. 180-203). Berlin: DeGruyter.
- Willis, S.L. (1991). Cognition and everyday competence. In K.W. Schaie (Ed.), Annual review of gerontology and geriatrics (Vol. 11) (pp. 80-109). New York: Springer.
- Willis, S.L., Jay, G., Diehl, M., & Marsiske, M. (1992). Longitudinal change and prediction of everyday task competence in the elderly. *Research on Aging*, 14, 68-91.

Eingang des Manuskripts 30.5.1995

Eingang des überarbeiteten Manuskripts 16.6.1995

Korrespondenzanschrift: Dr. Ulman Lindenberger, Prof. Paul B. Baltes, Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Lentzeallee 94, D-14195 Berlin, Bundesrepublik Deutschland