

Zusammenfassung

Welche Struktur haben interindividuelle Unterschiede kognitiver Fähigkeiten im hohen Alter? Mit welchen multivariaten Modellen lässt sich diese Struktur adäquat beschreiben? Welche relative Bedeutung haben generelle und spezifische Faktoren für die Beschreibung interindividueller Unterschiede in kognitiven Fähigkeiten und deren Zusammenhänge mit soziodemographischen Variablen, Persönlichkeitskonstrukten und kognitiver Alltagskompetenz im Alter? Können die vielfältigen Altersunterschiede in kognitiven und sensorisch–sensomotorischen Aufgaben mittels genereller Faktoren erklärt werden oder ist zusätzlich die Annahme spezifischer Faktoren notwendig? Dies sind zentrale Fragen der kognitiven Altersforschung, die in dieser Dissertation behandelt werden.

Die Frage nach der relativen Bedeutung genereller und spezifischer Faktoren ist ein Grundthema der Intelligenzstrukturforschung, welche das vergangene Jahrhundert hindurch in vielfältigen methodischen und inhaltlichen Debatten behandelt worden ist. Diese Frage gewinnt besondere Bedeutung in der kognitiven Altersforschung, da der Faktorenraum kognitiver Fähigkeiten eine Tendenz zur Dedifferenzierung bzw. Neointegration mit zunehmendem Alter zeigt. Vor dem Hintergrund solch einer zunehmenden relativen Stärke des Generalfaktors kognitiver Fähigkeiten wird in dieser Dissertation der Frage nachgegangen, welche Bedeutung spezifischen Faktoren im hohen und sehr hohen Alter noch zukommt. Die Beantwortung dieser Frage stützt sich dabei auf den Vergleich nicht nur der Modellpassung verschiedener Faktorenstrukturen und der Kommunalitäten genereller und spezifischer Faktoren, sondern auch der Fähigkeit verschiedener Modelle, altersbezogene Varianz und Zusammenhänge zu theoretisch interessierenden externen Kriterienvariablen zu repräsentieren.

Die Verwendung von Strukturgleichungsmodellen erlaubt die Untersuchung dieser Modelleigenschaften, wobei jedoch einige in jüngere Zeit vorgeschlagene Verfahren (Allen, Hall, Druley, Smith, Sanders, & Murphy, 2001; Salthouse, 1998; Salthouse & Czaja, 2000) zu einer Verzerrung der Ergebnisse in Richtung von generellen Erklärungsansätzen neigen (Schmiedek & Li, 2002). Eine alternative Möglichkeit der Repräsentation genereller und spezifischer Faktoren wird daher in dieser Dissertation vorgeschlagen. Dazu werden Strukturgleichungsmodelle verwendet, die bisher vor allem in der Intelligenzstrukturforschung Anwendung

fanden. Mittels der vorgeschlagenen Methoden wird die Bedeutung genereller und spezifischer Faktoren zur Beschreibung der Struktur kognitiver Fähigkeiten im hohen Alter, zur Erklärung von Altersunterschieden und zur Vorhersage von externen Kriterienvariablen anhand von Daten der Berliner Altersstudie (BASE; Baltes & Mayer, 1999) untersucht.

Theorien kognitiven Alterns leiten sich aus verschiedenen Forschungstraditionen der kognitiven Psychologie, der psychometrischen Erforschung individueller Unterschiede in kognitiven Fähigkeiten, der Expertiseforschung, sowie den biologisch orientierten kognitiven Neurowissenschaften ab. Bedeutsam für die vorliegende Arbeit sind zum einen Theorien, die auf Konstrukten des Informationsverarbeitungsansatzes der Kognitionsforschung beruhen. Die *Processing Speed*-Theorie (Salthouse, 1985, 1996; siehe auch Birren, 1964; Cerella, 1990) ist der wohl einflussreichste Vertreter dieser Theorien und geht davon aus, dass sich die Altersunterschiede kognitiver Fähigkeiten durch eine generelle Verlangsamung der neuronalen Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit erklären lassen. Andere Theorien schlagen alternativ ein Nachlassen der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses (Craik, 1983; Craik & Byrd, 1982) oder exekutiver Kontrollleistungen (Hasher & Zacks, 1988) als allgemeine Ursache kognitiver Defizite vor.

In der psychometrischen Tradition der kognitiven Altersforschung haben Zwei-Komponenten-Ansätze, die auf der Theorie fluider und kristalliner Intelligenz (Cattell, 1971; Horn, 1982) aufbauen, den größten Einfluss. Die Theorie fluider und kristalliner Intelligenz postuliert unterschiedliche Entwicklungsverläufe für die beiden Fähigkeitskomplexe. Während die fluide Intelligenz – die Fähigkeit zum logisch-abstrakten Denken und Problemlösen – stärker alterskorrelierten Verlusten ausgesetzt ist, wird für die kristallinen Fähigkeiten – die vor allem durch den Einsatz fluider Fähigkeit angesammeltes Wissen beschreiben (Cattell, 1971) – eine bessere Erhaltung und auch die Möglichkeit von Zuwächsen in spezifischen Wissensbereichen angenommen. Die Theorie der kognitiven Mechanik und Pragmatik (Baltes, 1987) baut auf diesem Ansatz auf. Sie erweitert aber dessen konzeptuellen Rahmen, indem sie die ontogenetische Dynamik der primär auf biologischen Grundlagen basierenden mechanischen Fähigkeiten und den von der Kultur beeinflussten pragmatischen Aspekten von Wissen und Expertise in den allgemeinen entwicklungspsychologischen Kontext einer Abnahme evolutionärer Selektions-

vorteile über die Lebensspanne, einer parallelen Zunahme des Bedarfes von kulturellen Faktoren und einer Abnahme der Effektivität dieser Faktoren stellt (Baltes, 1997).

Die psychometrische Intelligenzforschung im Allgemeinen befasst sich seit annähernd einhundert Jahren mit der Struktur multivariater interindividueller Unterschiede in der Leistung bei kognitiven Aufgaben und bietet damit eine Basis für die Beschreibung von generellen und spezifischen Altersunterschieden dieser Fähigkeiten. Während Kontroversen um die relative theoretische Bedeutung genereller und spezifischer Faktoren nach wie vor lebhaft verfolgt werden (s. Sternberg & Grigorenko, 2002, für eine Sammlung aktueller Standpunkte), lässt sich die Frage nach der Struktur individueller Unterschiede durch den Einsatz hierarchischer Modelle beantworten (Carroll, 1993). Indem verschiedene Generalitätsebenen von spezifischen zu immer breiteren kognitiven Fähigkeiten und einem Faktor allgemeiner Intelligenz an der Spitze angenommen werden, vereinbaren solche Modelle die Multidimensionalität kognitiver Fähigkeiten mit der Tatsache, dass diese Fähigkeiten in aller Regel positiv miteinander korrelieren. Die verschiedenen theoretischen Ansätze der Intelligenzstrukturforschung lassen sich mit einem solchen Modell entweder direkt vereinbaren (z.B. Cattell, 1971; Vernon, 1961) oder können als Spezialfälle interpretiert werden (z.B. Spearman, 1904; Thurstone, 1938). Vor allem aber lassen sich die vorhandenen empirischen Daten gut mit hierarchischen Modellen beschreiben, wie Carroll (1993) mit einer Re-Analyse von über 400 verfügbaren Datensätzen hat zeigen können. Auch die Strukturen interindividueller Unterschiede bei Aufgaben, die sich aus Informationsverarbeitungsansätzen ableiten, wie z.B. Arbeitsgedächtnisaufgaben oder Tests exekutiver Kontrolle, lassen sich mit hierarchischen Modellen in der Regel gut darstellen (z.B. Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999; Miyake et al., 2000; Oberauer, Süß, Schulze, Wilhelm, & Wittmann, 2000).

Die Untersuchung der verschiedenen Theorien kognitiven Alterns im Rahmen von Intelligenzstrukturmodellen erfordert allerdings eine Erweiterung der erwähnten Modelle interindividueller Unterschiede um dynamische Perspektiven. Zum einen ist es notwendig, die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, dass die Strukturen sich mit dem Alter ändern. Die *Dedifferenzierungshypothese* der Intelligenzentwicklung (Balinsky, 1941; Baltes, Cornelius, Spiro, Nesselroade, & Willis, 1980; Lienert & Crott, 1964; Reinert, 1970) geht davon aus, dass kognitive Fähigkeiten

im Laufe der Alternsprozesse zunehmend stärker miteinander korrelieren und daher die Kommunalität eines Generalfaktors zunimmt. Die *Common Cause*-Hypothese erweitert diese Annahme auf den Zusammenhang kognitiver, sensorischer und sensomotorischer Fähigkeiten (Baltes & Lindenberger, 1997; Lindenberger & Baltes, 1994). Es wird hier davon ausgegangen, dass durch den gemeinsamen Einfluss zentraler Alternsprozesse auf die kognitiven und sensorisch-sensomotorischen Fähigkeiten deren Korrelationen mit steigendem Alter zunehmen.

Eine entwicklungspsychologische Sichtweise individueller Unterschiede in kognitiven Funktionsniveaus verlangt weiterhin die Betrachtung von Ursachen, Korrelaten und Folgen dieser Unterschiede. Aus solch einer entwicklungspsychologischen Perspektive lässt sich auch eine Infragestellung der üblichen Interpretation von faktorenanalytischen Konstrukten ableiten. Diese latenten Faktoren werden gemeinhin als zwar nicht direkt beobachtbare, jedoch einheitliche Ressourcen angesehen, für welche Faktorenscores als individuelle Messwerte interpretiert werden können. Im Sinne einer Interpretation von stabilen Fähigkeitskonstrukten als Resultate von Übungsprozessen, die auf den entsprechenden Lernkurven zu einem Leistungsniveau nahe der Asymptote geführt haben (Ferguson, 1954, 1956), können gemeinsame Faktoren einer Menge von Aufgabenvariablen jedoch auch als Produkte von korrelierten Umwelteinflüssen und Lerngelegenheiten interpretiert werden (Baltes, Nesselroade, & Cornelius, 1978). Dies ist bei der Interpretation vor allem von generellen Faktoren, wie z.B. dem Konstrukt der allgemeinen Intelligenz, zu beachten.

In der vorliegenden Dissertation werden ausschließlich querschnittliche Daten verwendet. Dies ist im Vergleich zu anderen Studiendesigns mit bestimmten Vor- und Nachteilen verbunden. Das wichtigste Problem querschnittlicher altersheterogener Daten besteht darin, dass diese nur die Untersuchung von altersbezogenen Unterschieden, nicht aber von Veränderungen erlauben. Die Interpretation der beobachteten Altersunterschiede als durchschnittliche Veränderungen der Population über die Zeit ist streng genommen nur unter der Annahme möglich, dass Selektions- und Kohorteneffekte vernachlässigbar sind (Baltes, Reese, & Nesselroade, 1977; Hertzog, 1996). Des weiteren repräsentieren durchschnittliche Mittelwertstrends nicht notwendigerweise individuellen Entwicklungsverläufe. Zur direkten Untersuchung von mittleren Veränderungen und interindividuellen Unterschieden in intraindividuellen Veränderungen sind längsschnittliche Forschungsdesigns nötig

(Nesselroade & Baltes, 1979). Bei multivariaten Analysen querschnittlicher Daten ist weiterhin zu beachten, dass die beobachteten Korrelationen zwischen Variablen auf unabhängigen alterskorrelierten Prozessen beruhen können und daher gemeinsame Faktoren nicht notwendigerweise indikativ für gemeinsame Ressourcen und Prozesse sein müssen (Hofer & Sliwinski, 2001; Merz & Kalveram, 1965). Zur Trennung von gemeinsamen und unabhängigen Prozessen sind experimentelle Dissoziationen bzw. individuenbasierte Zeitreihenanalysen in Kombination mit P-Technik-Faktorenanalysen (Cattell, 1952; Nesselroade & Schmidt McCollam, 2000) daher besser geeignet.

Im Vergleich zu (quasi-)experimentellen Untersuchungen mit kategorialen Altersgruppen und Bedingungsmanipulationen innerhalb einzelner Aufgabentypen haben multivariate korrelative Designs allerdings den entscheidenden Vorteil, dass sie die Zusammenhänge verschiedener Aufgaben untereinander berücksichtigen (Salthouse & Czaja, 2000). Dies erlaubt die Untersuchung, ob verschiedene Aufgaben, die denselben theoretischen Konstrukten zugeordnet sind, auch entsprechend miteinander korrelieren. Multivariate Analysen der Veränderungsinformationen in längsschnittlichen Daten fokussieren auf die Untersuchung der Korrelationsstruktur interindividueller Unterschiede der intraindividuellen Veränderungen. Die dabei beobachtbaren Korrelationen reflektieren jedoch nicht notwendigerweise auch Zusammenhänge zwischen den mittleren Veränderungen verschiedener Variablen. In querschnittlichen Daten hingegen sind diese mittleren Veränderungen in den interindividuellen Unterschieden repräsentiert und bilden sich in der Faktorenstruktur ab. Auch wenn die Faktoren, die sich aus solchen Daten extrahieren lassen, nicht notwendigerweise als gemeinsame Ressourcen und die Alterskorrelationen der Faktoren nicht als einheitliche Prozesse interpretiert werden können, so erlauben solche Faktorenanalysen dennoch (a) zu untersuchen, ob die verwendeten Aufgaben auch die aufgrund der theoretisch angenommenen Konstrukte zu erwartenden Korrelationsmuster aufweisen und (b) zu vergleichen, wie gut unterschiedlich komplexe Modelle in der Lage sind, die beobachteten multivariaten Alterszusammenhänge zu erklären.

Salthouse und Czaja (2000) haben eine Vorgehensweise vorgeschlagen, bei der verschiedene Strukturgleichungsmodelle der Alterszusammenhänge einer multivariaten kognitiven Testbatterie miteinander verglichen werden. Diese Modelle gehen entweder von unabhängigen altersbezogenen Effekten aus oder von Effekten,

die entweder über spezifische oder generelle Faktoren vermittelt werden. In empirischen Untersuchungen wurde mittels solcher Vergleiche gezeigt, dass hierarchische Strukturmodelle mit einem statistischen Effekt von Alter auf den Generalfaktor einen besseren Fit als Modelle mit unabhängigen spezifischen Effekten hatten (Salthouse, 2001; Salthouse & Czaja, 2000). Daraus wurde geschlossen, dass die Annahme eines generellen Effektes ausreicht, um das multivariate Bild kognitiven Alterns angemessen zu beschreiben. Allen et al. (2001) zeigten jedoch in Reanalysen der Daten von Salthouse, dass der Fit der hierarchischen Modelle sich weiter verbessern ließ, wenn zusätzlich zu dem Alterszusammenhang des Generalfaktors Alterszusammenhänge der spezifischen Faktoren eingeführt wurden. Basierend auf Simulationsbeispielen (Schmiedek & Li, 2002) wird in dieser Arbeit gezeigt, dass die verschiedenen vorgeschlagenen Vorgehensweisen (Allen et al., 2001; Salthouse, 1998) in der Regel dazu führen, dass generelle Effekte überschätzt werden. Es besteht daher Bedarf für eine alternative Vorgehensweise.

Eine solche alternative Methode wird als zentraler Beitrag dieser Dissertation vorgeschlagen und beruht auf einer Verwendung der so genannten *Nested Factor*-Strukturgleichungsmodelle, die in der Intelligenzstrukturforschung zur Repräsentation hierarchischer Strukturen verwendet werden (z.B. Gustafsson, 1989; Gustafsson & Balke, 1993; Jensen & Weng, 1994). Bei diesen Modellen laden die beobachteten Variablen direkt auf einem Generalfaktor sowie spezifischen Gruppenfaktoren. Der Generalfaktor und die spezifischen Faktoren sind dabei orthogonal. Diese Modelle stellen daher konfirmatorische Entsprechungen von früheren faktorenanalytischen Modellen dar (der *Bi-factor*-Methode von Holzinger und Swineford, 1937, sowie des hierarchischen Intelligenzmodells von Vernon, 1961, dessen methodische Grundlagen sich auf Arbeiten von Thomson, 1946, und C. Burt, 1949, beziehen). Im Gegensatz zu den bisher verwendeten Modellen, bei denen der Generalfaktor als Faktor zweiter Ordnung modelliert wurde, erlauben die *Nested Factor*-Modelle eine simultane Schätzung der Alterszusammenhänge des generellen und aller spezifischen Faktoren. Mit Hilfe von Simulationsbeispielen wird dies demonstriert. Weiterhin wird eine Erklärung für diese Eigenschaft des *Nested Factor*-Modells im Vergleich zu den hierarchischen Modellen offeriert. Der entscheidende Unterschied zwischen den beiden Modelltypen liegt in einer Proportionalitätsbedingung der hierarchischen Modelle, welche ein gleiches Verhältnis von genereller zu spezifischer Varianz in allen Indikatorvariablen eines spezifischen

Gruppenfaktors erzwingt (Mulaik & Quartetti, 1997; Yung, Thissen, & McLeod, 1999). Im Nested Factor-Modell besteht diese Bedingung nicht. In einer umfangreichen Monte Carlo-Studie wurden diese Zusammenhänge genauer untersucht und gezeigt, dass die empirische Heterogenität der Zusammensetzung von genereller und spezifischer Varianz in den Indikatorvariablen der Schlüssel zur Trennung von generellen und spezifischen Effekten ist. Je heterogener das Verhältnis von genereller und spezifischer Varianz über die verschiedenen Indikatorvariablen hinweg ist, desto geringer sind die Standardschätzfehler der geschätzten Alterszusammenhänge.

Für die Untersuchung von generellen und spezifischen Alterszusammenhängen bestehen mehrere Möglichkeiten, die Altersvariable zu den Faktoren des Nested Factor-Modells in Beziehung zu setzen. Alter kann zum einen als unabhängige Variable mit „kausalen“ Pfaden von Alter auf die generellen und spezifischen Faktoren, zum anderen als mit den Faktoren korrelierende oder abhängige Variable modelliert werden. Wie gezeigt wird, implizieren diese Alternativen unterschiedliche Interpretationen der Faktorenstruktur. Wird Alter als unabhängige Variable verwendet, so führen die altersbezogenen Effekte auf verschiedene Faktoren dazu, dass diese Faktoren miteinander korrelieren. Wie analytisch gezeigt wird, entsprechen die Faktorenladungen in diesem Fall denen einer alterspartialisierten Faktorenstruktur. Solch eine Struktur beschreibt daher die altersunabhängigen Zusammenhänge zwischen den Variablen. Diese altersunabhängigen Zusammenhänge werden von den durch die altersbezogenen Effekte induzierten Korrelationen der Faktoren überlagert. Wird Alter hingegen als mit den Faktoren korrelierende Variable verwendet, bleibt die orthogonale Faktorenstruktur des Nested Factor-Modells erhalten. Die Alterszusammenhänge der Faktoren repräsentieren in diesem Fall unabhängige Anteile aufgeklärter Altersvarianz. Wird Alter, basierend auf solch einem Modell, als abhängige Variable definiert, so lassen sich die quadrierten Alterskorrelationen der orthogonalen Faktoren zu einem Gesamtmaß aufgeklärter Altersvarianz aufsummieren. Dies kann als ein Index für die altersrelevante Information, die von den Faktoren insgesamt beschrieben wird, angesehen werden. Wichtig ist hier aber vor allem die theoretische Unterscheidung der beiden möglichen Ansätze, Alter als unabhängige bzw. als abhängige Variable zu definieren und dadurch entweder gerichtete altersbezogene Effekte auf Faktoren einer alterspartialisierten Faktorenstruktur oder *Alterskorrelationen* von Faktoren

einer altersheterogenen Struktur zu betrachten. Im ersten Fall werden Unterschiede in chronologischem Alter – und damit auch allen alterskorrelierten Prozessen – nicht als konstituierender Bestandteil der von den Faktoren erklärten Varianz behandelt. Im zweiten Fall wird solche altersbezogene Varianz innerhalb der Faktorenstruktur modelliert, weshalb sich Alter dann als mit den Faktoren korrelierende Variable in den Faktorenraum projizieren lässt. Die Entscheidung, ob Alter als internal oder external zur Bestimmung der Faktorenstruktur angesehen wird, lässt sich nicht anhand statistischer Eigenschaften fällen. In den empirischen Analysen werden diese verschiedenen Möglichkeiten, die Altersvariable zu modellieren, daher einander gegenübergestellt und vergleichend diskutiert.

Im empirischen Teil der Dissertation werden die vorgeschlagenen Modelle auf Daten der Berliner Altersstudie (BASE) angewendet. Von dieser längsschnittlichen Studie werden dabei ausschließlich Daten der ersten querschnittlichen Datenerhebungswelle verwendet ($N = 516$; Alter: 70–103). Die kognitive Aufgabenbatterie von BASE umfasst 14 Aufgaben, welche den theoretischen Konstrukten *Denkfähigkeit (Reasoning)*, *Gedächtnis*, *Wahrnehmungsgeschwindigkeit*, *Wortflüssigkeit* und *Wissen* zugeordnet werden können und daher eine multidimensionale Erfassung der kognitiven Leistungsfähigkeit erlauben (Lindenberger & Baltes, 1997; Lindenberger, Mayr, & Kliegl, 1993). Die Hinzunahme von Daten einer Stichprobe jüngerer Erwachsener, die ebenfalls die kognitive Batterie aus BASE bearbeitet haben (Baltes & Lindenberger, 1997; $N = 171$; Alter: 25–69), ermöglichte eine Beschreibung der von Baltes und Lindenberger (1997) berichteten Dedifferenzierung der Faktorenstruktur mittels Nested Factor-Modellen, welche eine direkte Ermittlung der von einem Generalfaktor bzw. von spezifischen Faktoren aufgeklärten Kommunalitäten in den verschiedenen Altersgruppen erlauben.

Neben einer Betrachtung der Faktorenstruktur und der multivariaten Alterszusammenhänge war auch die entwicklungspsychologische Perspektive auf Ursachen der interindividuellen Unterschiede in den Intelligenzleistungen von Interesse. Das kognitive Funktionsniveau alter Menschen, wie es in querschnittlichen Untersuchungen erfasst wird, stellt den vorläufigen Endpunkt einer lebenslangen Entwicklung mit interindividuell höchst verschiedenen, ja idiosynkratischen Verläufen, die durch eine Vielzahl heterogener Einflussgrößen bedingt wird, dar. Genetische Faktoren und Umwelteinflüsse interagieren dabei auf mehreren

biologischen und psychologischen Analyseebenen (Baltes & Labouvie, 1973; Baltes & Singer, 2001; S.-C. Li, in press). Neben generellen Einflüssen genetischer Faktoren und Entwicklungsprozesse des Gehirns sind durchaus auch spezifische Effekte solcher biologischer Einflussgrößen denkbar, die sich in Zusammenhängen etwa genetischer, hirnanatomischer oder funktionell-analytischer Markervariablen mit den spezifischen Gruppenfaktoren abbilden lassen sollten. Die Untersuchung von Zusammenhängen genereller und spezifischer Faktoren mit biologischen Variablen anhand von Daten der Berliner Altersstudie ist aufgrund theoretischer und praktischer Beschränkungen jedoch nicht Ziel der vorliegenden Arbeit.

Bezüglich des Einflusses von kulturellen Faktoren auf generelle und spezifische Faktoren kognitiver Fähigkeiten war vor allem der Zusammenhang mit dem Ausmaß schulischer und universitärer Bildung von Interesse. Im Sinne von Theorien, die kristalline Fähigkeiten als Resultat von investierten fluiden Fähigkeiten ansehen und zugleich den Einfluss von Interesse und Motivation als zusätzliche oder moderierende Faktoren annehmen (Ackerman, 1996; Cattell, 1971), sind für die Entwicklung von kognitiven Fähigkeiten über die Lebensspanne eine Vielzahl wechselseitiger Effekte denkbar. Während sich die Kausalrichtungen beobachteter Zusammenhänge mittels korrelativer Daten nicht bestimmen lassen, ist es dennoch von Interesse, ob sich die vermuteten wechselseitigen Einflüsse auch bei älteren Menschen in signifikanten Korrelationen abbilden und sich in multivariaten Daten dabei auch theoriekonforme Zusammenhangsmuster mit spezifischen Gruppenfaktoren zeigen lassen. Für den sozioökonomischen Status und vor allem für dessen Komponente *Bildung* wurde daher erwartet, dass neben einem Einfluss auf die allgemeine kognitive Leistungsfähigkeit, die mit dem Generalfaktor erfasst wurde, ein Effekt auf den spezifischen Wissensfaktor besteht. Weiterhin konnte postuliert werden, dass auch das Persönlichkeitskonstrukt *Offenheit für Erfahrungen* (Costa & McCrae, 1985) und dabei vor allem die Subfacette *Intellektuelle Neugier* einen zusätzlichen Zusammenhang sowohl mit dem Generalfaktor, als auch mit dem spezifischen Wissensfaktor haben würde.

Neben den entwicklungsgeschichtlichen Ursachen ist für die Untersuchung kognitiver Fähigkeiten alter Menschen auch eine Betrachtung von Korrelaten der mit Testleistungen erfassten theoretischen Konstrukte, d.h. von lebensnahen Verhaltensexpressionen und von Zusammenhängen mit theoretisch verwandten Verhaltensdomänen von Interesse. Von besonderer Bedeutung ist hier zum einen die kognitive

Alltagskompetenz (Allaire & Marsiske, 1999; M. M. Baltes, Mayr, Borchelt, Maas, & Wilms, 1993; Bronfenbrenner, 1979; Demming & Pressey, 1957; Poon, Rubin, & Wilson, 1989; Schaie, 1978; Sternberg & Wagner, 1986) und zum Anderen der Funktionsbereich sensorischer und sensomotorischer Fähigkeiten (Baltes & Lindenberger, 1997; Granick, Kleban, & Weiss, 1976; MacFarland, 1968; Stelmach & Hömberg, 1993).

Für den Bereich der kognitiven Alltagskompetenz wurden in einer explorativen Vorgehensweise aus den 44 im so genannten *Yesterday Interview* (M. M. Baltes et al., 1993) erfassten Aktivitätskategorien diejenigen ausgewählt, die signifikante Zusammenhänge mit den kognitiven Variablen hatten. Es wurde dann untersucht, welche Anteile allgemeine und spezifische Faktoren kognitiver Fähigkeiten für die Vorhersage dieser Aktivitäten hatten.

Die sensorischen und sensomotorischen Variablen in BASE, Maße visueller und akustischer Genauigkeit sowie von Balance und Gang, erlaubten des Weiteren eine Modellierung der *Common Cause*-Hypothese mit einem Nested Factor-Modell, bei dem ein *Common Cause*-Faktor, mit Ladungen der kognitiv-mechanischen Aufgaben (*Wahrnehmungsgeschwindigkeit*, *Gedächtnis* und *Reasoning*) sowie der sensorisch-sensomotorischen Aufgaben, mit einem Generalfaktor der kognitiv-mechanischen Aufgaben und spezifischen Faktoren der einzelnen Konstrukte kombiniert wurden.

In einer Sensitivitätsanalyse wurde außerdem die Bedeutung von Parametersensitivität und Parameterinterdependenz (Li, Lewandowsky, & DeBrunner, 1996) für die Interpretation der Ergebnisse untersucht. Diese methodischen Aspekte wurden dann mit Hilfe einer Monte Carlo-Studie weiter analysiert.

Folgende Hypothesen konnten für die Anwendung des Nested Factor-Modells auf die BASE-Daten formuliert werden. Es wurde erwartet, dass spezifische Faktoren neben einem starken Generalfaktor signifikant und substantiell zur Varianzaufklärung der beobachteten Variablen beitragen. In Bezug auf die Zusammenhänge der Faktoren mit der Altersvariablen wurde postuliert, dass sich die beobachteten Alterszusammenhänge der kognitiven Variablen nicht mit einem Effekt auf den Generalfaktor allein erklären ließe, sondern dass zusätzlich spezifische Effekte nötig sein würden. Für die Beziehungen zu den externen Kriteriumsvariablen wurde erwartet, dass spezifische Faktoren – zusätzlich zu dem Generalfaktor – Zusammenhänge mit dem sozioökonomischen Status, Bildung,

Offenheit für Erfahrungen und Indikatoren kognitiver Alltagskompetenz zeigen würden. Des Weiteren wurde es als eine offene Forschungsfrage angesehen, ob ein gemeinsamer (*Common Cause*-)Faktor die Alterzusammenhänge der mechanisch-kognitiven und der sensorisch-sensomotorischen Aufgaben würde erklären können.

Die Ergebnisse der Untersuchung der kognitiven Fähigkeitsstruktur im hohen Alter zeigten dass, obwohl die Struktur klar von dem Generalfaktor dominiert wurde, spezifische Gruppenfaktoren dennoch substantiell zur Gesamtstruktur beitrugen. Jeder der fünf spezifischen Gruppenfaktoren war hoch signifikant, wobei diese spezifischen Faktoren im Durchschnitt ein Fünftel der reliablen Varianz aufklärten. Der Vergleich mit der Stichprobe jüngerer Erwachsener zeigte deutlich eine Dedifferenzierung der Struktur. In der jüngeren Stichprobe erklärten die spezifischen Faktoren mehr als die Hälfte der Aufgabenvarianz. Im Einklang mit den Analysen von Lindenberger und Baltes (1997) konnte innerhalb des von BASE erfassten Abschnittes der Lebensspanne jedoch keine weitere Dedifferenzierung nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis kann potentiell mit Selektionseffekten erklärt werden – wenn man davon ausgeht, dass die Prozesse, die zu einer Dedifferenzierung der Fähigkeitsstruktur führen, im hohen Alter mit Mortalität korreliert sind.

Die Untersuchung der Alterskorrelationen der generellen und spezifischen Faktoren ergab, dass der Generalfaktor allein nicht in der Lage war, die Zusammenhänge der beobachteten Variablen mit Alter zu vermitteln. Neben einer stark negativen Alterskorrelation des Generalfaktors ($r = -.67, p < .001$) fanden sich signifikante positive Zusammenhänge der spezifischen Faktoren für *Wortflüssigkeit* ($r = .24, p < .05$) und *Wissen* ($r = .33, p < .001$). Wurde Alter als abhängige Variable verwendet, so ließen sich mit dem Generalfaktor und den spezifischen Faktoren gemeinsam 61% aufklären, während mit dem Generalfaktor allein nur eine Aufklärung von 36% der Altersvarianz möglich war. Dieses Ergebnis zeigt deutlich, dass die spezifischen Faktoren eine bedeutsame Rolle bei der Beschreibung der multivariaten Alterszusammenhänge spielen. Die Notwendigkeit eines spezifischen Alterszusammenhanges ließ sich auch für das Modell der kognitiv-mechanischen und der sensorisch-sensomotorischen Aufgaben nachweisen. Der *Common Cause*-Faktor konnte die gesamte Altersvarianz der kognitiv-mechanischen Aufgaben und einen Großteil der sensorisch-sensomotorischen Altersvarianz aufklären (Korrelation

des *Common Cause* - Faktors mit Alter: $r = -.60, p < .001$). Zusätzlich fand sich für den spezifischen Faktor der sensorisch–sensomotorischen Aufgaben ein negativer Alterszusammenhang ($r = -.70, p < .001$). Dieses Ergebnis kann erklärt werden im Sinne von allgemeinen Alternsprozessen, die gleichermaßen kognitive wie auch zentrale Aspekte sensorisch–sensomotorischer Informationsverarbeitung beeinflussen und von spezifischen Prozessen, die sich auf periphere Aspekte der Sensorik und Motorik auswirken, begleitet werden.

Für die Zusammenhänge der generellen und spezifischen Faktoren mit den externen Kriterienvariablen konnte gezeigt werden, dass der sozioökonomische Status, operationalisiert als ein latentes Konstrukt mit den Indikatoren *Einkommen, soziale Schicht, Bildung* und *berufliches Prestige*, nicht nur signifikant mit dem kognitiven Generalfaktor ($r = .48, p < .001$), sondern auch mit dem spezifischen Wissensfaktor korrelierte ($r = .37, p < .001$). Von besonderem Interesse war, dass Bildung allein zusätzlich einen signifikanten positiven Zusammenhang mit dem spezifischen *Reasoning*-Faktor hatte ($r = .20, p < .05$).

Die Analysen der Zusammenhänge mit den *Offenheit für Erfahrungen*-Items ergaben mehrere signifikante Korrelationen mit den spezifischen kognitiven Faktoren. Hervorgehoben sei dabei vor allem das Zusammenhangsmuster des *Intellektuelle Neugier*-Items, welches positiv mit dem Generalfaktor und dem spezifischen Wissensfaktor korrelierte ($r = .33, p < .001$ und $r = .27, p < .001$).

Für die Zusammenhänge der psychometrisch erfassten kognitiven Fähigkeiten mit kognitiv beanspruchenden Alltagsaktivitäten konnte gezeigt werden, dass sich die Dauer von Schreibaktivitäten zu einem beträchtlichen Anteil ($R^2 = .24$) durch die spezifischen Faktoren von *Wahrnehmungsgeschwindigkeit, Reasoning* und *Wortflüssigkeit* aufklären ließen, während der Generalfaktor und ein Index der Basiskompetenz keinen signifikanten Beitrag zur Varianzaufklärung hatten. Die Basiskompetenz wiederum korrelierte deutlich mit dem Generalfaktor ($r = .58, p < .001$).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Ergebnisse klar die Notwendigkeit einer multidimensionalen Konzeption kognitiver Fähigkeiten und einer multidirektionalen Beschreibung von Altersunterschieden selbst im hohen Alter aufzeigten. Die gefundenen positiven Zusammenhänge spezifischer Faktoren für Wortflüssigkeit und Wissen lassen sich im Kontext von Zwei-Komponenten-Theorien der intellektuellen Entwicklung über die Lebensspanne verstehen. Der Versuch, die beobachteten Unterschiede in den Alterskorrelationen der Indikator-

aufgaben dieser Konstrukte ausschließlich mittels eines Generalfaktors zu erklären, führt zu der Notwendigkeit positiver Alterszusammenhänge der spezifischen Faktoren, um einen befriedigenden Modellfit zu erzielen. Auf der einen Seite stellen diese Ergebnisse daher eine Herausforderung für Generalfaktorthorien des kognitiven Alterns dar. Andererseits zeigt der Vergleich des Nested Factor-Modells mit einem obliquen Gruppenfaktormodell, dass sich mit dem Nested Factor-Modell und seiner Kombination eines Generalfaktors mit spezifischen Faktoren eine bessere Repräsentation der multivariaten Alterszusammenhänge erzielen lässt als mit korrelierten Gruppenfaktoren.

Weiterhin wurden deutliche Hinweise auf die Bedeutung einer multifunktionalen Sichtweise kognitiver Fähigkeiten im Alter gegeben, indem Zusammenhänge spezifischer Faktoren mit externen Kriteriumsvariablen demonstriert werden konnten. Hierbei ist vor allem interessant, dass der kognitive Generalfaktor relativ höhere Zusammenhänge mit aggregierten Kriteriumsmaßen hatte – wie dem Konstrukt *sozioökonomischer Status*, der *Offenheits-Gesamtskala* oder der Summe erweiterter Alltagsaktivitäten – während die spezifischen Faktoren eher Zusammenhänge mit einzelnen Variablen oder Items auf niedrigeren Aggregationsebenen zeigten. Diese Ergebnisse weisen auf die Notwendigkeit hin, sowohl auf der Seite der kognitiven Fähigkeiten als auch bei der Auswahl relevanter Kriteriumsvariablen eine mehrdimensionale Konzeption zu anzustreben, welche die Gegenüberstellung vergleichbare Generalitätsniveaus erlaubt.

Die Ergebnisse der Simulationsstudien zeigten deutlich, dass die bisher verwendeten schrittweisen Verfahren in der Regel nicht zu unverzerrten Ergebnissen führen, wohingegen der Einsatz des Nested Factor-Modells eine unverzerrte Trennung von simultan modellierten generellen und spezifischen Effekten erlaubt. Die Monte Carlo-Studie demonstrierte die Bedeutung einer heterogenen Zusammensetzung genereller und spezifischer Varianzen in den Indikatorvariablen und erlaubte die Ableitung von Empfehlungen für die Stichprobengröße und Anzahl von Indikatoren pro Faktor in zukünftigen Studien.

Basierend auf den Ergebnissen der empirischen Analysen und der Simulationsstudien lässt sich zusammenfassend sagen, dass die vorgeschlagene Verwendung von Nested Factor-Modellen erhebliche Vorteile gegenüber bisher verwendeten Modellen aufweist. Die simultane Modellierung von generellen und spezifischen Faktoren und deren Zusammenhänge mit Alter und anderen externen

Kriterienvariablen erlaubt eine unverzerrtere Gegenüberstellung genereller und spezifischer Varianzquellen bei der Beschreibung und Erklärung interindividueller Unterschiede in kognitiven Fähigkeiten.

Die Ergebnisse der Analysen mit Daten der Berliner Altersstudie zeigten deutlich die Bedeutung von spezifischen Faktoren für die Beschreibung interindividueller Unterschiede kognitiver Fähigkeiten im hohen Alter sowie deren Zusammenhänge mit Alter und einer Reihe von externen Kriterienvariablen, während gleichwohl eingestanden werden muss, dass der Generalfaktor einen, vor allem im Vergleich mit jüngeren Stichproben, beträchtlichen Anteil der gesamten sowie der alterskorrelierten Varianz aufklären konnte. Eine ausschließliche Betrachtung der von einem Generalfaktor erfassten Varianz führt jedoch zu einem unvollständigen Bild kognitiver Fähigkeiten im hohen Alter.