

1/95

s. Seite 20
Baltes, P. B., & Lindenberger, U.
Sensorik und Intelligenz: Intersystemische
Wechselwirkungen und Veränderungen

AKADEMIE-JOURNAL

MITTEILUNGSBLATT
DER KONFERENZ DER DEUTSCHEN AKADEMIEEN
DER WISSENSCHAFTEN



Philipp von Zabern

Paul B. Baltes und Ulman Lindenberger

Sensorik und Intelligenz: Intersystemische Wechselwirkungen und Veränderungen im hohen Alter

Wie gut wir sehen und wie gut wir hören können, wurde bislang selten damit in Verbindung gebracht, wie gut wir denken können und wie gut unser Gedächtnis funktioniert. Es ist deshalb auch nicht überraschend, daß in Hunderten, wenn nicht Tausenden psychologischer Untersuchungen zur Intelligenz im Erwachsenenalter sensorische Funktionen wie Sehen, Hören und Gleichgewicht nicht erfaßt worden sind. Dies trifft auch auf die Altersforschung zu. Mit wenigen Ausnahmen haben Gerontologen nicht in Erwägung gezogen, daß sensorische Funktionen mit dem Altern der Intelligenz verknüpft sein könnten.¹

Die von der Arbeitsgruppe »Altern und gesellschaftliche Entwicklung« der West-Berliner Akademie der Wissenschaften initiierte und von der Berlin-Brandenburgischen Akademie weitergeführte Berliner Altersstudie hat zum Ziel, den alternden Menschen in seiner Verflechtung und Einbettung in biologisch-medizinische, psychologische und soziologische Wirkungssysteme zu verstehen.² Mit diesem interdisziplinären Zugang verband sich die Hoffnung, bislang unbekanntes Wechselwirkungen zwischen Funktionssystemen zu entdecken. Der Zusammenhang zwischen Sensorik und Intelligenz ist hierfür ein gutes Beispiel.³

Die Berliner Altersstudie

Über den Zusammenhang zwischen Sensorik und Intelligenz im hohen Alter liegen bislang keine gesicherten Erkenntnisse vor. Die Berliner Altersstudie, eine umfassende Untersuchung alter und sehr alter Menschen, betritt hier Neuland. Die besonderen Merkmale der Studie sind die Heterogenität der Teilnehmer – die Stichprobe beruht auf einer Zufallsziehung aus dem städtischen Melderegister von West-Berlin –, der Schwerpunkt auf dem hohen und sehr hohen Alter (70–103 Jahre) sowie die interdisziplinäre und zugleich äußerst detaillierte Natur der Datenerhebung.⁴ Das Kernstück der Berliner Altersstudie, das Intensivprotokoll, besteht aus insgesamt 14 Sitzungen, die zu etwa gleichen Teilen der Inneren Medizin, Psychiatrie, Soziologie und Psychologie zugeordnet sind. Die Intensivprotokoll-Stichprobe ist nach Alter und Geschlecht geschichtet. Insgesamt haben 516 Personen das Intensivprotokoll der Berliner Altersstudie vollständig durchlaufen. Einige der in diesem Beitrag dargestellten Abbildungen basieren auf einer Teilstichprobe von 156 Personen, die noch während der Durchführung der Studie zusammengestellt wurde. Alle berichteten Ergebnisse sind jedoch für den Gesamtdatensatz ebenfalls gültig.

Die Vorhersagbarkeit und der Altersverlauf der Intelligenz

Längsschnittlich angelegte Untersuchungen der intellektuellen Leistungsfähigkeit im Erwachsenenalter – das heißt Untersuchungen, in denen dieselben Personen über einen längeren Zeitraum verfolgt werden – haben zwei wesentliche Befunde erbracht.⁵ Erstens ist intellektuelle Leistungsfähigkeit multidimensional angelegt; sie besteht aus verschiedenen Fähigkeiten, die unterschiedliche Altersverläufe aufweisen. So nimmt die Geschwindigkeit beim Ausführen einfacher mentaler Aufgaben in der Regel ab, während das verbale Wissen, wie es zum Beispiel im Wortschatz zum Ausdruck kommt, zunimmt oder zumindest gleich bleibt. Zweitens zeichnen sich Unterschiede durch ein hohes Ausmaß an interindividueller Stabilität aus. Die Rangreihen der Personen auf den verschiedenen Fähigkeiten verschieben sich mit dem Alter kaum.

Diese gut abgesicherten Befunde beziehen sich auf den Altersbereich vom zwanzigsten bis zum etwa siebzigsten Lebensjahr. Im hohen Alter könnten jedoch neue Einflußgrößen auftreten oder vormals »unwichtige« Einflüsse an Bedeutung gewinnen. Das markanteste und wohl auch bedrohlichste Beispiel für diesen Vorgang ist die Alzheimer-Demenz, von der ein mit dem Alter stark zunehmender Anteil der über 70-jährigen Bevölkerung betroffen ist.⁶ Es ist aber denkbar, daß auch der normale, nicht-pathologische biologische Alterungsprozeß des Gehirns die Beziehung der Intelligenz zu anderen Funktionsbereichen verändert. Dies könnte vor allem für das Verhältnis der Intelligenz zur Sensorik gelten, da sensorische Funktionssysteme wie Sehen, Hören und Gleichgewicht eine starke zentralnervöse Komponente aufweisen.⁷

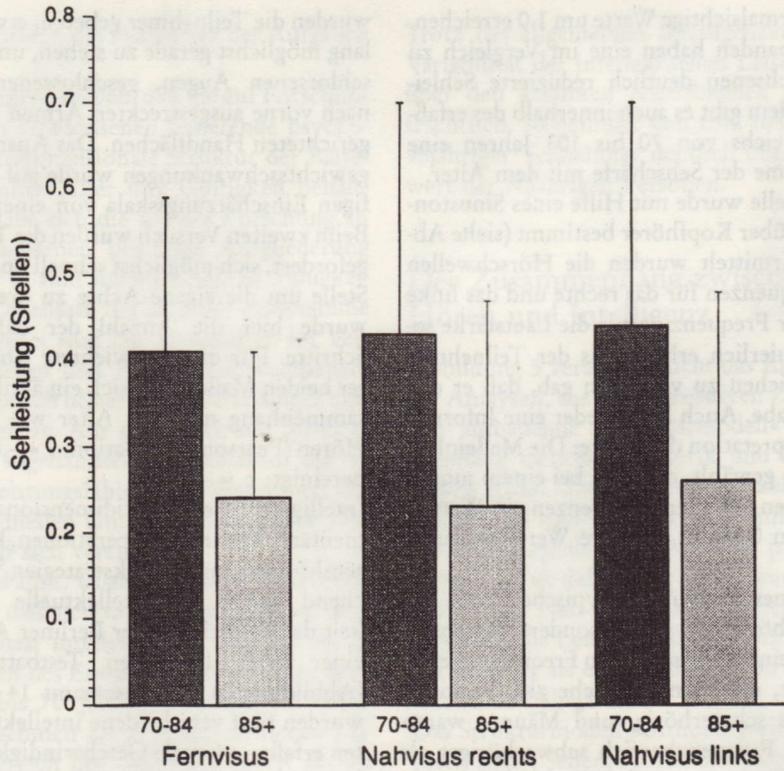


Abb. 1 Durchschnittliche Sehleistungen alter und sehr alter Teilnehmer der Berliner Altersstudie. Fehlerbalken stellen Standardabweichungen dar. Normal-sichtige junge Erwachsene erreichen Werte um 1.0

Die Messung von Sensorik und Intelligenz in der Berliner Altersstudie

Im folgenden werden wir zunächst die Messung sensorischer und intellektueller Funktionen im Rahmen der Berliner Altersstudie darstellen.⁸ Anschließend berichten wir über die Ergebnisse korrelativer Analysen, die die Annahme eines außerordentlich hohen, altersbedingten Zusammenhangs zwischen Sensorik und Intelligenz stützen.

Auf der Seite der sensorischen Funktionen wurden die Sehschärfe, die Hörschwelle sowie Gleichgewicht/Haltung erfasst. (Wir bedanken uns herzlich bei Professor H. Scherer, Freie Universität Berlin und Leiter der Hals-Nasen-Ohrenklinik des Universitätsklinikums Benjamin Franklin, für seinen Rat bei der Erfassung des Hörvermögens

sowie bei Dr. M. Borchelt, Universitätsklinikum Rudolf Virchow, für die Zusammenstellung und Durchführung der Seh- und Gleichgewichtstests.) Die Sehschärfe wurde mit allgemein üblichen Lesetafeln gemessen. Die Teilnehmer wurden aufgefordert, Zahlen und Buchstaben abnehmender Größe vorzulesen, und zwar solange, bis sie nicht mehr imstande waren, etwas zu erkennen. Die Fernsicht wurde für beide Augen gleichzeitig überprüft, wobei die Sehtafel mindestens 2,5 Meter vom Teilnehmer entfernt war. Die Nahsicht wurde im Leseabstand getrennt für das rechte und das linke Auge erfasst. Alle drei Messungen wurden mit und ohne Brille erhoben. Die in Abbildung 1 berichteten Daten beruhen auf dem jeweils besseren Wert der Sehschärfe, und das waren mit wenigen Ausnahmen die Werte mit Brille. Für die Interpretation der Daten ist es hilfreich zu wissen,

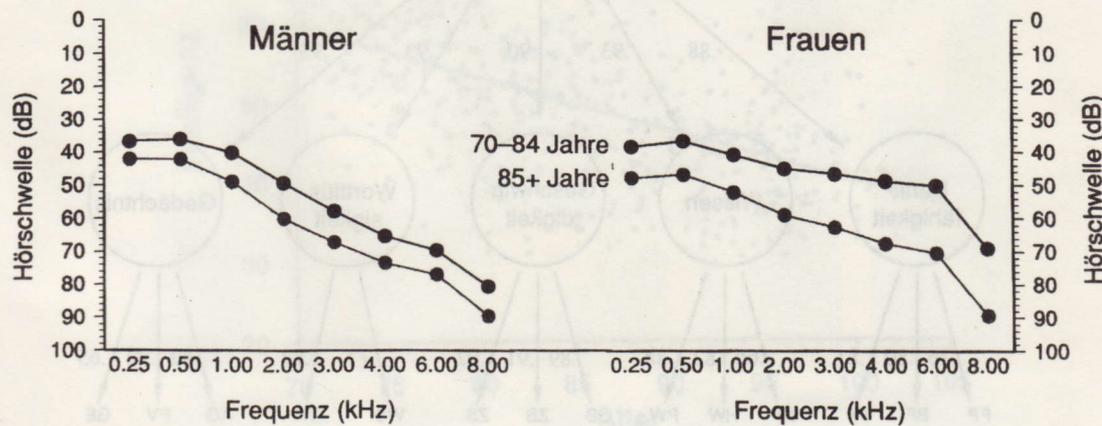


Abb. 2 Hörschwellen alter und sehr alter Teilnehmer der Berliner Altersstudie in Abhängigkeit von Frequenz und Geschlecht. Junge Erwachsene ohne Hörverlust erreichen Werte bei 0 Dezibel. Die Probanden zeigen das typische Bild der Altersschwerhörigkeit mit besonders stark ausgeprägtem Hörverlust im oberen Frequenzbereich

Abb. 3 Hierarchisches Strukturmodell der Intelligenz. Das Strukturmodell bringt die intelligenzbezogenen individuellen Unterschiede in der Stichprobe der Berliner Altersstudie ($N = 516$, Altersbereich 70 bis 103 Jahre) zum Ausdruck. 14 Tests erfassen fünf verschiedene intellektuelle Fähigkeiten: Mentale Geschwindigkeit, Denkfähigkeit (logisches Denken im Sinne von Induktion und Deduktion), Gedächtnis (Merkfähigkeit), verbales Wissen sowie Wortflüssigkeit. Die fünf Fähigkeiten sind hoch und gleichförmig miteinander korreliert. Der die fünf Fähigkeiten verbindende sogenannte Generalfaktor bringt die allgemeine intellektuelle Leistungsfähigkeit oder Intelligenz zum Ausdruck. Die Abkürzungen beziehen sich auf die Namen der Tests (FP: Figurenpaare; BF: Buchstabenfolgen; PP: Praktische Probleme; WF: Wörter finden; HW: Wortschatz; PW: Praktisches Wissen; GB: Gleiche Bilder; ZB: Zahlen-Buchstaben-Test; ZS: Zahlen-symboltest; WS: Wortanfang mit »S«; TN: Tiere nennen; AG: Aufgaben erinnern; PV: Paarverbindungenlernen; GE: Geschichte erinnern)

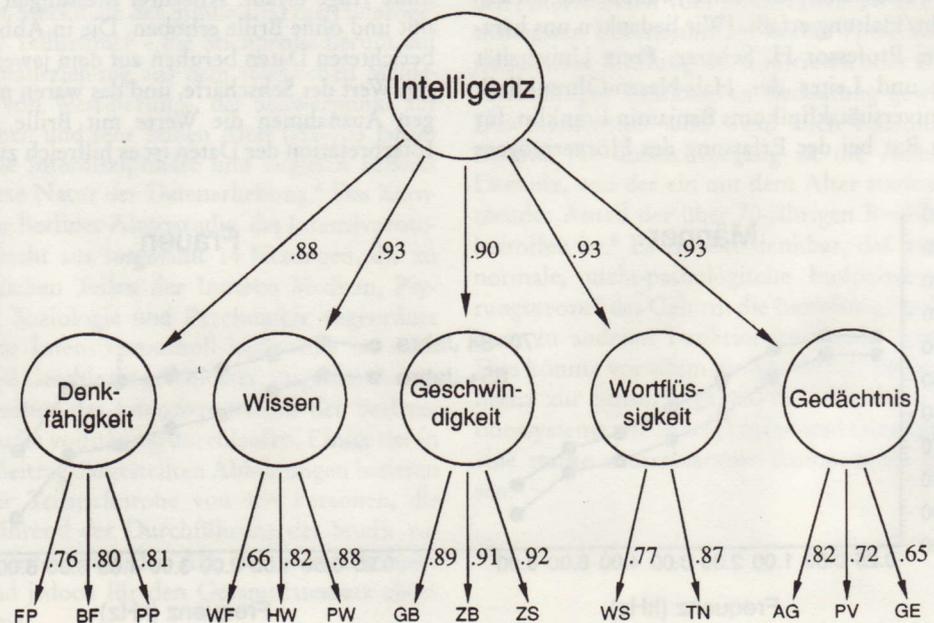
daß junge Normalsichtige Werte um 1.0 erreichen. Fast alle Probanden haben eine im Vergleich zu jungen Erwachsenen deutlich reduzierte Sehleistung. Außerdem gibt es auch innerhalb des erfaßten Altersbereichs von 70 bis 103 Jahren eine starke Abnahme der Sehschärfe mit dem Alter. Die Hörschwelle wurde mit Hilfe eines Sinuston-Audiometers über Kopfhörer bestimmt (siehe Abbildung 2). Ermittelt wurden die Hörschwellen von acht Frequenzen für das rechte und das linke Ohr. Bei jeder Frequenz wurde die Lautstärke solange kontinuierlich erhöht, bis der Teilnehmer durch ein Zeichen zu verstehen gab, daß er den Ton gehört habe. Auch hier wieder eine Information zur Interpretation der Werte: Die Maßeinheit Dezibel ist so gewählt, daß sich bei einem jungen Normalhörigen auf allen Frequenzen ein Wert in der Nähe von 0 ergibt. Höhere Werte bedeuten Hörverlust.

Die Teilnehmer zeigten das typische Profil der Altersschwerhörigkeit, mit besonders ausgeprägten Leistungseinbußen im oberen Frequenzbereich. Wie erwartet, erwiesen sich sehr alte Personen als besonders schwerhörig, und Männer waren im mittleren Frequenzbereich schwerhöriger als Frauen. Das Datenmuster der 70- bis 84-jährigen stimmt gut mit den Ergebnissen von Untersuchungen aus anderen westlichen Ländern überein. Für die Gruppe der über 84-jährigen gibt es keinen vergleichbaren Datensatz.

Gleichgewicht/Haltung wurde durch mehrere klinische Maße des Gleichgewichtssinns erfaßt. Wir fassen diese Maße unter Gleichgewicht/Haltung zusammen, weil in den Leistungen auf diesen Maßen neben der gleichgewichtsbezogenen Komponente wahrscheinlich auch motorische Faktoren zum Ausdruck kommen. Die folgenden Analysen beschränken sich auf eine Kombination von zwei Maßen. Im sogenannten Romberg-Versuch

wurden die Teilnehmer gebeten, etwa eine Minute lang möglichst gerade zu stehen, und zwar mit geschlossenen Augen, geschlossenen Beinen und nach vorne ausgestreckten Armen mit nach oben gerichteten Handflächen. Das Ausmaß an Gleichgewichtsschwankungen wurde auf einer sechsstufigen Einschätzungsskala von einem Arzt erfaßt. Beim zweiten Versuch wurden die Teilnehmer aufgefordert, sich möglichst schnell und sicher auf der Stelle um die eigene Achse zu drehen; gemessen wurde hier die Anzahl der dafür benötigten Schritte. Für die ungewichtete Kombination dieser beiden Maße ergab sich ein ähnlich starker Zusammenhang mit dem Alter wie für Sehen und Hören (Pearson-Korrelation: $r = -.64$, reliabilitätsbereinigt: $r = -.71$).

Intelligenz ist ein multidimensionales System elementarer kognitiver Operationen, komplexer Wissenskörper und Denkstrategien.⁹ Dementsprechend wurde die intellektuelle Leistungsfähigkeit der Teilnehmer der Berliner Altersstudie mit einer breit angelegten Testbatterie gemessen (Abbildung 3). Mit insgesamt 14 Intelligenztests wurden fünf verschiedene intellektuelle Fähigkeiten erfaßt – mentale Geschwindigkeit, Denkfähigkeit (d. h. logisches Denken im Sinne von Induktion und Deduktion), verbales Wissen (Wortschatz), Wortflüssigkeit und Gedächtnis (Merkfähigkeit). Jede der fünf Fähigkeiten wurde mit mehreren Tests erfaßt. Einige der Tests wurden für die Berliner Altersstudie neu entwickelt, um auch bei sehr alten und leistungsschwachen Personen eine valide Messung der entsprechenden Fähigkeit zu gewährleisten. Dabei bestand ein wichtiges Ziel der Testentwicklung darin, die Auswirkungen sensorischer Beeinträchtigungen auf die Testsituation so gering wie möglich zu halten, so zum Beispiel durch Verwendung sehr großer Schrift und Benutzung eines berührungsempfindlichen Bildschirms,



der den Teilnehmern das Bearbeiten der Aufgaben erleichtert.

Die Auswertungen ergaben, daß die auf Forschungen mit jungen Erwachsenen basierende psychometrische, multidimensionale Struktur der Batterie auch im hohen Alter ihre Gültigkeit behält. Zum Beispiel läßt sich die aus der Forschung an jüngeren Erwachsenen bekannte Aufgliederung des Meßraums in fünf unterschiedliche Fähigkeiten auch am Datensatz der Berliner Altersstudie nachweisen. Dabei sind die Fähigkeiten im Vergleich zum frühen und mittleren Erwachsenenalter jedoch deutlich höher und gleichmäßiger miteinander korreliert. Aus diesem Grund bietet es sich an, einen sogenannten Generalfaktor der intellektuellen Leistungsfähigkeit zu bestimmen, der die interindividuellen Unterschiede auf allen fünf Fähigkeiten auf sich vereinigt.

Wie bereits erwähnt, wissen wir aus früheren Untersuchungen, daß sich die Entwicklungsverläufe der fünf erfaßten intellektuellen Fähigkeiten in früheren Phasen des Erwachsenenalters, also etwa zwischen 20 bis 70 Jahren, voneinander unterscheiden. So nehmen die durchschnittlichen Leistungen im Bereich der Geschwindigkeit ab, die Leistungen im Bereich des verbalen Wissens sind jedoch durch Zunahme oder Stabilität gekennzeichnet. Die vorliegenden Befunde im Altersbereich von 70 bis 103 Jahren stehen hierzu in einem deutlichen Gegensatz, da die durchschnittlichen Leistungen auf allen fünf untersuchten Fähigkeiten mit dem Alter abnehmen. Im hohen Alter scheint der Entwicklungsverlauf der Intelligenz also einem allgemeinen Verlustprozeß zu entsprechen. Für den Generalfaktor der Intelligenz beträgt die negative Korrelation mit dem Alter $-.57$, reliabilitätsbereinigt $-.61$ (Abbildung 4). Statistisch gesehen bedeutet dies, daß mehr als ein Drittel der individuellen Unterschiede in der Intelligenz mit dem Alter verbunden ist.

Trotz des allgemeinen Intelligenzverlusts ist die Variabilität der intellektuellen Leistungsfähigkeit über den gesamten Altersbereich allerdings beträchtlich. So befindet sich zum Beispiel ein über 95jähriger Teilnehmer deutlich über dem Mittelwert der 70jährigen Personen.

Der Zusammenhang zwischen Sehen, Hören und Intelligenz

Abbildung 5 veranschaulicht das Kernstück unserer Analysen, das auf korrelativen Zusammenhängen aufbauende »Strukturmodell« zum Zusammenhang zwischen Sensorik und Intelligenz im hohen Alter. Die 16 Messungen zur Hörschwelle wurden zu drei Variablen zusammengefaßt, um die Hörfähigkeit statistisch und psychometrisch zuverlässig zu definieren. Sehen wurde als Kombination von Nah- und Fernvisus definiert und die intellektuelle Leistungsfähigkeit im Sinne des Generalfaktors als eine Kombination der fünf intellektuellen Fähigkeiten.

Das Strukturmodell postuliert zwischen den Faktoren Alter, Sehen, Hören und Intelligenz die folgenden »kausalen« Beziehungen: Alter beeinflusst Sehen und Hören, und Sehen und Hören beeinflussen die Intelligenz. Dies entspricht der Annahme, daß sich die altersbedingten Unterschiede in der Intelligenz im hohen Alter vollständig auf das Nachlassen der Sehschärfe und des Hörvermögens zurückführen lassen. Natürlich erlaubt die Anwendung derartiger Strukturmodelle keine eindeutigen Kausalaussagen, wie sie bei längsschnittlichen Erhebungen oder Experimenten möglich sind. Überprüft wird lediglich, ob das vorliegende Korrelationsmuster mit bestimmten kausalen Hypothesen übereinstimmt.

Das hypostasierte Strukturmodell und die Daten stimmen im vorliegenden Fall perfekt miteinander

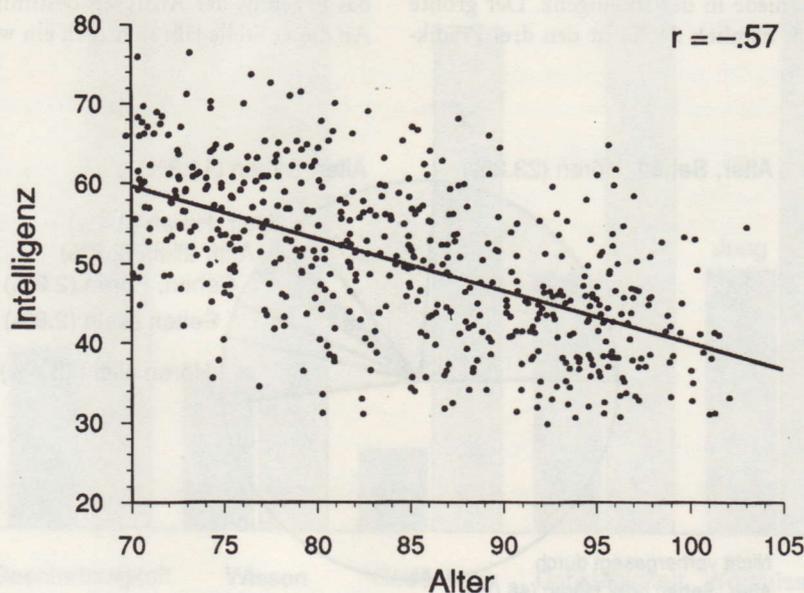
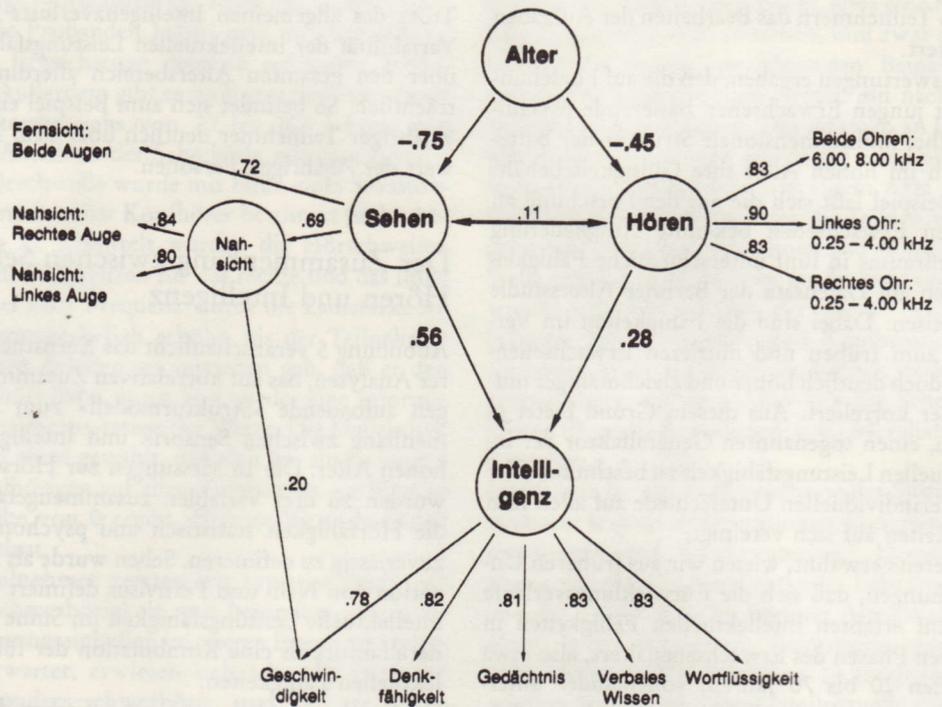


Abb. 4 Zusammenhang zwischen Intelligenz und Alter. Im erfaßten Altersbereich von 70 bis 103 Jahren ergibt sich für alle fünf intellektuellen Fähigkeiten eine negative Beziehung zum Alter, die auch im Generalfaktor der Intelligenz zum Ausdruck kommt. Die Korrelation zwischen Intelligenz und Alter beträgt $-.57$, reliabilitätsbereinigt $-.61$. Gleichzeitig ist die Variabilität der Leistungen über den gesamten Altersbereich beträchtlich. Die individuellen Unterschiede in der Intelligenz wurden an der Stichprobe normiert (Mittelwert = 50, Standardabweichung = 10)

Abb. 5 Strukturmodell zum Verhältnis von Alter, Sehen, Hören und Intelligenz. In der postulierten Struktur beeinflusst das Alter Sehen und Hören, und Sehen und Hören beeinflussen die Intelligenz. Dies entspricht der Annahme, daß sich Altersunterschiede in der Intelligenz auf altersbedingte Einbußen in den Seh- und Hörleistungen zurückführen lassen

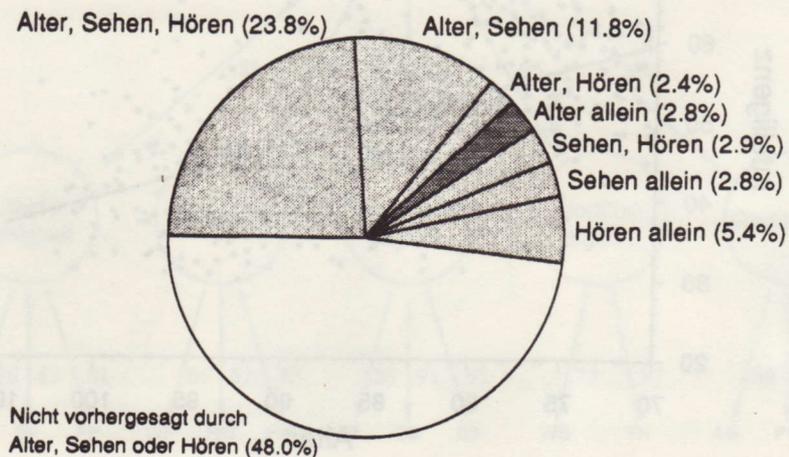


der überein: Die Zusammenhänge zwischen den Variablen lassen sich durch das Strukturmodell vollständig reproduzieren – und das, obwohl das Strukturmodell keinen direkten Einfluß des Alters auf die Intelligenz zuläßt. Die beträchtlichen Altersunterschiede in der Intelligenz sind demzufolge untrennbar mit Altersunterschieden im Sehen und Hören verbunden.¹⁰

Man kann sich den in Abbildung 5 dargestellten Sachverhalt auch genauer anschauen, indem man eine sogenannte Kommunalitätsanalyse durchführt, bei der die Vorhersagekraft von Alter, Sehen und Hören in gemeinsame und trennbare Anteile zerlegt wird (Abbildung 6). Insgesamt präzisieren Alter, Sehen und Hören 52 % der gesamten Leistungsunterschiede in der Intelligenz. Der größte Anteil davon, nämlich 24 %, ist den drei Prädik-

toren gemeinsam. Lediglich 2,8 %, ein von 0 % statistisch nicht signifikant verschiedener Betrag, geht spezifisch auf das Alter zurück. Sehen und Hören sagen also nahezu 100 Prozent der durchaus beträchtlichen (vgl. Abbildung 4) altersbezogenen Variabilität in der Intelligenz voraus. In weiteren Analysen ließ sich ferner nachweisen, daß dieses Ergebnis gleichermaßen für Männer und Frauen, für Personen mit starken sensorischen Einbußen und Personen mit weniger starken sensorischen Einbußen, für Personen mit klinischer Demenzdiagnose und für Personen ohne Demenzdiagnose zutrifft. Es handelt sich zum Beispiel nicht um einen Bodeneffekt, bei dem einige Personen, die sehr schlecht hören, sehen und denken, das Ergebnis der Analysen bestimmen.¹¹ An dieser Stelle läßt sich auch ein weiterer, durch-

Abb. 6 Kommunalitätsanalyse zur Bestimmung der gemeinsamen und spezifischen Vorhersageanteile von Alter, Sehen und Hören. Insgesamt präzisieren Alter, Sehen und Hören 52 % der individuellen Unterschiede in der Intelligenz. Der größte Varianzanteil, 23,8 %, ist den drei Prädiktoren gemeinsam. Lediglich 2,8 %, ein von 0 % statistisch nicht signifikant verschiedener Betrag, wird durch Alter allein vorhergesagt



aus plausibler Einwand entkräften. Es wäre denkbar, daß die Bearbeitung der Intelligenztests sensorische Anforderungen stellt und daß die hohen Korrelationen zum Sehen und Hören in erster Linie den Umstand zum Ausdruck bringen, daß einige Personen aufgrund von Hör- und Sehproblemen beim Bearbeiten der Tests benachteiligt waren. Dies scheint nicht zuzutreffen. Eine nach Sinnesmodalitäten getrennte Betrachtung der 14 Intelligenztests ergab nämlich, mit Ausnahme der Tests der mentalen Geschwindigkeit, kaum Hinweise in dieser Richtung. Lediglich bei den Aufgaben zur mentalen Geschwindigkeit, die alle visuell gegeben wurden und bei denen es auf die Schnelligkeit der Bearbeitung ankommt, gab es schwache Hinweise auf eine relativ stärkere Beziehung zum Sehen. Um diese Sonderbeziehung abzufangen, enthält unser Strukturmodell einen zusätzlichen Pfad vom Nahvisus zur Geschwindigkeit (siehe Abbildung 5).

Ein weiterer Sachverhalt deutet ebenfalls darauf hin, daß der starke Zusammenhang zwischen Sehen, Hören und Intelligenz wahrscheinlich nicht durch Faktoren verursacht wird, deren Wirksamkeit sich auf der Situation der Intelligenztestung beschränkt. Gleichgewicht/Haltung weist nämlich eine genauso starke Beziehung zur Intelligenz auf wie die beiden anderen Sinnesleistungen. Dieses Ergebnis verstärkt den Eindruck, daß es sich bei dem engen Zusammenhang zwischen Sensorik und Intelligenz im hohen Alter um ein übergreifendes und robustes Phänomen handelt, also

um ein Phänomen, das das Intersystemische zwischen Sensorik und Intelligenz widerspiegelt.

Nimmt der Zusammenhang zwischen Intelligenz und Sensorik mit dem Alter zu? Vergleich mit jüngerer Stichprobe

Um diese Befunde im Sinne einer Zunahme des Zusammenhangs zwischen Sensorik und Intelligenz im hohen Alter zu werten, ist der Nachweis erforderlich, daß die entsprechenden Zusammenhänge in früheren Phasen des Erwachsenenalters tatsächlich geringer sind. Daß dem so ist, läßt sich anhand einiger früherer Untersuchungen vermuten.¹² Eine von den Autoren vor kurzem am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung durchgeführte, noch unveröffentlichte Folgeuntersuchung ist in dieser Hinsicht besonders aufschlußreich, da sie mit demselben Erhebungsprotokoll durchgeführt wurde, das auch in der Berliner Altersstudie zur Anwendung kam. Die oben beschriebenen Seh-, Hör- und Intelligenzmaße wurden an einer heterogenen, von einem Meinungsforschungsinstitut rekrutierten Stichprobe von 100 Personen im Alter von 15 bis 54 Jahren erhoben. Die Personen wurden genau in der gleichen Weise getestet wie die Personen der Berliner Altersstudie, und die Gesamtvariabilität der Leistungen war mit der Variabilität der Stichprobe der Berliner Altersstudie vergleichbar.

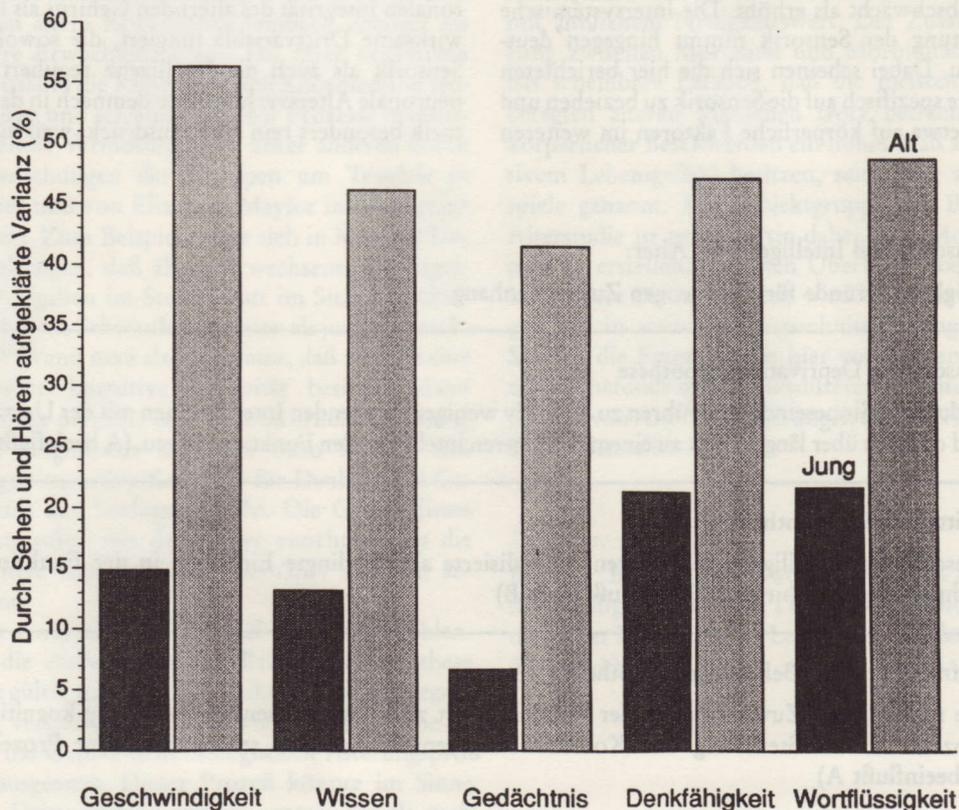


Abb. 7 Vorhersagekraft von Sehen und Hören im Altersvergleich. Verglichen wurde die Stichprobe der Berliner Altersstudie (516 Personen im Alter von 70 bis 103 Jahren) mit einer ähnlich heterogenen Stichprobe jüngerer Erwachsener (100 Personen im Alter von 15 bis 54 Jahren). In der Stichprobe der Berliner Altersstudie lassen sich die individuellen Unterschiede in den fünf intellektuellen Fähigkeiten weitaus besser vorhersagen als in der jüngeren Vergleichsgruppe. Dieses Ergebnis stützt die Annahme einer Zunahme des Zusammenhangs zwischen Sensorik und Intelligenz im Alter

Abbildung 7 zeigt ein Ergebnis des Altersvergleichs. Bemerkenswert sind vor allem zwei Dinge. Erstens ist der Zusammenhang zwischen Sensorik und Intelligenz in der jungen Stichprobe tatsächlich wesentlich geringer als in der Stichprobe alter und hochbetagter Menschen der Berliner Altersstudie. Als Prädiktoren intellektueller Fähigkeiten sind Sehen und Hören in der Stichprobe der Berliner Altersstudie im Durchschnitt um den Faktor 3.5 mächtiger als in der jungen Vergleichsgruppe. Zweitens ist die erklärende Kraft der Sensorik in der jungen Vergleichsgruppe jedoch nicht gleich null. Auch im jungen und mittleren Erwachsenenalter scheint ein gewisser, wenngleich deutlich weniger stark ausgeprägter Zusammenhang zwischen sensorischen und kognitiven Funktionen zu bestehen.

Mögliche Gründe für den hohen Zusammenhang zwischen Sensorik und Intelligenz im Alter

Zusammen mit den Ergebnissen der Vergleichsuntersuchung an jüngeren Probanden weisen die Daten der Berliner Altersstudie darauf hin, daß sich die intersystemische Beziehung zwischen Intelligenz und Sensorik im hohen Alter deutlich von dem korrelativen Muster früherer Lebensabschnitte unterscheidet. Soziale Faktoren wie Schicht und Bildung, die wir hier nicht dargestellt haben, geraten, relativ gesehen, in den Hintergrund, da sich ihre Wirksamkeit im hohen Alter eher abschwächt als erhöht. Die intersystemische Bedeutung der Sensorik nimmt hingegen deutlich zu. Dabei scheinen sich die hier berichteten Effekte spezifisch auf die Sensorik zu beziehen und nicht etwa auf körperliche Faktoren im weiteren

Sinne. Zum Beispiel weist in der Berliner Altersstudie die generelle körperliche Gesundheit, definiert als die Anzahl der klinisch relevanten Diagnosen, eine deutlich geringere Korrelation zur Intelligenz auf ($r = .14$).

Zum Abschluß wollen wir drei Hypothesen skizzieren, die sich bei der Erklärung des überraschend starken Zusammenhangs zwischen Sensorik und Intelligenz als hilfreich erweisen könnten (siehe Tabelle). Wir betrachten diese Hypothesen, die einander logisch nicht ausschließen, als erste Strukturierungsversuche eines neuen und in seinen wissenschaftlichen Implikationen noch nicht abzuschätzenden Befunds.

Die erste Hypothese ist die der sensorischen Deprivation. Wenn sich diese »sensorische Deprivation« über Monate und Jahre erstreckt, so die Hypothese, dann führt sie zu einem Verkümmern der intellektuellen Funktionen. In diesem Fall wäre der altersbedingte Leistungsabfall in der Sensorik die eigentliche Ursache für die Minderung der intellektuellen Leistungsfähigkeit. Es gibt jedoch Gründe, die gegen diese Hypothese sprechen. Zum Beispiel gibt es Kinder und Erwachsene mit schweren und chronischen sensorischen Defiziten, deren intellektuelle Leistungsfähigkeit durchaus normal ist. Außerdem fällt es schwer, diese Hypothese zur Erklärung des ebenfalls hohen Zusammenhangs zwischen Gleichgewicht und Intelligenz heranzuziehen.

Die zweite Hypothese läßt sich als die Hypothese der gemeinsamen Ursache bezeichnen. Aus statistischer Sicht handelt es sich um eine Drittvariablenhypothese, wobei die Abnahme der neuronalen Integrität des alternden Gehirns als kausal wirksame Drittvariable fungiert, die sowohl die Sensorik als auch die Intelligenz reguliert. Der neuronale Altersverlust käme demnach in der Sensorik besonders rein zum Ausdruck, weil hier die

Sensorik und Intelligenz im Alter:

Mögliche Gründe für einen engen Zusammenhang

Sensorische Deprivationshypothese

Reduzierte Sinneseindrücke führen zu kognitiv weniger anregenden Interaktionen mit der Umwelt und dadurch über längere Zeit zu einem niedrigeren intellektuellen Funktionsniveau. (A beeinflusst B)

Drittvariablenhypothese

Sensorik und Intelligenz reflektieren generalisierte altersbedingte Einbußen in der Funktionstüchtigkeit des Gehirns. (C beeinflusst A & B)

Aufmerksamkeits-Belastungs-Hypothese

Die nachlassende Zuverlässigkeit der Sensorik führt zu einer wachsenden Bedeutung kognitiver Prozesse für die Steuerung und Koordinierung sensorischer und sensomotorischer Prozesse. (B beeinflusst A)

Möglichkeiten zur Kompensation durch Wissen und Erfahrung geringer sind als im intellektuellen Bereich. Physiologische und neuropsychologische Befunde legen nahe, daß individuelle Unterschiede in Sehen, Hören und Gleichgewicht im Altersbereich über 70 Jahre eine starke neuronale und auch zentralnervöse Komponente haben. Ein Hauptanteil des Nachlassens der Sensorik im Alter – und zwar genau jener Teil, der nicht durch Brillen, Kataraktoperationen, Hörgeräte und andere Eingriffe behandelbar ist – scheint neuronalen Ursprungs zu sein.¹³

Die dritte Hypothese bezeichnen wir gegenwärtig als die Aufmerksamkeits-Belastungs-Hypothese. Ausgangspunkt dieser Hypothese ist die Beobachtung, daß zahlreiche sensorische und sensomotorische Aktivitäten, die im frühen und mittleren Erwachsenenalter nahezu oder vollkommen automatisch und mit hoher Zuverlässigkeit ausgeführt werden können, im hohen Alter der bewußten Steuerung bedürfen. Um sich dies zu verdeutlichen, stelle man sich zum Beispiel eine 25-jährige und eine 85-jährige Person vor, die die folgenden Handlungen ausführen: Eine Straße bei regem Verkehr überqueren; eine Kaffeetasse zum Mund führen; auf unebenem Gelände spazieren gehen; in der Dämmerung Auto fahren. Es ist wahrscheinlich, daß all diese Aktivitäten bei einer durchschnittlichen 85-jährigen Person ein weit größeres Ausmaß an geistiger Aufmerksamkeit und bewußter mentaler Koordination mit anderen gleichzeitig auszuführenden Tätigkeiten erfordern als bei einer durchschnittlichen 25-jährigen.¹⁴

Nach der Aufmerksamkeits-Belastungs-Hypothese müssen ältere Erwachsene demnach häufiger als jüngere Erwachsene einen Teil ihrer kognitiven Kapazität in die Regulation und Koordination sensorischer und sensomotorischer Prozesse investieren. Diese Vermutung wird unter anderen durch Untersuchungen der Gruppen um Teasdale in Quebec und von Elizabeth Maylor in Cambridge gestützt. Zum Beispiel zeigte sich in Maylors Untersuchungen, daß ältere Erwachsene, die kognitive Aufgaben im Stehen statt im Sitzen bearbeiten, eher ins Schwanken gerieten als junge Erwachsene.¹⁵ Wenn man also annimmt, daß wir alle eine begrenzte kognitive Kapazität besitzen, dann würde die parallele und kontinuierliche Belastung dieser kognitiven Kapazität dazu führen, daß weniger kognitive Kapazität für Denken und Gedächtnis zur Verfügung steht. Die Größe dieses Effekts sollte mit dem Alter zunehmen, da die kognitive Kapazität mit dem Alter ohnehin abnimmt.

Es ist durchaus denkbar, daß die Drittvariablen- und die Aufmerksamkeits-Belastungs-Hypothese beide gültig sind und sich in ihrer Wirkung gegenseitig verstärken. Ähnlich wie andere Organe ist auch das Gehirn dem biologischen Alterungsprozeß ausgesetzt. Dieser Prozeß könnte im Sinne einer Drittvariablen sowohl sensorische als auch

kognitive Fähigkeiten beeinträchtigen, und es käme primär alterungsbedingt zu einer Zunahme des Zusammenhangs mit dem Alter. Gleichzeitig könnte die nachlassende Qualität der Sinneseindrücke dazu führen, daß mehr und mehr kognitive Kapazität in Sensorik und Motorik investiert werden muß. Die Auswirkungen der Hirnalterung auf den Zusammenhang zwischen Sensorik und Intelligenz würden sich dann durch die funktionale Abhängigkeit der Bereiche sekundär verstärken. Im Ergebnis würde dies zu einer zunehmenden funktionalen Abhängigkeit zunehmend störanfälliger Systeme führen.

Ausblick

Wir haben anfangs erwähnt, daß die Berliner Altersstudie aus zwei Gründen eine Quelle neuer Einsichten in den Prozeß des Alterns darstellen kann. Erstens wegen ihrer im Erhebungsplan angelegten Interdisziplinarität und der damit erfolgreichen Verknüpfung bisher zumeist getrennt verlaufender Informationsstränge; und zweitens wegen ihres Schwerpunkts auf dem fortgeschrittenen Alter, den Hochbetagten, und der damit gebotenen Möglichkeit der Erkundung bislang unbekannter altersbedingter intersystemischer Zusammenhänge. Der hier vorgestellte Befund eines hohen Zusammenhangs zwischen Sensorik und Intelligenz ist ein Beispiel für die Fruchtbarkeit dieses im Rahmen einer Akademie entwickelten interdisziplinären Projekts. Es gibt in der Berliner Altersstudie eine Reihe von weiteren Befunden mit ähnlichem Neuigkeitswert. Der Zusammenhang zwischen Mortalität und Morbidität sowie das scheinbare Paradox, daß die meisten hochbetagten älteren Menschen trotz beträchtlicher körperlicher Beschwerden ein hohes Maß an positivem Lebensgefühl besitzen, seien hier als Beispiele genannt. Die Projektgruppe der Berliner Alterstudie ist gegenwärtig dabei, eine Monographie zu erstellen, die einen Überblick über diese und andere Befunde bieten wird.¹⁶ Ferner verfolgen wir in weiteren, längsschnittlich angelegten Studien die Frage, ob die hier vorgelegten Querschnittsbefunde über Altersdifferenzen gute Schätzungen von Altersveränderungen auf individueller Ebene darstellen.

Literatur:

Baltes, P. B. (1994). Die zwei Gesichter des Alterns der Intelligenz. Jahrbuch 1993 der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina (Halle/Saale), 39, 169–190.

- ¹ Stelmach, G. E. & Hömberg, V. (Hrg.) (1993). Sensorimotor impairment in the elderly. 460 Seiten. Dordrecht: Kluwer.
- ² 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.
- ³ Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age: A strong connection. *Psychology and Aging*, 9, 339-355.
- ⁴ Siehe 2.
- ⁵ Baltes, P. B. (1994). Die zwei Gesichter des Alterns der Intelligenz. *Jahrbuch 1993 der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina (Halle/Saale)*, 39, 169-190; 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; Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (1994). Aging and intelligence. In: R. J. Sternberg u. a. (Hrg.), *Encyclopedia of intelligence*. New York: Mac-Millan.
- ⁶ Häfner, H. (1992). Psychiatrie des höheren Lebensalters. In: P. B. Baltes & J. Mittelstraß (Hrg.), *Zukunft des Alterns und gesellschaftliche Entwicklung* (pp. 151-179). Berlin: de Gruyter; Helmchen, H., Baltes, M. M., Geiselman, B., Kanowski, S., Linden, M., Reischies, F., Wagner, M. & Wilms, H.-U. (im Druck). *Psychische Erkrankungen im Alter*. In: K. U. Mayer & P. B. Baltes (Hrg.), *Die Berliner Altersstudie: Viele Gesichter des Alterns*. Berlin: Akademie Verlag.
- ⁷ Fozard, J. L. (1990). Vision and hearing in aging. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Hrg.), *Handbook of the psychology of aging* (3rd edition, pp. 150-170). San Diego, CA: Academic Press.
- ⁸ 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: Viele Gesichter des Alterns*. Berlin: Akademie Verlag.
- ⁹ Baltes, P. B. (1984). Intelligenz im Alter. *Spektrum der Wissenschaften*, 5, 46-60.
- ¹⁰ Siehe 3.
- ¹¹ Siehe 3.
- ¹² Era, P., Jokela, J., Qvarnberg, Y., & Heikkinen, E. (1986). Pure-tone thresholds, speech understanding, and their correlates in samples of men of different ages. *Audiology*, 25, 338-352; Owsley, C., Ball, K. Sloane, M. E., Roenker, D. L., & Bruni, J. R. (1991). Visual/cognitive correlates of vehicle accidents in older drivers. *Psychology and Aging*, 6, 403-415.
- ¹³ Siehe 7; Siehe 1.
- ¹⁴ Teasdale, N., Lajoie, Y., Bard, C., Fleury, M. & Courtemanche, R. (1993). Cognitive processes involved for maintaining postural stability while standing and walking. In: Stelmach, G. E. & Hömberg, V. (Hrg.), *Sensorimotor impairment in the elderly* (pp. 157-168). Dordrecht: Kluwer.
- ¹⁵ Maylor, E. A. (1994, April). Age differences in postural stability are increased by additional cognitive demands. Poster auf der 5. Cognitive Aging Conference, Atlanta, GA, USA.
- ¹⁶ Mayer, K. U. & Baltes, P. B. (Hrg.) (im Druck). *Die Berliner Altersstudie: Viele Gesichter des Alterns*. Ca. 600 Seiten. Berlin: Akademie Verlag.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Paul B. Baltes und
Dr. Ulman Lindenberger
Max-Planck-Institut für Bildungsforschung
Lentzeallee 94
14195 Berlin