Running head: Komplexität und Intelligenz

Komplexität und Intelligenz, eine empirische Überprüfung

Dawn M. McBride

Illinois State University

Author Note

Dawn M. McBride, **Department of Psychology,** Illinois State University.

Correspondence concerning this article should be addressed to Dawn M. McBride **Department of Psychology,** Illinois State University, Normal, **IL 61790-4620.**

**E-mail:** [dmcbride@ilstu.edu](mailto:dmcbride@ilstu.edu)

**Abstract**

* Aus sehr unterschiedlich komplexen Aufgaben lässt sich eine latente Variable extrahieren, die sehr hoch mit fluider Intelligenz assoziiert ist.
* Unterschiedlich komplexe Aufgaben differenzieren in verschiedenen Leistungsbereichen optimal.
* Die Korrelation zwischen komplexeren Aufgaben und Intelligenz wird durch Unterschiede in einfacheren Aufgaben mediiert.
* Ab einer gewissen Komplexität findet ein Übergang von RZ hin zu Fehlerraten als Prädiktor von Intelligenz statt.
* Fehler in Intelligenzaufgaben werden besser durch Fehler in AG Aufgaben vorausgesagt, während Auslassungen in Intelligenzaufgaben besser durch RZ in AG Aufgaben vorausgesagt werden. Das spricht für strategische Unterschiede.

Ziel dieser Arbeit war es, die Beziehung zwischen Aufgabenkomplexität und fluider Intelligenz zu untersuchen. Dafür wurden theoretische Erwartungen aus der Intelligenzstrukturforschung und der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit (IVG) kombiniert und empirisch an einer Aufgabenbatterie, die einen weiten Komplexitätsbereich umfasst, untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass verschieden komplexe Aufgaben in verschiedenen Intelligenzbereichen optimal differenzieren. Dabei differenzierten anspruchsvollere Aufgaben besser im oberen Leistungsbereich und weniger anspruchsvolle besser im unteren Leistungsbereich. Obwohl für die Differenzierung in allen Leistungsbereichen anspruchsvollere Aufgaben notwendig waren, konnten die interindividuellen Unterschiede in den komplexen Aufgaben schon durch Unterschiede in einfachen Aufgaben vorausgesagt werden. Ab einer gewissen Aufgabenkomplexität nahm die RZ(Reaktionszeit)-Intelligenz-Korrelation ab und ging in eine Fehlerrate-Intelligenz-Korrelation über. An diesem Übergang könnten strategische Unterschiede eine wichtige Rolle spielen. Fehlerraten in anspruchsvollen Aufgaben sind nämlich mit Fehlerraten in der fluiden Intelligenz assoziiert, während RZ in anspruchsvollen Aufgaben mit Auslassungen in der fluiden Intelligenz assoziiert sind.

(die kommen gar nicht bis dahin? Oder die lassen aus was sie nicht wissen, aber auch in Aufgabenblock1 gibt es kaum Auslassungen, einfachere Aufgaben RZ und schwierigere ACC)

Hypothesen Struktur

* + Sowohl g-Anteile als auch s-Anteile sind für die Korrelation zwischen verschieden komplexen Aufgaben verantwortlich.
  + Bindet man g-Anteile und s-Anteile in latenten Variablen und extrahiert daraus auf höherer Ebene eine gemeinsame latente Variable, sollten s-Anteile sich ausbalancieren und g-Anteile übrigbleiben. Dieser übergeordnete Faktor sollte hoch mit Intelligenz korreliert sein.
  + Komplexere Aufgaben sind stärker mit der Intelligenz korreliert als weniger komplexe Aufgaben.

Hypothesen Verlauf

* + Die RZ-Intelligenz-Korrelation verläuft in Abhängigkeit von der Aufgabenkomplexität kurvilinear.
    - Wieder abnehmenden RZ-Intelligenz-Korrelationen gehen mit höheren Fehlerraten einher.
    - Der Scheitelpunkt ist bei intelligenteren Personen bei kürzerer RZ (1s) erreicht als bei weniger intelligenten Personen RZ (2s).

Prozesse am Übergang von RZ zu Fehlerraten

* + Isoliert man aus RZ nur den Einfluss der Komplexität, ist diese mit Intelligenz korreliert.
  + Varianzanteile in den RZ, die nicht durch die Komplexität beeinflusst werden, sagen Fehlerraten in anspruchsvolleren Bedingungen voraus.
  + Die Fehlerraten in anspruchsvolleren Bedingungen sind mit Intelligenz korreliert.
  + Wenn das AG der Komplexitätshypothese zugrunde liegt, wird der Zusammenhang zwischen einfachen Aufgaben und Intelligenz durch das AG mediiert, wenn die IVG der Komplexitätshypothese zugrunde liegt, wird der Zusammenhang zwischen Komplexen Aufgaben und Intelligenz durch das IVG mediiert.

Die Komplexitätshypothese

Die Komplexitätshypothese kommt aus dem Informationsverarbeitungs- geschwindigkeitsansatz (IVG-Ansatz) und besagt, dass komplexere Aufgaben stärker mit psychometrischer Intelligenz zusammenhängen als weniger komplexe Aufgaben \Textcite{VernonJensen1984}. Der Verlauf der Komplexitätshypothese ist aber nicht linear ansteigend, sondern kurvilinear, wobei der Zusammenhang ab einer gewissen Komplexität wieder abnimmt. Es wird angenommen, dass die Fehlerzahl dafür verantwortlich ist. Allerding ist dieser Abschnitt im Verlauf schlecht untersucht, weil im IVG-Ansatz traditionell nur mit sehr leichten Aufgaben gearbeitet wird. Obwohl anders definiert, ist die Komplexität in anspruchsvolleren Aufgaben im Zusammenhang mit Intelligenzstrukturmodellen besser untersucht. Ziel dieser Arbeit ist es, theoretische Annahmen aus der Intelligenzforschung und dem IVG zu kombinieren und empirisch zu prüfen. Damit soll eine ganzheitliche, kritische Sicht auf die Komplexität ermöglicht werden. Weil psychometrische Intelligenz einen zentralen Bestandteil von beiden Ansätzen darstellt, ist sie der Ausgangpunkt und wird zunächst erörtert. Dabei wird auf die Rolle der Komplexität in Intelligenzmodellen eingegangen. Anschliessen wird die Komplexitätshypothese im Kontext der IVG erörtert. Jeweils am Ender der beiden Teile werden die Hypothesen des entsprechenden Ansatzes hergeleitet. Danach wird die Aufgabenauswahl begründet und in einem letzten Schritt wird die statistische Methodik zu Isolierung von spezifischen Prozessen dargestellt.

**Definition Intelligenz**

Die psychometrische Intelligenz wird mittels Intelligenztest erfasst \parentcite{ Eysenck, 1986}. Sie ist eines der populärsten, best untersuchten und meist debattierten Konstrukte der Psychologie \parentcite {mackinstosh2011}. Psychometrische Intelligenz ist stabil \parentcite {deary et al. 2000,2004; mackinstosh2011}, hat eine erbliche Komponente \parentcite {plomin2008} und ist einer der besten Prädiktoren von schulischem und beruflichem Erfolg \parentcite {strenze, 2007}. Trotzdem ist es bis heute schwierig, psychometrische Intelligenz zu definieren. Eine Gruppe von Experten, die sich in ihrer Forschung mit kognitiven Fähigkeiten auseinandersetzen, haben sich auf eine sehr allgemeine Definition geeinigt: “Intelligence is a very general mental capability that, among other things, involves the ability to reason, plan, solve problems, think abstractly, comprehend complex ideas..“ \parentcite {gottfredson,1997}

Trotz Definitionsschwierigkeiten kann psychometrische Intelligenz reliabel und valide gemessen werden (Quelle?). Sie ist ein Konstrukt und damit nicht direkt sicht- und messbar. Vergleich man Personen mit hoher und tiefer psychometrischer Intelligenz, zeichnen sich erstere dadurch aus, dass sie in verschiedenen kognitiven Aufgaben besser abschneiden. Ein solches Muster fand Spearman \Textcite{Spearman1923?} im sogenannten positive manifold, der positiven Korrelation zwischen verschiedenen kognitiven Leistungen. Um diese Korrelationen auf ein dahinterliegenden latentes Konstrukt zu reduzieren, entwickelte \Textcite{Spearman1923?} die heute in vielen Bereichen der Psychologie eingesetzte Faktorenanalyse. Mit dieser Methode werden Korrelationen oder Kovarianzen zwischen verschiedenen Leistungen auf ein oder mehrere dahinterliegende latente Variablen reduziert.

Wie viele solcher latenten Variablen notwendig sind, um psychometrische Intelligenz adäquat zu repräsentieren, führte schon früh zu Uneinigkeit. \Textcite{spearman} selber ging in seiner „Zwei-Faktoren-Theorie“ von einer latenten Variable, dem sogenannten g-Faktor aus. Er ging davon aus, dass jede Leistung aus zwei Anteilen zusammengesetzt ist, einem g-Anteil und eine spezifischen (s-) Anteil, der unabhängig vom g-Faktor ist. Seiner Meinung nach ist psychometrische Intelligenz mit dem g-Faktor gleichzusetzten. \Textcite{Thurstone} hingegen fand sieben relativ unabhängige Intelligenzfaktoren, die sogenannten “primären mentalen Fähigkeiten“: Zahlenrechnen, Sprachverständnis, Raumvorstellung, Gedächtnis, schlussfolgerndes Denken, Wortflüssigkeit und Auffassungsgeschwindigkeit. Für die inkonsistenten Befunde gibt es mehrere Gründe. Neben Unterschieden in den untersuchten Stichproben und den eingesetzten Aufgaben, unterschieden sie sich auch in der statistischen Auswertung \Textcite{mackintosh??}. \Textcite{Spearman} extrahierte nur einen varianzstarken Faktor und beachtete etwaige andere Faktoren nicht, während \Textcite{Thurstone} mehrere Faktoren extrahierte und diese rotierte um Korrelationen zwischen den Faktoren zulassen zu können \parentcite{mackintosh2011; sagt er das mit dem Rotieren???}. Seine Faktoren waren also nicht ganz unabhängig und konnten miteinander korrelieren.

Heute geht man von einer Kombination aus beiden Ansätzen aus. Diese Kombination widerspricht beiden Ansätzen nicht \Textcite{Spearman1923?}. Die Rotationsmethode von \Textcite{Thurstone?} hat die Entwicklung von hierarchischen Faktorenanalyse ermögliche. Wie bei \Textcite{Thurstone} werden aus den Aufgaben zunächst korrelierte Faktoren erste Ordnung extrahiert. Da diese korreliert sind, können daraus wiederum korrelierte Faktoren zweiter Ordnung extrahiert werden. Das wird solange weitergeführt bis auf oberster Ordnung wie bei \Textcite{Spearman1923?} ein g-Faktor extrahiert werden kann. Damit werden die Faktoren von Ebene zu Ebene allgemeiner, das spezifische Varianzanteile sich ausbalancieren. Viele Autoren gehen also von einem g-Faktor aus. Allerdings korrelieren, entgegen den ersten Annahmen von \Textcite{Spearman1923?} auch die s-Anteile miteinander. Hierarchische Modelle werden von Ordnungsebene zu Ordnungsebenen zunehmend allgemeiner, sind also immer ähnlicher dem g-Faktor, weil sich die s-Anteile immer weiter ausbalancieren. Das stimmt mit dem von \Textcite{Spearman1923?} postulierten „indifference of the indicator“ überein. Dieses Prinzip besagt, dass der präzise Inhalt einer kognitiven Aufgabe für die Identifikation des g-Faktors keine Rolle spielt, weil g in jeder Art von Leistung vorkommt. \Textcite{jensen, mackintosh 2011, p151} argumentierte später, dass der g-Faktor extrahiert aus einer Testbatterie immer derselbe, innerhalb der Limitte des Messfehlers, sein sollte wie der g-Faktor extrahiert aus einer anderen. Voraussetzung ist aber, dass die Testbatterien gross und divers genug sind, dass sich die s-Anteile ausbalancieren. Extrahiert man also das Gemeinsame aus verschiedenen kognitiven Aufgaben, korreliert dieser Faktor immer höher mit dem g-Faktor als die einzelnen Tests, weil die g-Komponenten sich in diesem Faktor kummulieren, während sich die s-Anteile ausmitteln. \Textcite{Johnson et al., 2004/2008} konnten zeigen, dass der g-Faktor extrahiert aus verschiedenen Testbatterien zwischen .95 und 1 miteinander korreliert waren. Zusätzlich fanden sie Korrelation von .79 bis .96 zwischen dem g-Faktor extrahiert aus verschiedenen grossen Testbatterien und dem Culture Fair Intelligence Test (CFT) von Cattell. Die etwas niedrigeren Korrelationen mit dem CFT führten sie zurück auf die fehlende Inhaltsdiversität des CFT, da dieser ausschliesslich Matrix Items. Damit haben sie einerseits gezeigt, dass der g-Faktor extrahiert aus verschiedenen Messbatterien immer dasselbe ist und dass der CFT, welcher ein Mass für die fluide Intelligenz darstellt, sehr eng mit dem g-Faktor verknüpft ist. Die Unterscheidung zwischen fluider und kristalliner Intelligenz wurde von \Textcite{catell} eingeführt. Die fluide Intelligenz soll die angeborene Leistungsfähigkeit messen und damit weitgehend kulturunabhängig sein. Die kristalline Intelligenz hingegen wird beeinflusst durch kulturelle Variablen wie Bildung und Wissen. Es wurde sogar vermutet, dass die fluide Intelligenz und der g-Faktor dasselbe sind \parentcite{gustafsson1988}. Man geht heute aber eher davon aus, dass die fluide Intelligenz sehr stark mit dem g-Faktor assoziiert, aber nicht identisch ist \parentcite{carroll2003; Johnson et al. (2004, 2008)}.

In der vorliegenden Arbeit wird als Mass für die fluide Intelligenz und damit als Proxy für den g-Faktor, die für das Erwachsenenalter adaptierte und überarbeitete CFT Version CFT-20 R eingesetzt. Der CFT-20 R ist ein ökonomisches und reliables Mass für die fluide Intelligenz. Im Folgenden ist, wenn nicht anders angegeben, mit dem Begriff Intelligenz die psychometrisch erhobene, fluide Intelligenz gemeint.

Wie gross der g-Anteil einer Aufgabe ist, hängt sehr stark von deren Komplexität ab. Komplexere Aufgaben zeichnen sich durch einen höheren g-Anteil aus als weniger komplexe Aufgaben \parentcite{spearman1923}. Solche komplexen und damit anspruchsvollen Aufgaben sind zum Beispiel die oben erwähnten kulturfreien Matrizentest (CFT, Raven), aber auch Arbeitsgedächtnisaufgaben (AG) oder assoziative Lerntests (Kaufmann et al., 2009; Williams and Pearlberg, 2006 Sind die drei Konstrukte korreliert?). Eine gute Visualisierung der Rolle der Komplexität in Intelligenzstrukturmodellen kommt von \Textcite{guttman1954} mittels multidimensionaler Skalierung (MDS) visualisiert. Er hat die Korrelationen zwischen vielen verschiedenen Intelligenztestaufgaben im zweidimensionalen Raum dargestellt, wobei die Distanz zwischen zwei Aufgaben deren Korrelation entspricht. Tests die hoch korreliert sind kommen nahe beieinander zu liegen. Daraus ergab sich ein sogenannter Radex. Eine kreisförmige Struktur. Diese kann durch zwei Parameter beschrieben werden: Aufgabenkomplexität und aufgabenspezifischen Anforderungen. Je komplexer eine Aufgabe, desto näher kommt sie beim Zentrum des Radex zuliegen. Eine solch komplexe Aufgabe zeichnet sich also dadurch aus, dass sie durch den hohen g-Anteil eine hohe Korrelation mit ähnlich komplexen Aufgaben aufweist, weshalb die Distanz zu den anderen Aufgaben niedrig ausfällt. Die zweite Dimension bezieht sich auf die s-Anteile, diese hängen von der Position auf dem Kreis ab. So befinden sich z.B. sprachliche Aufgaben eher in einer Richtung und figurale eher in einer anderen, was darauf zurückzuführen ist, dass sprachliche Tests untereinander höher korreliert sind als eben mit z.B. figuralen Aufgaben. Textcite{snow1983} fanden eine hohe Übereinstimmung zwischen hierarchischen Modellen und dem Radexmodell. Komplexere Aufgaben sind assoziiert mit Fähigkeiten erster und zweiter Ordnung, während weniger komplexe Aufgaben mit Fähigkeiten dritter Ordnung assoziiert sind. Da hierarchische Modelle von Ordnung zu Ordnung allgemeiner werden, repräsentieren also komplexere Aufgaben allgemeine Prozesse besser, während einfachere Aufgaben eher von aufgabenspezifischen Prozessen beeinflusst werden. Um also ein möglichst nahe am g-Faktor liegenden Mass zu finden, müssten Korrelation durch die s-Anteile zugelassen werden um damit einen möglichst grossen g-Anteil extrahieren zu können.

Es stellt sich nun die Frage, wie Komplexität definiert ist und was genau eine Aufgabe zu einer Komplexen Aufgabe macht.

**Definition und Operationalisierung von Komplexität in Intelligenzansatz**

Nach \Textcite{spearman1923} hängt die Komplexität einer Aufgabe davon ab, wie viel mentale Energie zu deren Ausführung benötigt wird. Wie aber Komplexität operationalisier werden soll, ist keine einfache Frage, weshalb es in der Literatur verschiedene Möglichkeiten gibt \parentcite{duncan2008}. Oft wird sie in Intelligenzstrukturmodellen über die Korrelation mit der Intelligenz \parentcite{Crawford 1991} operationalisiert, wobei stärker mit Intelligenz korrelierte Aufgaben komplexer sind. Eine solche Operationalisierung macht aber im Kontext dieser Arbeit wenig Sinn, da eine Überprüfung der Beziehung zwischen Komplexität und Intelligenz nicht vorgenommen werden kann, wenn die Komplexität über die Beziehung zur Intelligenz definiert wird. Zusätzlich erschwert wird im Intelligenzansatz die Suche nach der Grundlage der Komplexität dadurch, dass mit sehr anspruchsvollen Aufgaben gearbeitet wird, die auf vielen verschiedenen Prozessen basieren \parentcite{dodonova2013?}.

**Operationalisierung im Informationsverarbeitungsgeschwindigkeitsansatz (IVG)**

Viel besser dafür geeignet sind Ansätze aus dem IVG. Auf der Suche nach dem basalen Verarbeitungsmechanismus, der der Intelligenz zugrunde liegt, versuchte man elementare Aspekte der menschlichen Kognition zu isolieren und mit Intelligenz in Beziehung zu setzen. Zu diesem Zweck wurden sogenannte elementare kognitive Aufgaben (ECT) eingesetzt. Diese zeichnen sich unter anderem dadurch aus, dass sie so einfach \parentcite{Jensen1998a aus Frey, 2011}sind, dass jeder sie problemlos lösen kann, ohne dabei Fehler zu machen. Deshalb wir die Komplexität hier typischerweise über die mittlere Reaktionszeit (RZ) operationalisiert \parentcite{Crawford 1991;dodonova2013,Faust1999,Jensen1982,1988,Larson1989,Roberts1999,Spilsbury1990,Stankov1993}. Eine Aufgabe ist also komplexere, wenn man zu deren Ausführung mehr Zeit benötigt. Nach \Textcite{jensen1986: g artifact or reality} ist die mittlere RZ der beste objektive Index der Aufgabenkomplexität. Bei anspruchsvollen Aufgaben, wie denen die in den Intelligenzaufgaben eingesetzt werden, wird die Leistung typischerweise über die Fehlerraten operationalisiert \Textcite{dodonova2013}. Je komplexer also eine Aufgabe, desto mehr falsche Antworten werden im Mittel abgegeben. \Textcite{jensen1988, Elliott and Murray 1977} fanden, dass die Korrelation zwischen der mittleren RZ und der mittleren Fehlerrate über verschiedene Aufgaben hinweg sehr hoch ausfällt, dass also die Rangreihe der Schwierigkeit operationalisiert über die mittlere RT weitgehend jener über die mittlere Fehlerraten entspricht. In der vorliegenden Arbeit ist mit Komplexität entweder die mittlere RZ oder die mittlere Fehlerrate gemeint.

ECTs zeichnen sich auch dadurch aus, dass zur Ausführung von ECT sind keine spezifischen Fähigkeiten und kein spezifisches Wissen notwendig, weshalb der kulturelle Hintergrund und die Lernerfahrung die Leistung nicht beeinflussen sollte. Zusätzlich ist der Einsatz von Strategien bei so einfachen Aufgaben sehr unwahrscheinlich. Durch Manipulation der interessierenden Prozesse und Konstanthaltung aller anderen Variablen, erlauben ECTs die isolierte Betrachtung dieser Prozesse. Gleichzeitig wird mittels dieser Addition von Prozessen die Komplexität der Aufgabe gezielt manipuliert und erlaubt damit eine Aussage über die der Komplexität der zugrunde liegenden Prozesse \parentcite{Quelle?}.

Schon \Textcite{galton1883} ging davon aus, dass die IVG Rückschlüsse auf die Intelligenz erlaubt. Textcite{jensen1998;2006,anderson1992;2005} halten die IVG für den kognitiven Prozess, der der Intelligenz zugrunde liegt. Eine moderate Korrelation zwischen der IVG und der Intelligenz gilt heute als empirisch gut abgesichert parentcite{} und konnte sowohl für Intelligenztest mit als auch ohne Zeitlimite konsitent nachgewiesen werden \parentcite{Schweizer 1996, Vernon, Kantor, 1986, Vernon, Nador, Kantor, 1985, aus dem schweizerartikel zu attention und g}.

Eine der best untersuchten ECTs ist die Hickaufgabe. Inspiriert durch die Informationstheorie auf der die binäre Codierung von Computersystemen basiert, ging man davon aus, dass auch im menschlichen Kognitionssystem die Dauer der Ausführung von binären Entscheidungen die Effizienz, also die Intelligenz voraussagen kann. Deshalb bestand die Komplexitätsmanipulation in der Anzahl binärer Entscheidungen, die ausgeführt werden mussten. Während in der ersten Bedingung keine binäre Entscheidung ausgeführt werden musste, wurde von Komplexitätsstufe zu Kompelxitätsstufe eine zusätzliche binäre Entscheidung hinzugefügt. Schon lange Zeit davor fand \Textcite{merkel1885}, dass es einen linearen Zusammenhang zwischen der Anzahl binärer Entscheidungen und der RZ gibt. Um nun die Ausführung der binären Entscheidungen zu isolieren, wurde traditionell pro Versuchsperson (Vp) eine Regressionsgerade eingefügt, die mit Anzahl binärer Entscheidungen linear ansteigt. Von theoretischer Bedeutung ist der Anstieg der Regressionsgerade, da es ein Indikator dafür ist, wie lange eine Vpn braucht um eine binäre Entscheidung auszuführen \Textcite{hick1952}. \Textcite{eysenck1967} setzte diesen dann mit Intelligenz in Verbindung und fand, dass intelligentere Personen verglichen mit weniger intelligenten Personen weniger Zeit zur Ausführung einer binären Entscheidung benötigen. \Textcite{jensen1987} fasste verschiedene Studien zusammen und kam zum Schluss, dass dieser Anstieg insgesamt robust und moderat negativ mit psychometrischer Intelligenz korreliert ist. Gleichzeitig korrelierte aber auch der y-Achsenabschnitt, welcher nicht durch die Manipulation der Komplexität beeinflusst wird mit Intelligenz und die Korrelation viel lediglich moderat aus (etwa -,30) was die binäre Entscheidung als grundlegenden Prozess der Intelligenz in Frage stellte. Neben der Hickaufgabe wurden auch andere ECTs untersucht und immer zeigte sich dasselbe Ergebnis, nicht nur die zu isolierenden Prozesse, sondern auch der y-Achsenabschnitt war mit Intelligenz korreliert \parentcite{}. Also schon die einfachsten Bedingungen waren mit Intelligenz korreliert, die Korrelation nahm aber mit steigender Komplexität oft zu.

**Komplexitätshypothese**

Mit verschiedenen ECTs haben \Textcite{VernonJensen1984} erstmal eine lineare Beziehung zwischen Aufgabenkomplexität und der RZ-g Korrelation aufgezeigt. Über acht verschiedene ECTs fanden sie einen nahezu perfekten Zusammenhang zwischen Aufgabenkomplexität und der RZ-Intelligenz Korrelation. In der Folge wurde die Hypothese immer wieder bestätigt \parentcite{larson und Saccuzzo1989, vernon und weese1993, stankov2000, ackermann2002, naubauer2003, unsworth2010, vernon1993, Quellen aus Neubauer: Cohn et al., 1985; Larson et al., 1988; Larson & Saccuzzo, 1989; Levine et al., 1987; Lindley et al., 1988; Roberts et al., 1988; Vernon, 1989a; Vernon und Weese, 1993}.

Allerdings kamen auch Zweifel an der Stabilität und Generalität der Hypothese auf. \Textcite{Vernon 1987} untersuchte 11 ECTS und fand lediglich eine RZ-Intelligenz Korrelation von .33. Andere Autoren konnten die Komplexitätshypothese mit RZ empirisch nicht bestätigen \parentcite{jensen1988,KnorrFrey,FreyDetterman2002,FreyDetterman2004,Knorr1996, Frey2011, stauffer et al., 2015 (corrine hat auch nur korrekte RTs angeschaut}.

In einer Metanalyse mit 172 Studien und 1146 Korrelationen kamen \Textcite{Sheppard2008} zum Schluss, dass zwar die IVG, sowohl in sehr wenig komplexen als auch in komplexeren ECTs, konsistent mit Intelligenz korreliert ist, dass aber die Komplexitätshypothese nur teilweise bestätigt werden kann.

Das wirft nun die Frage nach den Gründen für die inkonsistenten Befunde auf. Welche Komplexitätsmanipulation führt zu höheren Korrelationen, welche nicht? Im Folgenden werden verschiedene Erklärungsansätze erörtert.

1. **Komplexitätsbereich und Leistungsmasse**

Während sehr einfache ECTs und sehr komplexe Intelligenzaufgaben gut untersucht sind, ist der Komplexitätsbereich dazwischen in der Forschung unterrepräsentiert \parentcite{dodonova2013,vigenau2002}. Wie bereits erwähnt wird in ECTs die Leistung über die RZ und in komplexen Aufgaben über die Fehlerraten operationalisiert. Dazwischen muss es aber eine Übergangsphase von der RZ zu den Fehlerraten geben. Das „Test-Speed-Paradoxon“ bezieht sich darauf, dass Zusammenhänge zwischen Intelligenz und RZ nur bis zu einem gewissen Komplexitätsgrad ansteigen und danach wieder abnehmen \parentcite{jensen1982}. Den Scheitelpunkt und damit die höchste RZ-Intelligenz Korrelation siedelt \Textcite{jensen1986 aus neubuaer} zunächst bei einer Sekunde und revidiert sie später auf zwei Sekunden. Auch \Textcite{KnorrNeubauer1995} fanden einen Anstieg in der RZ-Intelligenz Korrelation nur bis zu einer Aufgabenkomplexität von ein bis zwei Sekunden. Einen solchen kurvilineare Zusammenhang fand auch \Textcite{lindley1995}. Die Erklärung dafür ist, dass bei komplexeren Aufgaben andere Prozesse wie Persönlichkeitsvariablen, oder die Suche nach effizienten Strategien interferieren mit der präzisen Messung der Verarbeitungsgeschwindigkeit oder dass die Informationsbelastung durch die Aufgabe zu hoch wird und Fehler vorkommen \parentcite{jensen1982}. Da Fehlreaktionen andere kognitive Prozesse als korrekte Antworten reflektieren, ist die RZ kein valides Leistungsmass mehr, während gleichzeitig die Validität der Fehlerraten zunimmt. Mit steigender Komplexität gibt es daher eine Verschiebung von einer signifikanten RZ-Intelligenz Korrelation hin zu einer signifikanten Fehlerrate-Intelligenz Korrelation \parentcite{schweizer1996 Schweizer speed accuracy transition }.

Um die Rolle der Komplexität über den gesamten Komplexitätsbereich untersuchen zu können und um dabei die Rolle von RZen und Fehlerraten genauer verstehen zu können, wäre aber genau dieser Bereich sehr interessant. Wie verhalten sich RZ-Intelligenz und Fehlerraten-Intelligenz Korrelation in jenem Bereich, wo die zentrale Rolle der RZ abnimmt und allmählich übergeht in einen Bereich, wo die Fehlerraten zentral werden? \Textcite{schweizer1996} ist einer der wenigen, der genau solche Aufgaben untersuchte. Während in den eher einfacheren Aufgaben eine RZ-Intelligenz Korrelation vorkam, fand er in den anspruchsvolleren Aufgaben eine Fehlerrate-Intelligenz Korrelation. Die RZ der einfachen Aufgaben sagte die Fehlerraten der anspruchsvolleren Aufgaben voraus. Kontrollierte er die Fehlerrate-Intelligenz Korrelation der anspruchsvollen Aufgaben für die RZ der einfacheren Aufgaben, reduzierte sich die Korrelation um 30 bis 40%. Auch \Textcite{dodonova2013?} fand dass intelligentere im Vergleich zu weniger intelligenten Personen schneller in einfachen Aufgaben sind und korrekter in anspruchsvolleren Aufgaben. Sehr interessant ist auch dass trotz dieser Korrelation zwischen RZ in einfacheren Aufgaben und Fehlerraten in anspruchsvolleren Aufgaben, innerhalb einer Aufgabe mit einer gewissen Komplexität RZ und Fehlerraten weitgehende unabhängig sind \parentcite{crawford1993}. \Textcite{crawford1993; dodonova2013} fanden zwar, dass diese Korrelationen tendenziell etwas höher ausfallen, wenn einfache im Vergleich zu schwierigeren Aufgaben betrachtet werden, trotzdem waren die Korrelationen aber unter .30. Innerhalb einer Aufgabe haben also nicht Personen mit mehr Fehlern auch längere RZen. Das hat man auch in Intelligenzaufgaben gefunden. Die mittlere RZ und die Fehlerraten waren unabhängig. Dieses Muster hat auch \Textcite{neubauer1990}gefunden. Allerdings ergab sich ein viel differenziertes Bild, wenn die Aufgabenkomplexität in die Betrachtung miteinbezogen wurde. Dann fand er eine Korrelation von -.44 zwischen RZ in den einfachen Aufgaben der Raven’s Advanced Progressive Matrices (APM) und der APM Punktezahl. Für mittlere und schwierige Items fand er allerdings keine RZ-Intelligenz Korrelation. Die APM ist wie der CFT 20-R ein Matrizentest zur Erfassung der fluiden Intelligenz. Die Punktezahl der APM ist die Anzahl möglicher Punkte minus die Fehlerrate und ist damit ein invertiertes Mass der Fehlerrate. Auch \Textcite{ Lavergene und Vigneau 1997} fanden eine signifikante RZ-Intelligenz Korrelation von -.52 zwischen korrekt beantworteten einfachen Intelligenzaufgaben und der invertierten Fehlerrate der Intelligenzaufgaben. Zusammenfassend geht also mit steigender Komplexität die RZ-Intelligenz Korrelation in eine Fehlerrate-Intelligenz Korrelation über, wobei die RZ in den wenig komplexen Aufgaben die Fehlerraten in den komplexen Aufgaben voraussagen, innerhalb einer Aufgabe die interindividuellen Unterschiede in Fehlerrate und RZ relativ unabhängig sind.

1. **In die RZ Berechnung werden auch falsche Antworten miteinbezogen**

Ein weiterer Grund für die inkonsistenten Befunde zur Komplexitätshypothese ist darin zu sehen, dass für verschiedene Aufgaben die mittlere RZ über alle Trials berechnet wurde, also auch falsche Antworten in die RZ Berechnung miteinbezogen wurden. Das kann problematisch sein weil \Textcite{ Lohman 1989} gezeigt hat, dass die Prozesse, die einer richtigen Antwort und jene die einer falschen Antwort zugrunde liegen unterschiedlicher Natur sind. Deshalb schlagen u.a. \Textcite{ Lavergne 1997, Dodonova2013, jensen2006} vor nur korrekte RTs miteinzubeziehen.

1. **Die Komplexitätshypothese hängt von der untersuchten Stichprobe ab**

Ein weiterer Punkt für die inkonsistenten Befunde könnte in der Stichprobenabhängigkeit liegen. Wo der Scheitelpunkt der RZ-Intelligenz Korrelation in Abhängigkeit von der Aufgabenkomplexität liegt, hängt von der untersuchten Stichprobe ab \parentcite{Jensen,2006;Lohman,2002}. So haben \Textcite{lindley1995} diesen Scheitelpunkt an einer Studentenstichprobe bei einer Sekunde nachgewiesen. Bei Kindern vermutet \Textcite{jensen2006} diesen bei zwei Sekunden. Er ging davon aus, dass die Komplexitätshypothese vom untersuchten Intelligenzbereich der Stichprobe abhängt. Demnach ist der Scheitelpunkt der RZ-Intelligenz Korrelation in Abhängigkeit von der Aufgabenkomplexität bei einer intelligenteren Stichprobe bei einer geringeren Aufgabenkomplexität erreichet als bei einer weniger intelligente Stichprobe. Wie in Abb. visualisiert resultiert das in einer links-rechts Verschiebung der Kurve. Nach \Textcite{jensen2006}gibt es für jeden spezifischen Fähigkeitsbereich einen relativ engen Komplexitätsbereich an RZ Aufgaben, die mit Intelligenz korreliert sind. Daraus resultiert, dass es schwierig ist eine RZ Aufgabe zu finden, die für Personen aus verschiedenen Fähigkeitsbereichen optimal differenziert. Die optimale Aufgabenkomplexität ist nach \Textcite{jensen2006} nahe dem Übergang zwischen Aufgaben die so einfach sind, dass alle sie grundsätzlich fehlerfrei lösen können und Aufgaben bei denen Fehler auftreten zu finden.

1. **Die RT-g Korrelation hängt von den untersuchten Prozessen ab**

Ein anderer Grund für die inkonsistenten Befunde ist, dass viele verschiedene Aufgaben eingesetzt wurden, die sich nicht nur in ihrer Komplexität sondern auch in anderen Eigenschaften unterscheiden. So bleibt unklar, ob Unterschiede in den Korrelationen mit der Intelligenz durch Unterschiede in der Aufgabenkomplexität oder durch andere Variablen zustande kommen \Textcite{Frey2011}. In der Metaanalyse von \Textcite{Sheppard2008} wurden sehr unterschiedliche ECT miteinbezogen, deren mittlere RZ teilweise bis zu drei Sekunden dauerten und die teilweise auch mittels Papier-Bleistift Tests erhoben wurden. So wurden Korrelationen von bis zu -.60 zwischen der IVG und Intelligenz gefunden.

\Textcite{Mayr & Kliegl, 1993, Verhaeghen, Kliegl and Mayr (1997)} fanden verschiedene Komplexitätsfunktionen für verschiedene Aufgaben. Mit zusätzlicher Aufgabenkomplexität steigt gewöhnlich auch die Anzahl verschiedener Subprozesse die zur Ausführung der Aufgabe notwendig sind. Die einzelnen Prozesse müssen aber nicht entsprechend der Komplexitätshypothese mit Intelligenz verbunden sein \Textcite{Neubauer1995}. So korrelierten bestimmte Prozesse sogar in entgegengesetzter Richtung mit Intelligenz \Textcite{Schweizer1989,1991;Sternberg,1977;aus Neubauer}. So korrelierten in der Arbeit von \Textcite{Schweizer1989} die Wahrnehmungs- und Vergleichskomponenten positiv mit Intelligenz, intelligenter Personen brauchten also länger zur Ausführung, während die Entscheidungs- und Reaktionskomponente jeweils negativ mit Intelligenz korreliert waren, intelligentere Personen also weniger lange brauchten. Auch wenn die Komplexität durch nur einen spezifischen Prozess manipuliert wird, steigt die Korrelation mit der Intelligenz nicht immer entsprechend der Komplexitätshypothese. So fanden \Textcite{Sheppard2008} in der Hickaufgabe einen Anstieg bis zu zwei binären Entscheidungen, die mit zusätzlichen binären Entscheidungen aber nicht mehr weiter anstieg.

Zusammengefasst gibt es also bezüglich der Komplexitätshypothese gewisse Inkonsistenzen, welche auf die untersuchten Leistungsmasse in Abhängigkeit von der Komplexität, darauf dass falsche RZ miteinbezogen werden, dass nicht alle Prozesse mit Intelligenz korreliert sind oder dass die Komplexitätshypothese stichprobenabhängig zurückzuführen sein könnten.

Der Komplexität ist also sowohl im Intelligenzstrukturansatz als auch im IVG eine zentrale Rolle zuzuschreiben. Doch womit wird diese begründet?

**Gründe für die Komplexitätshypohtese hier muss AG hin und IVG als plausible Erklärungen**

\Textcite{Larson1988information processing and intelligence: some implications of task complexity} führten für die Erklärung der Komplexitätshypothese zwei verschiedenen Ansätzen auf: beschränkte mentale Ressourcen und der strukturelle Ansatz. Das Konzept beschränkter mentalen Ressourcen geht auf \Textcite{Ackerman1987} zurück. Demnach verfügen intelligentere Personen über mehr mentale Ressourcen und stossen deshalb bei komplexen Aufgaben weniger schnell an ihre Grenzen. Allerdings kann dieser Ansatz nicht erklären warum schon sehr einfache Aufgaben mit Intelligenz korreliert sind und andrerseits können Studien zur neuronalen Effizienz belegen, dass die Gehirne von intelligenteren Personen nicht eine höhere Kapazität benötigen, sondern effizienter Arbeiten und damit weniger Energie verbrauchen \parentcite{dunst2014; haier1988}.

Das zweite Erklärungsmodell, der strukturelle Ansatz, ist angelehnt an die Definition der allgemeinen Intelligenz (dem g Faktor) von \Textcite{detterman1986}. Demnach ist die allgemeine Intelligenz das Universum kognitiver Operationen. Wie stark eine bestimmte Aufgabe mit der Intelligenz zusammenhängt hängt davon ab, wie viele elementare kognitive Prozesse in Anspruch genommen werden. Je komplexer eine Aufgabe desto mehr solcher Prozesse müssen ausgeführt werden. Dieser Ansatz geht von einer weitgehenden Unabhängigkeit der verschiedenen Prozesse aus. Dem kann entgegengesetzt werden, dass verschiedene ECTs miteinander korreliert sind und dass daraus sogar ein genereller ECTs Faktor extrahiert werden kann \Textcite{}. \Textcite{neubauer 1995} hat daraus geschlossen, dass die IVG-Intelligenz Korrelation primär durch jene Prozesse zustande kommt, die in allen ECTs vorkommen wie Stimuluswahrnehmung und Diskrimination aber auch Antwortausführung und Stimulus-Response-Kompatibilität (sagt er das wirklich schon???). Dabei lehnt er sich an die Theorie von \Textcite{jensen1982,2011} an. Dieser geht von einem einzigen Prozess der IVG aus, dem “mental speed“. Seiner Meinung nach ist das der basale Prozess der der Intelligenz zugrunde liegt. Dieser Prozess basiert auf der individuellen Oszillationsrate eines Individuums. Die Oszillationsrate muss lediglich als Metapher gesehen werden, da bis heute keine biologische Grundlage dafür gefunden wurde. Komplexere Aufgaben sind höher mit Intelligenz korreliert, weil sie mehr von diesem basalen Prozess kombinieren, wobei die mentale Geschwindigkeit mit zunehmender Komplexität immer reliabler gemessen werden kann, da die interindividuellen Unterschiede immer mehr Potenziert werden. Dies weil die RZ jeweils eine Multiplikation aus der Oszillationsrate und der Aufgabenkomplexität ist \parentcite{jensen2006clockingthemind}. Während in zu einfachen Aufgaben noch viel Rauschen vorkommt, können die interindividuellen Unterschiede immer besser identifiziert werden.

Stimmen also Kapazitätsansätze, würde man erwarten, dass der Zusammenhang zwischen wenig komplexen Aufgaben und Intelligenz durch den Zusammenhang zwischen komplexen Aufgaben und Intelligenz mediiert wird. Stimmt hingegen die mentale Geschwindigkeit von Jensen, würde man erwarten, dass der Zusammenhang zwischen komplexen Aufgaben und Intelligenz durch wenig komplexe Aufgaben mediiert wird. Zusammenfassend…

**Die vorliegende Arbeit**

In dieser Arbeit soll die Rolle der Komplexität ganzheitlich betrachtet werden. Sowohl Thesen aus dem Intelligenzansatz als auch solche aus der IVG sollen empirisch an einer Testbatterie, die einen weiten Komplexitätsbereich abdeckt überprüft werden.

**Aufgabenauswahl**

Um die Rolle der Komplexität isoliert betrachten zu können, werden wie in der Hickaufgabe jeweils homogene Aufgaben verwendet, die sich nur in der Komplexität unterscheiden, in allen anderen Aspekten aber identisch sind. Neben einer traditionellen IVG Aufgabe, der Hickaufgabe werden auch anspruchsvollere Aufgaben eingesetzt, bei denen in den komplexesten Subaufgaben auch Fehlerraten valide gemessen werden können und in der Literatur mit Intelligenz in Verbindung gebracht worden sind. Die jeweils ersten Bedingungen, sollten keine höhere Kognition beinhalten, kaum Fehler aufweisen und damit ein Mass der IVG darstellen. Dies anspruchsvollsten sollte bereits eine höhere Komplexität aufweisen und damit auch zunehmend Fehler aufweisen. So kann die Komplexität isoliert und von basalen Prozessen getrennt werden. Damit kann einerseits untersucht werden, wie der spezifische, durch die Komplexität manipulierte Prozess mit der Intelligenz zusammenhängt. Zusätzlich kann untersucht werden, ob auch die basalen Prozesse mit Intelligenz korreliert sind und ob Mediationen zwischen basalen Prozessen, Komplexität und Intelligenz vorliegen. Ausserdem kann untersucht werden, ob die RZ in den basalen Prozessen Fehlerraten und RZ in der Komplexität voraussagen.

**Aufgaben**

Entsprechenden den Auswahlkriterien werden in der vorliegenden Arbeit drei Aufgaben untersucht, die jeweils aus drei bis fünf homogenen Unteraufgaben bestehen, die sich lediglich in ihrer Komplexität unterscheiden.

Die Komplexitätsmanipulation bezieht sich jeweils auf einen Parameter, der in einem bestimmten Forschungsgebiet mit Intelligenz in Verbindung gebracht worden ist. Die erste Aufgabe ist die Hickaufgabe aus dem IVG, die bereits vorgestellt wurde. Die Komplexitätsmanipulation bezieht sich hier auf die Anzahl binärer Entscheidungen die ausgeführt werden müssen. besteht die Komplexität über die Anzahl binärer Entscheidungen manipuliert wird. Die anderen beiden Aufgaben werden im Folgenden genauer erläutert.

**Flanker**

Die Flankeraufgabe wurde von \Textcite{Eriksson} zur Erhebung von Inhibition einer dominanten respektive automatischen Antwort entwickelt. Wie die Entscheidung, oder Selektion in der Hickaufgabe ist auch die Inhibition in der Flankeraufgabe ein Aspekt der selektiven Aufmerksamkeit \parentcite{zebec}. Die Aufgabe der Vpn besteht darin, zu entscheiden in welche Richtung ein beidseitig von zwei sogenannter Flankern umgebenen Pfeilen zeigt. In der kongruenten Bedingung zeigen die Flanker jeweils in dieselbe Richtung wie das Target, während sie in der inkongruenten Bedingung in die andere Richtung zeigen. Die Aufgabe wird erst dadurch komplex, dass kongruente und inkongruente Pfeile durchmischt vorgegeben werden. Die Vpn muss also jeweils die Flanker ausblenden und auf das Target in der Mitte reagieren, was bei inkongruenten Flankern anspruchsvoller ist als bei kongruenten Pfeilen.

Für weitere, einfachere homogene Subaufgaben haben wir die anspruchsvollste Bedingung durch zwei sukzessive einfachere Versionen ergänzt. In beiden Versionen wird jeweils nur ein Pfeil ohne die „Flanker“ präsentiertm, der jeweils nach rechts oder nach links zeigt. In der einfachsten Bedingung muss die VP unabhängig von der Richtung des Pfeiles immer dieselbe Taste drücken. In der zweiten Bedingung muss sie die Richtung angeben.

\Textcite{Kane und Engle 2002} identifizierten die Aufgabe als Mass für kontrollierte Aufmerksamkeit. Traditionellerweise wurde aus der Aufgabe der sogenannte Flankereffekt berechnet. Hierfür wurde die Differenz zwischen der inkompatiblen und der kompatiblen Bedingung berechnet. Dies entweder basieren auf der mittleren RZ oder auf der mittleren Fehlerrate.

Neben kontrollierter Aufmerksamkeit wurde mit der Flankeraufgabe auch IVG erhoben \Textcite{ Kail, 1991b; Ridderinkhof & van der Molen, 1997 }.

\Textcite{ Colom, Escorial… 2007} haben die mittlere RZ in der inkompatiblen Bedingung als Mass für kontrollierte Aufmerksamkeit eingesetzt und sind zum Schluss gekommen, dass kontrollierte Aufmerksamkeit sehr hoch mit IVG zusammenhängt. Allerdings korrelierte sie etwas höher mit dem Arbeitsgedächtnis als die IVG.

Auch andere Autoren haben mit der mittleren RZ der Flankeraufgabe Inhibition erhoben \Textcite{salthouse 2010}.

Auch \Textcite{Van Leeuwen, Marieke and van den Berg,2007} haben den Zusammenhang zwischen AG, IVG und selektiver Aufmerksamkeit untersucht. Die mittlere RZ der Flankeraufgabe haben sie als Mass für die IVG eingesetzt. Für die selektive Aufmerksamkeit haben sie den Flankereffekt sowohl der RTs als auch der Fehlerraten berechnet. Während die Reliabilität (welche Reliabilität?? Split half??) der mittleren RZ der kongruenten Bedingung .66 betrug und der inkongruente Bedingung .62 wies der Flankereffekt der RT lediglich eine Reliabilität von .48. Für die Fehlerrate viel die Reliabilität noch viel niedriger aus. Die Fehlerrate der kongruenten Bedingung wies eine Reliabiltität von .06, die der inkongruenten Bedingung von .46 und das Differenzmass von .29 auf. Der Flankereffekt korrelierte weder basierend auf der Fehlerrate noch basierend auf der RZ mit Intelligenz. Die einzigen Variablen, die mit Intelligenz korrelierten waren die mittlere RZ der inkongruenten und der kongruenten Bedingung.

Ebenfalls keine Korrelation zwischen dem Flankereffekt und g fanden \Textcite{Leeuwen2007, oberauer} und zwischen Inhibition und g \Textcite{Friedman2006}.

In der Studie von \Textcite{Bexkens2014} wiesen aber Vpn mit tiefer Intelligenz eine eingeschränkte Inhibtion auf. Eine sehr hohe Korrelation zwischen einer latenten Variable aus verschiedenen exekutiven Aufgaben, so auch inhibition und g bei Kindern fanden (Leute die McAuley und White zitieren). Typischerweise fand man aber Korrelationen zwischen Aufmerksamkeitskontrolle und g, wenn aus mehreren Aufgaben eine latente Variable zur Repräsentation von Aufmerksamkeitskontrolle betrachtet wurden \parentcite{unsworth,spillers,2010; Kane?}.

Zusammenfassend scheint die Leistung in der Flankeraufgabe eher mit Intelligenz zu korrelieren, wenn aus mehreren Indikatoren für Inhibition eine latente Variable extrahiert wird und diese mit g korreliert wird. Zusätzlich scheint die mittlere RT höher mit g korreliert zu sein als der Flankereffekt an sich. Das kann wiederum daran liegen, dass das Differenzmass sehr unreliabel ist oder an der Unsauberkeit der mittleren RT. Um das testen zu können, werden wir latente Wachstumskurven rechnen, die reliabler sind als das Differenzmass aber es trotzdem ermöglichen verschiedenen Prozesse voneinander zu trennen.

**Swaps**

Auch die dritten Aufgabe, die Swapsaufgabe \parentcite{crawford1988}, wird zur Operationalisierung verschiedener Konstrukte wie Intelligenz \parentcite{stankov}, Arbeitsgedächtnis \parentcite{crawford1988} und VG \parentcite{OConnor und Burns 2003} eingesetzt.

Die Aufgabe der Vpn bestand darin, die Position von drei Buchstaben ein oder mehrmals mental auszutauschen. Je mehr solche Positionsvertauschungen ausgeführt werden müssen, desto komplexer ist die Aufgabe. Bei den komplexeren Bedingungen muss die Vpn die Zwischenlösung aus der ersten Vertauschung im Kopf behalten und daran die nächste Vertauschung ausführen, solange bis sie zwei, drei oder vier Vertauschungen ausgeführt hat. Die finale Reihenfolge wird via Tastatur eingetippt.

Je nach Fragestellung werden für die Aufgabe die RT \parentcite {Schweizer, O’Connor, Burns, 2003} und/oder die ACC ausgewertet \parentcite {stankov,crawford,1993; stankov2000}. Die vorhandenen Resultate sollen kurz studienweise vorgestellt werdne.

In der Studie von \Textcite{stankov,crawford1993} wurde ein signifikanter Haupteffekt der Aufgabenkomplexität sowohl für die mittlere RT als auch für die ACC nachgewiesen. Mit steigender Komplexität wurden also die RT länger und die mittlere ACC nahm ab. Für die ACC, nicht aber für die RT ergab sich eine signifikante Interkation zwischen der Intelligenzgruppe und der Aufgabenkomplexität. Die Unterschiede in der mittleren ACC zwischen mehr und weniger intelligenten Vpn wurden mit steigender Komplexität grösser. Hier ist wichtig zu erwähnen, dass die mittlere RT auch RTs auf falsch beantwortete Trials beinhaltete. Die ACC-g Korrelation erreichte in den beiden anspruchsvollsten Bedingungen eine Korrelation von .46. Zusätzlich führte jede Vpn die Swapsaufgabe jeweils zweimal durch. Einmal wurde in der Instruktion die Geschwindigkeit und einmal die Korrektheit betont. Diese Manipulation hatte allerdings keinen Einfluss auf die Resultate.

In der Arbeit von \Textcite{stankov2000} lud die Fehlerrate der Swapsaufgabe auf der fluiden Intelligenz, während die RT eine niedrige Ladung auf der fluiden Intelligenz und eine hohe Ladung auf einem Mental Speed Faktor aufwies, dasselbe galt für Fehlerrate und RT der Raven APM. Wie hoch korrelieren die beiden mit Intelligenz, wie hängen sie zusammen? O Connor schaut wo man Swaps correct RT in die speed Hierarchie einbringen kann.. In Stankov 2000 (complexity, metacognition and fluid intelligence) wird speed und accuracy angeschaut. Er sieht Swapsaufgabe als measure von fluider intelligenz. Wichtig er bezieht da auch mental speed mit ein.

Problematik von Strategien einbeziehen. Fixed links models for investigating experimental effects combined with processing strategies in repeated measures designs. Strategien spielen Rolle bei Swapsaufgabe aber sogar bei einfachen RT Aufgaben. Z.B. mood ist dafür wichtig. (sex differences in simple reaction tasks, Frauen holisitic information processing strategy in Session A and an analytic strategy in Session B. Men shoed an analytic strategy in both sessions)

**Verarbeitungsgeschwindigkeit oder Aufmerksamkeit**

Alle in dieser Studie eingesetzten Aufgaben repräsentieren messen zum einen einen Aufmerksamkeitsaspekt und zum anderen VG. Wenn dieselbe Aufgabe VG und Aufmerksamkeit misst, ist das entweder ein Unsauberkeitsproblem und beide Konstrukte sind ein Teil der Aufgabe, oder aber es sind beides Namen für dasselbe Konstrukt.

Die Konfundierung zwischen VG und Aufmerksamkeit veranlasste gewisse Autoren davon auszugehen, dass Aufmerksamkeit den Zusammenhang zwischen VG und g erklärt \Textcite{ Heitz, Unsworth, & Engle, 2005}. Diese Aussage macht nur Sinn, wenn beide Konstrukte unterschiedliche Aspekte messen. Wenn aber nur zwei Parameter, nämlich VG und Komplexität all die Zusammenhänge mit Intelligenz erklären können, dann wäre die Aufmerksamkeit als Konstrukt überflüssig. Sie würde lediglich dazu dienen gewisse VG x Komplexität Kombinationen zu benennen.

Diese Vielfalt an Benennungen rührt wiederum daher, dass zwei Forschungsansätze nämlich die Intelligenzforschung und die Aufmerksamkeitsforschung mit denselben Paradigmen arbeiten. In der Intelligenzforschung sollen im Allgemeinen verschiedene Aufgabentypen in übergreifende Modelle eingeordnet werden, während die Aufmerksamkeitsforschung sich zunehmend differenziert in viele verschiedene Prozesse \parentcite{Schmidt-Atzert, Krumm, & Bühner, 2008}.

**Andere Parameter**

Es gibt noch weiter Parameter die zu inkonsistenten Resultaten bezüglich Komplexitätshypothese geführt haben könnten. Auch diese werden hier erörtert.

**Der RT-g Anstieg mit zunehmender Komplexität ist nicht unendlich**

Die Aufgabeninstruktionen haben einen starken Einfluss darauf wie schnell und/oder wie korrekt die Vpn antworten. So können Vpn darauf achten besonders schnell zu sein, riskieren aber dabei, vereinzelte Fehler zu machen. Sie können aber auch darauf achten sicher keine Fehler zu machen, was bedeutet dass ihre RTs dementsprechend länger ausfallen. Diese Phänomen heisst speed-accuracy tradeoff und kann von Person zu Person und von Instruktion zu Instruktion variieren. Um zu verhindern, dass die Vpn den trade-off über die Aufgaben hinweg variieren, sind die Instruktionen für alle Aufgaben identisch. Im Manual des CFT-20 R ist die Instruktion für den Test exakt vorgegeben und sollten nicht verändert werden, darum wurden die Instruktionen aller anderen Aufgaben dementsprechend angepasst. Die Instruktion lautete: „Arbeite so schnell wie möglich ohne Fehler zu machen“. Um zusätzlich zu betonen, dass die Vpn zwar sehr schnell arbeiten sollen aber nicht so schnell dass sie Fehler machen, ertönt bei falschen Antworten ein negativer Feedbackton.

**In die RT Berechnung werden auch falsche Antworten miteinbezogen**

Die RT Berechnungen sollen jeweils ausschliesslich auf korrekt beantworteten Items basieren.

**Die Anforderungen sind nicht für alle Probanden identisch**

Wird die Reihenfolge der verschieden komplexen Aufgaben von Person zu Person variiert, läuft man Gefahr dass die Komplexität welche ja untersucht werden soll, nicht für alle Vpn vergleichbar war. So kann es sein, dass für eine Vpn die mit der komplexesten Aufgabe beginnen muss, diese anspruchsvoller ist als für eine Vpn bei der die Komplexität von Bedingung zu Bedingung zugenommen hat (Quellen?). Ausserdem kann eine zufällige Vorgabe der verschiedenen Bedingungen interindividuelle Unterschiede in den Präsentation nicht ausbalancieren \Textcite{bortz}. Ein Ausbalancieren über verschiedene Personen macht nur Sinn, wenn ihre Werte danach gemittelt werden. Um Reihenfolgeeffekte innerhalb einer Person ausbalancieren zu können, müsste die Aufgabe der Versuchsperson zu verschiedenen Zeitpunkten in verschiedenen Reihenfolgen vorgegeben werden. Allerdings würde man damit wieder differnezielle Lerneffekte begünstigen.

**Die Komplexitätshypothese hängt von der untersuchten Stichprobe ab**

Die Stichprobenabhängigkeit soll explizit untersucht werden. Die Gesamtstichprobe wird in zwei Substichproben aufgeteilt um den Verlauf der Komplexitätshypothese für beide zu untersuchen.

**Methodische Aspekte**

Allerdings ergibt sich hier das Problem, das Leistungsmasse nicht reine Masse darstellen. So beinhaltet die Leistung in einer komplexen Aufgabe wie dem AG auch Prozesse, die nicht direkt vom AG abhängen, wie Stimuluswahrnehmung und Diskrimination. Die komplexen Bedingungen müssten also zunächst für die einfachsten Bedingungen kontrolliert werden, weil sie sonst darauf basieren. (Das hat man hier gemacht..)

Ansatz, würde man erwarten, dass das AG den Zusammenhang zwischen IVG und Intelligenz mediiert, stimmt hingegen der IVG Ansatz, würde man erwarten, dass

Ein Problem in der Identifikation von aufgabenspezifischen Prozessen ist, dass RTs nicht nur den Prozess beinhalten, an dem man interessiert ist, sondern auch andere Prozesse. So beinhaltet eine einfache RT Prozesse wie Stimuluswahrnehmung, Enkodierung und Antwortausführung \parentcite{jensen2006}.

**Impurity Problem**

Wie bei den individuellen Regressionsgeraden in der Hickaufgabe wurde auch das Berechnen eines individuellen Differenzmasses aufgrund der niedrigen Reliabilität kritisiert. Diese Problem kann auch in diesem Fall mittels latenten Wachstumskurven umgangen werden.

Dieses Problem wird in der Literatur „Impurity Problem“ genannt und kann durch sogenannte Fixed Links Modelle gelöst werden \Textcite{schweizer2006}. Notwendige Bedingung dafür ist, dass homogene Subaufgaben vorgegeben werden, die sich lediglich in der Komplexität unterscheiden. Die Varianz-Kovarianzmatrix der verschiedenen Subaufgaben kann dann mittels Fixed Links Modelle in verschiedene Anteile aufgeteilt werden. Daraus resultieren dann latente Variablen, die gewisse Prozesse repräsentieren. Ein Beispiel dafür ist die Hickaufgabe. Sie besteht aus verschiedenen homogenen Bedingungen, die sich nur in der Komplexität unterscheiden. Die Komplexität bezieht sich hier auf die Anzahl binärer Entscheidungen die ausgeführt werden müssen. Die Varianz-Kovarianz kann hier jetzt aufgeteilt werden in einen konstanten Prozess und einen ansteigenden Prozess. Der konstante Prozess ist in allen Subaufgaben vorhanden, weshalb sie alle gleich hoch auf dieser latenten Variable laden. Der ansteigende Prozess repräsentiert die Ausführung von einer oder mehr binären Entscheidungen. Deshalb lädt die erste Bedingung, bei der noch keine Entscheidung getroffen wird auf diesem Faktor gar nicht, während die zweite und dritte Bedingung monoton steigend darauf laden. Da wir untersuchen wollen, ob verschiedene Prozesse in RTs unabhängig sind, lassen wir eine Korrelation zwischen den beiden Prozessen zu. Zusätzlich geht in das Modell ein Vektor mit den Mittelwerten der Subaufgaben ein. Dieser wird mitmodelliert weil wir die Komplexität der Aufgabe über die Aufgabenschwierigkeit operationalisieren. (Dodonova noch zitieren).

Da man bei der Hickaufgabe schon immer primär an diesem Anstieg interessiert war, hat man wie bereits erwähnt zunächst für jede Versuchsperson eine Regressionsgerade durch die Mittelwerte der jeweiligen Subaufgaben berechnet. An diesem Vorgehen wurde aber kritisiert, dass die Fehler von Intercept und Slope korreliert sind, dass der Slope unreliabel ist.. (Quelle?). Mit latenten Wachstumskurven können viele dieser Probleme gelöst werden. Latente Variablen sind reliabler...

**Hypothesen**

Verlauf der Komplexitätshypothese

1. Die RT-g Korrelation verläuft in Abhängigkeit von der Aufgabenkomplexität kurvilinear.
2. Mit der Abnahme der RT-g Korrelation geht eine Zunahme der ACC-g Korrelation einher.
3. Unterteilt man die Stichprobe in intelligentere und weniger intelligentere ergibt sich nicht derselbe Verlauf.

Unsauberkeit der Prädiktoren

1. Die Korrelationen zwischen der mittleren RT verschiedener Aufgaben sind nicht nur auf deren Komplexität zurückzuführen sondern auch auf aufgabenspezifische Prozesse
2. Die Korrelationen zwischen der mittleren RT verschiedener Aufgaben sind nicht nur auf aufgabenspezifische Prozesse zurückzuführen sondern auch auf deren Komplexität

Struktur der Prädiktoren und Korrelation mit g

1. Stimmt die mental speed Annahme kann man obiges Einfaktorenmodell durch weitere aufgabenspezifische latente Variablen erweitern, diese sind aber nicht mit g korreliert.

Prozesse

1. Stimmt der strukturelle Ansatz können aus den verschiedenen Subaufgaben jeweils relativ unabhängige Faktoren extrahiert werden, die mit g korreliert sind.
2. Die RTs der einfacheren Subaufgaben sagen die ACC der schwierigeren Aufgaben voraus.

**Hickaufgabe**

Nicht nur im IVG sondern auch in der Aufmerksamkeitsforschung wird die Hickaufgabe eingesetzt. Sie stellt ein Mass für selektive Aufmerksamkeit dar (Gediga1993,2008;Schmidt-Atzert,2008,Antrag Stefan). Die selektive Aufmerksamkeit beinhaltet die Fähigkeit selektiv auf relevante Informationen zu reagieren und irrelevante zu ignorieren (Quelle). In der einfachsten Bedingung ohne Entscheidung, braucht es kaum selektive Aufmerksamkeit, weil der ganze Fokus auf immer dieselbe Position gelenkt werden kann. Mit ansteigender Komplexität steigt auch die Anforderung an die Aufmerksamkeit, weil der Stimulus nun an verschiedenen Positionen erscheinen kann und somit die Selektion einer Antwort verlangt. Wenn selektive Aufmerksamkeit die RT-g Korrelation ausmacht, dann würde man erwarten, dass wiederum primär der Anstieg mit g korreliert ist.

Eine Korrelation zwischen Anstieg und g und damit eine Bestätigung der Komplexitätshypothese konnte immer wieder nachgewiesen werden. Erstaunlicherweise waren aber auch andere Parameter, wie der Intercept, die intraindviduelle Variabilität und der Mittelwert in einem ähnlichen Bereich mit g korreliert. Sogar die mittlere RT der einfachsten Bedingung, wies immer wieder eine Korrelation mit g auf, wenn auch eine etwas niedrigere als die dritte Bedingung \textcite{}. Der Anstieg in der RT-g Korrelation konnte aber auch mit diesem Paradigma nicht unendlich in die Höhe getrieben werden. Bis zu vier Wahlmöglichkeiten stieg sie noch an, aber von vier bis zehn ergab sich kein zusätzlicher Anstieg mehr \textcite{sheppard2008}.

\Textcite{Jensen1987} interpretierte diese Resultate dahingehend, dass nicht spezifische elementare Prozesse für Intelligenzunterschiede verantwortlich sind, sondern eine generelle Geschwindigkeit oder Effizienz, die in allen obengenannten Parametern vorhanden ist.

Eigenschaft von komplexen Aufgaben: die sind anspruchsvoll und die schwierigkeit wird variiert, differenziert gut. Kommt das schon hier hin oder noch nicht?? Wichtig ist, dasss associative learning, working memory und speed relativ unabhängige Varianz von g erklären. Man müsste zeigen, dass das auch für andere Komponenten wie Gc und Gv gilt. So könnte man damit argumentieren, dass es keine eigenständige Basis von g gibt, sondern ein Set von Prozessen, die gemeinsam g erklären können (mackintosh, p154).

This paper is designed to help you understand the formatting and organization of an APA style research report. Each section of the report is described in its appropriate location within the report.

The first section of the main text of the report is the Introduction. The purpose of the Introduction is to (a) describe the purpose of the study, (b) place the study in the context of previous research on the topic, and (c) justify your hypotheses (Smith, 2006). Each paragraph of the Introduction should bring the reader closer to understanding why the study was done and what hypotheses you are making.

The first paragraph of the Introduction should introduce the general topic of the study. Do not begin too generally (e.g., discussing all of psychology), but do not begin too specifically either (e.g., by stating the hypothesis). Be sure to define any terms you are using that are specific to the field of study. Indicate what your operational definitions are.

In subsequent paragraphs, you should be building a case for your study. Explain what has been found in previous research on this topic, describe what gap exists in this literature, and explain how your study will fill the gap (i.e., provide a unique study that will contribute new knowledge in the area).

Toward the end of your Introduction, you should briefly describe the design of your study in such a way that it connects to the justification you’ve given for the purpose of the study and leads to your hypotheses. Be sure to briefly review the justification for

your hypotheses. Do not simply state your hypotheses and assume the reader will know why you are making them.

**Method**

In the Method section, you should describe the details of how the study was conducted. You should provide the reader with enough information to be able to replicate your study. Details that are not important for replication should not be included (e.g., what type of pencils the participants used, etc.). The reader should also be able to evaluate the appropriateness of your methods for the hypothesis you made. Method sections may vary in the number of sections the authors include, but the most common sections are described below. The entire Method section should be written in past verb tense. You can use a table to report important characteristics of the method or the flow of activities. An example is provided in Table1.

# **Participants**

Describe who participated in your study. How many participants were in the study and how were they selected/recruited? In what way were the participants compensated for running in the study? Were any data sets deleted? If so, why were they deleted? Describe any demographics of the participants that important to the study. If you’ve conducted an experiment, indicate how many participants were assigned to each condition.

# **Design**

The design may appear separately in a journal article or it may be combined with another section (e.g., Materials section). Either way, it is important to explain the design of the study. What variables were manipulated and/or measured? How were they manipulated/measured? If there are independent variables in the study, indicate the levels of each variable and whether each variable was manipulated within- or between-subjects.

# **Materials**

Describe the materials used in the study. What were the stimuli? How were they developed? If appropriate, provide examples of the stimuli. Provide citations if the stimuli have been used in previous research. If there are questionnaires or surveys, describe them and relevant reliability and validity statistics.

**Procedure**

Describe the procedure of the study in chronological order. Explain what the participants did in the order they did them. Summarize the instructions. What tasks did they perform? In what order did they perform them? If different participants were exposed to different conditions, explain the differences in the conditions. Also, often it is helpful to show an experimental trial in a figure.

**Results**

You should begin your Results section with a statement of you dependent measure. In addition, in your results section you should describe the analysis conducted on your data. Also report the outcome of the analyses (e.g., means, standard deviations, *t* values, *F* values, etc.). Know the correct format for reporting statistics. Tables and figures may accompany your results section. Use tables or figures when they more clearly display results. Never include the same data in both a table and a figure (McBride & Wagman, 1997). Here, an example of the presentation of results is provided in Figure 1.

**Discussion**

Die Korrelationen entsprachen dem Muster. Der Zusammenhang zwischen ACC und g nahm mit zunehmender Komplexität zu. Mit nur einem Swap ergab sich kein Zusammenhang, mit zwei Swpas war der Zusammenhang .203 und mit drei und vier Swaps .464 und .463. Die RT korrelierte nicht mit g.

Guttman (1954, 1955 aus stankov und crawford, 1993): simplex to refer tot he simple order of complexity. A set of variables shwos a simplex pattern if their intercorrelations are high clost to the main diaonal of a correlational matrix and become graduall lower as one moves towards the lower left hant and upper right hand corner. One latent dimension if sufficient to describe such a pattern, whereas factor analysis requires more than one factor. Korrelationsmatrixen mit simplex ist jeweils Prozess plus zusätzlichen Prozess (additiv). C1a1,c2a1+a2,c3a1+a2+a3 Die c s sind komplexität die a s sind die elementaren Prozesse. Zwei Levels nahe beieinander sind höher korreliert weil sie mehr Prozesse gemeinsam haben. Corballis (1965) gibt aber auch andere Interpretationen: accretion, decretion or both processes. Sie meinen Simplex ist unwahrscheinlich und wollen deshalb nicht simplex anschauen. Es gibt eine Situation bei der simplex und factorial defintion dieselbe Lösung: wenn es nur zwei Variablen gibt, Intelligenz und ein anderer Gruppenfaktor. Ähnlichere aufgaben ähnlicheren Mix der zwei Variablen. (haben wir das durch Modellierung zweier latenter Variablen?

Die Aufgabe soll hohe Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis stellen, ohne das Gedächtnis zu beanspruchen \parentcite{Schweizer?}. Deshalb bleiben Stimulus und Instruktion zu den Swaps bis zur Antworteingabe auf dem Bildschirm, weshalb man sie sich nicht merken muss. Stimulus und Swapsinstruktionen bleiben bis zur Antworteingabe auf dem Bildschirm, weshalb man sich diese nicht merken muss.

\parentcite{crawford1993}: spielt für swaps keine Rolle ob man speed oder accuracy Instruktion gibt.

**Der Zusammenhang zwischen speed und ACC innerhalb einer Aufgabe und einer Person kommt ganz in die Diskussion. Mit unseren Resultaten können wir erklären warum die weitgehend unabhängig sind, es schein eine entweder oder Entscheidung zu sein. Speed und Level (Abschnitt von Roberts und Stankov 1999 lesen)**

**ACC und RT innerhalb einer Aufgabe sind relativ unabhängig, ausser bei Schweizer, er sieht hier übergang und auch bei Danthiir sieht man wie zusammenhängen.**

**Hierachie der Intelligenz**

**RTs in ACC Aufgaben**

Es ist genau jener Komplexitätsbereich, der nach Vigenau() zu wenig untersucht worden ist. RT in anspruchsvollen Aufgaben. Für ihn einfache Aufgaben mit Fehlerrate > 10% anspruchsvolle >10.

Auch Danthiir hier rein, ist teilweise ins Abstract kopiert.

Vigneau: RT und ACC sind relativ unabhängige Fakotren, laden auf unterschiedlichen latenten Variablen. Er extrahiert aus verschiedenen IQ subtests. aus RTs und acc 6 Faktoren, die er inhaltlich nur schwer interpretieren kann, die aber relativ unabhängig voneinander sind (RT 4 und ACC 3; alle <.30) Komplexitätsfaktoren? Einfachstruktur ist gar nicht schön gegeben. Auch Eysenck & Lucking 1986 finden speed und level Faktoren nur leicht korreliert (die arbeiten mit ECTs).

Er sagt dann gibt unterschiedliche Faktoren in RTs von anspruchsvollen Aufaben wie bei Kyllonen, 1985 und Verster, 1983 und das passe zu unterschiedlichen Faktoren in relativ einfachen Aufaben (Carroll, 1993; Roberts & Stankov, 1999). Das braucht uns nicht unbedingt weiter zu interessieren ausser wir sprechen hier von komplexitätsfaktoren (prüfen). Splisbury 1992 meint increased dimensionality oft he speed index ist he ciritical factor in mental speed IQ Beziehung.

RTs und scores in Intelligenztests sind unabhängig (Nährer, 1986 in Knorr und Neubauer 1995; Neubauer (1990). Allerding nur wenn man die Itemschwierigkeit nicht mitbetrachtet. Response time measure are stronlgy related to accuracy only in simple information processing tasks (Rafaeli & Tractinsky, 1991 aus Vigenau) (aber natürlich nur wenn man Fehler macht, Hick z.B. nicht).

Grundsätzlich wird folgendes Bild vorgefunden: RT in Intelligenzaufgaben korrelieren nicht (wenn man sie mittelt und auch falsche Antworten mitreinnimmt). Aber Neubauer negative Korrelation zwischen RT und Intelligenz bei einfachen Aufgaben und positive bei schwierigen Aufgaben.

Vigneau (und andere) haben auch RTs von Intelligenzaufgaben angeschaut. Mental speed haben sehr leichte Aufgaben angeschaut. Vernachlässigt wurden aber Aufgaben bei denen teilweise die ACC und teilweise der speed angeschaut wurden also im Übergang, wo langsam Fehlerraten auch wichtig werden (Swapsaufgabe).

Vigneau: Es ist inkonsistent ob es einen Zusammenhang zwischen speed und acc gibt. Wir nehmen swaps ☺

Neubauer 1990

The relationship between speed of information processing in the Hick paradigm and response latencies to items of Raven's Advanced Progressive Matrices

Kein Zusammenhang zwischen speed Intelligenztest und RT, wohl aber wenn nach schwierigkeit aufgeteilt, in einfachen positive in schwierigen negative. Aber RT und speed of information processing kaum korreliert, also unterschiedliche Variablen.

Vigenau et al., 2002: speed and level separate factors. Sampling more of basic speed mechanism, test speed paradox, die Schlauen lösen Aufgaben mit längeren RTs (brauchen länger bringen aber richtige Antwort). Kinder ACC Erwachsene RT entspricht sich praktisch, trotzdem weitgehend unabhähgig. Einordnung CHC ACC oben, speed unten, wegen komplexität? Speed genauso komplexe Struktur wie ACC

Clocking the mind: It is unduly problematic

to deal statistically or factor analytically with large differences in error rates, either

between different ECTs or between individuals on the same ECT. One solution is to retain

only correct responses in the analysis. To ensure exactly the same predetermined number

of error-free trials for every subject in the study sample, the sequence of test trials can be

automatically programmed to recycle the stimulus that produced an error so it is to be presented

again later in the sequence.

**Struktur der Verarbeitungsgeschwindigkeit**

Gf has been linked to cognitive complexity which

can be defined as a greater use of a wide and diverse array of

elementary cognitive processes during performance. (McGrew, 2009; CHC) Hierarchie von speed

Danthiir, Wilhelm et al., 2005: Sie findet keinen allgemeinen decision speed in Intelligenzaufgabenfaktor, auch diese Struktur hängt ab von den inhaltlichen Faktoren (Natalie: genau gleiche Struktur wie ACC). Wilhelm und Oberauer (2006): WM factor hängt zusammen mit Inforamtionsverarbeitungsgeschwindigkeit und zwar noch stärker wenn das mapping inkompatibel ist (Anstieg der Komplexität / im Grunde ist swaps auch ein arbitrary mapping). believe that our research represents a substantial step toward understanding the

relationship between RT and complex cognitive abilities. It provides an example

for how to unpack the ``complexity'' of RT tasks by experimentally varying

individual factors that affect mean RTs and investigating how they affect the

correlation of RTs with intelligence and WMC. T

Bereits \Textcite{thurstone1938} identifierte Verarbeitungsgeschwindigkeit als einen der primären mentalen Fähigkeiten. Auch in Horn’s Revision der Cattelschen Cf-Gs Theorie kam ein solcher Verarbeitungsgeschwindigkeitsfaktor (Gs) vor. \Textcite{carroll1993} fand drei differenzierbare Geschwindigkeitsfaktoren. Welche nach CHC Modell? In den Intelligenzmodellen war die Verarbeitungsgeschwindigkeit nie einer der wichtigsten Faktoren, Carroll und auch Johnson und Bouchard (2005) siedelten die Verarbeitungsgeschwindigkeit im lowert stratum an.

Komplexiätsannahme für ECTs in Einklang mit Ergebnissen aus dem psychometrischen Bereich, Ladung einzelner psychmoetrischer Intelligenztests auf dem g Faktor ist in direktem Zusammenhang mit der Komplexität der, für die Bearbeiung des jeweiligen Intelligenztests erforderlichen kognitiven Operationen steht (Marshalej et a., 1983: the compexity continuum in the radex and hierarchic models of intelligence). Komplexere korrelieren höher als weniger komplexe.

Meist handelt es sich dabei um Aufgaben wie der Durchstreichtest. Im CHC modell aber auch elementare kognitive Aufgaben. Im Gegensatz zu general speedeness, die viele verschiede Verarbeitungsprozesse beinhaltet, wurden ECTs konzipiert um spezifisch Prozesse zu extrahieren. Hick, aber nicht primär slope sondern auch andere Teile und teilweise Variabilität aber dazu später mehr.

Schweizer, Moosbrugger, Goldhammer, 2005 schauen sich Aufmerksamkeit an und zwar mit vielen speedvariablen. Ergibt zwei latente Variablen entsprechend der Komplexität.

Vorhersagen aus der Theorie: Die Zusammenhänge zwischen verschiedenen RT Aufgaben sind entsprechend ihrer Komplexität strukturiert. In MDS eine gerade Linie in FA Komplexiätsfaktoren (über Prozesse). Werden Aufgabenspezifische Faktoren extrahiert sind diese inpure und damit korreliert. Will man Prozesse extrahieren muss man die Aufgabenanforderungen manipulieren.

GRENZEN DER KOMPLEXITÄT > SWAPS (beansprucht nicht so viel WM; Attention and working memory as predictors of intelligence: swaps working memory

Zu swpas oi was im mackintosh)

Es gibt aber Hinweise darauf, dass die Verarbeitungsgeschwindigkeit eine genauso komplexe Struktur aufweist wie die ACC in Intelligenzmodellen \Textcite{Zebec2004,Stankov1997,Danthiir} und dass aufgabenspezifische Prozesse wie die Stimulus-Antwort-Kompatibilität auch mit g korreliert sind \parentcite{neubauer1995}.

Verlauf

Ganz anders als erwartet, mit SLODR in Verbindung bringen, es sind nicht dieselben Aufgaben die optimal differenzieren.

**Struktur von mental speed**

Wie bereits erwähnt CHC ganzheitlichstes Modell und viele Paradigmen und Untersuchtungsgegenstände der Intelligenzforschung damit in Verbindung gebracht.

Auf erster Ebene g Faktor dann breite Fähigkeiten, am meisten mit Intelligenz gf. Teilweise wurde sogar argumentiert dass der g Faktor (Radex) und fluide Intelligenz identisch sind (Quelle Mackintosh). Carroll(2003) confirmatorische FA an zwei grossen Datensetzt klare Evidenz für g und second stratum Gf Faktor. Johnson et al. (2004, 2008) Gf zwar hoch korreliert aber nicht identisch. Nicht identisch aber sehr nahe dran.

Die hohe Korrelation zwischen gf und g-Faktor ist theoretisch von grosser Bedeutung. Es stellt sich nämlich die Frage wie der g-Faktor erklärt werden kann. Nach \Textcite{spearman} hängt jeder mentale Test mehr oder weniger stark von einem einzigen psychologischen oder biologischem Prozess der generellen Intelligenz ab, was die positive Korrelation zwischen verschiedenen Tests erklärt. Wenn der g-Faktor nicht mehr als fluide Intelligenz ist, würde das vieles einfacher machen, weil wir die psychologische und biologische Natur der fluiden Intelligenz viel besser kennen (Mackintsoh 150).

Die biologische oder psychologische Interpretation des g-Faktors hat Psychometriker den grössten Teil eines Jahrhunderts beschäftigt, ohne das man zu einem Konsens gekommen ist (Mackintosh, 2011). Mentale Energie oder Verarbeitungsgeschwindigkeit wurde als möglicher Kandidat für die Erklärung des g Faktors vorgeschlagen (). Auf der Suche nach der Ursache für g: ECTs

**Ist die Verarbeitungsgeschwindigkeit der basale Prozess der Intelligenz? ECTs**

Heritability paradox (clocking the mind): Komplexere Aufgaben sind stärker vererbbar als einfachere Aufgaben. the *aggregation* of causal effects

Ist die Verarbeitungsgeschwindikgeit der basale Prozesse der Intelligenz? Nach Jensen sampling more of basic speed mechanism. Es gibt Leute die zustimmen und solche die nicht (wichtig auf Altern und Kindheit eingehen) aber bestensfalls mittlere Korrelationenen zwischen einfachen speed task und g. Zusätzlich würde Jensen sagen: capacity of information processing limitiert und wenn schneller weniger decay (man braucht sehr lange oder man macht einen Fehler).

Darum sagen \Textcite{stankovroberts1938} Verarbeitungsgeschwindigkeit ist nicht der basale Prozess der Intelligenz.

Speed of processing nimmt aber eine sehr prominente Stellung ein in anderen Theorien. Jensen (1998), Anderson(1992, 2005) gingen davon aus, dass die Verarbeitungsgeschwindigkeit die psychologische oder biologische Basis des g Faktors sein könnte. Ob es wirklich die Basis ist, kann sehr in Frage gestellt werden. Klar ist aber, dass Verarbeitungsgeschwindigkeit ein wichtiger Faktor in der psychometrischen Intellignez, gemessen mittels IQ tests ist.

Zusätzlich existiert klare Evidenz, dass Carroll recht hatte mit seiner Unterscheidung von mehreren Speed Faktoren > wie gefunden, wie hängen die zusammen (hier muss irgendow noch die Diskussion von Neubauer rein, g Faktor, Komplexität wie geht das alles zusammen?).

Was ist das besondere am g Faktor? Hängt aber auch immer ab von den Test die in die Faktorenanalyse einfliessen.

In den Studien von Neubauer kommt dann raus, dass der Entscheidungprozess wichtig ist aber nicht andere Prozesse wie z.B. holen aus dem Gedächtnis (was erlernt ist). Dieser Teil ist auch viel stärker vererbt. Ein ähnliches Phänomen bei der swaps Aufgabe (die ist nicht mehr korreliert weil man sich was merken muss, bleibt auf dem Bildschirm)…

Im CHC Modell verschiedene speed Faktoren.

**Komplexität in der Intelligenz**

Wie bereits erwähnt hat man die Wichtigkeit der Komplexität in Intelligenzstrukturmodellen schon früh betont \parentcite{spearman1923}. Während komplexere Aufgaben in den hierarchischen Modellen auf höherer Hierarchieebene angesiedelt sind, befinden sich wenig komplexe Aufgaben eher auf tieferer Hierarchieebene. Insbesondre das Radexmodell von Guttman (1954), das eine Komplexitätsachse beinhaltet, veranschaulicht diesen Zusammenhang. Hier wurde die multidimensionaler Skalierung (MDS) eingesetzt um die Beziehung zwischen verschiedenen Intelligenztestaufgaben zu veranschaulichen und so die Struktur kognitiver Fähigkeiten zu untersuchen. In der MDS werden Aufgaben so im zweidimensionalen Raum angeordnet, dass besonders hoch korrelierte Aufgaben eine kleine und wenig korrelierte Aufgaben eine grosse Distanz zueinander aufweisen \parentcite{Quelle}. Dies resultierte in einer zirkulären Anordnung der Aufgaben, wobei die Komplexität der Aufgabe in einer inversen Beziehung zu der Distanz zum Zentrum des Kreises stand. Test mit einer hohen g Ladung waren dementsprechend nahe in der Mitte des Kreises und weniger komplexe Aufgaben eher weiter aussen. Besonders complex und damit nahe am Zentrum waren Skalen des schlussfolgernden Denkens und die full-scale WAIS \parentcite{marshalek,lohman,snow,1983}. Die zweite Dimension war die Anordnung im Kreis, wobei auch hier hoch korrelierte Aufgabe nahe bei einander angesiedelt waren. Diese Anordnung resultierte weitgehend in den major factors des CHC models. Es wurde eine grosse Übereinstimmung zwischen hierarchischen und Radexmodellen gefunden \parentcite{snow,kyllonen,marshalek,1984}. Die psychometrischen Analysen legen also nahe, dass complexere Aufgaben in den Fähigkeiten erster und zweiter Ordnung zu finden sind und weniger komplexe Fähigkeiten in den Fähigkeiten auf der dritten Hierarchieebene.

Aus dem CHC betrachten wir nur Verarbeitungsgeschwindigkeit.

Für psychometriker stellt die RT eine isolierte Fähigkeit dar: percpetual motor speed (in Vigenau) während mental speed um spezifische Prozesse zu extrahieren die nicht von höheren kognitiven Anforderungen beeinflusst (denn speed ist der basale Prozess der Intelligenz).

ECTs sind per Definition nicht Komplex, extrahieren ja etwas Elementares. Jensen1993 wenn für g kontrolliert Zsh zwischen RT und psychometrischer Intelligenz fast 0. Viele Forscher untersuchten bereits den Zusammenhang zwischen elementaren kognitiven Aufgaben (ECTs) und g. Mittels ECTs versuchte man den basalen Baustein der Intelligenz zu extrahieren. Allerdings hat man gemerkt, nicht die extrahierten Prozesse sondern allg wie Intercept, Variabilität usw. ähnlich hoch bis höher korreliert. Wer hat es zuerst gefunden? Wurde es konsistent gefunden (mit Vertrauensintervall wird das oft nicht signifikant). Wie wird die Kompelxität einer Aufgabe operationalisiert? Um die Komplexiät als Eigenschaft einer Aufgabe zu betrachten ohne deren Bezug zur Intelligenz, wird sie oft assoziiert mit (information load, Jensen 2011; aber was soll das heissen? “information load“ definiert \parentcite{jensen2011, duncan2008}) der Anzahl von Reizmerkmahlen eines Stimulus, oder mit der Anzahl hypothetischer mentaler Schritte oder Stufen die zur Aufgabenbewältingung durchgeführt werden müssen oder über die Tiefe der benötigten Verarbeitung oder the number of distinct processes (Jensen, 1998), higher number of cognitive operations in information processing (Schweizer, 1998) or Bedarf an executive control (Fernandez, 2014), {Jensen, 1998b 43 information processing load, 44 task difficulty (in Hickaufgabe), Vernon and Weese 1993 increased information processsing, increasingly aprroximate complex IQ items. Aber Problem: Man hat oft verschiedene Aufgaben angeschaut, die nicht gleiche Anforderungen stellten (nicht wie Hick) Alles in currled bracket zit in Frey, 2011)}. Erst in diesem Zusammenhang kann die Komplexitätshypothese untersucht werden, weil es möglich ist, dass eine Aufgabe zwar komplexer ist als eine andere, aber trotzdem nicht stärker mit g korreliert ist.

Wie \Textcite{schweizer1998} werden wir eine Aufgabe als komplexer ansehen, je mehr kognitive Operation zur Informationsverarbeitung benötigt werden. Eine Aufgabe wird als komplex bezeichnet, wenn zu deren Lösung, viele verschiedene Komponenten ausgeführt werden müssen \parentcite{jensen1998, schweizer1998}. Deshalb beinhaltet Komplexität in Abhängigkeit von den Anforderungen der Aufgabe sehr viele verschiedene Prozesse. Das macht Komplexität nur schwer vergleichbar über verschiedene Aufgaben \parentcite{duncan2008}. Darum manipulieren wir sie systematisch, also vergleichbar. Aber verschiedene Typen von Aufgaben.

Clocking the mind: 5 Möglichkeiten der Operationalisierung von Komplexität: 1. Wie schwierig die Versuchspersonen es einschätzen, 2. Anstieg der Unsicherheit. 3. Unterschied in mentalen Prozessen, wie lange mehr brauche ich für diesen und diesen Prozess? (den ich extrahiere). Z.B. Rückwärts-vorwärts. 5. Mean RTs (?? Tönt für mich wie 1 Möglichkeit: RT entweder für die ganze Aufgabe oder für einen spezifischen Prozess. P205: 1 number of elements, 2 prior uncertainity of response 3 degree of discirmination involved 4 stimulus response compatibility 5 number of decisions 6 prior learned information im memory

\Textcite{anderson1992,2005} geht davon aus, dass sich die menschliche Intelligenz aus einem basalen Verarbeitungsmechanismus und verschiedenen aufgabenspezifischen Prozessoren und Modulen zusammensetzt. Interindividuelle Unterschiede in der Geschwindigkeit und Effizienz im basalen Verarbeitungsmechanismus sind die Ursache von interindividuellen Unterschieden im g-Faktor, weil diese die spezifischen Prozessoren, die mit bestimmten Typen der Information, z.B. verbal und visuo-spatial umgehen können, in ihrer Leistung limitieren (aus mackintosh). \Textcite{jensen1998} ging davon aus, dass g nicht ein spezifischer Prozess sein kann, weil alle mentalen Tests eine bestimmte g-Ladung aufweisen. Seiner Meinung nach wiederspiegelt g interindividuelle Unterschiede in der Geschwindigkeit oder Effizienz von neuronalen Prozessen. Auf neuronaler Ebene konnte der g Faktor bis heute nicht nachgewiesen werden (quelle).

\Textcite{hick1952} erkannte, dass die mittlere Reaktionszeit über die verschiedenen Bedingungen logarithmisch anstieg. Er kombinierte diesen Befund mit der damals sehr populären Informationstheorie. Je mehr Alternativen, desto geringer ist die Information, die eine Vpn bezüglich der Position an der der Stimulus erscheint, desto grösser ist also die Unsicherheit. Während die Vpn mit nur einen Alternative keine binäre Entscheidung treffen muss, hat sie bei zwei Alternativen eine und bei vier Alternativen zwei binäre Entscheidungen zu treffen. \Textcite{hick1952} ging nun davon aus, dass die Rate der Informationsgewinnung, also die Zeit die jemand benötigt um eine binäre Entscheidung zu treffen innerhalb einer Person konstant ist.

(in sheppard 2008) Some studies of sex

differences in processing speed have revealed that males have faster processing speeds than fe-

males (

Adam et al., 1999; Jorm, Anstey, Christensen, & Rodgers, 2004

), while other studies have

indicated the reverse (

Burns & Nettelbeck, 2005; Doverspike, Cellar, Barrett, & Alexander,

1984

).

Schweizer (2005 perceptual stage ist verschiedener von allen anderen stages als diese untereinander, Nati: Komplexitätsunterschiede? Higher mental processing alles recht ähnlich aber anders als perceptual Zeug. Dann sagt er evtl. mental speed? Aber nö bringt gar nix, weil Tests die ähnliches messen höher korreliert sind und homogener sind, wichtig für mich, denke ich nämlich nicht!! Dann sagt er um speed kann nicht gehen, weil gezeigt wurde Korrelation mit Intelligenz egal ob speeded oder nicht speeded. Schweizer 1996, Vernon, Kantor, 1986, Vernon, Nador, Kantor, 1985). Schweizer und Koch, 2003 man kann attention und perceptual processing voneinander trennen (unterscheiden die sich in Komplexität??) oi attention und working memory trennbar (Komplexität??) was wenn man das ganze inhaltliche Zeug sein lassen kann. Schweizer 1999 Aufmerksamkeit, Intelligenz, Verarbeitungsgeschwindigkeit … (beide Texte von Schweizer zu speed, attention.. noch lesen, sagt viel Varianz voraus, weil das komplextiätsfaktoren sind??)

Das Cattell-Horn-Carroll (CHC) Modell ist ein integratives Modell, das den Anspruch hat die Struktur der menschlichen Intelligenz basierend auf bisherige Forschungsresultate zusammenzufassen \parentcite{mcgrew2009}. Das Modell Cattell besteht aus drei Ordnungsebenen parentcite{mcgrew2009}.

Das Cattell-Horn-Carroll (CHC) Modell ist ein integratives Modell, dass den Anspruch hat die Struktur der menschlichen Intelligenz basierend auf bisherige Forschungsresultate zusammenzufassen \parentcite{mcgrew2009}. Es stellt die

Gottfredson: Intelligenz ist ein besserer Prädiktor in komplexen Berufen.

Bereits die Studie von \Textcite{VernonJensen1984} wurde heftig kritisiert (Quelle), weil Aufgaben eingesetzt wurden, die sich in vielerlei Hinsicht unterschieden. So stellten gewisse Aufgaben minimale Anforderung an die verbale und numerische Verarbeitung, während andere oft Buchstaben als Stimuli einsetzten.

So war die koordinative Komplexität bei älteren Personen viel starker eingeschränkt als die sequentielle Komplexität (also mehr wenn WM gefordert wird). Auch Verhaeghen, Kliegl and Mayr (1997): koordinative Komplexität stärker als sequential (hier geht es um Matheaufgaben, Komplexität durch Mittelwert ist einigermassen vergleichbar).

Frey (2011): Anstieg in den Aufgabenanforderungen aber keine höhere Korrelation mit Intelligenz. Die Aufgabe war eine match-to-sample task (1 Symbol, 6 Zielsymbole traditionell) Manipulation der Kompelxität: gibt kein genau gleiche Alternative, die Ähnlichste? These results seem to indicate that the relatinship between the complexity of a task and genral intelligene is not as straightforward as has been commonly believed. Mayr & Kliegl, 1993: verschiedene Reaktiosnzeitaufgaben haben verschiedene Komplexitätsfunktionen. So war die koordinative Komplexität bei älteren Personen viel starker eingeschränkt als die sequentielle Komplexität (also mehr wenn WM gefordert wird). Auch Verhaeghen, Kliegl and Mayr (1997): koordinative Komplexität stärker als sequential (hier geht es um Matheaufgaben, Komplexität durch Mittelwert ist einigermassen vergleichbar).

Clocking the mind: Nested in the above categories are other conditions that can affect the magnitude of the

RT–PT correlation:

(a\_) The particular kind of RT measurement (e.g., mean RT, reaction time standard deviation

(RTSD), slope);

(b\_) the specific content of the PT variable and the RT variable (e.g., verbal, numerical);

(c\_) the particular elementary cognitive task (ECT) paradigm on which RT is measured;

(d\_) the range of RT task difficulty, information load, or features of RT tasks that can be

ordered on a “complexity” continuum; and

(e\_) characteristics of the subject sample (range of ability, age, sex, educational level).

The optimum level of task complexity for the IQ–RT correlation is hypothesized to

occur near the RT threshold between error-free responses and error responses. This is the

point on the complexity continuum beyond which RT becomes less correlated (negatively)

with IQ and errors become increasingly correlated (negatively) with IQ.

So fanden \Textcite{Detterman et la., 1992} dass basale kognitive Parameter die Intelligenz von mental eingeschränkten Probanden besser voraussagt als von Studenten.

So fanden z.B. \Textcite{Detterman et la., 1992 (p275) the match-to-sample task (stimulus discrimination or stimulus coding) AV: mean decision time -.70 in intellectually disabled participants} dass bei intellektuell eingeschränkten Vpn, die mittlere Entscheidungszeit in der match-to-sample task zu -.70 mit g korreliert ist, während dieselbe Aufgabe im Normalbereich nur zu -. Korreliert ist. Studie WPR 2014 RT simple RT korreliert nit mit Intelligenz (SLODR). Knorr und Neubauer finden keine komplexitätshypo für Hick

Ausserdem gibt es wie bereits erwähnt Theorien die besagen, dass man speed für acc tradeoffen oder Fehler insbesondere in langsangen RTs. Lässt man das wird die mittlere Rt für eine korrekte Antwort verfälsch. Deshalb Dodonova ohne falsche RTs und über breiten Komplexiätsbereich. Zeigt sich auch in speed acc trade off. Schnelle RTs Fehleranfälliger, oder teilweise sogar langsamere RTs (Arbeit Stefan und Thomas).

Dazu gehört auch, dass schlauere für schwierigere Items länger brauchen weil sie sie lösen können (test speed paradox > sagt Vigenau, Phänomen von Jensen 1982).

Wie hängen die Leistungsmasse aber innerhalb der Aufgaben zusammen? Macht eine Vpn die im Vergleich zu Mittel eher langsam ist auch überdurchschnittlich viele Fehler? Hier sind die Resultate etwas inkonsistent aber generell sind die Korrelationen zwischen der individuellen mittleren RT und der ACC innerhalb einer Aufgabe kaum vorhanden {schweizer1996,dodonova2013}(Bei Schweizer korreliert nur RT ACC in 2. Bedingung, er interpretiert: Übergang von RT zu ACC).

Betrachtet man jedoch den Zusammenhang zwischen RT und ACC auf interindividueller Ebene, sind diese oft kaum korreliert. Die beiden Leistungsmasse werden zunehmend unabhängiger je komplexer die Aufgabe (Dodonova). Es machen also nicht die langsameren Personen mehr Fehler. Dies kann mit zwei widersprüchlichen Theorien in Verbindung gesetzt werden. Zum einen falsche Trials sind langsamer (Stefan) zum anderen speed accuracy trade off. Ginge es nach dem einen Ansatz würden langsame Personen dazu neigen Fehler zu machen, im anderen Ansatz insbesondere schnelle Personen.

Was den speed accuracy trade off angeht, konnte gezeigt werden, dass dieser sehr stark von der jeweiligen Instruktion abhängt (speed oder acc instruktion). Weil die Instruktion für den CFT im Manual wörtlich vorgegeben wird, wurden die Instruktionen für alle anderen Aufgaben dieser entsprechend angepasst.

Diese Hypothese wurde explizit von \Textcite{schweizer1998} untersucht. Er hat Aufgaben ausgewählt, die schwieriger sind als ECTs aber einfacher als Intelligenztestitems. Die Schwierigkeit der Aufgaben varrierte zwischen 3 und 7 Sekunden. Die durchschnittliche Fehlerrate lag bei 16%. Drei verschiedene Aufgabentypen wurden eingesetzt, derer Komplexität jeweils systematisch manipuliert wurde. Die Komplexität wurde erhöht durch das Hinzufügen von homogenen mentalen Operationen die ausgeführt werden mussten um eine korrekte Antwort zu erreichen. Aggregierte man jeweils die einfachsten Aufgaben, die mittelschwierigen Aufgaben und die anspruchsvollsten Aufgaben, zeigte sich ein linearer Anstieg sowohl der RTs als auch der Fehlerraten. \Textcite{schweizer1998} war es also gelungen die Aufgabenkomplexität linear und eindimensional zu manipulieren. Seine Resultate kommen hier noch rein!!

Clocking the mind: However, there are two phenomena that have been rather informally but consistently

observed in many of the studies in the Berkeley chronometric laboratory. The first is that

*response errors increase with task complexity* (as indicated by mean RT). The second is

that as task complexity increases, up to a point*,* the increasing errors are increasingly correlated

with IQ; but beyond that critical level of task complexity, errors are more correlated

*with* IQ than is RT. As tasks increase in complexity, there is a trade-off between RT and

errors in their degree of correlation with IQ.

The essential finding: the children’s mean errors on the 14 SVT items had a rank correlation

of .79 (.90 when corrected for attenuation) with the mean RTs of the corresponding

SVT items in the university sample. In other words, the more difficult the item was for the

children, the greater was its mean RT for the university students. This high congruence

between item RTs and item error rates suggests the possibility of using very high-IQ college

students’ mean RTs on easy test items as a means for obtaining objective ratio-scale

Wie gut eine Aufgabe differenziert hängt von der Stichprobe ab. Detterman et la., 1992 (p275) the match-to-sample task (stimulus discrimination or stimulus coding) AV: mean decision time -.70 in intellectually disabled participants. Studie WPR 2014 RT simple RT korreliert nit mit Intelligenz (SLODR). Knorr und Neubauer finden keine komplexitätshypo für Hick.

Danthiir (decision speed correctly an ability?): RT hängt ab von Fähigkeitslevel und Schwierigkeit

Sie fanden für acht verschiedenen ECTs einen fast perfekten Zusammenhang (.96) zwischen der Komplexität der Aufgabe und deren Korrelation mit psychometrischer Intelligenz (Achtung Vorzeichen gedreht, RT negativ; macht auch Neubauer 1995 auf Seite 183).

BIS Modell (Pflichtliteratur aus Seminar)

Untersuchung mit Lehrlingen Schmidt 1983: Berliner Lehrlingsuntersuchung 1982. Arbeitsbericht 3 des Forschungsprojektschwerpunkts “Produktives Denken / Intelligentes Verhalten.“ Frei Universität Berlin,…

Das BIS Modell konnte in einer Untersuchung mit Lehrlingen (Schmidt, 1983) erst nach Herstellung “funktionaler Äquivalenz“ prägnant repliziert werden. Einige B-Aufgaben erwiesen sich in Voruntersuchungen als zu schwierig und luden auf dem Faktor Verarbeitungskapazität. B Voraussetzung: Wenn man genug Zeit hat, kann jeder sie lösen, das war für Lehrlinge offenbar nicht gegeben. Darum hat man die Aufgaben einfacher gemacht, also funktionale Äquivalenz hergestellt. IM Mackintosh: p160 Zimmerman (1954) hat gezeigt, dass es abhängig von der Schwierigkeit der Aufgabe ist auf welchem Faktor (Gs, Gv, Gf) sie lädt. Das gilt z.B. auch für die Schwierigkeit mentaler Rotation (Lohman, 1986; Mumaw, 1984).

Im BIS Modell strukturelle Äquivalenz für Studenten und Lehrlingen. Allerdings luden bei den Lehrlingen einige Aufgaben für die Verarbeitungsgeschwindikgkeit stärker auf der Kapazität, die waren also zu schwierig für sie um auf dem einfachen zu laden ☺

(Guttman: komplexität und figurale, verbale und numerische Intelligenz)

(Wo hab ich das her??)

Schweizer arbeitet mit median RT (über richtige und falsche Antworten, ich könnte überprüfen ob ich dieselben Resultate bekomme, wenn ich die falschen RTs auch miteinbeziehe). So hätte ich Erklärung warum das so stark abfallend ist bei ihnen, bei mir aber nicht.

\Textcite{jensen1988}. Die fähigere Stichprobe bestand aus Studenten die weniger fähige aus acht bis neun jährigen Kindern. An den Studenten untersuchte er die mittlere RT und an den Kindern die mittlere Korrektheit. Die Rangkorrelation zwischen der aufgabenspezifischen mittleren RT der Studenten und der mittleren Korrektheit der Kinder korrelierte zu .79 (.90 wenn für attenuation korrigiert wurde).

Knorr, Frey finden in ihrem extra für die Untersuchung der Komplexitätshyothese konzipierten Untersuchung keine Komplexitätshypothese.

Wenn es komplexi ist, systematisch manipulieren Frey und Detterman 2002, anstieg in komplexität match to sample in RT aber nicht in Korr zu Intelligenz, Frey & Detterman, 2004 (oi nit) vielleicht weil alles nur Studis? … Frey: support fort he latter understanding of compelxity has been inconsistent: generally the expected increase in decition time are present, but the expected changes in correlations with intelligence are absent. (zit aus Frey, 2011).

Damit stellt sich nun die Frage nach dem Grund für die inkonsistenten Befunde. Im Folgenden werden verschieden Gründe erörtert.

Theoretische Herleitung

1. Intelligenz, g-Faktor, bereichsspezifische Faktoren, Sturkturmodelle gf, g
2. Komplexitäthypothese – Verarbeitungsgeschwindigkeit
   1. ECTs
   2. Definition Komplexität
      1. Abhängig von der untersuchten Stichprobe
   3. Verlauf (nur Verlauf Korrelation RT dann ACC)
   4. Leistungsmasse speed versus acc (nur Übergang von speed zu acc, jeweils unter speed noch ACC rein)
   5. Gründe für die Komplexitätshypothese
      1. 3 Modelle: Kapazität, struktureller Ansatz, g Faktor
      2. G Faktor
         1. Probleme g Faktor: nur 1 Prozess
         2. Struktur: Man kann 1 latente Variable extrahieren, bei prozessspezifischer Betrachtung korrelieren primär Stimuluswahrnehmung / Evaluation / response compatibility. Aber um spezifische Aussagen über diese Prozesse zu machen, müssen wir sie extrahieren. > impurity problem
            1. Abhängig vom untersuchten Prozess
         3. G Faktor hängt von den Tests ab die wir uns anschauen, früher hat man das versucht mit ECTs (parameter extrahieren) jetzt kann man modellieren, aber Achtung so sind sie topdown beeinflus
      3. struktureller Ansatz
         1. sind die Prozesse unabhängig? Ohne die Prozesse zu trennen können wir das nicht wissen, ist schwierig
         2. ähnliche Aufgaben ähnliche Prozesse, also extrahieren wir Aufgabenfaktoren. Die Aufgaben eines Blockes unterscheiden sich nur in einem Prozess (Komplexität). Die latenten Variablen sollten sich primär darin unterscheiden, welche spezifischen Prozesse untersucht werden.
         3. Schauen für jede latente Variable welches das Indikatoritem ist ☺ dann sieht man jeweils, dass es sich um Komplexitätsunterschiede und aufgabenunterschiede handelt. So weisen wir impurity nach! Doch wie trennen wir Komplexität und aufgabenspezifische Anforderungen?
            1. Abhängig vom untersuchten Prozesse
         4. Impurity problem
3. Impurity problem, solange impurity keine Aussage über spezifische Prozesse
   1. Nach Schweizer, was ist es, wie lösen wir es?
   2. Welche Aufgaben wählen wir aus?
   3. Aufgabenauswahl und ihre Leistungsmasse: eine traditionelle ECTs, eine bei der manchmal Fehlerrate betrachtet wird, eine bei der viele Fehler gemacht werden.
      1. Hick RT
      2. Flanker RT und ACC
      3. Swaps RT und ACC

Titel: Komplexitätshypothese, Verlauf, Struktur und beteiligte Prozesse.

Verlauf der Komplexitätshypothese

* Bei relative einfachen Aufgaben steigt mit zunehmenden Aufgabenanforderungen der Zusammenhang zwischen der Reaktionszeit und psychometrischer Intelligenz
* Sobald die Aufgaben relative anspruchsvoll sind, nimmt der Zusammenhang zwischen RT und g kontinuierlich ab, während der Zusammenhang mit den Fehlerraten zunimmt.
* Welche Aufgabe gut differenziert und wo dieser Übergang von der RT-g Korrelation zur ACC-g Korrelation stattfindet, hängt von der untersuchten Stichprobe ab.

Struktur von verschiedenen RT Aufgaben

* Stimmt die mental speed Annahme als Basisprozess der Intelligenz extrahieren wir 1 latente Variable aus allen Aufgaben.
  + Extrahieren wir spezifische Prozesse, korrelieren primäre jene mit Intelligenz die die 3 Prozesse beinhalten
* Stimmt der strukturelle Ansatz, ergeben sich die latenten Variablen v.a. in Abhängigkeit von der Menge identischer Prozesse (Ausgangslage latente Aufgabenfaktoren).
  + Extrahieren wir spezifische Prozesse, sind sie unabhängig voneinander und alle mit Intelligenz korreliert.

The purpose of this paper is to describe and model APA-style of writing for research reports. Each section of an APA-style paper is described and is written according to the APA-style guidelines to allow you to use it as a model. The Abstract summarizes the main points of the paper in 120 or fewer words. The Introduction should describe the research topic and hypotheses and the support for these hypotheses. The Method is written in subsections: Participants, Design, Materials, and Procedure. The study should be described in enough detail to replicate it. The Results section describes the data and any statistical tests used. The Discussion restates the hypotheses, giving evidence if they are supported.

* Hypothesen theoretische Annahmen
  + Stimmt der strukturelle Ansatz, bestehen RZen aus relativ unabhängigen Prozessen, die jeweils eigenständige Varianz an der Intelligenz voraussagen.
  + Gilt die AG-Hypothese, wird der Zusammenhang zwischen IVG und Intelligenz vollständig durch das AG mediiert.
  + Gilt die IVG-Hypothese, wird der Zusammenhang zwischen AG und Intelligenz vollständig durch die IVG mediiert.

weshalb bei den anspruchsvollsten Aufgaben entweder die RZ oder die Fehlerraten mit Intelligenz assoziiert waren. Die Fehlerraten im Intelligenztest sagten nur die Fehlerraten im AG voraus, während die Auslassungen die RZ voraussagten.

wurden einerseits homogene Subaufgaben, die sich nur in der Komplexität unterscheiden untersucht und andrerseits wurde insgesamt ein sehr breiter Komplexitätsbereich eingesetzt. Mit der Manipulation der Komplexität wurde der g-Anteil der Aufgaben modelliert. Dieser konnte aus den verschiedenen Aufgaben in einem zwei Stufenmodell extrahiert werden und war mit der fluiden Intelligenz identisch. Eine Kombination aus IVG, Inhibition und AG sagten also die Intelligenz perfekt voraus. Die Fehlerraten in den anspruchsvollsten AG-Bedingungen und die RZen in den einfachsten Bedingungen sagten die Intelligenz signifikant schlechter voraus, als die RZ im mittelschweren Bereich. Sehr komplexe und sehr einfache Aufgaben sagen Intelligenz weniger gut voraus.

Werden Aufgaben zu anspruchsvollen sinkt die Korrelation zwischen der mittleren RZ korrekt und der Intelligenz wieder ab. Dieser Übergang geht mit einer erhöhten Fehlerzahl einher und hängt von der Intelligenz der untersuchten Stichprobe ab. Der Scheitelpunkt ist bei weniger intelligenten Personen früher erreicht als bei intelligenteren Personen. Einfachere Aufgaben differenzieren tendenziell besser im unteren Leistungsbereich und schwierigere im oberen. Die RZen in den einfacheren Bedingungen sagen die Fehlerraten in den schwierigeren voraus. In der Inhibitionsaufgabe sind die Fehler aber noch nicht mit Intelligenz assoziiert, in der AG Aufgabe schon. Betrachtet man die RZen, sind die basalen Prozesse generell stärker mit Intelligenz assoziiert als Inhibition, und AG, Fehlerraten im AG hingegen sagen Fehlerraten im CFT voraus.

ging mit einer höher werdenden Fehlerrate einher.

Da komplexere Aufgaben einen höheren g-Anteil aufweisen, geht eine Komplexitätsmanipulation mit einer g-Manipulation einher. Die Korrelationen zwischen den verschiedenen Aufgaben kommen einerseits durch aufgabenspezifische Varianzanteile (s) und andrerseits durch die Komplexität (g) zustande. Extrahiert man aus verschiedenen Aufgaben eine latente Variable mitteln sich s Faktoren aus und was bleibt ist g. Dieser Faktor war nahezu perfekt mit der fluiden Intelligenz korreliert.

Um aufgabenspezifische (nicht

In dieser Arbeit wurde die Struktur von verschieden komplexen Aufgaben, sowie der Verlauf der Komplexitätshypothese empirisch überprüft. Damit konnten theoretische Vorhersagen zur Rolle der Aufgabenkomplexität aus Intelligenzmodellen und dem Informationsverarbeitungsgeschwindigkeitsansatz (IVG) untersucht und kombiniert werden. Die fluide Intelligenz konnte durch die Kombination aus verschieden komplexen Aufgaben aus der IVG und dem Arbeitsgedächtnis (AG) perfekt vorausgesagt werden. Entgegen den Annahmen korrelierten allerdings nicht die komplexesten Aufgaben am stärksten mit der Intelligenz. Im unteren Leistungsbereich sagte die IVG die Intelligenz besser voraus und im oberen das AG. Das spricht für unterschiedliche zugrunde liegende Prozesse in unterschiedlichen Intelligenzbereichen. Fehlerraten im AG sagen Fehlerraten im Intelligenztest voraus und RZ im AG sagen RZ im Intelligenztest voraus. Zusammenfassend sollten also zur Untersuchung der Intelligenz verschieden anspruchsvolle Prozesse untersucht werden und zum anderen sollten aber einer gewissen Schwierigkeit Fehlerraten und RZen untersucht werden.

References

McBride, D. M., & Wagman, J. B. (1997). Rules for reporting statistics in papers. *Journal of APA Style Rules*, *105*, 55-67.

Smith, K. C. (2006). How to write an APA-style paper in psychology, *Journal of APA Style Rules*, *114*, 23-34.

**Appendix**

# *Additional APA-style Writing Tips*

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

8 1/2 X 11 inch good quality paper

Use 1 inch margins

All text double-spaced

Start References on new page

No low resolution printers

No handwritten corrections

Indent paragraphs five letter spaces (this can be more than five space bar strikes on a word processor program)

No hyphenated broken words

Left margin justification for body of text

Do not right justify - leave right margin broken

Number all pages except figures in upper right margin with short title (see Appendix A)

Don’t forget to include a Running head on the Title Page

Include a separate page for figure captions

Correctly present numbers, including statistical copy

Use the metric system for all measurements

Use past tense to describe aspects of the study

Avoid sexist language

Spell check your work

**Appendix (continued)**

Maintain correct subject-verb agreement

Do not underline words for emphasis (italicize them)

Know the proper procedure for citations

Carefully reference every work used in your paper

Table 1.

*Ordering of activities and use of materials.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Activity Type | | Trials and materials |
| (1)  (2)  (3)  (4) | Short-term (STM) task practice  Prospective memory instructions  Retention interval  Test phase: STM task with embedded prospective memory task | 4 trials were given, which included one 3, 4, 5, and 6 element list  Filled by completing an unrelated questionnaire  42 trials were given, which consisted of the triplicate presentation of the following structure: two sets of 3, 4, 5, 6, and 7 item lists, and one set of 3, 4, 5, and 6 item lists with the prospective memory target embedded at the 5th position. |



*Figure 1.* RT results of Experiment 1. Error bars represent standard errors.