

3. Denken in Implikationen: Der Einfluss inhaltlicher und struktureller Variation auf die korrekte Beurteilung der Gültigkeit konditionaler Schlusschemata

Jana Uher (Leipzig), Luzi Beyer (Berlin)

3.1. Abstrakt

Gegenstand der vorliegenden Studie war die korrekte Beurteilung der Gültigkeit konditionaler Schlusschemata unter Variation einiger in der Literatur diskutierter möglicher Einflussfaktoren sowie ihrer Wechselwirkungen. Dazu wurden die in einem Computereperiment dargebotenen Hauptprämissen hinsichtlich inhaltlicher und struktureller Merkmale variiert und die vier konditionalen Schlusschemata von einer anfallenden Stichprobe von Psychologiestudenten ($n = 36$) bezüglich ihrer Gültigkeit beurteilt. Die einer dreifaktoriellen Varianzanalyse unterzogenen Resultate zeigen, dass die untersuchten Faktoren signifikante Einflüsse auf die korrekte Erkennung konditionaler Schlusschemata haben. Die gefundenen Haupt- und Wechselwirkungseffekte ermöglichen differenzierte Aussagen zu verschiedenen in der Literatur diskutierten Einflussbedingungen bei der kognitiven Operation konditionaler Schlusschemata.

3.2. Einführung:

3.2.1. Deduktives Wissen

Deduktives Denken dient der gezielten Wissenserweiterung durch eine aktive Verarbeitung gegebener Kenntnisse mit Hilfe von Inferenzen. Da mittels gültiger deduktiver Inferenzen unter der Voraussetzung, dass die Prämissen wahr sind, ebenfalls zutreffende Folgerungen abgeleitet werden können, ist das über gültige Konklusionen deduktiv erarbeitete Wissen sicheres Wissen. Durch einen gültigen Schluss aus wahren Prämissen können niemals falsche Schlussfolgerungen inferiert werden.

Es gibt mehrere Arten schlussfolgernden Denkens. Zu ihnen gehören neben dem Denken mit Quantoren, d.h. der Verarbeitung kategorischer Syllogismen, auch das Denken in Implikationen, also das konditionale oder bedingte Schließen, welches Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist.

3.2.2. Denken in Implikationen: Konditionales oder bedingtes Schließen

Beim Denken in Implikationen ist ein Konditionalsatz als Hauptprämisse gegeben, der als wahr gelten soll. Er besteht aus zwei Aussagen, dem Vorderglied P und dem Hinterglied Q, die durch eine Implikation verbunden sind. Aus der in einer Nebenprämisse gegebenen Aussage, d.h. einer Bestätigung oder Negation der Aussagen P oder Q der Hauptprämisse, wird geschlussfolgert, ob die jeweils andere Aussage bzw. deren Negation sicher zutrifft oder ob ein eindeutiger Schluss daraus nicht möglich ist.

3.2.3. Schlusschemata: Regeln des konditionalen Schließens als Teil der Aussagenlogik

Es gibt vier Schlusschemata zur Implikation „wenn P, dann Q“ ($P \Rightarrow Q$): Der Modus Ponens beinhaltet das Vorwärtsschließen von der gegebenen Nebenprämisse P auf Q ($P \rightarrow Q$) und entspricht damit der Hauptprämisse. Es handelt sich hierbei um eine uneingeschränkt gültige Konklusion. Dagegen ist eine Schlussfolgerung von der Negation des Vordergliedes der Hauptprämisse ($\neg P \rightarrow$ unbestimmt) nicht mit absoluter Sicherheit möglich, da auch andere Umstände dazu führen können, dass die erste Aussage negiert werden muss. Ebenso kann keine sichere Konklusion aus der Bestätigung des Hintergliedes ($Q \rightarrow$ unbestimmt) gezogen werden, da auch hier andere Begründungen als die im Vorderglied getätigten Aussagen möglich wären. Die letzte, Modus Tollens genannte Inferenz beinhaltet das Rückwärtsschließen von nicht Q auf nicht P ($\neg Q \rightarrow \neg P$). Ebenso wie der Modus Ponens ist diese Konklusion uneingeschränkt gültig.

3.3. Versuchsparadigmen

In der Fülle empirischer Untersuchungen zum konditionalen oder bedingten Schließen lassen sich zwei zentrale Versuchsparadigmen unterscheiden. Einerseits gibt es Untersuchungen über die Beurteilung der Gültigkeit dargebotener Schlussfolgerungen (Evans, 1977; Taplin & Staudenmayer, 1973). Zum anderen gibt es experimentelle Anordnungen, in denen die Probanden bei der Problembearbeitung selbst aktiv bedingte Schlüsse ziehen und anwenden sollen, zum Beispiel im Problem nach Wason (Wason, 1966; Johnson-Laird & Wason, 1970; Wason & Shapiro, 1971).

Der Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist die Beurteilung bedingter Schlusschemata.

3.4. Empirische Ergebnisse und ihre Interpretationen in der Literatur

In den in der Literatur publizierten Ergebnissen zeigte sich generell, dass der Modus Ponens von fast allen Probanden richtig als gültige Inferenzregel erkannt wird. Den Modus Tollens hingegen erkennen je nach experimenteller Bedingung nur etwa zwei Drittel bis drei Viertel der Probanden als valides Schlusschema an. Nahezu genauso viele Personen halten Schlussfolgerungen von der Bestätigung des Hintergliedes sowie von der Negation des Vordergliedes für korrekt, obwohl dies nicht eindeutig zutreffend ist.

Zu diesen Befunden gibt es in der Literatur verschiedene Interpretationen.

3.4.1. Kontextabhängigkeit

In Experimenten zur aktiven Nutzung bedingter Schlüsse bei der Problembearbeitung (z.B. Wason, 1966) wurden die Schwierigkeiten der Probanden v.a. im Umgang mit dem Modus Tollens darauf zurückgeführt, dass die Probanden aktiv lo-

gische Schlusschemata entwickeln und konstruktiv in der gegebenen Situation umsetzen müssen. Damit würde im Gegensatz zu abstrakt dargebotenen Sachverhalten eine durch den Kontext aktivierbare mentale Repräsentation des Sachverhaltes die Operation konditionaler Schlusschemata erleichtern.

3.4.2. Bikonditionale Repräsentation

Im Falle der inkorrekten Akzeptanz der Schlussfiguren von $\neg P$ auf $\neg Q$ sowie von Q auf P argumentiert Evans (1982), dass der Konditionalsatz der Hauptprämisse falsch interpretiert und kognitiv repräsentiert werde. Er nimmt an, dass die Probanden die Prämisse bikonditional verstünden, statt konditional. Ferner werde anstelle der Implikationsrelation eine Äquivalenzrelation angenommen. Damit würde die Hauptprämisse als „Wenn P , dann und nur dann Q “ interpretiert. Folglich könnte tatsächlich aus dem Wahrheitswert einer Aussage in allen vier Fällen eindeutig auf den Wahrheitswert der anderen Aussage geschlossen werden.

3.4.3. Negation

Obwohl es sich bei dem Modus Tollens um ein gültiges Schlusschema handelt, wird es als solches von 25-30% der Probanden nicht als korrekt erkannt. Anderson (1988) führt dazu aus, dass sowohl die Nebenprämisse als auch die daraus gezogene Konklusion eine Negation der beiden Aussagen der Hauptprämisse darstellen. Menschen seien im allgemeinen nicht gewohnt, aus Negationen Schlüsse zu ziehen bzw. negierte Aussagen mental zu verarbeiten. Weiterhin erschwerend für das Eindringen in bestimmte Konklusionen wirke die Notwendigkeit, vom Hinterglied auf das Vorderglied der Hauptprämisse, also rückwärts zu inferieren. Diese in der Literatur gängigen Interpretationen sollten in der vorliegenden Studie systematisch untersucht werden.

3.5. Design

Die unabhängigen Variablen bestanden aus drei Faktoren, von denen einer dreifach, die anderen beiden vierfach gestuft waren. Daraus ergaben sich $4 \times 3 \times 4 = 48$ verschiedene Faktorkombinationen, zu denen je 2 Items konstruiert wurden. Damit hatten die Probanden insgesamt 96 Aussagen zu beurteilen. Die Ausprägungen der beiden Faktoren inhaltliche und strukturelle Variation wurden in der Darbietung systematisch, die Reihenfolge der Art des Schlusschemas zufällig permutiert.

Der erste Faktor variierte die Art des Schlusschemas und hatte demnach die vier Ausprägungen Modus Ponens, Negation des Vorderglied, Bestätigung des Hinterglied sowie Modus Tollens. Die Probanden beurteilten zu jeder Hauptprämisse alle vier Schlusschemata, deren Reihenfolge in der Darbietung über alle Items hinweg jedoch wie bereits erwähnt zufällig permutiert wurde, um Lerneffekte zu vermeiden. Es war zu erwarten, dass die Häufigkeiten korrekter Beurteilungen den in der Literatur berichteten entsprechen.

Im zweiten Faktor „inhaltliche Variation“ wurden die in der Literatur diskutierten Erklärungsvorschläge einer möglichen Kontextabhängigkeit (Wason, 1966) der mentalen Operationen sowie einer fälschlicherweise bikonditionalen mentalen Repräsentation (Evans, 1982) aufgegriffen und in drei Itemgruppen variiert. Die mentalen Repräsentationen der Ausprägungszustände von Vorder- und Hinterglied der Hauptprämissen lassen sich dabei als Venn-Diagramme darstellen, die hier abweichend von der üblichen elliptischen Darstellung durch alternative Figuren gezeichnet seien (Abbildung 1).

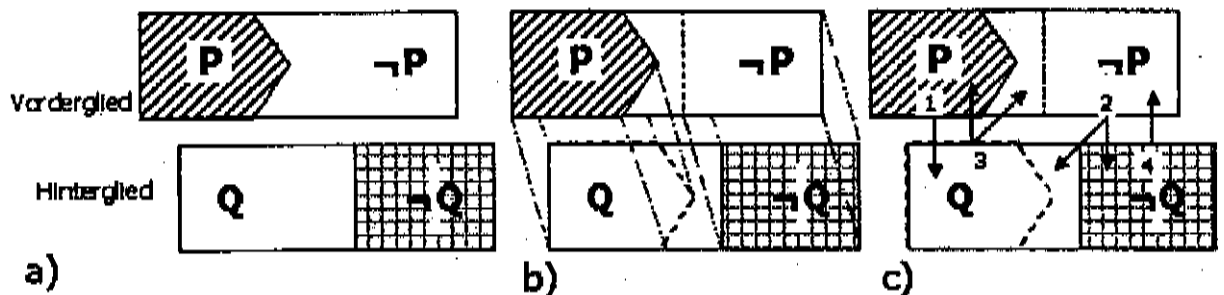


Abbildung 1: Darstellung der mentalen Repräsentationen der Ausprägungszustände von Vorder- und Hinterglied der Hauptprämissen als Venn-Diagramme mit Veranschaulichung der Inferenzrichtungen der vier Schlusschemata für die Gruppen der kontextnahen und abstrakten Items.

- a) Die mentalen Repräsentationen von Vorder- und Hinterglied in ihren Ausprägungen P und $\neg P$ sowie Q und $\neg Q$.
- b) Abbildung der mentalen Repräsentation des Vordergliedes auf das Hinterglied und umgekehrt. Es wird ersichtlich, dass die Ausprägungszustände nicht deckungsgleich sind und folglich überlappende Bereiche entstehen.
- c) Veranschaulichung der vier konditionalen Schlusschemata unter der Hauptprämisse „Wenn P , dann Q .“ ($P \Rightarrow Q$). (1) Modus Ponens: Schluss von P auf Q eindeutig möglich, da das Venn-Diagramm von P vollständig in dem von Q liegt. (2) Negation des Vordergliedes: Schluss von $\neg P$ nicht eindeutig möglich. Das Venn-Diagramm überlagert sowohl $\neg Q$ als auch Teile von Q . (3) Schluss von Q ebenfalls nicht eindeutig möglich, da das Venn-Diagramm sowohl P als auch Teile von $\neg P$ überlagert. (4) Der Schluss von $\neg Q$ ist jedoch eindeutig möglich, da das Venn-Diagramm von $\neg Q$ vollständig in dem von $\neg P$ liegt.

Die erste Gruppe des zweiten Faktors enthielt kontextnahe Items (z.B. Wenn es regnet, dann ist die Strasse nass.), die nach den Venn-Diagrammen in Abbildung 1 veranschaulicht werden können. Bei diesen Items wird ausgehend vom Alltagswissen der Probanden angenommen, dass Wissen über alternative Zustände aus dem Kontext heraus bei den Versuchspersonen vorhanden ist und aktiviert werden kann, was die mentale Operation dieser Schlusschemata erleichtern sollte.

In der zweiten Itemgruppe wurden Items abstrakten Inhalts dargeboten, bei denen aufgrund des fehlenden Kontextes kein konkretes Wissen über alternative Zustände vorhanden ist (Bsp.: Wenn die geometrische Figur gleichseitig ist, dann wird sie blau gezeichnet.) und die deshalb schwerer mental zu verarbeiten sein sollten.

Die dritte Gruppe von Items war aus kontextnahen Hauptprämissen zusammengesetzt, die aus den im Alltagswissen bekannten inhaltlichen Gegebenheiten heraus in einer Äquivalenzrelation stehen und damit korrekterweise bikonditional repräsentiert werden können (z.B. Wenn der Stromkreis geschlossen ist, dann leuchtet die Glühbirne.). Die zugehörigen Venn-Diagramme dieser Itemgruppe sind in Abbildung 2 dargestellt und verdeutlichen die Kongruenz der mentalen Repräsentationen, die eine Beurteilung der konditionalen Schlusschemata im Vergleich zu den beiden anderen Itemgruppen vereinfachen sollte.

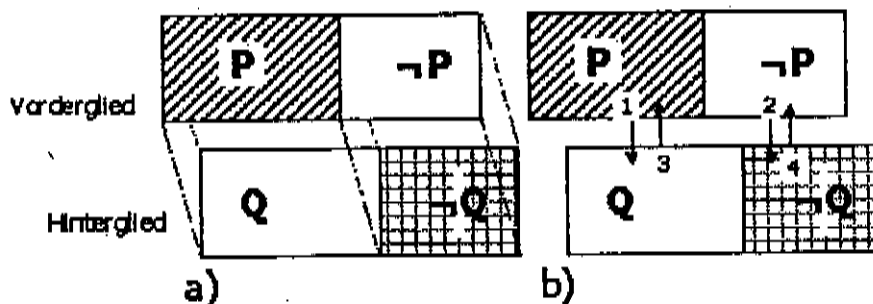


Abbildung 2: a) Darstellung der mentalen Repräsentationen der Ausprägungszustände von Vorder- und Hinterglied der Hauptprämissen bikonditional repräsentierbarer Items in Venn-Diagrammen mit b) Veranschaulichung der Inferenzen bei den vier Schlusschemata.

Im dritten Faktor wurden die Überlegungen von Anderson (1988) über den Einfluss der Negation im Modus Tollens aufgegriffen und über beide Satzglieder der Hauptprämissen hinweg systematisch variiert. Damit ist der dritte Faktor als strukturelle Variation beschreibbar, die in vier Ausprägungen die Aussagen des Vordergliedes und / oder des Hintergliedes oder keinem von beiden in eine negierte Form bringt (z.B. JJ: Wenn die Diagnose richtig ist, dann wird der Patient gesund. JN: Wenn es Winter ist, dann blühen die Pfingstrosen nicht. NJ: Wenn es draußen nicht kalt ist, dann schaltet die Heizung aus. NN: Wenn kein Diesel im Tank ist, dann läuft der Motor nicht.). Allgemein wurde angenommen, dass die Items ohne Verneinung einfacher zu beurteilen sind als die mit einer Verneinung und diese wiederum einfacher als Items mit doppelter Verneinung.

3.5.1. Interaktionen

Aufgrund der angenommenen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade der Abstufungen in den drei Faktoren war darüber hinaus zu erwarten, dass es bei der Beurteilung der konditionalen Schlusschemata in diesem Versuchsdesign zu Interaktionen zwischen den Faktoren kommen könnte. Anlass dazu gaben Überlegungen

zu verschiedenen potentiellen Inferenzen zwischen den Anforderungen der jeweiligen Faktorstufen, wie nachfolgend an einem Beispiel dargestellt sei.

Die Inferenzregel des Modus Tollens verlangt einen Rückwärtsschluss vom negierten Hinterglied auf das negierte Vorderglied. Deshalb erfordert er im Falle der doppelten Verneinung als Abstufung des strukturellen Faktors letztlich die mentale Operation nicht negierter Items. Es stellt sich damit die Frage, ob diese Faktorkombination deshalb leichter zu beurteilen ist als andere Schlusschemata in dieser Bedingung oder ob die mentale Umwandlung einer doppelten Negation hingegen erschwerend wirkt und damit die potentielle Erleichterung wieder aufhebt. Zudem ist es möglich, dass diese Inferenzen bei abstrakten Items zusätzlich erschwert und bei bikonditional repräsentierbaren Items erleichtert sein könnte. Derartige Wechselwirkungen sind auch bei anderen Faktorkombinationen denkbar.

Es gilt also die Frage zu klären, ob und inwiefern die in dieser Studie variierten Faktorabstufungen mit ihren angenommenen Schwierigkeitsunterschieden, sofern diese sich in den Daten bestätigen sollten, miteinander in Wechselwirkung treten.

Als abhängige Variablen wurden die Korrektheit der Antwort sowie die benötigte Zeit bei Korrektheit erhoben. Da aufgrund der teilweise sehr geringen Anzahl richtiger Beurteilungen die zur Verfügung stehenden Daten über den Zeitbedarf der Probanden nicht ausreichend für weitere Berechnungen waren, ging in die Varianzanalyse nur die Korrektheit der Antwort als abhängige Variable ein.

Die Korrektheit der den Probanden zur Verfügung stehenden drei Antwortalternativen (stimmt, stimmt nicht, unbestimmt) war dabei von der Art des Schlusschemas (Faktor 1) und der Art der inhaltlichen Variation (Faktor 2) abhängig, da bei korrekterweise bikonditional repräsentierbaren Items (Gruppe 3 des zweiten Faktors) im Gegensatz zu den anderen beiden Itemgruppen über alle vier Schlusschemata hinweg eindeutige Schlüsse gezogen werden können.

3.6. Methode

3.6.1. Material

Die Items wurden nach den bereits beschriebenen Faktorkombinationen neu konstruiert. Jedes Item enthielt somit eine Ausprägung in allen drei Faktoren. Es sollte sich dabei um möglichst neutrale Inhalte handeln, die die Probanden aus ihrem Alltag kennen.

3.6.2. Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 38 Probanden freiwillig teil, der größte Teil von ihnen war weiblich ($n = 28$). Bei dieser anfallenden Stichprobe handelte es sich überwiegend um Psychologiestudenten von der Humboldt-Universität zu Berlin. Die Altersspanne reichte von 20 – 52 Jahren (mittleres Alter: 27,3 Jahre; SD: 7,1). Da eine Probandin Deutsch nicht als Muttersprache sprach und ein weiterer

Proband mehrfach die Instruktion verließ, gingen letztlich in die analysierte Stichprobe die Daten von 36 Probanden ein.

3.6.3. Durchführung

Die Darbietung der Items und Aufzeichnung der Daten über Logfiles erfolgte an mehreren Rechnern des PC-Pools des Psychologischen Instituts der Humboldt-Universität zu Berlin mit Hilfe des Programms Microsoft Access 2000 (Version 9.0.6926 SP-3).

Zu Beginn des Experiments wurde die Instruktion auf dem Bildschirm präsentiert und gleichzeitig laut durch die Versuchsleiterin vorgelesen. Nach der Darbietung eines Beispiels und der Klärung von Verständnisfragen erfolgte die selbstständige Bearbeitung der Items per Mouseclick unter Beaufsichtigung durch die Versuchsleiterin. Dabei wurde zunächst eine als wahr geltende Hauptaussage einzeln dargeboten. Es folgten jeweils vier Schlussfolgerungen, die hinsichtlich ihrer Gültigkeit zu bewerten waren. Es gab drei mögliche Antwortalternativen (stimmt, stimmt nicht, unbestimmt), von denen jeweils eine über Radiobuttons per Mouseclick auszuwählen war. Die Probanden konnten selbständig vom Lesen der Hauptaussage zur Beurteilung der Schlussschemata übergehen und damit den zum Lesen und Verstehen der Hauptprämisse notwendigen Zeitbedarf selbst bestimmen. Um Gedächtniseffekte auszuschließen, blieb die Hauptaussage auch bei der Darbietung der einzelnen Schlussfolgerungen weiterhin auf dem Bildschirm stehen.

Insgesamt dauerte der Versuch pro Proband ca. 15 – 25 Minuten.

3.6.4. Datenanalyse

Aus den drei Antwortalternativen wurde pro Proband in Abhängigkeit des Schlussschemas die Korrektheit der Beurteilungen für jedes Items ermittelt (richtig/falsch) und in einer 4 (Schlussschema: Modus Ponens/ Negation des Vordergliedes/ Bestätigung des Hintergliedes/ Modus Tollens) x 3 (inhaltliche Variation: kontextnahe/ abstrakte/ bikonditional repräsentierbare Items) x 4 (Negation: keine Negation/ nur Vorderglied/ nur Hinterglied/ beide Satzglieder negiert) gestuften multivariablen ANOVA mit Messwiederholungen über die beiden letzten Faktoren mit Hilfe des Programms SPSS (Standard Version 10.0.7) analysiert.

3.7. Ergebnisse

Für alle drei Faktoren konnten signifikante Haupteffekte nachgewiesen werden (Schlussschemata ($F(1,878) = 60.280, p = .000$); inhaltliche Variation ($F(1,151) = 16.494, p = .000$); strukturelle Variation ($F(3,33) = 1.078, p = .000$) (Abbildung 3). Da nur die Daten des Haupteffektes der strukturellen Variation nach Mauchly's Test of Sphericity varianzhomogen waren, erfolgte die Adjustierung der Freiheitsgrade des F-Tests der übrigen Faktoren über Greenhouse-Geisser.

Haupteffekte der Faktoren

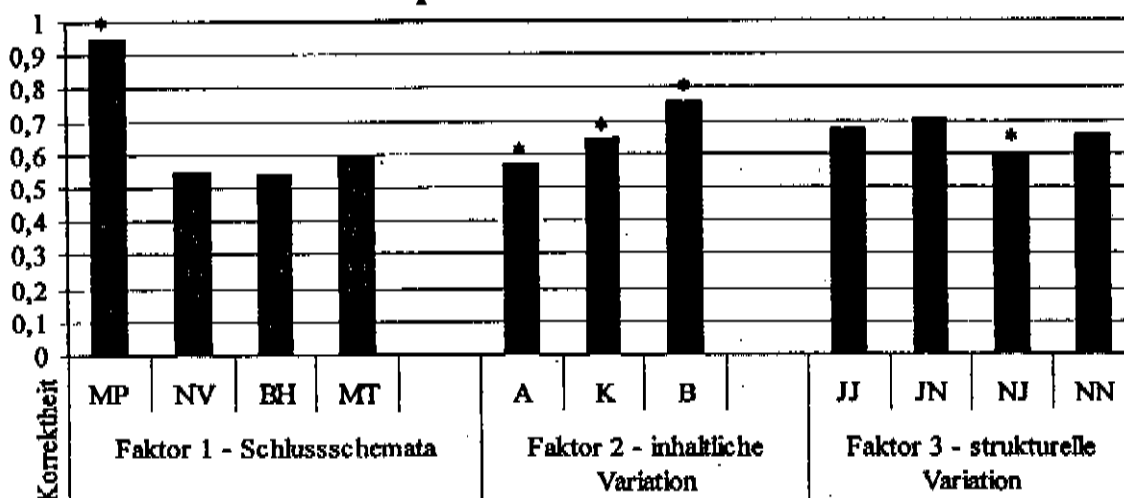


Abbildung 3 Haupteffekte der drei untersuchten Faktoren. * ($p < .05$)

Ferner konnten zwischen allen drei Faktoren signifikante Interaktionen gefunden werden (Schlusschema x inhaltliche Variation x strukturelle Variation ($F(18,18) = 9,632, p = .000$); Schlusschema x inhaltliche Variation ($F(2,956) = 9,534, p = .000$); Schlusschema x strukturelle Variation ($F(5,682) = 2,966, p = .010$); inhaltliche x strukturelle Variation ($F(4,508) = 2,469, p = 0,40$)). Aufgrund fehlender Varianzhomogenität nach Mauchly's Test of Sphericity erfolgte die Adjustierung der Freiheitsgrade des F-Tests auch hier wieder über Greenhouse-Geisser. Aufgrund dieser Interaktionen wurden nachfolgend vier separate zweifaktorielle Varianzanalysen berechnet - eine für jedes Schlusschema - mit der inhaltlichen und strukturellen Variation als Zwischensubjektfaktoren.

3.7.1. Modus Ponens

Die zweifaktorielle Varianzanalyse ergab für dieses Schlusschema weder eine statistische Interaktion zwischen den beiden Faktoren inhaltliche und strukturelle Variation noch signifikante Haupteffekte (inhaltliche x strukturelle Variation ($F(3,890) = 2,232, p = .071$; inhaltliche Variation ($F(1,654) = 1,858, p = .171$); strukturelle Variation ($F(3,33) = 1,008, p = .401$)). Vielmehr weisen die Ergebnisse einen fast gleichbleibend hohen Anteil korrekter Beurteilungen ($m = 0,95$; $SE = 0,009$) über alle Bedingungen hinweg auf und zeigen, dass für den Modus Ponens keine Effekte inhaltlicher und struktureller Variation gefunden werden konnten (Abbildung 6).

3.7.2. Negation des Vordergliedes

In der zweifaktoriellen Varianzanalyse für das zweite Schlusschema hingegen konnten eine signifikante Interaktion zwischen den beiden untersuchten Faktoren sowie ein signifikanter Haupteffekt der inhaltlichen Variation nachgewiesen werden (inhaltliche x strukturelle Variation ($F(6,30) = 3,305, p = 0,013$; inhaltliche

Variation ($F(1,288) = 7.240, p = .006$). Da die Daten des Haupteffektes der inhaltlichen Variation nach Mauchly's Test of Sphericity nicht varianzhomogen waren, erfolgte die Adjustierung der Freiheitsgrade des F-Tests über Greenhouse-Geisser. Es lag kein signifikanter Haupteffekt der strukturellen Variation vor ($F(3,33) = 2.270, p = .099$) (in Abbildung 5).

Der Effekt der inhaltlichen Variation der Items zeigte sich dahingehend, dass die bikonditional repräsentierbaren Items im Mittel ($m_B = 0,694; SE = 0,053$) signifikant häufiger korrekt beurteilt wurden als die kontextnahen ($m_K = 0,462; SE = 0,055$) und die abstrakten Items ($m_A = 0,490; SE = 0,053$) (in Abbildung 4).

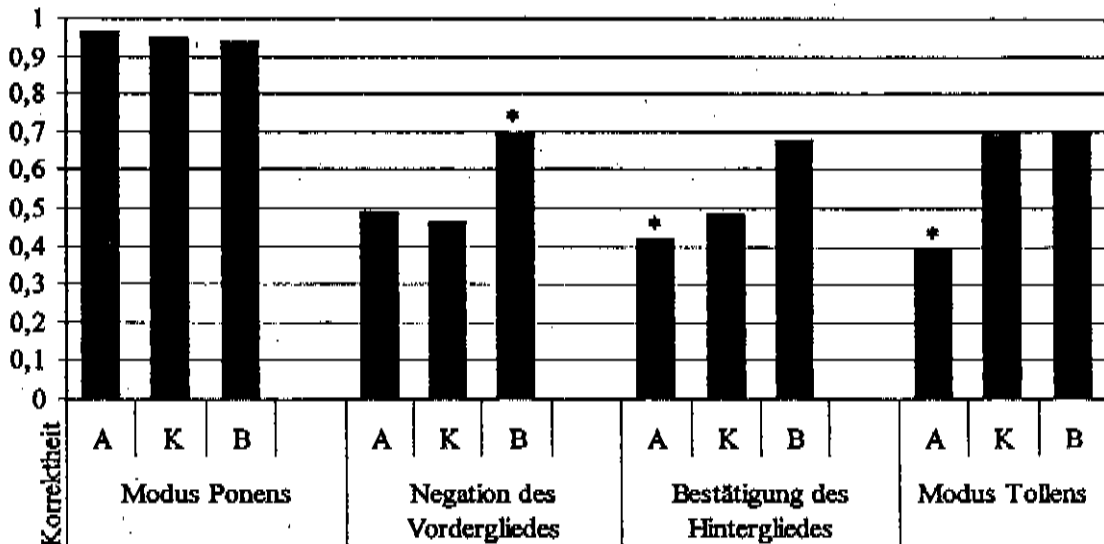


Abbildung 4 Haupteffekte inhaltlicher Variation in zweifaktoriellen Varianzanalysen separat für jedes Schlusschema. * ($p < .05$)

Um nun beide Faktoren in ihrer Wechselwirkung auf die Beurteilung dieses Schlusschemas genauer zu untersuchen, erfolgte die Berechnung einfaktorieller Varianzanalysen des Faktors inhaltliche Variation separat für jede der vier Faktorgruppen des Faktors strukturelle Variation, von denen jede auch signifikante Unterschiede auswies (JJ: ($F(2,34) = 5.547, p = .008$); JN: ($F(1,406) = 6.023, p = .010$); NJ: ($F(1,551) = 4.324, p = .026$); NN: ($F(1,516) = 3.993, p = .035$). Die Probanden konnten in allen vier Negationsvariationen bikonditional repräsentierbare Items signifikant häufiger korrekt beurteilen als kontextnahe oder abstrakte Items. Eine zweite signifikante Interaktion zeigte sich zwischen der doppelten Negation und der Abstraktheit der Items, die es den Probanden offenbar ermöglichte, Schlüsse aus doppelt verneinten Hauptprämissen mit fast der gleichen Häufigkeit korrekt zu beurteilen wie bei bikonditional repräsentierbaren Items ($m_{A-NN} = 0,611, SE = 0,066$; $m_{K-NN} = 0,417, SE = 0,070$; $m_{B-NN} = 0,635, SE = 0,066$) (Abbildung 6).

3.7.3. Bestätigung des Hintergliedes

Für dieses Schlusschema konnten in der zweifaktoriellen Varianzanalyse sowohl signifikante Haupteffekte als auch eine signifikante Wechselwirkung zwischen beiden Faktoren nachgewiesen werden (inhaltliche Variation ($F(1,222) = 7.945$, $p = .005$); strukturelle Variation ($F(3,33) = 5.112$, $p = .005$); inhaltliche x strukturelle Variation ($F(6,30) = 7.095$, $p = .000$). Die Signifikanzprüfung des ersten Haupteffekts erfolgte aufgrund varianzinhomogener Daten über Greenhouse-Geisser.

Der Haupteffekt der inhaltlichen Variation der Items führte zu signifikant weniger häufig korrekten Beurteilungen abstrakter Items im Vergleich zu den Gruppen der kontextnahen und bikonditional repräsentierbaren Items ($m_A = 0,420$, $SE = 0,058$, $m_K = 0,542$, $SE = 0,051$, $m_B = 0,677$, $SE = 0,047$), wobei auch hier bikonditionale Items am häufigsten korrekt erkannt wurden (Abbildung 4).

Die strukturelle Variation bewirkte in ihrem Haupteffekt, dass die Beurteilung von Schlussfolgerungen aus Hauptprämissen mit einer Negation im Vorderglied signifikant weniger häufig korrekt erfolgte als die Beurteilungen aus Hauptprämissen ohne Negation oder mit einer Negation im Hinterglied ($m_{JJ} = 0,579$, $SE = 0,041$; $m_{JN} = 0,583$, $SE = 0,046$; $m_{NJ} = 0,463$, $SE = 0,035$; $m_{NN} = 0,537$, $SE = 0,047$). Der in die gleiche Richtung gehende Unterschied zu den Items mit doppelter Negation erreichte nicht das Signifikanzniveau (Abbildung 5).

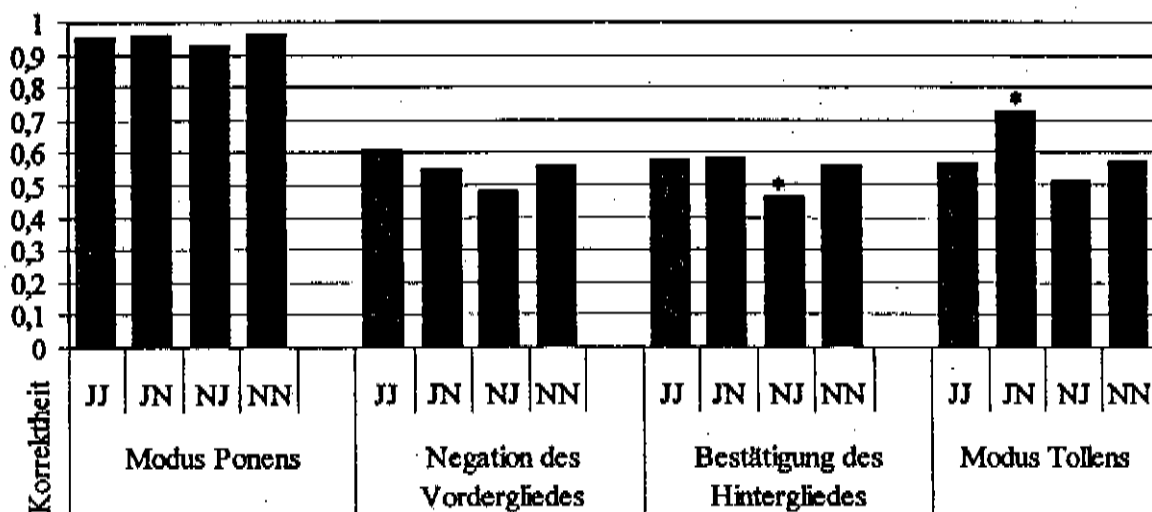


Abbildung 5 Haupteffekte struktureller Variation in zweifaktoriellen Varianzanalysen separat für jedes Schlusschema. * ($p < .05$)

Zur genaueren Untersuchung der Wechselwirkung beider Faktoren erfolgte erneut die Berechnung einer einfaktoriellen Varianzanalyse des Faktors der inhaltlichen Variation separat für jede der vier Faktorgruppen des dritten Faktors, die wiederum in allen vier Fällen signifikante Wechselwirkungen aufzeigte (JJ: (F

(1,679) = 14.253, $p = .000$); JN: (F (1,713) = 4.705, $p = .017$); NJ: (F (1,693) = 9.354, $p = .001$); NN: (F (1,516) = 3.993, $p = .035$).

Wie im Schlusschema der Negation des Hintergliedes konnten die Probanden auch hier bikonditional repräsentierbare Items signifikant häufiger korrekt beurteilen. Ebenso wiederholte sich das signifikant bessere Ergebnis bei doppelt verneinten und abstrakten Prämissen.

Zusätzlich zeigte sich in beiden Negationsvariationen, die ein bejahtes Hinterglied in der Hauptprämisse enthalten (JJ, NJ), dass bei abstrakten Items signifikant seltener korrekte Urteile abgegeben als in beiden anderen Itemgruppen. Dieses Ergebnis ist in Hauptprämissen mit negierten Hintergliedern (JN, NN) nicht zu finden.

Die sich aus diesen Mustern ergebenden Unterschiede bei den Items ohne Negation (JJ) erwiesen sich zwischen allen drei Itemgruppen der inhaltlichen Variation als signifikant, wobei bikonditional repräsentierbare Items am häufigsten korrekt beurteilt wurden und abstrakte am seltensten ($m_{A-JJ} = 0,361$, $SE = 0,071$; $m_{K-JJ} = 0,556$, $SE = 0,065$; $m_{B-JJ} = 0,819$, $SE = 0,057$) (Abbildung 6).

3.7.4. Modus Tollens

Beim Modus Tollens konnten sowohl signifikante Haupteffekte als auch eine signifikante Wechselwirkung zwischen den untersuchten Faktoren gefunden werden (inhaltliche Variation (F (2,34) = 47.280, $p = .000$); strukturelle Variation (F (3,33) = 9.571, $p = .000$); inhaltliche x strukturelle Variation (F (6,30) = 21.215, $p = .000$).

Die inhaltliche Variation bewirkte in ihrem Haupteffekt beim Modus Tollens, dass abstrakte Items signifikant seltener korrekt erkannt wurden als die beiden übrigen Itemgruppen des zweiten Faktors, die ungefähr gleichhäufig korrekt beurteilt werden konnten ($m_A = 0,392$, $SE = 0,039$, $m_K = 0,691$, $SE = 0,043$, $m_B = 0,701$, $SE = 0,039$) (Abbildung 4)

Der Haupteffekt der strukturellen Variation konnte dahingehend nachgewiesen werden, dass die Beurteilung von Schlussfolgerungen aus Hauptprämissen mit einer Negation des Hintergliedes signifikant häufiger korrekt beurteilt wurden als die übrigen Negationsvariationen ($m_{JJ} = 0,565$, $SE = 0,044$; $m_{JN} = 0,727$, $SE = 0,045$; $m_{NJ} = 0,514$, $SE = 0,045$; $m_{NN} = 0,574$, $SE = 0,033$) (Abbildung 5).

Zur Ermittlung der Art der Wechselwirkung beider Faktoren wurde auch für den Modus Tollens eine einfaktorielle Varianzanalyse für jede der vier Faktorgruppen der strukturellen Variation berechnet.

Diese Analysen zeigen deutlich eine Wechselwirkung zwischen der Abstraktion der Inhalte und dem Vorhandensein mindestens einer Negation in den Hauptprämissen, was zu signifikant geringeren Leistungen bei den Probanden gegenüber kontextnahen oder bikonditional repräsentierbaren Items in der jeweils gleichen Negationsform führte (JN: (F (2,34) = 6.585, $p = .004$); NJ: (F (2,34) = 5.901, $p = .006$); NN: (F (2,34) = 136.705, $p = .000$). Nur bei den nicht negierten Items

konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (JJ: ($F(2,34) = 1.793, p = .182$).

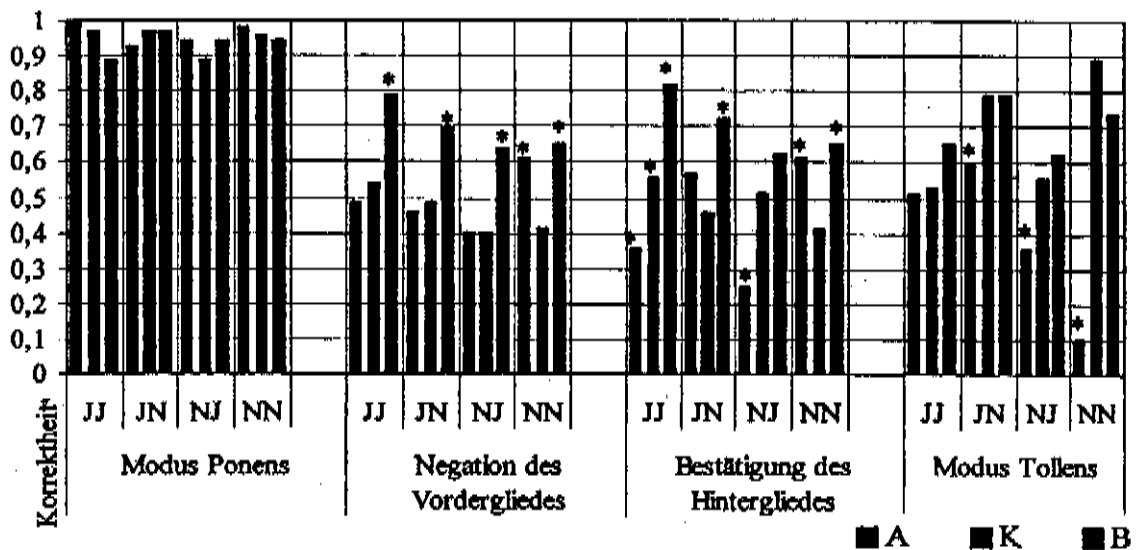


Abbildung 6 Interaktion struktureller und inhaltlicher Variation in zweifaktoriellen Varianzanalysen separat für jedes Schlusschema. * ($p < .05$).

3.8. Diskussion

Die Datenanalysen bestätigen die Annahmen, dass alle drei untersuchten Faktoren signifikante Einflüsse auf die korrekte Beurteilung konditionaler Schluss-schemata haben. Aufgrund der gefundenen Wechselwirkungen zwischen allen Faktoren lassen sich differenzierte Angaben zu Einflussbedingungen bei der kognitiven Operation konditionaler Schluss-schemata machen.

Die vier konditionalen Schluss-schemata stellen sehr unterschiedliche Anforderungen. Der Modus Ponens ist dadurch, dass er einen Vorwärtsschluss und keine Negation der Satzglieder der Hauptprämisse erfordert, der leichteste. Die Inferenzregel der Negation des Vordergliedes hingegen verlangt neben einem Vorwärtsschluss die mentale Operation einer Negation. Die Bestätigung des Hintergliedes wiederum erfordert keine Negation, dafür jedoch einen Rückwärtsschluss. Der Modus Tollens schließlich stellt beide Anforderungen gleichzeitig und verlangt aus der Negation des Hintergliedes einen Rückwärtsschluss auf das negierte Vorderglied.

Wie die Ergebnisse dieser Studie zeigen, werden diese verschiedenen Anforderungen der konditionalen Schluss-schemata in unterschiedlicher Weise von inhaltlichen und strukturellen Variationen der Hauptprämisen beeinflusst.

3.8.1. Modus Ponens

So konnte gezeigt werden, dass der Modus Ponens von fast allen Probanden richtig als gültige Inferenzregel erkannt wird. Die in dieser Studie untersuchten inhaltlichen und strukturellen Variationen hatten dabei auf die korrekte Beurteilung

dieses Schlusschemas keinerlei Einfluss. Da bei allen anderen konditionalen Schlusschemata in dieser Studie Interaktionen zwischen den untersuchten Faktoren gefunden wurden, scheint dieses Ergebnis durch die Einfachheit dieser Inferenzregel bedingt zu sein.

3.8.2. Negation des Vordergliedes

Aufgrund der Notwendigkeit der mentalen Operation mit einer Negation ist das Schlusschema der Negation des Vordergliedes für Probanden schwieriger. Die korrekte Beurteilung dieser Inferenzregel konnte jedoch durch bikonditional repräsentierbare Items in allen vier Negationsvariationen erleichtert werden. Diese Items enthielten kontextnahe Hauptprämissen, deren Satzglieder aus den im Alltagswissen bekannten inhaltlichen Gegebenheiten heraus in einer Äquivalenzrelation stehen. Damit scheinen diese Ergebnisse die Annahme zu bestätigen, dass einfachere Relationen der Satzglieder untereinander sowie daraus folgende kongruente mentale Repräsentationen die mentale Verarbeitung dieser Inferenzregel erleichtern.

Obwohl die untersuchten strukturellen Variationen keinen signifikanten Haupteffekt auf die Korrektheit der Beurteilungen dieses Schlusschemas hatten, zeigte sich in der gemeinsamen Interaktion mit der inhaltlichen Variation ein interessantes Ergebnis. Die Probanden konnten doppelt verneinte Hauptprämissen auch dann häufiger richtig beurteilen, wenn die Items abstrakt formuliert waren. Dieser Befund erstaunt umso mehr, als dass bei dieser Faktorkombination fast die gleichen Häufigkeiten ($m_{A-NN} = 0,611$, $SE = 0,066$) erzielt wurden wie bei bikonditional repräsentierbaren Items ($m_{B-NN} = 0,635$, $SE = 0,066$). Um dieses Ergebnis zu verstehen, seien an dieser Stelle einmal einige Items mit doppelt negierten Hauptprämissen in diesem Schlusschema näher betrachtet. Ein abstraktes Item war z.B.: „Wenn A nicht positiv ist, dann ist B nicht grün.“. Aus der Negation des Vordergliedes „A ist positiv“, lässt sich nicht sicher schlussfolgern: „also ist B grün“, denn es sind keine Angaben darüber bekannt, ob B z.B. trotzdem keine grüne Farbe hat. Auch können aufgrund der Abstraktheit des Items keine mentalen Repräsentationen zu diesem Sachverhalt vorhanden sein. Dies könnte die Probanden dabei geholfen haben, die Unbestimmtheit dieser Inferenzregel zu erkennen. Betrachtet man dagegen ein kontextnahes Item, so wird sofort deutlich, dass aus dem Alltagswissen heraus mentale Repräsentationen bei der untersuchten Stichprobe vorhanden sein müssten. Lautet z.B. die Hauptprämisse: „Wenn kein Diesel im Tank ist, dann läuft der Motor nicht.“, so kann man aus der Tatsache, dass Diesel im Tank ist, noch nicht sicher schlussfolgern, dass der Motor auch tatsächlich läuft. Obwohl die Probanden wissen müssten, dass ein Motor auch aus anderen Gründen als Kraftstoffmangel versagen könnte, hielten fast 59% von ihnen den Schluss auf einen laufenden Motor für gerechtfertigt! Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass aufgrund der Kontextnähe sehr schnell das mentale Bild eines Motors aktiviert wird, der von den meisten Menschen im Alltag oft nur dann wahrgenommen wird, wenn er läuft. Dem wieder-

spricht aber wiederum, dass die meisten Motoren wahrscheinlich aus technischen Gründen versagen und nicht aus Kraftstoffmangel. Allgemein könnte man aber dennoch vermuten, dass die Aktivierung konkreter mentaler Repräsentationen bei gleichzeitiger Unsicherheit über die Art der Relation der Satzglieder in der Hauptprämisse eine ablenkende Wirkung entfalten könnte, die zu einer oberflächlicheren Verarbeitung des Schlusses und damit zu mehr Fehlern führen könnten.

3.8.3. Bestätigung des Hintergliedes

Diese Befunde lassen sich auch in der dritten Inferenzregel, der Bestätigung des Hintergliedes wiederfinden. Wie bereits ausgeführt, erfordert dieses Schlusschema keine Negation der Hauptprämissen, dafür aber einen Rückwärtsschluss vom Hinterglied auf das Vorderglied. Bikonditional repräsentierbare Items wurden auch unter diesen Anforderungen im Vergleich zu den anderen beiden Itemgruppen erneut am häufigsten korrekt beurteilt. Ebenso führte die schon bei der Inferenzregel der Negation des Vordergliedes erläuterte interessante Interaktion zwischen doppelter Negation und Abstraktion der Hauptprämissen auch bei diesem Schlusschema zu signifikant häufigerer korrekter Beurteilung als bei kontextnahen Items. Dies ist wiederum insofern erstaunlich, als dass bei der Inferenzregel der Negation des Vordergliedes aus der doppelten Negation des Items ein bejahtes Item wird. Bei der Bestätigung des Hintergliedes hingegen bleibt die Negation erhalten, dafür ist jedoch ein Rückwärtsschluss vorzunehmen. Die Ähnlichkeit der Ergebnisse kontextnaher und bikonditionaler Items über alle strukturellen Variationen in diesen beiden Schlusschemata hinweg könnte zu der Vermutung führen, dass die mentale Operation einer von der Inferenzregel her geforderten Negation im Vorwärtsschluss die korrekte Beurteilung von Schlusschemata in ähnlicher Weise erschweren könnte wie ein Rückwärtsschluss ohne Negation.

Bei diesem Schlusschema konnte jedoch noch eine weitere Interaktion aufgezeigt werden. Negationsvariationen, die ein bejahtes Hinterglied in der Hauptprämisse enthalten (JJ, NJ), wurden bei abstrakten Items signifikant seltener korrekt beurteilt als Items mit negierten Hintergliedern. Damit schien bei abstrakten Hauptprämissen der Rückwärtsschluss von einem bejahten Hinterglied schwieriger zu sein als der Vorwärtsschluss von einem verneinten Vorderglied.

3.8.4. Modus Tollens

Nach den letzten Ausführungen ist es nun interessant, das Schlusschema näher zu betrachten, das sowohl eine Negation als auch einen Rückwärtsschluss verlangt. Es erstaunt zunächst, dass trotz des Zusammentreffens beider Anforderungen recht häufig korrekte Beurteilungen bei den kontextnahen und bikonditionalen Items getroffen wurden. Andererseits ist auch aus vielen anderen Studien bekannt, dass ungefähr 60 – 75% der Probanden den Modus Tollens als korrektes Schlusschema erkennen, wohingegen nur ca. 25 – 40% die Invalidität eines

Schlusses von der Negation des Vordergliedes oder der Bestätigung eines Hintergliedes erkennen. Das führt zu der Überlegung, dass die doppelte Anforderung des Modus Tollens keineswegs auch gleich eine doppelte Erschwerung der mentalen Verarbeitung bedeuten muss. Vielmehr könnten sich die aus beiden Anforderungen ergebenden Schwierigkeiten auch teilweise gegenseitig aufheben.

Die Analysen zeigen jedoch deutlich, dass zwischen der Abstraktion der Inhalte und dem Vorhandensein mindestens einer Negation in den Hauptprämissen eine Wechselwirkung besteht, die zu signifikant geringeren Leistungen bei den Probanden gegenüber kontextnahen oder bikonditional repräsentierbaren Items der jeweils gleichen Negationsform führte. So wurde bei abstrakten Items mit doppelter Negation die Inferenzregel des Modus Tollens nicht einmal von jedem zehnten Probanden als korrekt erkannt.

Dieses Ergebnis könnte durch die Wechselwirkungen zwischen den Anforderungen des Modus Tollens einerseits und denen aus der Abstraktion und Negationsvariation der Hauptprämissen andererseits bedingt sein. Da diese Wechselwirkung über alle in irgend einer Form negierten Hauptprämissen hinweg nur im Modus Tollens aufgetreten ist, scheint dieser Befund darauf hinzuweisen, dass die mentale Operation eines negierten Rückwärtsschlusses immer dann erschwert ist, wenn es sich um abstrakte Hauptprämissen handelt, die zudem in mindestens einem Satzglied negiert sind. Dagegen scheinen kontextnahe Hauptprämissen die Verarbeitung eines negierten Rückwärtsschlusses eher zu erleichtern. Es zeigte sich also, dass die doppelte Anforderung der Inferenzregel des Modus Tollens nicht per se die korrekte Beurteilung dieses Schlusschemas erschwert.

3.9. Abschließende Schlussfolgerungen

Die in dieser Studie gefundenen Haupt- und Wechselwirkungseffekte ermöglichen differenzierte Aussagen zu verschiedenen in der Literatur diskutierten Einflussbedingungen bei der kognitiven Operation konditionaler Schlusschemata.

So konnte gezeigt werden, dass die mentale Verarbeitung abstrakter Sachverhalte nicht per se erschwert ist, sondern erst dann, wenn eine erschwerende Anforderung aus der Art der Inferenzregel hinzukommt. Umgekehrt wurde auch deutlich, dass kontextnahe Items nicht in jedem Falle zu korrekteren Beurteilungen von Schlusschemata führen, sondern dass sich die durch sie aktivierten mentalen Repräsentationen auch nachteilig auf die Beurteilungsfähigkeit der Probanden auswirken könnten.

Für die von Evans (1982) postulierte Erklärung für die inkorrekte Akzeptanz der Schlussfiguren von $\neg P$ auf $\neg Q$ sowie von Q auf P im Sinne einer fälschlich bikonditionalen Repräsentation der Hauptprämisse verbunden mit einer Äquivalenz- anstatt einer Konditionalrelation scheint es in der vorliegenden Studie unterstützende Hinweise zu geben. So wurden korrekt bikonditional repräsentierbare Hauptprämissen in fast allen Negationsvariationen der drei Schlusschemata Negation des Vordergliedes, Bestätigung des Hintergliedes sowie Modus Tollens signifikant am häufigsten korrekt beurteilt.

Für die von Anderson (1988) ausgeführte Überlegung, Menschen hätten Schwierigkeiten, aus Negationen Schlüsse zu ziehen bzw. negierte Aussagen mental zu verarbeiten, lassen sich in dieser Studie wenig unterstützende Hinweise finden. Zum ersten bereitete den Probanden die Beurteilung negierter Aussagen im Modus Ponens keinerlei Probleme. Zum zweiten ist in den drei anderen Schluss-schemata der Einfluss der Negationsvariation im Haupteffekt nur in zwei Schluss-schemata signifikant. Zum dritten scheint auch in der gefundenen Interaktion mit der inhaltlichen Variation der Einfluss der inhaltlichen Variation stärker zu sein als der der Negationsvariationen, da er im Gegensatz zu den einzelnen Effekten der Negation in allen Kombinationen beider Faktoren zu finden ist. Und schließlich gab es zwischen den verschiedenen Negationsvariationen im Modus Tollens keine Hinweise dafür, dass die durch die Inferenzregel bedingte Negation durch die zusätzliche Negationsvariation der Hauptprämissen aufgrund der daraus resultierenden Umkehrung in positive Prämissen zusätzlich erschwert werden würde, wie es unter den Annahmen von Anderson (1988) zu erwarten gewesen wäre. Eher scheint die mentale Operation dieser Verarbeitung der Negation einer Negation zumindest für kontextnahe und bikonditional repräsentierbare Items erleichternd zu wirken.

3.10. Literatur

- Anderson, J.R. (1988). *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Spektrum.
- Anderson, J.R. (2001). *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Spektrum.
- Bortz, J. (1999). *Statistik für Sozialwissenschaftler*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Diehl, J.M. & Staufenbiel, T. (2002). *Statistik mit SPSS*. Frankfurt am Main: Verlag Dietmar Klotz GmbH.
- Erickson, J.R. (1974). A set analysis theory of behavior in formal syllogistic reasoning tasks. In Solso, Robert L. (Ed.) (1974). *Theories in cognitive psychology: the loyalty*. Potomac: Erlbaum.
- Evans, J. (1977). Linguistic factors in reasoning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 29, 297-306.
- Evans, J. (1982). *The Psychology of deductive reasoning*. London: Routledge & Kegan Kaul.
- Johnson-Laird, P.N. & Byrne, R.M.J. (1991). *Deduction*. Hove: Erlbaum.
- Johnson-Laird, P.N. & Wason, P.C. (1970). A theoretical analysis of insight into a reasoning task. *Cognitive Psychology*, 1, 134-148.
- Krause, B. & Metzler, P. (1988). *Angewandte Statistik*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Lüer, G. & Spada, H. (1992). Denken und Problemlösen. In Spada, H. (Hrsg.) (1992). *Lehrbuch Allgemeine Psychologie*. Bern: Huber.
- Mandl, H. & Spada, H. (Hrsg) (1988). *Wissenspsychologie*. München: Psychologie Verlags Union.

- Müller, H., Neumann, P. & Storm, R. (1973). *Tafeln der mathematischen Statistik*. Altenburg: Fachbuchverlag Leipzig.
- Sachs, L. (1999). *Angewandte Statistik*. Berlin: Springer-Verlag.
- Sternberg, R.J. (2001). *Cognitive Psychology*. Fort Worth: Harcourt Brace College Publishers.
- Taplin, J.E. & Staudenmayer, H. (1973). Interpretation of abstract conditional sentences in deductive reasoning. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 12, 530-542.
- Wason, P.C. (1966). Reasoning. In B.M. Foss (Ed.), *New Horizons in Psychology I*. Harmondsworth: Penguin.
- Wason, P.C. & Shapiro, D. (1971) Natural and contrived experience in a reasoning problem. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 23, 63-71.

Referenz:

Uher, J. & Beyer, M. L. (2004). Denken in Implikationen: Der Einfluss inhaltlicher und struktureller Variation auf die korrekte Beurteilung der Gültigkeit konditionaler Schluss schemata. In: B. Krause & P. Metzler (Eds.). *ZeE-Publikationen. Reihe empirische Evaluationsmethoden*. Bd. 8. (pp. 39-55). Berlin: ZeE Verlag.

Uher, J. & Beyer, M. L. (2004). Thinking in implications: The impact of structural and content variation on the correct recognition of conditional conclusions [in German]. In: B. Krause & P. Metzler (Eds.). *ZeE-Publikationen. Reihe empirische Evaluationsmethoden*. Bd. 8. (pp. 39-55). Berlin: ZeE Verlag.