



universität  
wien

# Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Zur Sichtbarkeit maskierter Primes

Verfasser

Mag. phil. Reinhard Kartusch

Angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im November 2011

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Ulrich Ansorge



Für Richard, Elisabeth und Tobias.

Besonderer Dank geht an Angie. Danke



## Zusammenfassung

Die vorliegende Diplomarbeit untersucht Veränderungen in der Sichtbarkeit von kurz dargebotenen Reizen. In zwei Experimenten werden die Auswirkungen von variablem gegenüber fixem Antwortmapping, Kompatibilität von Prime und benötigter Antworttaste und Kongruenz von Prime und Target auf die Diskriminationsleistung von maskierten Primes getestet. Es zeigte sich ein stabiler Kongruenzeffekt in Richtung besserer Diskriminationsleistung bei kongruenten Items.

## Abstract

The thesis at hand reviews visibility measures of masked primes. In two experiments, the effects of three variables were tested: fixed versus variable response-mapping, prime-response-compatibility and prime-target-congruency. The data shows a robust congruency-effect towards better discrimination of congruent rather than incongruent items.

## Inhalt

Zusammenfassung.....	5
Abstract .....	5
1. Einleitung.....	7
2. Theoretischer Teil.....	9
Sichtbarkeit .....	9
Was ist Priming? .....	10
Direkte und indirekte Messung .....	11
Exklusivität und Exhaustivität .....	12
Maskierung.....	14
Theorien zur Erklärung des Priming-Effekts: .....	15
Direkte Parameterspezifikation .....	15
Action-Trigger-Ansatz.....	15
Rapid-Chase-Theorie .....	16
Embodied-Cognition-Theorie .....	17
Experimente .....	17
Hypothesen.....	19
3. Empirischer Teil.....	21
Stichprobe .....	21
Messgeräte.....	21
Untersuchungsplan und -ablauf.....	21
Unterschiede Experiment 1 – Experiment 2 .....	26
4. Ergebnisse .....	28
Signalentdeckungstheorie.....	28
Experiment 1 .....	31
Systematische Verzerrungen in Experiment 1 .....	37
Experiment 2 .....	37
Überprüfung der Hypothesen .....	38
5. Diskussion.....	39
Literaturverzeichnis.....	43
Tabellenverzeichnis.....	45
Abbildungsverzeichnis.....	46
Verwendeter Wortpool für beide Experimente.....	47
Lebenslauf .....	48

## 1. Einleitung

Es gibt eine Vielzahl an Experimenten, die sich den Auswirkungen von kurz dargebotenen Reizen auf nachfolgende Entscheidungsprozesse widmen. Vergleichsweise selten jedoch wird untersucht, welche Rahmenbedingungen sich auf die Sichtbarkeit jener kritischen Reize – der Primes – auswirken. Innerhalb der Forschung, warum und wie Priming funktioniert, gibt es verschiedenste Ansätze zur Erklärung der entstehenden Effekte; Effekte, die nicht zuletzt verschieden interpretiert werden könnten, weil die jeweils verwendeten Primes je nach Experiment ganz unterschiedliche Sichtbarkeiten aufgewiesen haben könnten. Ebendiese Unterschiede, können nicht nur Vergleiche zwischen Studien von vorneherein in ein schiefes Licht rücken, da alle nachfolgenden Urteile allererst von der Sichtbarkeit der kritischen Reize abhängen – diese Unterschiede in der Sichtbarkeit könnten letztendlich Aufschlüsse über die Funktionsweise des menschlichen Geistes erlauben.

Abgesehen von der offensichtlichen Darbietungsdauer eines Primes – denn es macht offensichtlich einen großen Unterschied, ob ein Reiz für 20 oder für 200 Millisekunden dargeboten wird – gibt es ein reichhaltiges Angebot an Variationsmöglichkeiten, wie wir es unserem Geist leichter oder schwerer machen können, einen Reiz zu erfassen oder auf diesen korrekt zu reagieren. Diese nicht in Beschreibung und schon gar nicht in Experimenten je erschöpfend darzustellende Liste umfasst Variablen wie Kontrast und Motiv bei Bildern, Bekanntheit, Schriftgröße und –art bei Wörtern und Aspekte wie Kompatibilität und Kongruenz bei der Eingabe der Antwort. Experimente zur Sichtbarkeit von Primes können somit immer nur ein kleiner Ausschnitt zur Überprüfung bestimmter Hypothesen sein – aber mit zunehmender Anzahl klärt sich vielleicht langsam das Bild, wie Primes unsere Wahrnehmung und schließlich unser Handeln beeinflussen.

Die im Zuge dieser Arbeit vorgestellten Experimente folgen dem Paradigma zum maskierten Priming (z.B. Dehaene et. al., 1998; Kiefer, 2002; Klotz & Neumann, 1999) und widmen sich der Untersuchung der Effekte von Antwortmapping (ändern sich die Modalitäten der Antworteingabe ständig oder bleiben sie gleich), Kompatibilität und Kongruenz auf die Sichtbarkeit von Primes. Dazu wurden in zwei Experimenten insgesamt 37 Testpersonen jeweils ca. eine Stunde am Bildschirm Wörter für sehr kurze Zeit dargeboten, deren Bedeutung sie mittels dichotomem Antwortformat zu unterscheiden hatten. Über diese tausenden an Entscheidungsprozessen wurden schließlich

Varianzanalysen gerechnet und somit festgestellt, welche Faktoren sich unter welchen Umständen wie auf die Fähigkeit, den in Frage stehenden Reiz wahrzunehmen, auswirkten.

Die genaue Analyse der Sichtbarkeit von Primes ist deswegen von besonderer Bedeutung für die wissenschaftliche Forschung, weil erst damit eine saubere Diskussion der Effekte in Response-Priming-Experimenten möglich wird. Denn solange ich darüber im Dunkeln tappe, inwiefern die in einem Experiment verwendeten Primes von den Testpersonen bewusst verarbeitet werden konnten oder nicht, kann ich keine Schlussfolgerungen über kausale Auswirkungen jedweder Art treffen. Alle Priming Effekte bauen darauf auf, ob und inwiefern der Priming-Reiz erkannt wurde. Darüber hinaus ist es oftmals für eine Interpretation der Ergebnisse von fundamentaler Bedeutung, ob und aus welchen Gründen ein Reiz besser oder schlechter verarbeitet werden konnte. So wird z.B. niemand in Betracht ziehen, Korrelationen zwischen der semantischen Bedeutung von Prime und Target zu berechnen *bevor* er die Darbietungsdauer der relevanten Reize untersucht hat. Die Sichtbarkeit von Primes geht allen weiteren Analyseschritten notwendig voraus, sie ist das Eingangsportal in die Diskussion der Priming-Effekte. In diesem Sinne ist es von besonderer Bedeutung für die Priming-Forschung, zu ergründen, welche Faktoren sich auf die Häufigkeit, einen Priming-Reiz zu erkennen, auswirken.

## 2. Theoretischer Teil

### Sichtbarkeit

Die vorliegende Diplomarbeit untersucht verschiedene Einflüsse, die sich auf die „Sichtbarkeit“ von kurz dargebotenen Reizen auswirken. Der Terminus „Sichtbarkeit“ ist in dem Zusammenhang dieser Diplomarbeit aus verschiedenen Gründen mit Vorsicht zu gebrauchen.

Zu allererst ist es von Bedeutung, zu sagen, dass die hier gemeinte Sichtbarkeit in keiner Weise von Unterschieden der Helligkeit, der Deutlichkeit von Zeichen, der Lesbarkeit, des Bedeutungsspektrums eines Wortes oder des Kontrastes der Zeichen abhängt. Variable Einflüsse genannter Faktoren werden zu verhindern gesucht und – sollten sie vorhanden sein – als zufällig variierend angenommen. Es geht zwar sehr wohl um Wörter und deren semantische Bedeutung, die auf fundamentaler Ebene getroffene Einschränkung der Sichtbarkeit betrifft allerdings Darbietungsdauer und Maskierung. Eine erhöhte Sichtbarkeit eines Reizes bedeutet, dass dieser häufiger korrekt identifiziert wird und lässt somit auf bessere Verarbeitung des Reizes schließen.

Die wohl einfachste Möglichkeit, Sichtbarkeit von kurz dargebotenen Reizen zu messen, wäre, einen Reiz einfach kurz (z.B. 30ms) lang am Bildschirm aufscheinen zu lassen und dann zu fragen, ob etwas gesehen wurde. Bei dieser Herangehensweise sind verschiedene Punkte zu beachten.

1. Es besteht je Item eine Ratewahrscheinlichkeit von 50%. Dieser Einwand kann allerdings durch Darbietung einer hohen Anzahl an Items vernachlässigt werden.
2. Die Information, dass etwas gesehen wurde erlaubt noch keinen Rückschluss darauf, auf welcher Ebene die Verarbeitung stattgefunden hat. Es ist möglich, dass die Person das Wort gelesen und verstanden hat, aber auch, dass sie bloß wähnt, irgendetwas aufblitzen gesehen zu haben.
3. Wird der Reiz isoliert dargeboten, d.h. ihm geht kein Reiz voraus und folgt auch keiner nach, so steigert sich seine Sichtbarkeit gegenüber einer sogenannten „maskierten“ Darbietung. Ausführliche Erklärungen zur maskierten Darbietung folgen im Kapitel „Maskierung“.

4. Es ist möglich, dass der Reiz zwar nicht bewusst wahrgenommen wird, sehr wohl aber unbewusst verarbeitet wird. Dies lässt sich durch eine sogenannte indirekte Messung nachweisen. In dieser werden die Auswirkungen des unbewusst verarbeiteten Reizes auf das Verhalten ausgewertet. Auf diesen und den nächsten Punkt wird genauer im entsprechenden Kapitel „Direkte und indirekte Messung“ eingegangen.
5. Diese direkte Messung beraubt darüber hinaus eine Studie – zumindest teilweise – der Möglichkeit, mit indirekten Studien verglichen zu werden. Effektgrößen, Korrelationen und Hypothesen können somit nicht verallgemeinert werden.

### Was ist Priming?

Als Priming-Reiz wird ein kurz dargebotener Reiz verstanden, der sich auf die Verarbeitung eines nachfolgenden Reizes auswirkt, indem er implizite Gedächtnisinhalte aktiviert. Dieser Priming-Reiz, auch kurz „Prime“ genannt, muss nicht notwendigerweise bewusst verarbeitet werden, um einen Effekt auf einen nachfolgenden Stimulus (das Target) zu haben. Methoden, die die bewusste Wahrnehmung eines Reizes verhindern oder einschränken, werden Maskierung genannt. Bei einer Vorwärtsmaske handelt es sich um einen Reiz, der zeitlich kurz vor dem relevanten Priming-Reiz auftritt, um dessen bewusste Verarbeitung zu erschweren; die Rückwärtsmaske hingegen tritt mit demselben Ziel kurz nach dem Priming-Reiz auf.

Der Priming-Reiz verändert die Verarbeitung dadurch, dass er Kontextinformationen aktiviert, die sich darauf auswirken, ob, auf welche Art und Weise (bei mehrdeutigem Material) und wie schnell ein Reiz verarbeitet wird.

Es gibt drei unterschiedliche Arten von Priming: affektives Priming, semantisches Priming und Response Priming. Bei affektivem Priming werden Gefühlszustände aktiviert, die sich dann auf die Verarbeitung von Reizen auswirken. Bei semantischem Priming werden begriffliche Bedeutungen aktiviert, die daraufhin damit assoziierte Wörter aktivieren. Response Priming schließlich misst den Einfluss, den ein Prime (auch Bahnungsreiz genannt) auf die Reaktion auf einen Zielreiz hat. Der Zielreiz (Target) folgt dabei zeitlich nach auf den Prime, wodurch sich Konflikte in der Antwortgebung ergeben können – und genau diese sind im Response Priming von Interesse. Die Experimente vorliegender Arbeit sind so konzipiert, dass sie den Versuchsaufbau eines Response-Priming-Experiments imitieren.

## Direkte und indirekte Messung

Die direkte Messung haben wir gerade anhand eines virtuellen Beispiels kennengelernt. Sie zeichnet sich durch ihre potentielle Einfachheit aus. So ist es mit diesem Design möglich, eine Studie zu konzipieren, in der nur wenige Störvariablen berücksichtigt werden müssen. Dies macht es sehr wahrscheinlich, dass man zum einen auch genau das misst, was man messen will und zum anderen keine weiteren Faktoren in das Messergebnis mit einfließen (Exklusivität). Ganz im Gegensatz zu beispielsweise physikalischen Messungen ist die Messgenauigkeit bei psychischen Prozessen niemals als trivial anzusehen. Oft kann erst durch statistische Methoden geschätzt werden, welche Faktoren zu in etwa welchem Anteil für die Erklärung der Varianz verantwortlich gemacht werden können. Selbstredend tragen die mittels einer derartigen Varianzanalyse extrahierten Faktoren noch keine Namen und es ist es auch hier noch Aufgabe des Psychologen, diese Faktoren zu interpretieren.

Bei der indirekten Messung hingegen wird das zu messende Merkmal z.B. anhand von Reaktionszeiten oder Fehlerhäufigkeiten erschlossen. Dies bringt mit sich, dass sich die notwendigen Leistungen, um einen Reiz korrekt zu identifizieren, bei direkter und indirekter Messung oft unterscheiden. Ein besonders deutlicher – und vergleichsweise leicht zu interpretierender – Fall wäre z.B. gegeben, wenn bei direkter Messung zwischen vier Bildern das richtige ausgewählt werden muss, bei indirekter Messung hingegen nur zwei Bilder zur Auswahl stehen. Unser Beispiel umgelegt auf eine indirekte Messung würde etwa folgendes Experiment ergeben:

Nach der Darbietung eines Wortes muss mit einem Tastendruck reagiert werden. Dieses Wort sei z.B. „oben“ oder „unten“, wobei für „oben“ die eine und für „unten“ die andere Taste zu drücken ist. Nun ist unsere Testbedingung, dass immer vor der Darbietung von „oben“, nie aber vor „unten“ ein kurzer Reiz zu sehen ist. Tritt nun ein Effekt auf, wie z.B., dass auf „oben“ der Tastendruck schneller und mit geringerer Fehlerhäufigkeit geschieht, als der Tastendruck auf „unten“, so sprechen wir von einer indirekten Messung des Effekts des vorangegangenen Reizes (des Primes). Dieses hier noch besonders einfache Beispiel wird im Verlauf der Abhandlung noch detaillierter ausgearbeitet werden.

Um ein größtmögliches Maß an Vergleichbarkeit herzustellen, kann es jedoch angezeigt erscheinen, ein Experiment, das sich direkter Messung bedient, einem indirekt messenden Experiment vergleichbar aufzubauen. Indem durch den parallelen Versuchsaufbau die

gleichen Störeffekte provoziert werden, wie sie auch bei der indirekten Messung auftauchen, wird davon ausgegangen, dass auch die den Effekten zugrunde liegenden Mechanismen vergleichbar sind. Darauf ist auch die Hoffnung begründet, auf diesem Wege Aussagen hinsichtlich der kausalen Verursachung von Effekten zu treffen.

## **Exklusivität und Exhaustivität**

Wir sprechen von Exklusivität bezüglich der Sichtbarkeit eines Stimulus, einer Eigenschaft oder einer Information, wenn die direkte Messung der Sichtbarkeit durch keine Veränderung des Stimulus, der Eigenschaft oder der Information beeinflusst wird, die nicht auf deren Sichtbarkeit beruht.

Exhaustivität hingegen ist gegeben, wenn die Messung eines Stimulus, einer Eigenschaft oder einer Information jede bewusste Veränderung und jeden Aspekt derselben berücksichtigt.

Reingold und Merikle (1988) sprechen sich bezüglich möglichst genauer Messung der Sichtbarkeit von Primes für eine direkte Messung möglichst hoher Exhaustivität aus. Dabei soll das Versuchsdesign zumindest so einfach wie das bei indirekter Messung sein.

Um des weiter oben beschriebenen erwünschten Effekts der Vergleichbarkeit willen wird, mit dem der indirekten Messung nachempfundenen Versuchsaufbau, ein Teil der Exklusivität zugunsten einer höheren Exhaustivität aufgegeben.

Ein mögliches Problem dabei ist, dass bezüglich des Urteils, ob ein Prime sichtbar war bzw. auf die Frage nach der Bedeutung des Primes, ebendieser mit dem Target (ein dem Prime nachfolgender Reiz) verwechselt wird. Es ist ebenso denkbar, dass der Prime nicht gesehen wurde und ob der Ähnlichkeit stattdessen einfach das Target berichtet und als Prime ausgegeben wird. Dieses Problem ist insbesondere bei hoher Ähnlichkeit von Prime und Target zu erwarten und stellt einen Nebeneffekt der Angleichung von direkter Messung an die indirekte dar. Bei der statistischen Auswertung ist folglich besonders darauf zu achten, dass dieser Effekt nur bei inkongruenter Bedingung eintritt (verschiedene Bedeutung von Prime und Target), da bei kongruenter Bedingung (die Verwechslung mit einem Reiz, der ohnehin das Gleiche bedeutet) eine mögliche Vertauschung von Prime und Target keine Auswirkung auf das berichtete Ergebnis hat.

Eine weitere Quelle von Fehlern stellt die Ähnlichkeit des Primes mit der geforderten Antwortreaktion dar. Dies ist der Fall, wenn die Bedeutung des Primes im Langzeitgedächtnis eine Reaktion provoziert, die der im aktuellen Experiment geforderten zuwiderläuft. Neumann und Klotz (1994) zeigten experimentell, dass gelernte Assoziationen von Primes auch dann das Antwortverhalten beeinflussen können, wenn sie nicht bewusst wahrgenommen werden können. Im Unterschied zur eben besprochenen Verwechslung von Prime und Target beruht der Effekt in diesem Fall allerdings in der Verwechslung der Zuordnung von Bedeutung: Ist die Form des Primes (d.h. seine langfristige, allgemeine Bedeutung) mit der einen Bedeutung aufgeladen, (kurzfristig) in diesem Durchgang allerdings nicht seine Form, sondern einzig seine Position von Relevanz ist, kann hier eine Verwechslung stattfinden. An einem Beispiel verdeutlicht, bedeutet dies, dass wenn das Wort „rot“ dargeboten wird und wir als Reaktion darauf eine rote Taste drücken müssen, so fällt uns das möglicherweise einfacher, als wenn wir eine grüne drücken müssen – insbesondere bei gleichzeitigem Vorhandensein einer roten Taste. Dieses Prinzip kennt vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, so wäre z.B. auch die Verwechslung des Wortes „oben“ als willkürlichem Primewort mit seiner räumlichen Bedeutung bezüglich der durchzuführenden Bewegung bzw. der Anordnung der Antworttasten denkbar. Das Vorhandensein ebendieses Effekts wird eine der Hypothesen vorliegender Arbeit sein.

Es scheint jedoch ganz allgemein sehr schwer möglich zu sein, diese beiden Ideale – die Exklusivität und die Exhaustivität – gleichzeitig in vollem Maße zu erfüllen, weswegen es in der empirischen Psychologie so wichtig ist, eine Erkenntnis durch viele verschiedene experimentelle Studien abzusichern.

Ein explizites Ziel der im Rahmen dieser Diplomarbeit durchgeführten Experimente war es, Licht in die Problematik der Verwechslung von Stimulus und Response (oder Prime und Response) zu bringen. Führt kompatibles Mapping zu besserer Prime-Diskrimination (die Fähigkeit, die semantische Bedeutung des Primes korrekt anzugeben) als inkompatibles Mapping? Gibt es Unterschiede bezüglich fixem und variablem Mapping, also je nachdem, ob die Antworttaste im Vorhinein bekannt ist, oder erst nach der Darbietung der Reize bekannt gegeben wird – und welche weiteren Einflussfaktoren gibt es?

## Maskierung

Es ist möglich, dass Reize zwar nicht bewusst wahrgenommen werden, sehr wohl aber einen Effekt auf die Verarbeitung von darauffolgenden Reizen haben (z.B. Ansorge, Damian, 2001, Dehaene et. al., 1998, Klotz, & Neumann, 1998). So zeigte z.B. Marcel (1983) seinen Testpersonen maskierte Farbwörter für so kurze Zeit, dass sie nicht mehr bewusst sichtbar waren, d.h. dass Tests zur Diskriminationsfähigkeit sowohl bezüglich semantischer als auch grafischer Ähnlichkeit mit anderen Reizen sich nicht signifikant vom Zufallsniveau unterschieden. In einem weiteren Experiment verwendete er dieselben Reize als Primes für gut sichtbare Farbflecken. Hier zeigte sich, dass die zuvor als unsichtbar bewiesenen maskierten Farbwörter sehr wohl einen Einfluss auf die Reaktionsgeschwindigkeit hatten. Diese Reize waren also nicht im Bewusstsein, wurden aber sehr wohl verarbeitet und in Bezug auf die Aufgabe auch verstanden.

Dieser Effekt – „maskiertes Priming“ – bleibt auch unter Zeitdruck, Feedback, Übung und finanziellem Anreiz stabil (Klotz & Neumann, 1999). Es scheint, dass bewusste Wahrnehmung und unbewusste verhaltensbasierte Reaktionen anderen zeitlichen Gesetzmäßigkeiten folgen. Im Gegensatz zum System der bewussten Wahrnehmung, das Informationen nur dann als relevant zu erachten scheint, wenn sie relativ stabil sind, ist anzunehmen, dass unser für Handlungen zuständiges System derart kurzlebige Informationen eher in die Planung integriert, als sie zu überschreiben (Vorberg et. al., 2003).

Ein Priming-Reiz (derjenige Reiz, der einen Effekt auf den Zielreiz haben soll) wird für sehr kurze Zeit (unter 50 Millisekunden) dargeboten, wobei seine Verarbeitung durch einen unmittelbar vorangehenden und/oder einen unmittelbar darauffolgenden Reiz erschwert wird. Dies verhindert zwar eine bewusste Verarbeitung weitgehend bis vollständig, der Reiz wirkt sich aber dennoch auf die Reaktion auf darauffolgende Reize aus. Als weiteres Beispiel seien Dehaene et. al (1998) genannt, die zeigen konnten, dass ein vorwärts- und rückwärts maskierter Reiz (d.h., dass sowohl unmittelbar vor der Darbietung des Reizes als auch unmittelbar danach ein Reiz gezeigt wurde, um die Verarbeitung des Primes zu erschweren) in Form eines Zahlwortes die Geschwindigkeit der Reaktion auf ein daraufhin gezeigten Zahlwort erhöhen konnte. Auch hier erkannten die Testpersonen, obwohl sie das Prime-Zahlwort nicht bewusst lesen konnten, schneller, dass das daraufhin gezeigte Zielwort größer als fünf war, wenn der Priming-Reiz ein

Zahlwort zeigte, das ebenfalls größer als fünf war (kongruente Bedingung). Analog dazu waren die Reaktionszeiten bei einem Zahlwort kleiner fünf in diesem Fall länger (inkongruente Bedingung).

Aus dieser Reihe an Experimenten kann geschlossen werden, dass wir in der Lage sind, Reize semantisch zu verarbeiten, ohne sie bewusst wahrzunehmen. Auch diese automatische Verarbeitung braucht jedoch Aufmerksamkeit, um stattzufinden – nicht alles, was wir sehen, wird auch automatisch auf für bewusste Wahrnehmung ausreichend hoher Ebene verarbeitet (vgl. Kiefer & Brendel, 2006).

## **Theorien zur Erklärung des Priming-Effekts:**

### **Direkte Parameterspezifikation**

In der Theorie der direkten Parameterspezifikation wird davon ausgegangen, dass eine Testperson im Laufe eines Experiments eine feste Reiz-Reaktions-Zuordnung lernt. D.h., dass auf unbewusster Ebene gelernt wird, den Priming-Reiz direkt mit einer Antwortalternative zu verknüpfen. Durch diese automatisierte Verarbeitung des Primes ist es in folgenden Durchgängen möglich, dass stringentes Verhalten unabhängig von bewusster Wahrnehmung des Primes auftritt. Dies geschieht der Theorie der direkten Parameterspezifikation zufolge, indem schon der Prime diejenigen Prozesse auslöst, die instruktionsgemäß erst durch den Zielreiz erfolgen sollten. Zwar wird parallel zum direkten und schnellen Reaktionsprozess versucht, Prime und Zielreiz visuell zu repräsentieren, dieser Prozess spielt allerdings keine Rolle für die motorische Reaktion des aktuellen Versuchsdurchgangs.

### **Action-Trigger-Ansatz**

Dem Action-Trigger-Ansatz zufolge werden Reaktionen auf unbewusste Reize weder durch semantische Analyse, noch durch automatisierte Reiz-Reaktions-Verknüpfungen ausgelöst, sondern durch zuvor gelernte „action triggers“. Die Testperson lernt bei einer Aufgabe, welche Reize für eine bestimmte Antwortreaktion relevant sind und hält dann im Arbeitsgedächtnis ebendiese „action triggers“ aktiv. In einem zweiten Schritt werden eingehende Reize mit den aktiven „action triggers“ verglichen. Passt ein Schema, so werden die damit verknüpften Reaktionen automatisch ausgelöst. Letzterer Prozess wird auch „online stimulus processing“ genannt. Dabei ist es möglich, dass eine Reaktion auf

einen Prime erfolgen kann, der in ein aktives Schema passt, in genau dieser Art, in der er auftritt, jedoch nie gelernt wurde (Kiesel, Kunde, & Hoffmann, 2007).

### Rapid-Chase-Theorie

Der Rapid-Chase-Theorie zufolge lösen sowohl Prime als auch Zielreiz (Target) eine Aktivitätswelle im visuomotorischen System aus, die sich so schnell von visuellen zu motorischen Arealen ausbreitet, dass Feedback Prozesse zunächst gar nicht möglich sind (Schmidt, Niehaus, & Nagel, 2006). Dies sei nach Lamme & Roelfseder (2000) auch der Grund dafür, dass diese Prozesse zu diesem Zeitpunkt noch nicht bewusstseinsfähig sind. Für Bewusstsein, so ihre Theorie, bedürfe es vergleichsweise langsamer „rekurrenter Verarbeitungsschleifen“. Dies bedeutet, dass Informationen zuerst unbewusst verarbeitet werden und erst darauf aufbauend durch Verknüpfung mit der Verarbeitung in höheren Hirnregionen bewusst werden. Diese Feedback-Verbindungen von höheren zu früheren visuellen Arealen werden dabei als sowohl notwendige als auch hinreichende Bedingung für visuelles Bewusstsein betrachtet.

Die der Rapid-Chase-Theorie zufolge von Prime und Target ausgelösten Aktivitätswellen lösen nacheinander ohne Beteiligung des Bewusstseins motorische Prozesse aus. Der zeitliche Vorsprung des Primes in dieser „Verfolgungsjagd“ (rapid chase) bedeutet, dass dieser die mit ihm verknüpfte motorische Reaktion einleitet und das Target diese Aktion erst nach geraumer Zeit (der Stimulus Onset Asynchrony (SOA) – also derjenigen Zeitspanne, die zwischen Prime und Zielreiz vergeht) beeinflussen kann. So ist es dieser Theorie zufolge auch zu verstehen, dass kürzere SOAs zu geringeren Effektstärken im Response-Priming führen. Ein größerer Vorsprung in der „Verfolgungsjagd“ führe zu stärkerem Einfluss des Primes, da dieser mehr Zeit habe, allein – ohne Konkurrenz des Targets – die motorischen Areale zu beeinflussen.

Diese These konnte insbesondere mittels Zeigebewegungen bestätigt werden: bei inkonsistenten Bedingungen bewegt sich der Finger zuerst in Richtung des Primes, um dann in Richtung des Targets umzuschwenken. Je länger dabei die SOA ist, desto weiter in Richtung des Primes bewegt sich der Finger. Der streng sequentielle Ablauf, dass also zuerst einzig der Prime Einfluss ausübt, dieser danach jedoch vom Target verdrängt wird, ist der Grundstein der Annahme, dass es ein unabhängiges System vorbewusster Verarbeitung gibt, das unserem Bewusstsein allererst das Fundament ihrer Tätigkeit liefert.

## Embodied-Cognition-Theorie

Der Embodied-Cognition-Theorie, oder auch Theorie zum verkörperlichten Denken bzw. leiblich verankertes Denken zufolge, ist unser Denken, Fühlen und Handeln eng mit unserem Dasein als Körper verwoben und nur in Zusammenhang mit diesem zu verstehen. So haben z.B. Taylor et. al. (2010) gezeigt, dass Personen, die einen Knopf *gegen* den Uhrzeigersinn drehen, länger brauchen um einen Text wie „das Starten eines Autos mit dem Zündschlüssel“ zu verstehen, als Personen, die einen Knopf *mit* dem Uhrzeigersinn drehen. Parallel dazu erscheint die Hypothese plausibel, dass es Personen leichter fällt, eine Bewegung nach oben auszuführen, wenn das zu beurteilende Wort die Bedeutung „oben“ hat, als wenn das Wort die Bedeutung „unten“ hat und umgekehrt.

## Experimente

Um mit der gängigen Literatur über Priming konform zu gehen, wird in dieser Diplomarbeit der erste, maskierte, kurz dargebotene Reiz von Interesse, der normalerweise an der Stelle des Primes steht, auch hier so genannt, auch wenn er streng genommen funktional diesem nicht entspricht. Üblicherweise ist in Priming-Experimenten der Priming-Reiz funktional dadurch gekennzeichnet, dass er Auswirkungen auf die Wahrnehmung des Targets hat. In unserem Fall ist das Target allerdings nur ein Dummy-Reiz (Platzhalter). Die Bezeichnung Target wird auch in diesem Fall der Vergleichbarkeit mit der Priming-Literatur zuliebe beibehalten, da der Dummy-Reiz auf die formalen Kriterien zugeschnitten ist, die normalerweise ein Target erfüllen muss.

Ein Ziel unseres Interesses war, ob Unterschiede in der Fähigkeit zur Prime-Diskrimination bestehen, abhängig davon, ob das Antwortformat über alle Durchgänge fix vorgegeben war, oder jeden Durchgang pseudozufällig variabel gehalten wurde.

Falls die Testpersonen sich manchmal im gültigen Mapping irren, so steht zu erwarten, dass die Diskriminationsleistung im variablen Mapping geringer ist als im fixen. Dies beruht auf der Annahme, dass sich Testpersonen nicht (oder weniger häufig) irren, wenn vor dem Block für den ganzen Block bekannt gegeben wird, welche Taste für „oben“ und welche für „unten“ zu drücken ist. Im Gegensatz dazu wird erwartet, dass Personen sich häufiger (jedenfalls nicht weniger häufig) im gerade gültigen Mapping irren, wenn dieses von Durchgang zu Durchgang variiert. Eine genaue Darstellung des Mappings findet sich im empirischen Teil dieser Arbeit.

Es war weiters von Interesse, ob die Testpersonen die Langzeitbedeutung der Priming-Reize mit deren kurzfristiger Bedeutung verwechselten. Dazu wurde zwischen den Blöcken variiert, mit welcher Antworttaste auf welchen Reiz reagiert werden musste. Vertauschen die Personen diese Bedeutungen, so steht zu erwarten, dass sie in Bedingungen, in denen z.B. mit der Taste [8] am Numpad (Ziffernblock / Nummernblock) auf den maskierten Prime „unten“ und mit [2] auf den maskierten Reiz „oben“ reagieren müssen, mehr Fehler und/oder größere Reaktionszeiten auftreten, als im umgekehrten Fall – also dass mit [8] auf „oben“ reagiert werden muss.

Insgesamt gab es drei Bedingungen, in denen jeweils auf einen Prime mit der räumlichen Bedeutung „oben“ oder „unten“ (z.B. „oben“, „aufwärts“ oder „niedrig“, „sinkend“...) mittels Tastendruck reagiert werden musste. Für die genaue Liste der dazu verwendeten Wörter siehe das Kapitel „*Untersuchungsplan und -ablauf*“ im empirischen Teil dieser Arbeit. Der Pool an Wörtern war für Primes sowie Targets der gleiche. Um banale Wiedererkennungseffekte zu vermeiden – in welche Richtung sie sich auch immer auswirken mögen – trat niemals derselbe Reiz sowohl als Prime als auch als Target in einem Durchgang auf. In der kompatiblen Bedingung musste mit der Taste [8] auf Primes mit der Bedeutung oben und mit [2] auf solche mit der Bedeutung unten reagiert werden. Konnte die Bedeutung nicht erkannt werden, so sollten die Testpersonen raten. In der inkompatiblen Bedingung war der Taste [8] die Bedeutung unten und der Taste [2] oben zugeordnet. Es gab auch noch eine dritte, neutrale, Bedingung, in der für oben [4] und unten [6] und umgekehrt zu drücken war. Cho und Proctor (2003) zufolge könne hier allerdings damit gerechnet werden, dass links tendenziell mit unten und rechts mit oben korrespondiere. Dieser Umstand findet sich auch in den weiter unten folgenden Hypothesen wieder.

Die Teilnehmer wurden darüber informiert, dass es nur diese beiden semantischen Möglichkeiten für die Primes gab und dass deren Auftrittswahrscheinlichkeit jeweils 50% betrug. Ihnen wurde ebenfalls mitgeteilt, dass selbiges für die Targets (Dummy-Reize) gelte. Sie wurden auch darüber informiert, dass dem Prime ein „gut sichtbares“ Target nachfolgte und dass sie dieses zu ignorieren hätten.

Ein weiteres Merkmal von Interesse dieser Studie ist die Kongruenz von Prime und Target. Der Sachverhalt der Kongruenz ist gegeben, wenn die Wörter, die als Prime und Target fungieren, innerhalb eines Durchgangs dieselbe semantische Bedeutung aufweisen, d.h.

beide bedeuten „oben“ oder beide bedeuten „unten“. Verwechseln die Testpersonen manchmal Prime und Target, so steht zu erwarten, dass die Diskriminationsfähigkeit von Prime und Target in der kongruenten Bedingung besser ausgeprägt ist.

## Hypothesen

Für alle Hypothesen gilt ein Signifikanzniveau von 0,05.

Hypothese 1: Weisen Prime und Target dieselbe semantische Bedeutung auf, so ist die Häufigkeit richtiger Antworten bezüglich der semantischen Bedeutung des Primes höher, als wenn Prime und Target eine unterschiedliche semantische Bedeutung aufweisen. An einem Beispiel verdeutlicht heißt das: Lautet der Priming-Reiz „aufsteigend“ und das Target „hinauf“, so ist die Lösungswahrscheinlichkeit des Items höher, als wenn (bei gleichem Prime) das Target „abwärts“ lautet.

Hypothese 2: Entspricht die für das Drücken der Antworttaste notwendige Bewegung sinngemäß der Bedeutung des Primes, so ist die Häufigkeit richtiger Antworten bezüglich der semantischen Bedeutung des Primes höher, als wenn die Bewegung der Bedeutung entgegengläuft. Im Falle vorliegender Experimente bedeutet dies, dass die Häufigkeit korrekter Antworten bei der Kombination von Antworttaste [8] und der semantischen Bedeutung des Primes „oben“ sowie bei der Kombination von [2] und „unten“ höher ist als bei den anderen Kombinationen (also [8] und „unten“ und [2] und „oben“).

Hypothese 3: Im Sinne von Hypothese 2 entspricht eine Bewegung nach links einer Bewegung nach unten und eine Bewegung nach rechts einer Bewegung nach oben. Entsprechend führt eine Kombination der Antworttaste [6] mit der semantischen Bedeutung des Primes von „oben“ sowie eine Kombination von [4] und „unten“ zu einer höheren Häufigkeit richtiger Antworten als die Kombinationen von [4] und „oben“ und [6] und „unten“.

Hypothese 4: Die Häufigkeit korrekter Antworten bezüglich der semantischen Bedeutung des Primes ist bei fixem Mapping höher als bei variablem.

Hypothese 5: Die Häufigkeit korrekter Antworten bezüglich der semantischen Bedeutung des Primes ist höher als dies durch Zufall zu erwarten wäre. Dies bedeutet, dass die gefundenen Effekte vorangehender Hypothesen sich nicht nur in Bezug aufeinander

unterscheiden, sondern auch mit dem Zufall verglichen sich signifikant von diesem (also von 0) unterscheiden.

### 3. Empirischer Teil

#### Stichprobe

27 Studenten (18 weiblich) mit einem mittleren Alter von 22,5 Jahren nahmen an Experiment 1 und weitere 10 (8 weiblich) nahmen an Experiment 2 teil. Kein Teilnehmer von Experiment 1 nahm auch an Experiment 2 teil. Alle Teilnehmer hatten normales oder korrigiertes Sehvermögen und erhielten entweder 5€, einen Prüfungsbonus oder sie nahmen ohne Gegenleistung am Experiment teil.

#### Messgeräte

Das Experiment fand an mehreren identischen Macintosh-Computern mit 15 Zoll Flachbildschirmen mit einer Bildwiederholrate von 59,1 Hz statt. Die Eingabe erfolgte mittels der Tasten [2] (unten), [4] (links), [6] (rechts) und [8] (oben) auf dem Numpad einer deutschen Standard-Tastatur. Nach jedem Durchgang musste der Proband den rechten Zeigefinger über der [5] ruhen lassen, ohne diese Taste jedoch zu betätigen. Die Testpersonen saßen in einem Abstand von 60 cm vor dem Bildschirm in einem ruhigen, schwach beleuchteten Raum, wobei ihr Kopf in einer Kinnstütze ruhte, um eine konstante Blickrichtung und Entfernung vom Bildschirm zu gewährleisten.

#### Untersuchungsplan und -ablauf

Um die Varianz der Diskriminationsleistungen zu erhöhen wurde eine geringe Form der Maskierung verwendet. Während Kiefer & Brendel (2006) eine Darbietungsdauer der Masken für einen maximalen Maskierungseffekt von zumindest 200 Millisekunden (ms) empfehlen, beträgt diese in den vorliegenden Experimenten lediglich 30 ms. Es ist folglich davon auszugehen, dass die Primes nicht optimal maskiert sind und somit – zumindest teilweise und von manchen Personen – bewusst wahrnehmbar sind.

Die Stimuli wurden in schwarz (Luminanz  $< 0,1$  cd/m<sup>2</sup>) auf grauem Hintergrund (Luminanz = 120 cd/m<sup>2</sup>) präsentiert. Jeder Durchgang begann mit einem Fixationskreuz, das für 200 ms sichtbar war. Darauf wurde ein Schriftzug mit zehn Großbuchstaben für 30 ms in der Mitte des Bildschirms präsentiert, die Vorwärtsmaske. Die Buchstaben (Arial, Schriftgröße 40 Pixel) waren eine Zufallsstichprobe aus dem Alphabet. Nach dieser ersten Maske folgte das Prime-Wort für weitere 30 ms. Dieses hatte immer die semantische

Bedeutung „unten“ oder „oben“ und wurde zufällig aus folgender Liste an Wörtern gewählt: abwärts, herab, hinab, sinkend, darunter, unten, gesenkt, niedrig, tief, abfallend sowie aufwärts, hinauf, aufsteigend, empor, darüber, steigend, hoch, oben, gestiegen und erhöht. Der Pool, sowohl für Primes als auch für Targets, bestand demnach aus 20 Wörtern, von denen zehn in etwa „unten“ und zehn „oben“ auf einer vertikalen Achse bedeuten oder zumindest eindeutig damit assoziiert sind.

Nach der Darbietung des Primes für 30ms folgte eine weitere Reihe an Großbuchstaben, die Rückwärtsmaske. Diese folgte denselben Regeln wie die zuvor beschriebene Vorwärtsmaske – auch sie wurde zufällig zusammengestellt und sie bestand nicht aus derselben Buchstabenfolge wie die Vorwärtsmaske. Nach dieser zweiten Maske folgte das – vergleichsweise – gut sichtbare Target, das aus demselben Pool an Items gezogen wurde wie der Prime (*Abbildung 1*) – mit der einzigen Einschränkung, dass Prime und Target nicht das gleiche Wort sein durften. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Wort derselben Bedeutungskategorie nachfolgte betrug trotzdem 50%. Das Target – obwohl hier eigentlich nur ein Reiz-Dummy bzw. ein Ablenkungswort – nimmt genau jene Position ein, in der auch normalerweise bei Priming-Experimenten jener Zielreiz positioniert wird, auf den der Priming-Reiz wirken soll. Da unsere Experimente jedoch direkte Messungen darstellen, denen es einzig um die Sichtbarkeit des Primes und nicht um die Wirkung, die das Target auf den Prime hat, geht, ist das Target in diesem Sinne irrelevant. Es könnte jedoch auf eine andere Art bedeutsam werden: Die Experimentalbedingungen wurden wie bei einem Primingexperiment in kongruent (Prime und Target habe dieselbe räumliche Bedeutung) und inkongruent (Prime und Target haben verschiedene räumliche Bedeutung) eingeteilt. Es ist nun möglich, dass Kongruenzeffekte zu beobachten sind – nicht jedoch wie in Primingexperimenten üblich, dass der Prime auf das Target wirkt, sondern umgekehrt: dass die Diskriminationsfähigkeit des Primes davon beeinflusst wird, ob das Target (der Reiz-Dummy) dieselbe Bedeutung hat oder nicht.

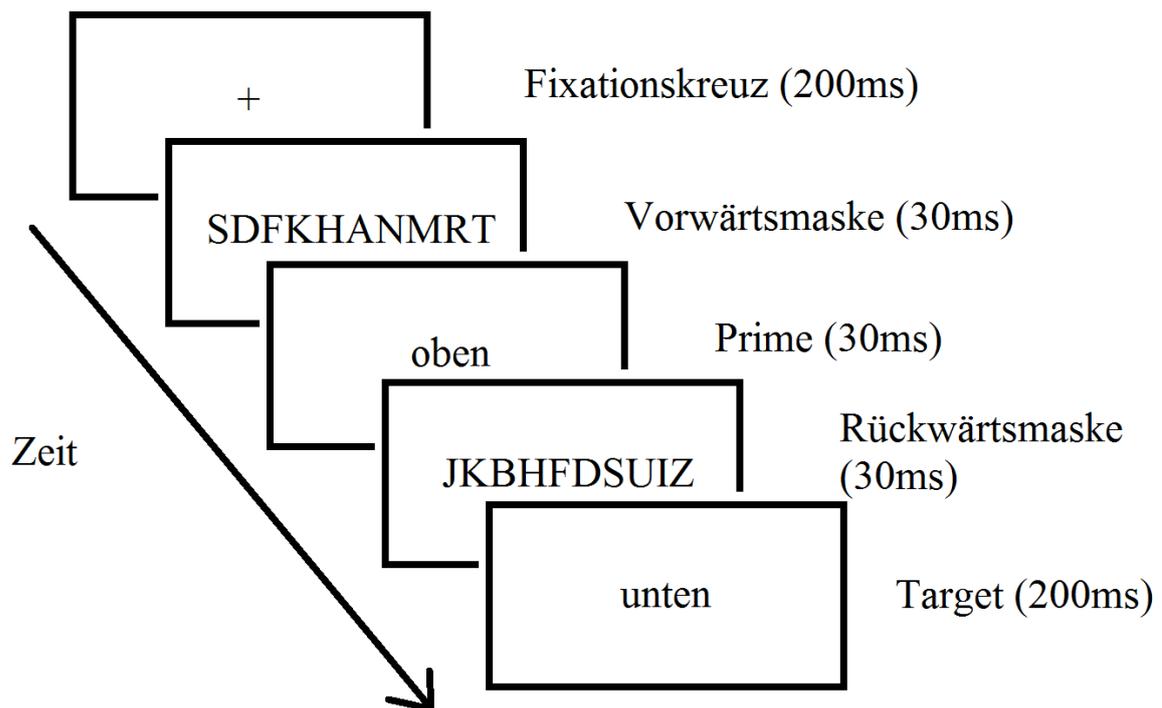


Abbildung 1: Ablauf der Stimuli in einem inkongruenten Durchgang

Um einzugeben, welche räumliche Bedeutung des Primes beobachtet wurde, mussten die Probanden eine Taste auf dem Numpad der Tastatur betätigen. Nach jeder solchen Antworteingabe mussten sie den Finger wieder zurück über die Taste [5] am Numpad legen. Die möglichen Antworteingabetasten waren die dieser Taste benachbarten, also [2] (darunter), [4] (links davon), [6] (rechts davon) und [8] (darüber). In der kompatiblen Bedingung mit fixem Mapping musste, wenn die semantische Bedeutung des Primes auf „oben“ eingeschätzt wurde, die Taste [8] betätigt werden und bei Beobachtung von „unten“ die Taste [2]. In der inkompatiblen Bedingung musste für oben die [2] und für unten die [8] betätigt werden und in der „neutralen“ für oben die [6] und für unten die [4] (kompatible Bedingung) bzw. umgekehrt (inkompatible Bedingung). „Neutral“ ist hier in Anführungszeichen gesetzt, da Cho und Proctor (2003) zufolge links mit unten und rechts mit oben assoziiert ist und dies hier im Sinne von kompatiblen und inkompatiblen Mapping überprüft wird. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die möglichen Bedingungen im verwendeten Versuchsdesign.

Tabelle 1: Die verschiedenen Primes (Oben; Unten) und Antwortmöglichkeiten (nach oben = ↑; nach unten = ↓; nach rechts = →; nach links = ←) und deren Kompatibilitätsrelation als Funktion ihrer Stimulus-Response-Mappings.

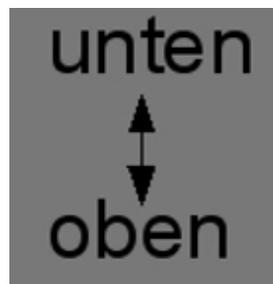
In Experiment 1 erhielt jeder Teilnehmer zwei fixe und zwei variable Blöcke. Bei dem einem fixen Block waren die Antwortmöglichkeiten  $\uparrow$  (nach oben / Taste [8]) und  $\downarrow$  (nach unten / Taste [2]), bei dem anderen  $\rightarrow$  (nach rechts / Taste [6]) und  $\leftarrow$  (nach links / Taste [4]). Erstgenannter Block entspricht den Bedingungen eins und zwei der Tabelle, letztgenannter Bedingung drei und vier. Die beiden variablen Blöcke waren geteilt in einen, in dem nur  $\uparrow$  und  $\downarrow$  als Antwortalternativen möglich waren und einen, in dem nur  $\rightarrow$  und  $\leftarrow$  zur Auswahl stand. Die Reihenfolge dieser vier Blöcke wurde systematisch zwischen den Probanden variiert.

Experiment 2 folgte denselben Regeln, nur wurden hier jeder Testperson alle Bedingungen vorgegeben, um eine vollfaktorielle Auswertung zu ermöglichen.

Bedingung	Prime	Antworteingabe	Kompatibilität	Mapping
1	Oben	$\uparrow$	Kompatibel	Fix
	Unten	$\downarrow$		
2	Oben	$\downarrow$	Inkompatibel	Fix
	Unten	$\uparrow$		
3	Oben	$\rightarrow$	Neutral	Fix
	Unten	$\leftarrow$		
4	Oben	$\leftarrow$	Neutral	Fix
	Unten	$\rightarrow$		
5	Oben	$\uparrow$	Kompatibel	Variabel
	Unten	$\downarrow$		
	Oben	$\downarrow$	Inkompatibel	
	Unten	$\uparrow$		
6	Oben	$\rightarrow$	„Neutral“	Variabel
	Unten	$\leftarrow$	„Neutral“	
	Oben	$\leftarrow$		

	Unten	→		
--	-------	---	--	--

Das Mapping wurde immer nur für einen ganzen Block variiert – d.h. ein ganzer Block an Items wurde entweder fix oder variabel vorgegeben. Bei fixem Mapping wurde dem Probanden am Anfang des Blocks mitgeteilt, mit welcher Taste er auf Primes mit der semantischen Bedeutung oben und mit welcher auf Primes mit der Bedeutung unten zu reagieren habe. Diese Bedeutung änderte sich dann für den ganzen Block nicht mehr. Bei variablem Mapping wurde erst nach Darbietung aller Reize, also der Darbietung des Targets nachfolgend, mittels eines Bildes mitgeteilt, welche Taste für oben und welche für unten zu drücken sei (*Abbildung 2*). Die Instruktion war sichtbar, bis eine Antworteingabe erfolgte. In dieser und allen anderen Bedingungen gab es kein Zeitlimit bis zu dem eine Reaktion hätte erfolgen müssen, die Eingabe einer Antwort war allerdings verpflichtend – es bestand keine Möglichkeit ein Item zu überspringen und die Testperson konnte sich nur zwischen den beiden Alternativen oben und unten entscheiden. Berichtete eine Testperson, sie wisse die Antwort nicht oder sie habe keinen Priming-Reiz wahrgenommen, so wurde ihr mitgeteilt, sie habe in allen diesen Fällen zu versuchen, seine Bedeutung zu erraten.



*Abbildung 2*: Beispiel anhand einer inkongruenten Bedingung mit vertikaler Antwortachse für die Instruktion, welche Taste bei variablem Mapping für oben und welche für unten zu drücken ist. Dieses Bild erschien jeweils erst nach der Darbietung des Targets und blieb bis eine Taste gedrückt wurde.

Vor jedem Block wurden die Probanden über den nachfolgenden Block instruiert. Ihnen wurde in der Bedingung mit fixem Mapping mitgeteilt, mit dem Betätigen welcher Taste sie auf einen Prime mit der Bedeutung „oben“ und mit welcher sie auf einen Prime mit Bedeutung „unten“ zu reagieren hatten. Im variablen Mapping wurden die Probanden aufgefordert, sich entsprechend der Instruktion (*Abbildung 2*) am Ende jedes Durchgangs

zu verhalten. Die Reihenfolge der auftretenden Bedingungen war, bezüglich Mapping und richtiger Antwort, pseudorandomisiert und innerhalb jedes Blocks ausgeglichen.

In Experiment 1 wurde den Testpersonen je Block zweimal die Gelegenheit zu einer Pause unbegrenzter Dauer gegeben, insgesamt also achtmal. Zusätzlich bestand in der Instruktionsphase die Gelegenheit, sich Zeit zu nehmen. Auch in Experiment 2 bestand insgesamt achtmal die Möglichkeit zu pausieren, gleichmäßig über die Blöcke verteilt. Aufgrund des anderen Designs von Experiment 2 bedeutet dies, dass in jedem der vier fixen Blöcke einmal die Möglichkeit zur Pause und in jedem der zwei variablen Blöcke diese Option zweimal gegeben wurde. Aufgrund der Tatsache, dass es in Experiment 2 sechs Instruktionsphasen gab, bestanden sogar noch mehr Pausenmöglichkeiten. Entgegen der Erwartung, dass durch diese zusätzlichen Pausenmöglichkeiten und zusätzlicher 20 Items – deren Zustandekommen im nachfolgenden Unterpunkt *„Unterschiede Experiment 1 – Experiment 2“* erklärt wird – sich die Testdauer von Experiment 2 kaum von der von Experiment 1 ab.

In beiden Experimenten wurde den Testpersonen ausführlich erklärt, dass der „gut sichtbare zweite Reiz“ – also das Target – irrelevant und zu ignorieren sei. Sie wurden weiters darauf hingewiesen, dass sowohl Prime als auch Target Wörter mit der semantischen Bedeutung „oben“ und „unten“ sind, sie demselben Wort-Pool entstammen und dass das Auftreten von beiden Bedeutungen gleich wahrscheinlich ist.

### **Unterschiede Experiment 1 – Experiment 2**

In Experiment 1 startete die eine Hälfte der Testpersonen mit der Bearbeitung der horizontalen Antwortachse und die andere mit der vertikalen. Die Zuordnung zu den Bedingungen „kompatibel“ und „inkompatibel“ innerhalb dieser Mappings erfolgte ausgeglichen über die Testpersonen hinweg. Dabei bearbeitete eine Person zwei fixe und zwei variable Blöcke, wobei jeweils einer eine horizontal und einer eine vertikal zu bearbeitende Antwortachse aufwies. Zu beachten ist hierbei allerdings, dass eine Person in den fixen Bedingungen stets nur kompatible *oder* stets nur inkompatible Mappings zu bearbeiten hatte, während in den variablen Bedingungen die Kompatibilität von Durchgang zu Durchgang pseudozufällig variierte, da das jeweils korrekte Antwortmapping erst am Ende jedes Durchgangs bekannt gegeben wurde. Jeder Block bestand aus 250 Durchgängen, denen je 10 Übungsdurchgänge vorausgingen, die nicht ausgewertet wurden.

Aufgrund dieses Designs konnte mit Experiment 1 keine vollfaktorielle ANOVA (Varianzanalyse) gerechnet werden und Experiment 2 wurde entworfen, bei dem nun jede Testperson alle sechs in Tabelle 1 erklärten Blöcke absolvieren musste. Aufgrund der daraus zwingend folgenden erhöhten Testzeit, wäre die Studie für Freiwilligentestungen nur mehr bedingt zumutbar gewesen und es stand zu befürchten, dass es viele Testabbrüche geben werde. Deshalb wurde die Gesamtanzahl an Items beibehalten, was in einer geringeren Itemanzahl je vorgegebenem Block resultierte. Experiment 2 verwendete für „Fixe Bedingung vertikal mit kompatibellem Mapping“, „Fixe Bedingung vertikal mit inkompatiblen Mapping“, „Fixe Bedingung horizontal mit kompatibellem Mapping“, „Fixe Bedingung horizontal mit inkompatiblen Mapping“ jeweils 120 Durchgänge plus jeweils 10 Testdurchgängen „Variable Bedingung horizontal“ und „Variable Bedingung vertikal“ wurden jeweils mit 240 Durchgängen plus 10 Testdurchgängen bedacht – um auf eine gleiche Itemanzahl für Variable und fixe Bedingung zu kommen. Genau genommen verfügt Experiment 2 nun über 20 mehr vorgegebene Items, die zwar allesamt nicht ausgewertet wurden, aufgrund der leicht erhöhten Dauer sich allerdings möglicherweise auf Motivation und/oder Konzentrationsvermögen ausgewirkt haben könnten. Aufgrund der insgesamt großen Itemanzahl und der Möglichkeit, Pausen individuell gewünschter Länge zu nehmen, steht allerdings zu erwarten, dass diese wenigen Zusatzitems keinen bedeutenden Einfluss auf das Gesamtergebnis hatten.

Ein weiterer Unterschied zwischen Experiment 1 und Experiment 2 besteht darin, dass aufgrund der Vorgabe jeder Bedingung an jede Testperson die Testpersonen nun mit fünf verschiedenen, anstatt mit nur drei Instruktionen konfrontiert wurden (die Instruktion der variablen Bedingung war immer dieselbe). Ob dieser Unterschied zu verändertem Testverhalten geführt hat, lässt sich im Rahmen dieser Forschungsarbeit allerdings nicht beantworten.

## 4. Ergebnisse

### Signalentdeckungstheorie

Um die Ergebnisse bezüglich der Sichtbarkeit von Primes darzustellen, wurde die Signalentdeckungstheorie (Green & Swets, 1966, zitiert nach Khalid et. al., 2011) angewandt. Dabei ist von Bedeutung, dass nicht nur die bloße Anzahl an richtigen Antworten über die Bedeutung eines Primes gezählt wird, sondern diese mit den falschen Antworten in ein Verhältnis gesetzt und vergleichbar gemacht wird.

Betrachten wir diese Theorie nun en Detail, um größtmögliche Sorgfalt bei der Auswertung der Daten zu gewährleisten. Wann immer es um die Differenzierungsleistung von schwer zu detektierenden Reizen geht – z.B. ob ein Reiz vorliegt oder nicht – stehen wir vor dem Problem, dass die Möglichkeit zu raten die Messung der tatsächlichen Differenzierungsleistung beeinträchtigt und zu sinnverfälschenden Ergebnissen führen kann. Nehmen wir z.B. an, einer Testperson werden visuelle Reize für sehr kurze Zeit dargeboten – oder kein Reiz als Kontrollbedingung in 50% der Fälle – und diese Person muss nun entscheiden, ob in dem vorangegangenen Durchgang ein Reiz sichtbar war oder nicht. In dem vergleichsweise einfachen Fall, dass der Reiz tatsächlich nicht sichtbar ist – d.h. dass die Person unabhängig davon antwortet, ob tatsächlich ein Reiz sichtbar war oder nicht – erwarten wir auf lange Sicht immer eine Trefferquote von 50%. Es liegt nun auf der Hand, dass weder das Antwortverhalten, im Zweifelsfall immer anzugeben, es sei ein Reiz dargeboten worden, noch es sei eben kein Reiz dargeboten worden, von einer besseren Differenzierungsleistung zeugt. Aus dem ersten Beispiel, in unserem konkreten Fall also, dass die Testperson einfach immer angibt, einen Reiz wahrgenommen zu haben, ergibt sich theoretisch eine Detektionsleistung von 100% - alle relevanten Reize wurden erkannt. Dahingegen erreicht letztere Person nur eine Detektionsleistung von 0%, da sie keinen einzigen relevanten Reiz erkannt hat. Offensichtlich hat erstere Person allerdings auch alle Durchgänge, in denen kein Reiz auftrat, als Reiz klassifiziert und somit ebenso viele falsche wie richtige Antworten erzielt. In dieser Hinsicht ist sie letzterer Person ebenbürtig und auch einer Person, die gänzlich per Zufall jeden Durchgang die richtige Lösung rät. Nach Green & Swets (1966, zitiert nach Khalid et. al., 2011) muss die Detektionsleistung folglich abhängig gemacht werden von der Anzahl an Fehlern, die eine Testperson macht. Diese korrigierte Detektionsleistung muss nun auch von den möglichen Effekten von

Antworttendenzen bereinigt sein. So sei in unserem Beispiel die Auftretenswahrscheinlichkeit eines Reizes nur 10%. Nun scheint die Differenzierungsleistung der Person, die immer sagt, kein Reiz sei sichtbar, viel besser zu sein, als die derjenigen Person, die immer angibt, einen Reiz wahrzunehmen. Um auch diese Effektgröße zu erkennen und mithilfe statistischer Verfahren, unabhängig von Auftrittswahrscheinlichkeit eines Reizes und Antworttendenz der Testperson die tatsächliche Diskriminationsleistung allein aus den Rohwerten schließen zu können, führen Green & Swets (1966, zitiert nach Khalid et. al., 2011) das *Sensitivitätsmaß*  $d'$  ein. Dieses berechnet sich aus den relativen Häufigkeiten der Fehler – also der Fehler in Abhängigkeit der Gelegenheiten, diese zu machen – und denen der korrekten Antworten. Mit diesen beiden Werten wird die sogenannte  $z$ -Transformation durchgeführt, um sie vergleichbar zu machen. Diese Operation sei in einem kurzen Einschub erläutert.

---

### *Z-Transformation*

Um Daten aus verschiedenen Messungen vergleichbar zu machen, müssen sie in Bezug auf Erwartungswert und Varianz angeglichen werden. Die  $z$ -Transformation leistet dies, indem sie von einer Zufallsvariablen den Mittelwert der Population, der sie entstammt, subtrahiert und dieses Ergebnis durch die Varianz der Stichprobe dividiert:

$$z = (\bar{X} - \mu) / \sigma$$

Eine so transformierte Zufallsvariable besitzt somit den Erwartungswert 0 und eine Standardabweichung, sowie Varianz von 1 und kann somit mit jeder beliebigen anderen  $z$ -transformierten Zufallsvariablen direkt verglichen werden.

---

Durch Subtraktion des  $z$ -Werts der Fehler von dem der korrekten Antworten erhalten wir wiederum einen einfach zu handhabenden  $z$ -Wert, und zwar das Sensitivitätsmaß  $d'$ , das Richtung und Stärke der Diskriminationsleistung widerspiegelt. Ein  $d'$ -Wert von 0 bedeutet, dass keine Diskriminationsfähigkeit gegeben ist – egal ob diese „Leistung“ durch Raten oder durch eine unpassende Antworttendenz (wie z.B. immer anzugeben, einen Reiz zu sehen bzw. keinen zu sehen). Das Sensitivitätsmaß bevorzugt auch weder konservative Schätzer (im Zweifelsfall keinen Reiz gesehen) noch liberale Schätzer (im Zweifelsfall einen Reiz zu viel gesehen). Je höher das Sensitivitätsmaß ist, desto besser die

Diskriminationsfähigkeit der Testperson. Ein negatives  $d'$  schließlich deutet auf Verständnisprobleme der Aufgabe oder bewusste Verfälschung der Ergebnisse hin.

Tabelle 2: Üblicherweise verwendete Vierfeldertafel zur Signalentdeckungstheorie)

	<b>Signal vorhanden</b>	<b>kein Signal vorhanden</b>
<b>Entdeckt</b>	Treffer (engl. hit)	Falscher Alarm (falsch positiv, engl. false alarm)
<b>Nicht entdeckt</b>	Verpasser (falsch negativ, engl. miss / false rejection)	Korrekte Ablehnung (engl. correct rejection)

Tabelle 3: Vierfeldertafel für Experiment 1 und Experiment 2 vorliegender Arbeit. Sowohl Reiz als auch Antwort können die semantische Bedeutung „oben“ oder „unten“ annehmen. Stimmen diese beiden überein, so wird das Ergebnis als korrekt gewertet, in jedem anderen Fall als Fehler

	<b>Reiz „oben“</b>	<b>Reiz „unten“</b>
<b>Antwort „oben“</b>	Korrekte Antwort	Falscher Alarm
<b>Antwort „unten“</b>	Verpasser	Korrekte Ablehnung

Sowohl in Experiment 1 als auch in Experiment 2 errechnet sich das Sensitivitätsmaß  $d'$  aus den Tabelle 3 zu entnehmenden Fällen korrekter bzw. falscher Antworten wie folgt:

$$d' = z\text{-Wert}(\text{Treffer}) \text{ minus } z\text{-Wert}(\text{Falscher Alarm})$$

Wie Tabelle 3 entnommen werden kann, verwendet das dergestalt ermittelte Sensitivitätsmaß den Reiz „oben“ als das Signal und den Reiz „unten“ als Rauschen bzw. als das Fehlen eines Signals. Die Auswertung beschränkt sich somit auf diejenigen Durchgänge, in denen mit „oben“ geantwortet wurde und lässt Durchgänge, in denen mit „unten“ geantwortet wurde – unabhängig von deren Richtigkeit – außer Acht. Dabei ist irrelevant, mit welcher Taste diese Antwort zustande gekommen ist. Es gilt jedoch, sich immer im Hinterkopf zu behalten, dass es sich bei  $d'$  um eine Rate handelt, die beiden Variablen „Treffer“ und „Falscher Alarm“, die  $d'$  konstituieren sind z-Transformiert

die Ausprägungen von  $d'$  um 0 bedeuten eine Diskriminationsleistung um das Zufallsniveau herum, während bei steigender Leistung, zwischen „oben“ und „unten“ zu unterscheiden,  $d'$  unbegrenzt ansteigt.

## Experiment 1

In den Bedingungen „fix horizontal“ und „variabel vertikal“, egal ob mit kompatibellem oder inkompatiblen Mapping und in den Bedingungen „variabel horizontal“, unabhängig davon, ob für „oben“ [4] oder [6] gedrückt werden musste – in allen diesen Fällen zeigte sich ein signifikanter Effekt bezüglich Kongruenz. Bedeuten beide Wörter dasselbe, so ist das Sensitivitätsmaß  $d'$  höher als in Fällen, in denen beide Wörter unterschiedliche Bedeutungen haben. Die dazu verwendeten t-Tests sind Bonferroni-korrigiert und in Tabelle 4 nachzulesen. Die Bonferroni-Korrektur ist ein statistisches Mittel, das der Alphafehler-Kumulierung, also der erhöhten Wahrscheinlichkeit, dass ein signifikantes Ergebnis aufgrund der Tatsache auftritt, dass viele unabhängige Einzelhypothesen getestet werden, entgegenwirkt. Sie stellt nur eine grobe Näherung an das tatsächlich notwendige Signifikanzniveau dar und gilt als ausgesprochen konservativ (d.h. es müssen große Effekte vorhanden sein, damit nach der Bonferroni-Korrektur noch etwas signifikant wird). In der Bedingung „fix vertikal“ wurde zwar das normale 5%-, nicht jedoch das korrigierte Signifikanzniveau erreicht. Die Treffer und falschen Alarme im Einzelnen sind in *Abbildung 3* zu sehen. Die Graphiken zeigen die Funktion der Anzahl an richtigen Antworten als Funktion (1-Rate an falschen Alarmen).

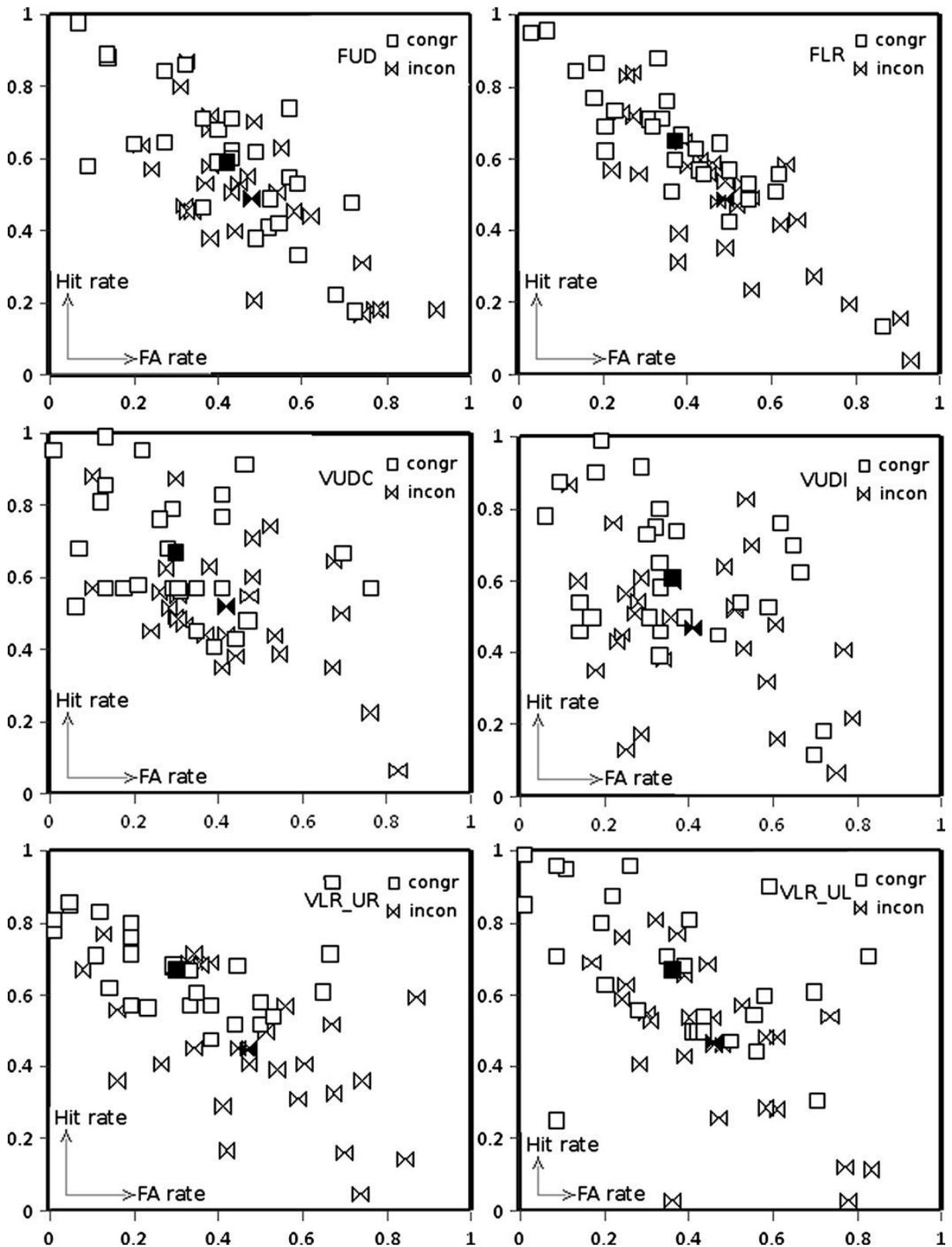


Abbildung 3: Individuelle (weiß) und durchschnittliche (schwarz) Trefferraten der Testpersonen von Experiment 1 werden in der y – Achse dargestellt; die Rate an falschen Alarmen spiegelt sich in der x- Achse wider. Dargestellt werden diese Treffer- und Falsche-Alarm-Raten als Funktion der sechs verschiedenen (hier aussagekräftigen) Bedingungen des Mappings und der Ausprägung der Kongruenz (kongruent = Quadrat; inkongruent = zwei Dreiecke). Einer perfekten

Diskriminationsleistung entspricht die Position links oben in jeder der Grafiken. Eine derartige Platzierung bedeutet, dass eine Testperson alle „oben“-Reize als solche erkannte und in keinem anderen Fall „oben“ als Lösung angegeben hat. Eine niedrige bzw. keine Diskriminationsleistung liegt vor, wenn das Symbol in der Mitte positioniert ist, da die Ratewahrscheinlichkeit in allen Fällen genau 50% beträgt. Mit steigender Diskriminationsleistung kann erwartet werden, dass die Symbole von der Mitte nach links oben „wandern“. Symbole außerhalb dieser imaginären Linie können als Zufall oder mangelndes Instruktionsverständnis gedeutet werden. Diese Form der Darstellung allein ist allerdings für eine Interpretation nicht ausreichend, da sie anfällig für verfälschende Antworttendenzen ist. Eine Person, die immer nur die Antworttaste „oben“ drückt, würde eine perfekte Trefferrate erzielen, bei gleichzeitig schlechtestmöglicher Falscher-Alarm-Rate. Allein aus der Grafik lassen sich diese Fälle jedoch nicht identifizieren, da nicht nachverfolgt werden kann, welches Quadrat zu welchem Dreieck gehört. Die hier dargestellten Daten zeigen, dass die Prime-Erkennungsleistung in der kongruenten, nicht aber in der inkongruenten Bedingung über dem Zufallsniveau lag. Dies gilt für alle sechs Bedingungen. (F = fixes Mapping; V = variables Mapping; UD = Antwortmöglichkeiten waren oben und unten; LR = Antwortmöglichkeiten waren links und rechts; C = kompatible Bedingung (Antworttaste [8] für oben); I = inkompatible Bedingung (Antworttaste [2] für oben); congr = kongruente Bedingung (Prime und Target haben die gleiche Bedeutung); incon = inkongruente Bedingung (Prime und Target haben unterschiedliche Bedeutung); UR = Primes mit der Bedeutung „oben“ verweisen auf die Antworttaste [6], was einer Bewegung des Fingers nach rechts entspricht (parallel dazu muss in dieser Bedingung für Primes mit der Bedeutung „unten“ die Taste [2] gedrückt werden); UL = Primes mit der Bedeutung „oben“ verweisen auf die Taste [2]) Es ist zu beachten, dass in der fixen Bedingung nicht zwischen kompatibler und inkompatibler Bedingung unterschieden wurde, da diese Variable im Versuchsdesign von Experiment 1 nur interindividuell variierte. Keine der Testpersonen in Experiment 1 bearbeitete sowohl kompatible als auch inkompatible Items mit fixem Mapping.

Grafik mit freundlicher Genehmigung aus Khalid et. al. (2011).

Tabelle 4: Resultate der t-Tests gegen die Hypothese, die als Primes eingesetzten Reize seien nicht sichtbar ( $d' = 0$ ) über die verschiedenen Bedingungen von Experiment 1 hinweg. Alle Tests wiesen 26 Freiheitsgrade auf. (Signifikanzniveau 2-seitig; KI = Konfidenzintervall: untere Grenze-obere Grenze; F = fixes Mapping; V = variables Mapping; OU = Antwortmöglichkeiten oben und unten ([2] und [8]), also vertikale Antwortachse; LR = Antwortmöglichkeiten links und rechts ([4] und [6]), also horizontale Antwortachse; K = kompatibles Mapping (also z.B. [8] für „oben“); I = inkompatibles Mapping (also z.B. [2] für „oben“); kongr. = kongruente Bedingung (Prime und Target haben die gleiche semantische Bedeutung); inkongr. = inkongruente Bedingung (Prime und Target haben unterschiedliche Bedeutung); OR = Primes mit der Bedeutung „oben“ verlangten Tastendruck nach rechts [6] (und Primes mit der Bedeutung „unten“ verlangten Tastendruck in die andere Richtung [4]); OL = Primes mit der Bedeutung „oben“ verlangten Tastendruck nach links [4] (und die mit Bedeutung „unten“ wiederum einen Tastendruck in die andere Richtung [6]) Um Signifikanzeffekte durch die bloße Anzahl an Tests zu vermeiden, wurden die Daten Bonferroni-korrigiert, wodurch sich das Signifikanzniveau auf  $0,05/12 = 0,004$  veränderte. Wie der Tabelle entnommen werden kann, werden bei diesem konservativen Signifikanzniveau alle kongruenten  $d'$ -Werte mit Ausnahme jener in der Bedingung FOU\_kongr. signifikant (vgl. Khalid et. al., 2011).

Tests	D'	Signifikanzniveau	Mittelwert d'	95% KI von d'
FOU_kongr.	2,49	<b>0,020</b>	0,53	0,09-0,97
FOU_inkongr.	-0,05	0,958	-0,01	-0,04-0,38
FLR_kongr.	3,79	<b>0,001</b>	0,83	-0,49-0,39
FLR_inkongr.	-0,23	0,820	-0,05	-0,49-0,39
VOUK_kongr.	5,34	<b>0,000</b>	1,13	0,69-1,57
VOUK_inkongr.	1,13	0,271	0,19	-0,16-0,55
VOUI_kongr.	3,8	<b>0,001</b>	0,78	0,36-1,21
VOUI_inkongr.	1,13	0,270	0,22	-0,18-0,63
VLR_OR_kongr.	6,19	<b>0,000</b>	1,05	0,7-1,41
VLR_OR_inkongr.	-0,3	0,764	-0,06	-0,49-0,37
VLR_OL_kongr.	3,98	<b>0,000</b>	0,95	0,46-1,45
VLR_OL_inkongr.	-0,14	0,892	-0,03	-0,46-0,4

Um  $d'$  in Verbindung mit den anderen unabhängigen Variablen zu setzen, wurden drei ANOVAS durchgeführt. In allen ANOVAS wurde ein Signifikanzniveau von 5% angenommen und alle Follow-up Tests wurden hier und in der gesamten Arbeit Bonferroni-korrigiert. Aufgrund des Versuchsdesigns von Experiment 1 kann keine vollfaktorielle ANOVA gerechnet werden, weshalb die Daten in einer ersten ANOVA ohne Berücksichtigung, ob eine kompatible (also z.B. Taste [8] für „oben“) oder inkompatible (also z.B. Taste [2] für „oben“) Bedingung vorliegt, untersucht wurden. Auf einen möglichen Effekt der Kompatibilität wird im Anschluss an die Diskussion dieser Varianzanalyse eingegangen. Zuvor sei jedoch kurz auf die verwendeten Kürzel eingegangen.

$F(x,y) = z$  bedeutet: die Testgröße „ $F$ “ der ANOVA mit den beiden Faktoren  $x$  (Anzahl der Ausprägungen der Variablen  $- 1$ ) und  $y$  (Anzahl der Testpersonen  $-1$ ) =  $z$  (zu interpretierende Testgröße).

$p < 0,05/0,01$  bedeutet, dass der eben ermittelte  $F$ -Wert ( $z$ ) bei einem Signifikanzniveau von 0,05 bzw. 0,01 Signifikanz erreicht. Das heißt, dass eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% bzw. 1% besteht, dass ein Effekt behauptet wird, obwohl keiner vorliegt.

**Partielles  $\eta^2$**  beschreibt den Anteil der Varianz einer abhängigen Variablen, die durch den aktuellen Faktor erklärt wird. Je höher  $\eta^2$ , desto besser sagt der Faktor die Ausprägung einer Variablen voraus.

Diese erste ANOVA kommt zu dem Ergebnis eines signifikanten Effekts der Kongruenz,  $F(1,26) = 8,29$ ,  $p < 0,01$ , partielles  $\eta^2 = 0,24$ , wobei die Differenzierungsleistung in kongruenten Durchgängen ( $M = 0,83$ ) besser war, als in inkongruenten ( $M = 0,03$ ). Das heißt, dass es den Testpersonen einfacher gefallen ist, einen Prime richtig zu identifizieren, wenn das Target die gleiche Bedeutung hatte wie der Prime. Ob diese bessere Fähigkeit daran liegt, dass in kongruenten Bedingungen weniger Verwechslungen passieren, oder ob die Verwechslung von Prime und Target einfach in der kongruenten Bedingung nicht auffällt, da ja auch das Erkennen des Targets zu einer objektiv richtigen Antwort führt, lässt sich an dieser Stelle nicht entscheiden. Eine weitere wichtige Unterscheidung, deren Einfluss von Khalid et. al. (2011) gemessen wurde, tut sich hier auf: die Ähnlichkeit zwischen Prime und Target. Hier sei nur angemerkt, dass die Ähnlichkeit durchaus einen Effekt auf die Sichtbarkeit des Primes hat – und zwar insofern, als geringe Ähnlichkeit zwischen Prime und Target zu besserer Differenzierungsleistung führt.

Diese ANOVA zeigte darüber hinaus einen signifikanten Haupteffekt bezüglich Mapping,  $F(1,26) = 4,27$ ,  $p < 0,05$ , partielles  $\eta^2 = 0,14$ , wobei bei variablem Mapping bessere Ergebnisse ( $M = 0,53$ ) erzielt wurden, als bei fixem ( $M = 0,33$ ). Zusätzliche t-Tests zeigten, dass sich  $d'$  in der kongruenten Bedingung signifikant von 0 unterschied,  $t(26) = 4,74$ ,  $p < 0,01$ . Dies war allerdings nur in kongruenten und nicht in der inkongruenten Bedingung der Fall ( $t < 1,00$ ). Darüber hinaus war das durchschnittliche  $d'$  in fixem sowie variablem Mapping signifikant von 0 unterschieden, beide  $t_s(26) > 3,00$ , beide  $p_s < 0,01$ . Interaktion zwischen Mapping und Kongruenz zeigte sich der ANOVA allerdings nicht.

In einer zweiten ANOVA wurden nur diejenigen Daten untersucht, in denen die Testpersonen mit den Tasten [8] und [2] antworteten – also die Bedingungen „fix vertikal“ mit jeweils nach Kompatibilität dazu passendem Anteil an „variabel vertikal“. Um die Daten besser vergleichbar zu machen, wurden bei Testpersonen, die im fixen Teil nur kompatible Blöcke hatten, im variablen Teil auch nur die kompatiblen Durchgänge gewertet und für Testpersonen, die im fixen Teil nur inkompatible Blöcke hatten, wurden im variablen Teil ebenfalls nur die inkompatiblen Durchgänge der Auswertung zugeführt. *Innerhalb* der Testpersonen variierte folglich die Kongruenz (kongruent - inkongruent) und *zwischen* den Testpersonen die Kompatibilität (kompatibel - inkompatibel). Die Auswertung erfolgte ohne Rücksicht auf das jeweilige Mapping. Auch in dieser ANOVA war ein Haupteffekt der Kongruenz nachzuweisen,  $F(26) = 5,07$ ,  $p < 0,05$ , partielles  $\eta^2 = 0,17$ , wobei die Diskriminationsleistung wiederum in der kongruenten Bedingung besser ( $M = 0,67$ ) war, als in der inkongruenten ( $M = 0,09$ ).

Außer diesem Haupteffekt der Kongruenz ließen sich keine weiteren Signifikanzen nachweisen: es lag kein Effekt der Kompatibilität vor und auch keine Wechselwirkung zwischen Kompatibilität und Kongruenz (beide  $F_s < 1,00$ , beide  $p_s > 0,05$ ). Weiters wurde ein t-Test durchgeführt, ob sich  $d'$  in den verschiedenen Kongruenzbedingungen signifikant von 0 unterscheidet. Es zeigte sich, dass  $d'$  sich sehr wohl in der kongruenten Bedingung signifikant von 0 unterscheidet –  $t(26) = 3,47$ ,  $p < 0,01$  – nicht aber in der inkongruenten Bedingung:  $t < 1,00$ ,  $p > 0,05$ .

Parallel zu dieser zweiten ANOVA wurde eine ANOVA durchgeführt, die sich auf die Bedingungen mit den Antworttasten [4] und [6] beschränkte, um mögliche Effekte dieser speziellen Art der Kompatibilität (wie von Cho & Procter, 2003 beschrieben) auf die Kongruenz (kongruent - inkongruent) und das Mapping (fix – variabel) zu untersuchen.

Wie in allen anderen Fällen wurde auch hier ein Kongruenzeffekt gefunden,  $F(26) = 8,85$ ,  $p < 0,01$ , partielles  $\eta^2 = 0,25$  und in Übereinstimmung mit allen anderen Testergebnissen war auch hier die Diskriminationsleistung in der kongruenten Bedingung besser, als in der inkongruenten. Außer diesem Effekt der Kongruenz konnten keine weiteren signifikanten Effekte nachgewiesen werden, d.h. alle  $F_s < 1$ , und alle  $p_s > 0,05$ .

### Systematische Verzerrungen in Experiment 1

Gemäß Wickens (2001, zitiert nach Khalid et. al., 2011) wurden die individuellen Verzerrungen ( $\log \beta$ ) mittels der gleichen ANOVAS wie für  $d'$  errechnet. Keine der ANOVAS zeigte jedoch signifikante Ergebnisse, d.h. alle  $F_s < 1$  und alle  $p_s > 0,05$ .

### Experiment 2

Aufgrund des anderen Experimentaldesigns in Experiment 2 konnte eine vollfaktorielle ANOVA gerechnet werden, mit den Variablen Kongruenz (Prime und Target haben die gleiche Bedeutung = kongruent; sie haben verschiedene Bedeutung = inkongruent), Kompatibilität (Prime und Antworttaste sind kompatibel (z.B. Taste [8] für einen Prime mit der Bedeutung „oben“) oder sie sind inkompatibel (z.B. Taste [2] für „oben“)), Mapping (fix oder variabel) und Achse (vertikal oder horizontal). Die ANOVA über alle Faktoren zeigte einen signifikanten Effekt der Kongruenz,  $F(1,9) = 8,05$ ,  $p < 0,05$ . Wie in allen anderen Bedingungen auch, ist dieser Effekt zugunsten der kongruenten Bedingung, d.h. dass bei gleicher Bedeutung von Prime und Target die Diskriminationsleistung höher ist ( $M = 1,24$ ,  $d'$  range =  $0,57 - 1,75$ ), als bei verschiedener Bedeutung ( $M = 0,48$ ,  $d'$  range =  $0,11 - 0,67$ ). Zusätzlich wurden t-Tests durchgeführt, um zu testen, ob sich das Sensitivitätsmaß  $d'$  signifikant von 0 unterschied. Dies war sehr wohl in der kongruenten Bedingung der Fall,  $t(9) = 6,37$ ,  $p < 0,01$ , nicht aber in der inkongruenten,  $t(9) = 2,11$ ,  $p = 0,06$  – auch wenn im Falle der inkongruenten Bedingung eine Tendenz dazu zu erkennen war, dass die Testpersonen sehr wohl zwischen den beiden Reizen differenzieren konnten. Es steht zu erwarten, dass Experimente mit ähnlichem Design und einer größeren Stichprobe diesen Effekt auch als von 0 unterschiedlich nachweisen können. Außer diesem Kongruenzeffekt konnten keine weiteren signifikanten Effekte gefunden werden, d.h. sowohl Kompatibilität, Mapping als auch Achse hatten keine (signifikanten) Auswirkungen auf die Diskriminationsleistung, alle  $p_s$  waren  $> 0,05$ .

## Überprüfung der Hypothesen

Gegen Ende des theoretischen Teils wurden fünf Hypothesen aufgestellt. Mittels der eben diskutierten Daten gilt es diese Hypothesen nun zu überprüfen. Für alle Hypothesen wurde ein Signifikanzniveau von 0,05 angenommen.

Hypothese 1 besagt, dass Primes mit derselben semantischen Bedeutung besser erkannt werden als welche mit entgegengesetzter. Tatsächlich konnte dieser Kongruenzeffekt quer durch alle Bedingungen gefunden werden. Hypothese 1 kann somit als bestätigt angesehen werden.

Laut Hypothese 2 steigt die Diskriminationsleistung bei kompatibel gegenüber inkompatiblen Antwortmapping. Muss die Testperson also z.B. bei richtiger Lösung „oben“ die Taste [8] drücken, so ist die Häufigkeit richtiger Antworten höher, als wenn sie dafür die Taste [2] drücken muss. Diese Erwartung basiert auf der Tatsache, dass für die Bedeutung „oben“ auch eine Bewegung nach oben ausgeführt werden muss und dies entsprechend der Embodied-Cognition-Theorie im Vergleich zu einer Bewegung nach unten zu besserer Verarbeitung führt. Dieser Effekt konnte jedoch nicht nachgewiesen werden, Hypothese 2 muss somit verworfen werden. Die Embodied-Cognition-Theorie scheint somit auf vorliegendes Experiment auf diese Art nicht anwendbar zu sein.

Hypothese 3 führt die schon verworfene zweite Hypothese weiter. Ihr zufolge erleichtert die Antworttaste [4] die Lösung „unten“ und die Taste [6] die Lösung „oben“. In den vorliegenden Experimenten war dies allerdings nicht der Fall, womit auch Hypothese 3 verworfen werden muss.

Hypothese 4 folgend wirkt sich fixes Mapping förderlich auf die Diskriminationsleistung aus. Auch dieser Effekt konnte nicht beobachtet werden. Hypothese 4 wird somit verworfen.

Hypothese 5 postuliert, dass die gefundenen Effekte nicht nur signifikant hinsichtlich des Unterschieds zur jeweils gegenteiligen Bedingung sind, sondern dass sie auch unterschiedlich von 0 sind, also größer, als durch Zufall zu erwarten wäre. In dem einen Fall, in dem ein Effekt zu beobachten war – der Kongruenzeffekt – erwies dieser sich auch als überzufällig hoch. Hypothese 5 kann somit als bestätigt angesehen werden.

## 5. Diskussion

Die Bedeutung der Ergebnisse vorliegender Studie liegt darin, dass Kenntnisse über die Sichtbarkeit der verwendeten Primes von grundlegender Bedeutung für die Interpretation von Response-Priming-Effekten ist. Die Effekte, die eine bessere oder schlechtere Verarbeitung eines Primes mit sich ziehen wirken sich auf alle nachfolgenden kognitiven Prozesse aus und bedürfen somit Berücksichtigung, um saubere Aussagen über kausale Zusammenhänge in Response-Priming-Experimenten treffen zu können.

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen zeigen durch die Bank einen stabilen Kongruenzeffekt zugunsten der kongruenten (und zu Ungunsten der inkongruenten) Bedingung, wobei sich die Diskriminationsleistung erwiesenermaßen in der kongruenten, nicht aber (oder nur tendenziell) in der inkongruenten Bedingung, vom Zufallsniveau unterscheidet. Kompatibilität, Mapping und Achse haben keine signifikante Auswirkung auf die Diskriminationsleistung. Der Kongruenzeffekt kann auf zwei verschiedene Arten verstanden werden. Es ist zum einen möglich, dass er die Schwierigkeit wiedergibt, die Personen haben, wenn sie bei Vorgabe zweier verschiedener Reize beide wahrnehmen und im Nachhinein nicht mehr richtig zuordnen können, welcher zuerst aufgetreten ist. Der zweite Reiz erschwert demzufolge die Verarbeitung des ersten – dies scheint insbesondere bei Ähnlichkeit der Reize der Fall zu sein, wie Khalid et al. (2011) zeigten. Zum anderen könnte der Kongruenzeffekt darauf beruhen, dass einfach der gut sichtbare zweite Reiz wiedergegeben wurde, ohne den eigentlichen Zielreiz, den Prime, zu beachten. Dieses instruktionswidrige Verhalten sollte jedoch, durch unter dem Zufallsniveau liegende Diskriminationsleistungen in inkongruenten Durchgängen, auffallen, da den Testpersonen zu keinem Zeitpunkt und unter keinen Umständen bekannt ist, ob der folgende Durchgang kongruent oder inkongruent ist. Angenommen, dieses Verhalten wird nur in kongruenten Durchgängen gezeigt, so müsste doch jeder Anwendung dieses Verhaltens die Erkenntnis vorangehen, dass es sich eben um einen kongruenten Durchgang handelt, was erst im Nachhinein, nämlich durch Vergleich von Prime und Target, möglich ist – womit die Möglichkeit der selektiven Nichtbeachtung des ersten Reizes entkräftet scheint. Da in der inkongruenten Bedingung keine Diskriminationsleistung unter dem Zufallsniveau gefunden wurde, wie es die Hypothese, dass nur das Target-Wort beachtet wird, voraussagt, ist davon auszugehen, dass die schlechtere Diskriminationsleistung in der inkongruenten gegenüber der kongruenten Bedingung auf einem Verwechslungsfehler

beruht, dessen Ursache in der semantischen Ähnlichkeit von Prime und Target begründet liegt. Folgerichtig tritt dieser Fehler nicht auf, wenn Prime und Target unterschiedlichen semantischen Kategorien angehören. Khalid et. al. (2011) zeigten dies, indem sie bei ihrem Experiment zur Sichtbarkeit von maskierten Primes Wörter mit räumlicher und Wörter mit farblicher Bedeutung verwendeten. Die Wörter mit räumlicher Bedeutung stellten dabei jeweils die Primes und jene mit farblicher Bedeutung die Targets dar. Diese Veränderung der Ähnlichkeit von Prime und Target führte zu geringerer Verwechslung von Prime und Target, was sich darin ausdrückte, dass kein Kongruenzeffekt mehr erkennbar war. In diesem konkreten Fall heißt das zum einen, dass weder „oben“ noch „unten“ (oder jeweils semantisch ähnliche Worte) mit „schwarz“ und „weiß“ assoziiert wird und zum anderen, dass – wie weiter oben schon angedeutet – der Kongruenzeffekt nachweislich zumindest teilweise kausal auf die semantische Ähnlichkeit von Prime und Target zurückzuführen ist.

Eine weitere, zugegebenermaßen wenig schöne Möglichkeit, den vorliegenden Kongruenzeffekt zu erklären, wäre, dass die Testpersonen bei Nichterkennen des Primes einfach ersatzweise das Target als Prime ausgeben. Diese Taktik wäre nicht nur für alle durchgeführten Analysen unsichtbar, sie würde auch ermöglichen, dass in der inkongruenten Bedingung die Diskriminationsleistung nicht unter Zufallsniveau fällt, obwohl in 50% der Fälle einfach nur das Target wiedergegeben wird – nämlich dann, wenn in den anderen 50% der Fälle der Prime korrekt erkannt wird. Diese Möglichkeit kann durchaus als unwahrscheinlich angesehen werden, sie stützt sich auch auf keinerlei Beweise, widerlegen lässt sie sich jedoch an dieser Stelle auch nicht.

Es kann argumentiert werden, dass die Reaktion auf den Prime durch einen von der Aufmerksamkeit unabhängigen automatischen Prozess geleitet wird. Dieser Argumentation zufolge geschieht die Reaktion auf einen Prime nicht nur ohne Aufmerksamkeit, sondern auch quasi mechanisch, automatisch. Es wäre demzufolge nicht möglich, weitere Entscheidungswege in den Reaktionsablauf zu integrieren. Genau dies aber wurde durch das variable Mapping abgefragt. Der Hypothese, die Reaktion sei von unabhängigen automatischen Prozessen geleitet zufolge, müsse variables Mapping zu niedrigerer Prime-Diskriminationsleistung führen, da eine direkte Assoziation von Prime zu einer Antworttaste nicht möglich ist, denn in der variablen Mapping-Bedingung wird in jedem Durchgang erst nach der Darbietung des Targets bekannt gegeben, welche Taste für welche Beobachtung zu drücken ist (vgl. *Abbildung 2* im Kapitel *Untersuchungsplan und -ablauf*).

Ein weiterer möglicher Einwand ist, dass die Sichtbarkeit von Primes durch eine möglicherweise bestehende direkte Verbindung von einem Wort zu einer Antworttaste falsch eingeschätzt wird – dass also z.B. das Wort „oben“ den Tastendruck [8] direkt hervorruft, ohne dass Aufmerksamkeit oder die tatsächliche Sichtbarkeit des Primes eine Rolle spielt. Dieser Ansatz kann z.B. von der Embodied-Cognition-Theorie (siehe das Kapitel *Embodied-Cognition-Theorie*) her gedacht werden. Zwaan et. al. (2010) zeigten, dass körperliche Bewegung in eine Richtung die Verarbeitung von damit assoziierten Prozessen vereinfacht. Ebenso ist es denkbar, dass beim Lesen des Wortes „oben“ die Bewegung des rechten Zeigefingers nach oben gegenüber der Bewegung nach unten begünstigt wird. Dies entspräche in unseren Experimenten einer besseren Diskriminationsleistung in kompatiblen Durchgängen, wenn also z.B. [8] gedrückt werden muss, wenn die Bedeutung des Primes „oben“ war. Alternativ oder zusätzlich könnte sich dieser Effekt auch in schnellerem Antwortverhalten niederschlagen. Es gibt zahlreiche Nachweise für die Gültigkeit dieser Theorie, die vorliegende Studie gehört allerdings nicht zu ihnen. Es konnte kein Kompatibilitätseffekt gefunden werden, womit die Embodied-Cognition-Theorie für diese Studie nicht zur Interpretation herangezogen werden kann.

Die Messung der Sichtbarkeit von Primes könnte weiter an Klarheit gewinnen, indem zusätzlich zu den bisherigen Bedingungen auch Durchgänge ohne Target dargeboten werden. Dies könnte weitere Aufschlüsse darüber liefern, wie sich die Verwechslung des Primes mit dem Target auswirkt. Darüber hinaus steht zu erwarten, dass Durchgänge dieser Art die Testpersonen noch weiter dafür sensibilisieren, das Target auszublenden, um einzig dem Prime Beachtung zu schenken. Im vorliegenden Experimentaldesign ist diese Aufforderung zwar vor jedem Block in den schriftlichen Instruktionen gegeben und jedem Teilnehmer auch einmalig vor dem Start des Experiments mündlich erklärt worden, innerhalb des Experiments wird auf diese Unterscheidung allerdings nicht weiter hingewiesen. Bei dem beschriebenen und in dieser Arbeit verwendeten Versuchsaufbau besteht somit die Gefahr, dass eine Person, die den Prime mit dem Target verwechselt oder den Prime einfach nicht beachtet, dies bis zum Versuchsende nicht bemerkt.

Das Weglassen des Targets hat neben dieser Hinweisfunktion und den zu erwartenden Zusatzinformationen über das Vorliegen eines Verwechslungsfehlers allerdings den Nachteil, dass das Experiment damit weniger gut vergleichbar mit anderen indirekten Messungen des Priming-Effekts wird. Experimente dieser Art haben z.B. Dell'Acqua und Grainger (1999) durchgeführt. Sie gaben dazu neben einem semantischen Priming-task

auch noch eine Aufgabe zur Klassifikation von Wörtern vor. Indem sie nun semantisches Priming nachweisen konnten und die (bewusste) Klassifikationsleistung dennoch auf Zufallsniveau verharrte, konnten sie unbewusstes semantisches Priming nachweisen. Der Nachteil des Designs dieser Studie von Dell'Acqua und Grainger, nämlich die geringere Ähnlichkeit mit Experimenten, die ihre Ergebnisse durch indirekte Messungen gewinnen, lässt sich dadurch relativieren, dass die formale Ähnlichkeit mit anderen Experimenten keine Bedingung für die Aussagekraft einer Studie ist. Darüber hinaus stellt die eben erörterte Parallelisierung im Design keinen Wert an sich dar – es handelt sich dabei vielmehr um *eine* Möglichkeit, Vergleichbarkeit zwischen Studien herzustellen. Für die im Zuge dieser Arbeit vorgestellten Experimente bedeutet dies, dass die Aussagekraft der gewonnenen Daten noch gesteigert werden könnte, indem erstens die Sichtbarkeit der Primes zusätzlich durch direkte Messung ohne Ablenkungsreiz überprüft wird und zweitens zusätzlich Targets geringerer semantischer Ähnlichkeit verwendet werden (vgl. Khalid et. al. 2011). Ersterer Punkt ist sowohl in Hinblick auf die Fragestellung „Reiz / kein Reiz“, als auch dichotom semantisch im Sinne der hier vorgestellten Experimente denkbar. Mit der Fragestellung „Reiz / kein Reiz“, bei der dann natürlich auch nicht immer ein Reiz vorgegeben werden dürfte, könnte überprüft werden, ob der Reiz bewusst verarbeitet wird, bei zweiterer, semantischer Variante im Sinne der hier vorgestellten Experimente, liegt der Fokus darauf, die Störeffekte, die bei indirekter Messung auftreten, zu eliminieren. Eine Kombination dieser Designs hätte den zusätzlichen Vorteil, dass sich dadurch auch die Diskriminationsleistung bei indirekter Messung mit geringer Ähnlichkeit von Prime und Target mit der bei direkter Messung vergleichen ließe.

## Literaturverzeichnis

Ansorge, U., Klotz, W., & Neumann, O. (1998) Manual and verbal responses to completely masked (unreportable) stimuli: Exploring some conditions for the metacontrast dissociation. *Perception*, 27, 1177–1189.

Cho, Y. S., & Proctor, R. W. (2003). Stimulus and response representations underlying orthogonal stimulus–response compatibility effects. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 45–73.

Damian, M. F. (2001). Congruity effects evoked by subliminally presented primes: Automaticity rather than semantic processing. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 27, 154–165.

Dell’Acqua, R., & Grainger, J. (1999). Unconscious semantic priming from pictures. *Cognition*, 73, 1–15.

Dehaene, S., Naccache, L., Le Clec’h, G., Koechlin, E., Mueller, M., Dehaene-Lambertz, G., et al (1998). Imaging unconscious semantic priming. *Nature*, 395, 597–600.

Green, D. M., & Swets, J. A. (1966). *Signal detection theory and psychophysics*. New York: Wiley.

Khalid, S., König, P., Ansorge, A. (in press) Sensitivity of different measures of the visibility of masked primes. Influences of prime–response and prime–target relations. *Consciousness and Cognition*, 20 (4), doi:10.1016/j.concog.2011.06.014

Kiefer, M. (2002). The N400 is modulated by unconsciously perceived masked words: Further evidence for a spreading activation account of N400 priming effects. *Cognitive Brain Research*, 13, 27–39.

Kiefer, M., & Brendel, D. (2006). Attentional modulation of unconscious ‘automatic’ processes: Evidence from event-related potentials in a masked priming paradigm. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 184–198.

Kiesel, A., Kunde, W., & Hoffmann, J. (2007) Mechanisms of subliminal response priming. *Advances in Cognitive Psychology*. 1-2, 307–315.

Klotz, W., & Neumann, O. (1999). Motor activation without conscious discrimination in metacontrast masking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 976–992.

Lamme, V. A. F., & Roelfsema, P. R.: The distinct modes of vision offered by feedforward and recurrent processing. *Trends in Neurosciences*, 23, 571–579.

Neumann, O., & Klotz, W. (1994). Motor responses to nonreportable, masked stimuli: Where is the limit of direct parameter specification? In C. Umiltà & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and performance XV: Conscious and nonconscious information processing* (pp. 123–150). Cambridge, MA: MIT Press.

Reingold, E. M., & Merikle, P. M. (1988). Using direct and indirect measures to study perception without awareness. *Perception & Psychophysics*, 44, 563–575.

Schmidt, T. (2002). The finger in flight: Real-time motor control by visually masked color stimuli. *Psychological Science*, 13, 112–118.

Schmidt, T., Niehaus, S., & Nagel, A. (2006). Primes and targets in rapid chases: Tracing sequential waves of motor activation. *Behavioural Neuroscience*, 120, 1005–1016.

Taylor, L. J., Lev-Ari, S., & Zwaan, R. A. (2008). Inferences about action engage action systems. *Brain & Language* 107, 62-67.

Vorberg, D., Mattler, U., Heinecke, A., Schmidt, T., & Schwarzbach, J. (2003) Different time courses for visual perception and action priming. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 100, 6275–6280.

Wickens, T. D. (2001). *Elementary signal detection theory*. New York: Oxford University Press.

Zwaan, R.A., Taylor, L.J., & de Boer, M. (2010). Motor resonance as a function of narrative time: Further tests of the linguistic focus hypothesis. *Brain & Language*, 112, 143-149.

## Tabellenverzeichnis

- S. 24 Tabelle 1 *Die verschiedenen Primes und Antwortmöglichkeiten und deren Kompatibilitätsrelation als Funktion ihrer Stimulus-Response-Mappings*
- S. 30 Tabelle 2 *Üblicherweise verwendete Vierfeldertafel zur Signalentdeckungstheorie*
- S. 30 Tabelle 3 *Vierfeldertafel für Experiment 1 und Experiment 2*
- S. 34 Tabelle 4 *Resultate der t-Tests: Überprüfung der Hypothese, die als Primes eingesetzten Reize seien in den verschiedenen Bedingungen von Experiment 1 nicht sichtbar*

## **Abbildungsverzeichnis**

S. 23 Abbildung 1 *Ablauf der Stimuli in einem inkongruenten Durchgang*

S. 25 Abbildung 2 *Beispielbild*

S. 32 Abbildung 3 *Individuelle und durchschnittliche Trefferraten der Testpersonen*

## **Verwendeter Wortpool für beide Experimente**

Bedeutung „unten“: abwärts, herab, hinab, sinkend, darunter, unten, gesenkt, niedrig, tief, abfallend

Bedeutung „oben“: aufwärts, hinauf, aufsteigend, empor, darüber, steigend, hoch, oben, gestiegen, erhöht.

## Lebenslauf

### Mag. Reinhard Kartusch

**Geburtsdatum:** Linz, Österreich, 16.11.1983

**Staatsbürgerschaft:** Österreich

#### Ausbildung

- 03/09 Abschluss der **ersten Diplomprüfung Psychologie** (mit gutem Erfolg)
- 12/08 **Abschluss des Studiums** der Philosophie zum Mag. Phil (mit Auszeichnung)
- 10/05 Abschluss der **ersten Diplomprüfung Philosophie** (mit gutem Erfolg)
- 03/05 Studium der **Psychologie, Universität Wien**, Spezialisierung im Bereich Wirtschaftspsychologie
- 10/03 Studium der **Philosophie, Universität Wien**
- 10/02 – 09/03 **Zivildienst:** Pflege von Menschen mit Körper- und Mehrfachbehinderung, Projekt CASA Linz
- 09/94 – 06/02 Bundesrealgymnasium Freistadt
- Matura** 06/2002

#### Arbeitserfahrung

- 07/11 – 08/11 **Konvertierung von Manualen, Datenbankpflege** Schuhfried, Wien
- 07/10 – 09/10 **Administrative Tätigkeiten, Datenbankpflege** Volksbank Investkredit, Wien
- 03/10 – 06/10 **Praktikum am Institut für Grundlagenforschung** bei ao. Univ.-Prof. Mag. DDr. Andreas Hergovich Bakk.
- 11/08 – 12/09 **Marktforscher** bei Schütz Marketing Services: statistische Auswertung quantitativer Befragungen im Gesundheitsbereich, Wien
- 01/07 – 03/07 **Transkriptionstätigkeiten** für Büro16 (heute: brains), Wien

#### Sprachen

Deutsch	Muttersprache
Englisch	Verhandlungssicher in Wort und Schrift
Spanisch	Grundkenntnisse
Latein und Altgriechisch	Grundkenntnisse

Wien, 28.10.2011