

Negatives Priming:
Prüfung möglicher Erklärungsmodelle mit Hilfe von
Verhaltensdaten und Ereigniskorrelierten Potentialen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Robert Hauke

aus Kattowitz

März 2007

Aus dem Institut für Experimentelle Psychologie
der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf

Gedruckt mit der Genehmigung der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Referent: Prof. Dr. A. Buchner

Koreferent: PD Dr. M. Heil

Tag der mündlichen Prüfung: 11.05.2007

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	6
Abstract	7
1 Allgemeine Einleitung	8
1.1 Selektive Aufmerksamkeit	8
1.2 Negatives Priming	10
1.2.1 Entdeckung und erste Studien.....	11
1.2.2 Visuelles Negatives Priming.....	11
1.2.3 Akustisches Negatives Priming.....	13
1.3 Erklärungsmodelle und experimentelle Prüfung	15
1.3.1 <i>Distraktorinhibitionsmodell</i>	15
1.3.2 <i>Episodic Retrieval-Modell</i>	21
1.3.3 <i>Feature Mismatch-Modell</i>	25
1.3.4 <i>Temporal Discrimination-Modell</i>	27
1.3.5 Bewertung der Modelle.....	30
1.4 Ziele der eigenen Arbeit	33
2 Experiment 1	36
2.1 Einleitung.....	36
2.2 Methode	36
2.2.1 Stichprobe.....	36
2.2.2 Material.....	37
2.2.3 Prozedur	40
2.2.4 Design	41
2.3 Ergebnisse.....	42
2.4 Diskussion	45
3 Experiment 2	47

3.1	Einleitung.....	47
3.2	Methode.....	47
3.2.1	Stichprobe.....	47
3.2.2	Material.....	48
3.2.3	Prozedur.....	48
3.2.4	Design.....	48
3.3	Ergebnisse.....	49
3.4	Diskussion.....	52
4	Experiment 3.....	53
4.1	Einleitung.....	53
4.1.1	Die EKP-Methodik.....	53
4.1.2	EKP-Komponenten.....	55
4.1.3	Neurophysiologische Studien zum Negativen Priming.....	63
4.1.4	Ziele der eigenen Studie.....	66
4.2	Methode.....	68
4.2.1	Stichprobe.....	68
4.2.2	Material.....	68
4.2.3	Prozedur.....	68
4.2.4	EEG-Aufnahme und Datenanalyse.....	69
4.2.5	Design.....	71
4.3	Ergebnisse.....	71
4.3.1	Reaktionszeiten und Fehlerhäufigkeiten.....	72
4.3.2	Ereigniskorrelierte Potentiale (EKP).....	73
4.4	Diskussion.....	80
4.4.1	Prime-EKPs.....	80
4.4.2	Probe-EKPs.....	82

4.4.3	Schlussfolgerungen.....	85
5	Abruf der Prime-Reaktion	86
5.1	Einleitung.....	86
5.2	Grundlagen Multinomialer Modelle.....	87
5.3	Modellierung des Abrufs der Prime-Reaktion.....	90
5.4	Bisherige Evidenzen	93
5.5	Experimentelle Prüfung	94
5.6	Diskussion	97
6	Allgemeine Diskussion.....	99
6.1	Hintergrund und Ziele der Studie.....	99
6.2	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	101
6.3	Folgerungen für die Erklärungsmodelle.....	102
6.4	Ausblick.....	106
7	Literaturverzeichnis.....	109
8	Anhang	I

Zusammenfassung

Der Negative Priming-Effekt zeigt sich als ein Anstieg der Reaktionszeit und der Fehlerzahl, wenn ein zuvor ignoriertes Reiz beachtet werden muss. In der vorliegenden Arbeit werden drei Experimente vorgestellt, in denen das Temporal Discrimination-Modell gegen zwei andere Erklärungskonzepte des Negativen Primings getestet wurde. Das Temporal Discrimination-Modell geht davon aus, dass ein ignoriertes Prime-Distraktor nur partiell verarbeitet wird. Dieses führt zu einer Zeit verbrauchenden Ambiguität, wenn der Reiz im Probe beachtet werden soll, da er nicht eindeutig als alt oder neu klassifiziert werden kann. In Experiment 1 wurde ein visuelles, in Experiment 2 und 3 dagegen ein akustisches Identifikationsparadigma verwendet. Die Probe-Präsentation folgte dabei nach einer variablen Anzahl von Wiederholungen identischer Prime-Distraktoren. Die wiederholte Präsentation eines Distraktors sollte die Vertrautheit des Reizes steigern und damit die Ambiguität den Reiz im Probe als alt zu klassifizieren reduzieren. Damit sagt das Temporal Discrimination-Modell vorher, dass nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung im Vergleich zu einfacher Distraktorpräsentation der Negative Priming-Effekt reduziert werden sollte. In allen 3 Experimenten konnte ein Anstieg des Negativen Priming-Effekts in den Reaktionszeiten und den Fehlerhäufigkeiten nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung gezeigt werden. Dieses Datenmuster widerspricht den Vorhersagen des Temporal Discrimination-Modells, ist dagegen mit dem Episodic Retrieval-Modell und dem Distraktorinhibitionsmodell konsistent.

In Experiment 3 wurden zusätzlich zu Verhaltensdaten EKPs erhoben. Dabei konnte eine für das Negative Priming spezifische Negativierung im Bereich der P3 gefunden werden, die bereits in einer früheren Studie berichtet wurde (2003). Dieser Effekt wird als ein Korrelat von Gedächtnisprozessen interpretiert, und ist deshalb am besten mit den Annahmen des Episodic Retrieval-Modells vereinbar. Daneben konnten im EKP jedoch auch Evidenzen für Inhibitionsprozesse gefunden werden. In einer multinomialen Analyse der Fehlerdaten aus Experiment 1 – 3 konnte eine Erweiterung des Episodic Retrieval-Modells (Mayr & Buchner, 2006) bestätigt werden, die den Abruf der Prime-Reaktion als Ursache des Negativen Primings annimmt.

Abstract

The negative priming effect represents slower and less accurate responses to recently ignored stimuli. Three experiments were designed to test between the temporal discrimination model and two other models of negative priming. According to the temporal discrimination model, an ignored prime distractor is only partially processed which causes a time-consuming ambiguity when it becomes the probe target because it cannot be uniquely classified as old or new. In experiment 1, a visual identification task was used. In experiment 2 and 3 the task was replicated in the auditory modality. The probe presentation was preceded by a variable number of identical prime distractor repetitions. The repeated presentation should enhance the familiarity of a prime distractor and thus reduce the ambiguity when it has to be categorized as old in the probe. Consequently, for repeated prime distractors temporal discrimination predicts a diminishing negative priming effect compared with distractors presented only once. All three reported experiments showed an enhanced negative priming effect after multiple distractor repetitions which could be found in reaction times and error frequencies. These results contradict the temporal discrimination model, but are consistent with the distractor inhibition and the episodic retrieval models.

In Experiment 3 ERPs were recorded in addition to the behavioural data. A specific correlate of negative priming was found in a more negative-going P3 amplitude which was reported already in an earlier study (Mayr, Niedeggen, Buchner, & Pietrowsky, 2003). This effect is interpreted as a correlate of memory processes, thus it is consistent with the episodic retrieval model. Additionally, the ERP data provided also evidence for inhibitory processes. In a multinomial analysis of the error data of experiment 1 – 3 evidence was found for a variant of the episodic retrieval account (Mayr & Buchner, 2006) which assumes retrieval of prime responses to be a determinant of the negative priming effect.

1 Allgemeine Einleitung

Die wissenschaftliche Erforschung der Aufmerksamkeit begann in der Psychologie Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts. Jedoch wurden die ersten Gedanken zu diesem Forschungsfeld bereits viel früher formuliert und gehen auf William James zurück. So schreibt James in seinem grundlegenden Werk „Principles of Psychology“:

Everyone knows what attention is. It is the taking possession of the mind, in clear and vivid form, of one out of what seem several simultaneously possible objects or trains of thought. Focalisation, concentration, of consciousness are of its essence (James, 1890, pp. 403-404).

Für die moderne Aufmerksamkeitsforschung ist die Annahme eines einheitlichen Aufmerksamkeitssystems nicht sinnvoll. Vielmehr muss das Phänomen der Aufmerksamkeit einer Differenzierung in *Selektive Aufmerksamkeit* und *Geteilte Aufmerksamkeit* unterzogen werden (Allport, 1993). Selektive Aufmerksamkeit lässt sich durch Aufgaben untersuchen, in denen den Probanden zwei oder mehr Reize gleichzeitig präsentiert werden, jedoch nur einer dieser Reize beachtet werden muss. Geteilte Aufmerksamkeit kann dagegen untersucht werden, indem den Probanden zwei Reize gleichzeitig dargeboten werden, dabei jedoch beide aufgabenrelevant sind und beachtet werden müssen. Im folgenden Abschnitt (1.1) soll auf die Forschung zur Selektiven Aufmerksamkeit genauer eingegangen werden.

1.1 Selektive Aufmerksamkeit

Ein Beispiel für die akustische selektive Aufmerksamkeit ist das so genannte Cocktail-Party-Phänomen, das von Cherry (1953) beschrieben wurde. Dieses Phänomen bezeichnet die Beobachtung, dass es einer Person möglich ist, ein einzelnes Gespräch zu verstehen, auch wenn in der Umgebung viele andere Stimmen zu hören sind. Cherry nahm an, dass, um eine Schallquelle vor dem Hintergrund anderer Geräusche aufmerksam verfolgen zu können, die physikalischen Eigenschaften der auditorischen Botschaft entscheidend sind. Aus den nicht beachteten Schallquellen wird nach Cherry nur sehr wenig Information aufgenommen und behalten. Damit stellt die selektive Aufmerksamkeit die Fähigkeit dar, bei vielen, in der natürlichen Umgebung gleichzeitig vorhandenen Objekten oder Schallquellen die relevanten zu

bung gleichzeitig vorhandenen Objekten oder Schallquellen die relevanten zu beachten und die nicht relevanten zu ignorieren.

Basierend auf Cherrys Befunden wurde von Broadbent (1958) die Filtertheorie zur Erklärung der selektiven Aufmerksamkeit aufgestellt. Broadbent konnte bei der dichotischen Präsentation von drei unterschiedlichen Zahlen auf jedem Ohr zeigen, dass die Zahlen von den Probanden nach dem Ohr geordnet und nicht paarweise wiedergegeben werden. Daraus leitete Broadbent ab, dass gleichzeitig präsentierte Reize in einem sensorischen Speicher abgelegt werden. Durch einen Filter wird dann einer der Reize für die weitere Verarbeitung durchgelassen. Der andere Reiz verbleibt zuerst im Speicher. Die Spur zerfällt jedoch schnell, wenn der Reiz nicht weiter verarbeitet wird. Broadbents Filtertheorie wird den Modellen der *Early Selection* zugeordnet, da der selektive Filter bereits auf einer frühen Stufe der Reizverarbeitung ansetzt und die Reize anhand ihrer physikalischen Eigenschaften durchlässt bzw. zurückhält.

Im Gegensatz dazu stehen Modelle der *Late Selection*. Beispielsweise nehmen Deutsch und Deutsch (1963) an, dass alle Reize vollständig verarbeitet werden, jedoch lediglich der relevante Reiz die Reaktion determiniert. Damit wird der Filter oder Flaschenhals viel später in der Reizverarbeitung angenommen, als dieses bei Broadbent der Fall ist. Beide Gruppen der Selektionstheorien nehmen jedoch an, dass eine Selektion und Weiterverarbeitung relevanter Objekte statt findet, dagegen die Aktivierung und damit die Effekte nicht relevanter unbeachteter Objekte schnell wieder zur Baseline zurückkehren (Van der Heijden, 1981). Damit ist für eine erfolgreiche Selektion von Objekten eine Verstärkung des relevanten Objekts entscheidend. Für die visuelle selektive Aufmerksamkeit wird dieser Prozess durch die *Spotlight*-Metapher verdeutlicht (Posner, 1980). Dabei nimmt Posner an, dass die visuelle Aufmerksamkeit gleichsam eines Lichtkegels auf die beachteten Objekte wandert. Durch den Aufmerksamkeitsfokus werden diese „beleuchteten“ Objekte verstärkt verarbeitet, die Umgebung liegt dagegen „im Dunkeln“ und erfährt keine Verarbeitung.

Im Gegensatz zu den frühen Studien konnten spätere Untersuchungen zeigen, dass nicht nur die Verstärkung des beachteten Objekts für die selektive Aufmerksamkeit entscheidend ist, sondern dass auch die Verarbeitung der ignorierten Objekte eine kritische Rolle im Prozess der Aufmerksamkeit spielen kann (Allport, Tipper, & Chmiel, 1985). Dabei wird von den Autoren die Idee vertreten, dass ignorierte Reize

aktiv inhibiert werden können und ihre Aktivierung nicht lediglich kurz nach der Präsentation passiv wieder zur Baseline zurückfällt.

Die Effekte des Ignorierens von Objekten lassen sich gut im Paradigma des *Negativen Primings* untersuchen. Dabei zeigt sich, dass sich das Ignorieren eines Objekts auf die spätere Verarbeitung dieses Objekts auswirken kann, wenn es noch einmal präsentiert wird und beachtet werden muss. Dieser Befund spricht dafür, dass ignorierte Objekte ebenfalls wie beachtete Objekte eine Weiterverarbeitung erfahren. In den folgenden Abschnitten soll genauer auf das Phänomen des Negativen Primings eingegangen werden. Zuerst soll ein Überblick über die Paradigmen gegeben werden, in denen Negative Priming-Effekte untersucht werden (1.2) und anschließend verschiedene Modelle diskutiert werden, die das Phänomen erklären (1.3).

1.2 Negatives Priming

In einem typischen Negativen Priming-Paradigma werden zwei Durchgänge kurz hinter einander dargeboten (Tipper, 1985). Der erste Durchgang wird dabei als *Prime* bezeichnet und der zweite Durchgang als *Probe*. In beiden Durchgängen muss der Proband dabei einen Reiz beachten (das *Target*) und einen anderen Reiz ignorieren (den *Distraktor*). Der Negative Priming-Effekt beschreibt dabei eine Erhöhung der Reaktionszeit und der Fehlerzahl bei Reaktionen auf Probe-Targets, die im Prime-Durchgang ignoriert werden mussten („*Ignoriertes wiederholt*“-Bedingung) im Vergleich zu Reaktionen auf Probe-Targets, die im Prime-Durchgang nicht präsentiert wurden (*Kontrollbedingung*).

Der Negative Priming-Effekt stellt einen gegensätzlichen Effekt zum *Positiven Priming* dar. Beim Positiven Priming wird der beachtete Reiz wiederholt, so dass auf diesen sowohl im Prime-Durchgang als auch im Probe-Durchgang reagiert werden muss. Dabei zeigt sich, dass die Reaktionen auf einen bereits zuvor beachteten Reiz schneller sind und mit weniger Fehlern ausgeführt werden, wenn sie mit Reaktionen auf einen zuvor nicht präsentierten Reiz verglichen werden (Scarborough, Cortese, & Scarborough, 1977).

In den folgenden Abschnitten wird ein Überblick über die Erforschung des Negativen Priming-Effekts gegeben. Einführend wird die Entdeckung des Effekts dargestellt (1.2.1). Anschließend wird genauer auf die Erforschung des Negativen Priming-

Effekts in der visuellen (1.2.2) und in der auditorischen Modalität (1.2.3) eingegangen.

1.2.1 Entdeckung und erste Studien

Der Negative Priming-Effekt wurde zufällig von Dalrymple Alford und Budayr (1966) in einer Studie zur Stroop-Aufgabe (Stroop, 1935) entdeckt. Dabei zeigte sich, dass die Benennung einer Farbe langsamer war, wenn diese dem zuvor in der Liste dargebotenen Distraktor-Wort entsprach, im Vergleich zu einer Farbe, dessen Bezeichnung zuvor nicht als Distraktor diente. Beispielsweise dauerte es länger, „rot“ auf das in rot geschriebene Wort *grün* zu antworten, wenn diesem das in blau geschriebene Wort *rot* voranging als wenn diesem das in blau geschriebene Wort *gelb* voranging. Dieses Ergebnis konnte in weiteren Stroop-Aufgaben bestätigt werden, die randomisierte und individuell präsentierte Stroop-Wörter als Material verwendeten (Lowe, 1979; Neill, 1977). Nach der ursprünglichen Entdeckung des Negativen Priming-Effekts wurden zahlreiche weitere Studien durchgeführt, welche die Grundlagen und Mechanismen des Effekts untersuchten. Dieses intensive Forschungsinteresse am Negativen Priming hält bis heute an (für Überblicksarbeiten siehe Fox, 1995; May, Kane, & Hasher, 1995; Mayr & Buchner, in press; Tipper, 2001).

1.2.2 Visuelles Negatives Priming

Nach der anfänglichen Erforschung des Negativen Priming-Effekts in Stroop-Aufgaben konnte der Effekt ebenfalls bei der Verwendung von Linienzeichnungen als Stimulusmaterial nachgewiesen werden (Tipper, 1985). Dabei wurden in der von Tipper verwendeten Aufgabe den Probanden Bildschirme präsentiert, die zwei überlagerte Linienzeichnungen enthielten. Die Target-Zeichnung war in rot abgebildet und die Distraktor-Zeichnung in grün. Jeder Durchgang bestand aus einem Prime-Bildschirm und einem Probe-Bildschirm. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, die Targets so schnell wie möglich zu benennen. Es zeigte sich, dass die Benennung des Probe-Targets in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen langsamer war als in Kontrolldurchgängen. Eine Darstellung dieses für die Untersuchung des visuellen Negativen Primings typischen Paradigmas befindet sich in Abbildung 1. Es konnte gezeigt werden, dass der Negative Priming-Effekt nicht nur in Identifikationsaufgaben wie der beschriebenen auftritt, sondern auch in Kategorisierungsaufgaben beo-

bachtet werden kann. In diesen Aufgaben entscheiden die Probanden, zu welcher von zwei vorgegebenen Kategorien der Target-Reiz gehört. In „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen ist diese Entscheidung im Probe langsamer und mit mehr Fehlern verbunden als in Kontrolldurchgängen. Der Negative Priming-Effekt tritt auch dann noch auf, wenn die Aufgabe zwischen Kategorisieren und Identifizieren vom Prime zum Probe wechselt (Chiappe & MacLeod, 1995).

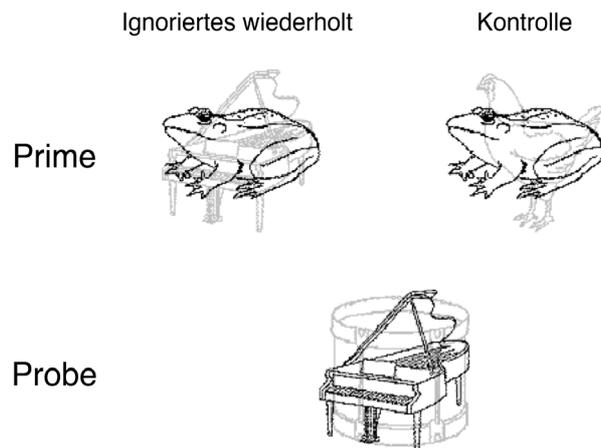


Abbildung 1: Dargestellt ist ein Identifikationsparadigma zur Untersuchung des visuellen Negativen Primings nach Tipper (1985). Bei den überlagerten Zeichnungen sind die Targets mit schwarzen Linien und die Distraktoren mit grauen Linien dargestellt. Die Aufgabe des Probanden besteht darin, das Target zu benennen.

Weitere Studien konnten zeigen, dass der Negative Priming-Effekt nicht nur bei Identifikations- und Kategorisierungsaufgaben, sondern ebenfalls bei Lokalisationsaufgaben nachgewiesen werden kann (Tipper, Brehaut, & Driver, 1990). Ein Paradigma zur Untersuchung des Lokalisationsprimings ist in Abbildung 2 dargestellt. Dabei besteht die Aufgabe des Probanden darin, auf den Ort eines Target-Reizes (O) zu reagieren. Dieses kann in vier verschiedenen Positionen erscheinen. In einigen Durchgängen wird neben dem Target-Reiz ein Distraktor-Reiz (X) in einer der drei verbleibenden Positionen präsentiert. Dieser soll ignoriert werden. Es zeigt sich, dass die Reaktion auf einen Target-Reiz langsamer ausfällt, wenn im vorangegangenen Durchgang auf der gleichen Position ein Distraktor präsentiert wurde und damit die Position ignoriert werden sollte.

Zahlreiche weitere Studien zum visuellen Negativen Priming konnten den Effekt bei der Verwendung von unterschiedlichem Stimulusmaterial zeigen. Der Negative

Priming-Effekt konnte neben den beschriebenen Studien bei der Benennung von Buchstaben (Tipper & Cranston, 1985), bei der Benennung von Wörtern (Tipper & Driver, 1988), bei lexikalischen Entscheidungsaufgaben (Yee, 1991) und bei der Identifikation von sinnfreien Umrissen (Strayer & Grison, 1999) nachgewiesen werden. Der Negative Priming-Effekt kann für die visuelle Modalität damit als ein robuster und replizierbarer Befund angesehen werden, da er sich nicht nur bei vielfältigem Stimulusmaterial zeigt, sondern auch in unterschiedlich gestalteten Aufgaben gefunden wurde. Da sich die Forschungsarbeit zum Negativen Priming eine lange Zeit auf die visuelle Modalität konzentrierte, konnte nur wenig über die Vergleichbarkeit des Effekts in der auditorischen Modalität ausgesagt werden.

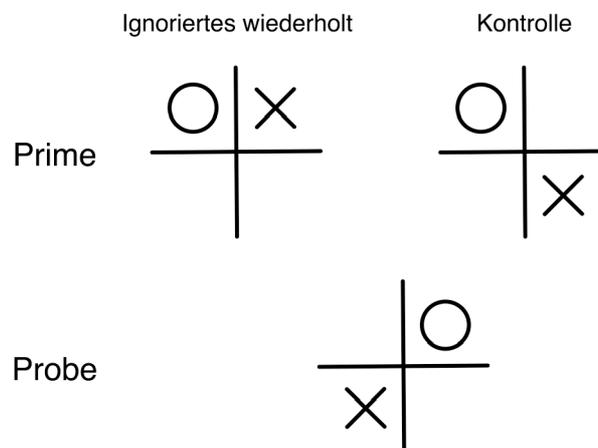


Abbildung 2: Dargestellt ist ein Paradigma zur Untersuchung des Lokalisationsprimings (Tipper et al., 1990). Dabei sind die Targets mit „O“ und die Distraktoren mit „X“ gekennzeichnet. Die Aufgabe des Probanden besteht darin, auf die Position des Targets zu reagieren.

1.2.3 Akustisches Negatives Priming

Die erste Studie, die zum Negativen Priming in der auditorischen Modalität durchgeführt wurde, konnte den Effekt synonym zur visuellen Modalität finden (Banks, Roberts, & Ciranni, 1995). Dabei wurde eine Beschattungsaufgabe verwendet. Die Probanden hörten über Kopfhörer zwei simultan präsentierte Wörter, sollten jedoch nur ein Wort beachten und dieses benennen. Dabei wiederholten sie Wörter, die im vorangegangenen Durchgang ignoriert werden mussten langsamer als Wörter, die im vorangegangenen Durchgang nicht präsentiert wurden. Weiterhin konnten die Autoren zeigen, dass dieser Effekt nur bei Wörtern zu sehen ist, die im unmittelbar zuvor präsentierten Durchgang ignoriert wurden. Wurde das ignorierte Wort mehr

als einen Durchgang zuvor präsentiert, zeigte sich kein Negativer Priming-Effekt. Weiterhin konnte nachgewiesen werden, dass es keinen Unterschied im Priming-Effekt gibt, unabhängig davon, ob der Prime-Distraktor auf dem gleichen oder dem anderen Ohr wie das Probe-Target präsentiert wurde. Damit zeigt diese Studie, dass der Negative Priming-Effekt auch in der auditorischen Modalität gefunden werden kann. In der auditorischen Modalität sind keine peripheren Mechanismen zur Lenkung der Aufmerksamkeit vorhanden, wie Blinzeln oder Augenbewegungen in der visuellen Modalität. Dieses spricht dafür, dass der Negative Priming-Effekt zentralen Aufmerksamkeitsmechanismen unterliegt. Trotz der wichtigen Differenzen der Aufmerksamkeitssteuerung zwischen der visuellen und auditorischen Modalität zeigt diese Studie, dass auch zentrale Gemeinsamkeiten bei der selektiven Aufmerksamkeit zwischen den beiden Modalitäten bestehen.



Abbildung 3: Dargestellt ist eine Identifikationsaufgabe zur Untersuchung des akustischen Negativen Primings nach Mayr und Buchner (2006). Die Target-Töne sind dabei in Fettschrift dargestellt. Die Aufgabe des Probanden besteht darin, auf das Target mit einer dem Reiz zugeordneten Taste zu reagieren.

In einer weiteren Studie konnte der Negative Priming-Effekt in einer Kategorisierungsaufgabe für die auditorische Modalität bestätigt werden (Buchner & Steffens, 2001, Experiment 1). Dabei bestand die Aufgabe der Probanden darin, präsentierte Geräusche entweder Streich- oder Blasinstrumenten durch Tastendruck zuzuordnen. Es zeigte sich, dass auf zuvor ignorierte Instrumente langsamer reagiert wird, als auf nicht präsentierte Instrumente. Daneben konnte der Negative Priming-Effekt auch in einer akustischen Identifikationsaufgabe bestätigt werden (Mayr & Buchner, 2006, Experiment 2). In der Aufgabe wurden vier verschiedene Stimuli verwendet, die vier

Reaktionstasten zugeordnet waren. Eine Darstellung des verwendeten Paradigmas befindet sich in Abbildung 3. Erneut waren die Probe-Reaktionen in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung langsamer als in der Kontrollbedingung.

Es konnte gezeigt werden, dass der Negative Priming-Effekt ebenfalls auftritt, wenn die Modalität, in der die Stimuli präsentiert werden, zwischen Prime und Probe wechselt (Buchner, Zabal, & Mayr, 2003). Beispielsweise tritt der Effekt auf, wenn im Prime der Ton eines Froschs ignoriert werden muss und im Probe auf die Zeichnung eines Froschs reagiert werden soll. Dieser Befund spricht dafür, dass der Negative Priming-Effekt über die Aktivierung abstrakter mentaler Repräsentationen und nicht über einfache sensorische Reizcharakteristiken wirkt.

Nach der Darstellung der Paradigmen zur Untersuchung des Negativen Priming-Effekts und der Bedingungen, unter den der Effekt auftritt, soll im nächsten Kapitel (1.3) genauer auf die theoretischen Erklärungskonzepte des Effekts eingegangen werden. Dabei werden vier verschiedene Modelle vorgestellt und diskutiert.

1.3 Erklärungsmodelle und experimentelle Prüfung

In den folgenden Abschnitten werden vier Erklärungsmodelle für das Entstehen des Negativen Priming-Effekts vorgestellt. Negative Priming wurde nach seiner Entdeckung durch einen Inhibitionsmechanismus für Distraktoren erklärt. Das ursprüngliche *Distraktorinhibitionsmodell* und seine Weiterentwicklungen werden im Abschnitt 1.3.1 dargestellt. Das *Episodic Retrieval-Modell* wurde als eine Alternative zum Distraktorinhibitionsmodell formuliert und betrachtet Negative Priming als einen Gedächtniseffekt (1.3.2). Daneben wurden zwei weitere Modelle vorgeschlagen: Das *Feature Mismatch-Modell* (1.3.3) und das *Temporal Discrimination-Modell* (1.3.4). Neben der Vorstellung der theoretischen Grundlagen der einzelnen Modelle werden in den folgenden Abschnitten auch die experimentellen Evidenzen für die einzelnen Modelle diskutiert. Abschließend (1.3.5) werden die Evidenzen für die vier Modelle miteinander verglichen und bewertet.

1.3.1 *Distraktorinhibitionsmodell*

Das Distraktorinhibitionsmodell nimmt an, dass die Ursache für den Negative Priming-Effekt in einer Hemmung der präsentierten Distraktoren liegt. Die erste Idee zu

diesem Modell wurde bereits von Dalrymple-Alford und Budayr (1966) formuliert. Dabei erklärten die Autoren den in ihrer Studie gefundenen Negativen Priming-Effekt dadurch, dass die im vorangegangenen Durchgang unterdrückte Reaktion auf den Distraktor vorübergehend nicht verfügbar ist. Das Ausführen dieser Reaktion ist somit erschwert, wenn im aktuellen Durchgang auf den zuvor ignorierten Reiz reagiert werden soll.

Die später genauer formulierte frühe Version des Distraktoringhibitionsmodells (Neill & Westberry, 1987; Tipper, 1985) geht davon aus, dass während der Stimuluspräsentation eine parallele Analyse des dargebotenen Targets und Distraktors statt findet, und die Selektion des relevanten Reizes erst anschließend erfolgt. Damit werden die internen kategorialen Repräsentationen beider Reize aktiviert. Während der Target-Selektion werden die Repräsentationen der beachteten und ignorierten Objekte beide weiter verarbeitet, jedoch in unterschiedlicher Weise. Die Repräsentationen der beachteten Objekte werden für die Reaktionsauswahl und -ausführung herangezogen. Die Repräsentationen der ignorierten Objekte zerfallen nicht nur passiv, sondern werden aktiv inhibiert. Die aufgebaute Inhibition hält einen gewissen Zeitraum an (Neill & Westberry, 1987, gehen von mindestens 1000 ms aus). Wird ein zuvor ignoriertes Objekt erneut präsentiert, muss bei der Verarbeitung des Objekts die noch vorliegende Inhibition überwunden werden. Dieses erfordert eine höhere notwendige Aktivierung als bei vorher nicht präsentierten Objekten und drückt sich in einer verzögerten Reaktionszeit aus. Damit resultiert der Negative Priming-Effekt aus der im Prime-Durchgang aufgebauten Inhibition des Distraktors, die bis zum Probe-Durchgang andauert.

Bereits Tipper (1985) konnte zeigen, dass der Negative Priming-Effekt nicht nur bei identischen, sondern auch bei kategorial verwandten Objekten auftritt. Dieses Ergebnis wurde als ein Beleg dafür angesehen, dass die ignorierten Objekte eine kategoriale Repräsentationsebene erreichen und der Negative Priming-Effekt auf dieser Ebene wirkt. Problematisch für diese Interpretation könnte das verwendete Stimulusmaterial sein. Dabei zeigt sich, dass die kategorial verwandten Objekte ebenfalls strukturelle Ähnlichkeiten aufwiesen. Damit könnte der Negative Priming-Effekt auch lediglich auf einer strukturellen Ebene wirken (Tipper & Driver, 1988). Um dieses Problem zu lösen, verwendeten Tipper und Driver Prime-Distraktoren und Probe-Targets ohne strukturelle Ähnlichkeiten. Im Prime wurden Bilder und im Probe Wörter verwendet. Auch bei diesem Aufbau konnte ein Negative Priming-Effekt bei

kategorial verwandten Objekten gefunden werden, was einen experimentell sauberen Beleg dafür darstellt, dass ignorierte Reize abstrakte kategoriale Repräsentationen erreichen und der Negative Priming-Effekt über diese wirkt. Dieser Effekt wird dadurch erklärt, dass sich die Inhibition ähnlich einer Aktivierung in einem kategorialen Netzwerk ausbreiten kann (Neumann & DeSchepper, 1991). Durch die Inhibitionsausbreitung während des Prime-Durchgangs sind im Probe-Durchgang nun auch dem Prime-Distraktor verwandte Repräsentationen inhibiert und die Reaktion auf diese erschwert. Es konnte ebenfalls gezeigt werden, dass die aufgebaute Inhibition nicht reaktionsspezifisch ist, sondern eine zentrale Lokalisation aufweist. Der Negative Priming-Effekt tritt weiterhin auftritt, auch wenn die Reaktionsform (vokal oder durch Tastendruck) zwischen Prime und Probe gewechselt wird (Tipper, MacQueen, & Brehaut, 1988).

Eine experimentelle Evidenz für das Distraktoringhibitionsmodell wurde von Buchner und Steffens (2001) berichtet. Die Autoren verwendeten dabei eine von dem ursprünglichen Negativen Priming-Paradigma abgewandelte Aufgabe in der auditorischen Modalität. Die Prime-Durchgänge entsprachen dem typischen akustischen Negativen Priming-Paradigma (siehe Abschnitt 1.2.3). In den Probe-Durchgängen sollten die Probanden nicht auf Reize reagieren, sondern entscheiden, welcher der beiden präsentierten Reize zeitlich vorangeht. Tatsächlich wurden die Reize dabei jedoch immer gleichzeitig eingespielt. Es zeigte sich, dass ein im Prime-Durchgang ignoriertes Reiz im Probe signifikant seltener als zeitlich vorangehend genannt wurde, im Vergleich zu einem im Prime-Durchgang nicht präsentierten Reiz. Dieser Befund ist konsistent mit dem Inhibitionsmodell, und lässt sich dadurch erklären, dass der Distraktor im Prime inhibiert wurde, und die im Probe weiterhin vorhandene Inhibition die Verarbeitung des erneut präsentierten Reizes erschwert und damit verlangsamt.

Eine weitere Evidenz, die für das Inhibitionsmodell angeführt wurde, ist das Fehlen des Negativen Primings Effekts bei Stichproben, bei denen von einem Inhibitionsdefizit ausgegangen wird. So konnten beispielsweise keine Negativen Priming-Effekte bei älteren Probanden (Tipper, 1991) oder bei schizophrenen Patienten (Beech, Powell, McWilliam, & Claridge, 1989) gefunden werden. Jedoch haben aktuelle Studien gezeigt, dass sich der Effekt in beiden Gruppen finden lässt (Buchner & Mayr, 2004; Zabal & Buchner, 2006). Die zuvor nicht gefundenen Effekte könnten mit einem Teststärkeproblem zusammenhängen (Buchner & Mayr, 2004), so dass sie nicht eindeutig

als Beleg für das Distraktorinhibitionsmodell betrachtet werden können (für eine weiterführende Diskussion siehe Mayr & Buchner, in press).

Ein Befund, der sich nicht mit dem ursprünglichen Distraktorinhibitionsmodell vereinbaren lässt, ist Lowes (1979) Beobachtung, dass der Negative Priming-Effekt von der Art des Probe-Bildschirms abhängt. Lowe konnte zeigen, dass sich der Negative Priming-Effekt umkehrt, wenn ein im Prime ignoriertes Reiz im Probe ohne einen konkurrierenden Distraktor dargeboten wurde. Das Inhibitionsmodell würde vorhersagen, dass die im Prime aufgebaute Inhibition bis zum Probe überdauert und dazu führt, dass auf den zuvor ignorierten Reiz im Probe erschwert reagiert werden kann. Damit sollte sich weiterhin ein Negativer Priming-Effekt zeigen. Dieser sollte davon unabhängig sein, ob im Probe lediglich ein einzelnes Target oder zusätzlich auch ein Distraktor präsentiert wird. Die experimentellen Befunde widerlegen jedoch diese Vorhersage.

Tipper und Cranston (1985) konnten Lowes gegen das Inhibitionsmodell sprechenden Befund replizieren. Im Gegensatz zu Lowe sehen sie darin jedoch keine endgültige Widerlegung des Inhibitionsmodells. Der Befund, dass sich der Negative Priming-Effekt in Probes ohne Distraktoren umdreht, lässt sich durch eine von Tipper und Cranston formulierte Erweiterung des ursprünglichen Inhibitionsmodells erklären. Die Autoren gehen davon aus, dass die Aktivierung und die Inhibition eines Objekts an unterschiedlichen Stellen statt finden. Die perzeptuellen Repräsentationen von Objekten werden bei der Präsentation aktiviert. Dieses gilt für beachtete und ignorierte Objekte. Bei der selektiven Aufmerksamkeit wird das Target nun für eine Handlung ausgewählt. Dieses erfordert eine Weiterverarbeitung bis zur offenen Reaktionsausführung. Für ignorierte Objekte wird dagegen dieser für die Reaktionsausführung erforderliche Verarbeitungsprozess inhibiert. Damit sind für ignorierte Objekte die perzeptuellen Repräsentationen aktiviert jedoch die Verknüpfung zwischen den Repräsentationen und der Reaktionsausführung inhibiert. Weiterhin geht das Modell davon aus, dass die aufgebaute Aktivierung und Inhibition unterschiedliche zeitliche Verläufe aufweisen können. Die perzeptuelle Aktivierung sollte langsam passiv zerfallen. Die aufgebaute Inhibition könnte dagegen labiler sein und von den Anforderungen der Aufgabe und der Art der Reaktion abhängen. Wenn die Aufgabe schwierig ist, so dass sie eine Selektion im Probe erfordert, sollten die Probanden in einem „Selektionszustand“ bis zum Probe verbleiben. In diesem Fall sollte die Inhibition ebenfalls bis zum Probe überdauern. Wenn die Probanden jedoch wissen, dass

im Probe keine Selektion nötig ist, kann es der Fall sein, dass sie nicht im „Selektionszustand“ verbleiben. Im Probe erfolgt nun eine automatische Reaktion auf den präsentierten Reiz. In diesem Fall würde die im Prime aufgebaute Inhibition schnell zerfallen, die perzeptuelle Aktivierung des ignorierten Reizes würde dagegen bis zum Probe überdauern. Damit lässt sich die Umkehrung des Negativen Priming-Effekts in Probes ohne Distraktoren erklären.

Eine Replikation und Erweiterung der beschriebenen Befunde wurde von Moore (1994) berichtet. Auch in dieser Studie wurden Probe-Durchgänge ohne einen Reaktionskonflikt verwendet. Es sollte jedoch genauer analysiert werden, unter welchen Bedingungen kein Negativer Priming-Effekt auftritt. In Probes ohne Reaktionskonflikt tritt der Negative Priming-Effekt nur dann nicht auf, wenn diese Art der Probes leicht identifiziert werden kann. Zwei Faktoren können die Schwierigkeit beeinflussen einen Probe ohne Reaktionskonflikt zu identifizieren: Die *Vorhersagbarkeit* der Probes ohne Reaktionskonflikt und die *Ähnlichkeit* der Probes mit Reaktionskonflikt und der Probes ohne Reaktionskonflikt. Die Variable Vorhersagbarkeit wurde von Moore durch geblockte oder randomisierte Präsentation der Probes ohne Reaktionskonflikt manipuliert. Der Negative Priming-Effekt trat nur dann nicht auf, wenn die Probes ohne Reaktionskonflikt geblockt präsentiert wurden. Zusätzlich trat der Negative Priming-Effekt in Probes ohne Reaktionskonflikt nur dann nicht auf, wenn diese leicht von den Probes mit Reaktionskonflikt unterschieden werden konnten. Andernfalls konnten in Probes ohne Reaktionskonflikt und bei Probes mit Reaktionskonflikt vergleichbare Negative Priming-Effekte gefunden werden. Neben dieser Evidenz, die für das von Tipper und Cranson formulierte Modell spricht, konnte das Modell auch bei der Verwendung von Gesichtern als Stimulusmaterial und einer Gleich-Ungleich-Entscheidungsaufgabe bestätigt werden (Khurana, Smith, & Baker, 2000).

DeSchepper und Treisman (1996) konnten einen Negativen Priming-Effekt bei Primes und Probes beobachten, zwischen den ein sehr langer Zeitraum lag (ein Monat). Dieser Befund lässt sich mit einer bis zum Probe andauernden Inhibition nicht erklären, da es nicht sinnvoll wäre, eine derartig lang dauernde Aufrechterhaltung der Inhibition anzunehmen. Ein neuronales Netzwerkmodell, das von Houghton und Tipper (Houghton & Tipper, 1994, 1998; Houghton, Tipper, Weaver, & Shore, 1996) vorgeschlagen wurde, kann jedoch diesen und andere, mit dem ursprünglichen Modell nicht vereinbare, Effekte erklären. Dabei wird nicht angenommen, dass die Inhi-

bition bis zur Präsentation des Probes aufrechterhalten bleiben muss. Vielmehr ist es möglich, dass das Probe-Target einen Hinweis für den Abruf des inhibitorischen Prozesses aus dem Prime-Durchgang darstellt. Damit kann die Inhibition nicht nur als ein rein vorwärtsgerichteter, sondern auch als ein rückwärtsgerichteter Prozess betrachtet werden.

Eine zentrale Komponente des neuronalen Netzwerkmodells von Houghton und Tipper ist die Einführung eines so genannten *Template*, mit dem alle eingehenden perzeptuellen Informationen verglichen werden. Das Template beinhaltet Stimuluseigenschaften, die ein Objekt als handlungsrelevant definieren. Es kann die Farbe, den Ort, die Größe von Objekten oder andere Charakteristika, die ein Target von einem Distraktor unterscheiden, beinhalten. Wenn beispielsweise die Probanden die Instruktion erhalten, immer in einer Reizanordnung das rote Objekt zu benennen, wird das Template „rot“ erstellt. Bei der Reizpräsentation erhält nun jeder Input, der mit dem Template übereinstimmt, ein exzitatorisches Feedback und jeder Input, der mit dem Template nicht übereinstimmt ein inhibitorisches Feedback. In dem Beispiel würden rote Objekte ein exzitatorisches Feedback erhalten und alle anders farbigen Objekte ein inhibitorisches Feedback. Belege für die Annahmen dieses Modells lassen sich in der neurophysiologischen Forschung finden. So können Zellen im präfrontalen Kortex einen Aktivierungszustand über einen langen Zeitraum hinweg aufrechterhalten, ohne dass dieser durch anderen Input gestört wird (Miller, Eriksen, & Desimone, 1996). Ein solcher Mechanismus könnte die neuronale Grundlage darstellen, um ein Template (beispielsweise die Farbe rot) über ein ganzes Experiment aktiviert zu erhalten. Andererseits kann bei gleich bleibendem Input das aktive Ignorieren eines Objekts dazu führen, dass die mit diesem Objekt verknüpfte neuronale Aktivität deutlich reduziert wird (Chelazzi, Miller, Duncan, & Desimone, 1993). Eine weitere Eigenschaft des Modells von Houghton und Tipper ist die Annahme, dass die Inhibition ein reaktives Feedback zum Distraktor besitzt. Somit ist das Ausmaß der Inhibition eines Distraktors von dem vorherigen Aktivierungszustand des Distraktors abhängig. Saliente Distraktoren, welche die Handlungskontrolle stören, erhalten ein stärkeres inhibitorisches Feedback als weniger saliente Distraktoren. Experimentelle Belege für diese Annahme wurden von Houghton, Tipper, Weaver und Shore (1996) vorgelegt.

Weitere experimentelle Befunde sprechen für die von Tipper und Houghton formulierte Annahme, dass eine Nicht-Übereinstimmung mit dem Template die hauptsäch-

liche Ursache für Negative Priming-Effekte bildet. In einem von Baylis, Tipper und Houghton (1997) durchgeführten Experiment sollten die Probanden im Prime entweder ein vorgegebenes Target benennen oder eigenständig ein Objekt auswählen und benennen. Im ersten Fall sollte damit nach dem Modell von Houghton und Tipper ein Template gebildet werden, im zweiten Fall jedoch nicht. Damit sagt das Modell bei der externen Vorgabe des Targets einen Negativen Priming-Effekt vorher, da in diesem Fall im Probe eine Nicht-Übereinstimmung mit dem Template auftreten konnte. Bei der internen Targetauswahl konnte kein Template gebildet werden und damit die kritische Nicht-Übereinstimmung zum Template nicht auftreten, somit sollte im Probe kein Negativer Priming-Effekt auftreten. Diese Annahmen konnten in der von den Autoren durchgeführten Studie bestätigt werden und sprechen für das von Houghton und Tipper formulierte Modell. Auch die Ergebnisse aus Studien, in denen die Verarbeitungstiefe bei der Target-Selektion (Yee, Santoro, Grey, & Woog, 2000) oder das Ausmaß der perzeptuellen Belastung in den präsentierten Bildschirmen (Lavie & Fox, 2000) manipuliert wurde, sind im Sinne des Houghton-Tipper-Modells interpretiert worden.

1.3.2 *Episodic Retrieval-Modell*

Alternativ zum Distraktorinhibitionsmodell wurde das Episodic Retrieval-Modell als ein Erklärungskonzept für den Negativen Priming-Effekt vorgeschlagen. Dieses Modell erklärt den Negativen Priming-Effekt durch Gedächtnisprozesse, die während des Probe-Durchgangs ablaufen und zu einem Abruf von Informationen aus dem Prime führen. Die Ideen des Episodic Retrieval-Modells beruhen auf Logans Instanztheorie der Automatisierung (Logan, 1988). Diese nimmt an, dass bei jeder Präsentation eines Objekts eine Gedächtnisspur abgelegt wird, die Informationen zu dem Objekt enthält. Die Gedächtnisspur enthält unter anderem Informationen über die Reaktion, die auf das Objekt ausgeführt wurde. Bei einer erneuten Präsentation des Objekts und gleicher Aufgabenanforderung kann die abgelegte Gedächtnisspur abgerufen werden. Dadurch wird eine erneute vollständige Verarbeitung des Objekts überflüssig und durch eine schnellere automatisierte Antwort auf das Objekt abgelöst. Beispielsweise kann ein Positiver Priming-Effekt bei der wiederholten Präsentation eines Objekts als Vorstufe der Automatisierung betrachtet werden (Logan, 1990). Je häufiger ein Objekt präsentiert wurde, umso mehr Gedächtnisspuren wurden abge-

legt und umso wahrscheinlicher kann eine dieser Episoden abgerufen werden. Ein ähnliches Konzept wird ebenfalls von Treisman (1992) vertreten.

Das Episodic Retrieval-Modell (Neill & Valdes, 1992; Neill, Valdes, Terry, & Gorfein, 1992) geht davon aus, dass die beschriebenen Mechanismen bei der Entstehung des Negativen Priming-Effekts eine zentrale Rolle spielen. Es wird davon ausgegangen, dass ein aktuell beachtetes Objekt einen Abrufhinweis für vorangegangene Situationen darstellt, in denen das Objekt verarbeitet wurde. In der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung werden im Prime und Probe Reize wiederholt. Damit stellt das Probe-Target einen Hinweis für den Abruf der Prime-Episode dar. Da im Prime der aktuell beachtete Reiz ignoriert wurde (und damit auf den Reiz nicht reagiert werden sollte), wurde für diesen ein „Nicht reagieren“-Attribut abgelegt. Diese Gedächtnisinformation wird nun im Probe abgerufen und stellt einen Konflikt zu der aktuell erforderlichen Reaktion auf das Target dar. Die Beseitigung dieses Konflikts erfordert Zeit und führt so zu einer verzögerten Reaktion. In Kontrolldurchgängen wird diese konkurrierende Information nicht abgerufen, da im Prime und Probe keine Reize wiederholt werden.

Evidenzen für das Episodic Retrieval-Modell stammen aus Studien zum Negativen Priming, die das Intervall zwischen der Reaktion im Prime und der Stimuluspräsentation im Probe (RSI) manipulierten, um die zeitliche Persistenz des Negativen Priming-Effekts zu untersuchen. Die ersten Befunde dieser Studien schienen auf den ersten Blick inkonsistent. Tipper, Weaver, Cameron, Brehaut und Bastedo (1991) konnten weder in einer Identifikations- noch in einer Lokalisationsaufgabe Effekte des RSI auf den Negativen Priming-Effekt finden. Der Effekt blieb in einem Zeitraum von 6600 ms konstant. Neill und Westberry (1987) fanden dagegen, dass der Negative Priming-Effekt in einem Zeitraum von 2000 ms schnell abfällt. Auch Neill und Valdes (1992) konnten zeigen, dass der Negative Priming-Effekt besonders im Zeitraum zwischen 500 und 1000 ms stark abfällt. Eine Erklärung für die inkonsistent scheinenden Befunde liegt in dem unterschiedlichen experimentellen Design der Experimente zum RSI. Während Tipper et al. (1991) das RSI zwischen Probanden manipulierten, wurde das RSI in den Studien von Neill und Valdes (1992) sowie Neill und Westberry (1987) randomisiert innerhalb von Probanden manipuliert. Der Abfall des Negativen Priming-Effekts bei steigendem RSI zeigt sich demnach nur, wenn das RSI innerhalb von Probanden manipuliert wird.

Das Episodic Retrieval-Modell liefert eine Erklärung für diese Beobachtung. Wird das RSI zwischen Probanden manipuliert, ist das aktuelle RSI (zwischen Prime-Reaktion und Probe-Präsentation) immer mit dem RSI vor dem Prime (Pre-Prime-RSI) konfundiert. Bei einem kurzen RSI liegen die vor dem Prime gespeicherten Gedächtnisepisoden ebenfalls nicht lange zurück und können beim Gedächtnisabruf mit der Prime-Episode konkurrieren. Bei einem langen RSI ist diese Konkurrenzsituation deutlich abgeschwächt. Bei einer randomisierten Manipulation des RSI innerhalb von Probanden ist bei kurzem RSI das Pre-Prime-RSI manchmal lang, was die Konkurrenz der Episoden beim Abruf reduziert. Andererseits ist bei langem RSI das Pre-Prime-RSI manchmal kurz, was die Konkurrenz erhöht. Damit sollten sich RSI-Effekte beim Negativen Priming im randomisierten Design deutlicher zeigen.

Baddeley (1976) argumentierte, dass der Abruf einer Episode nicht nur davon abhängt, wie lange diese zurück liegt, sondern auch davon, wie gut sie von anderen Episoden diskriminierbar ist. Darunter fällt auch die zeitliche Diskriminierbarkeit. Damit steigt die Wahrscheinlichkeit für den Abruf einer Episode, wenn das zeitliche Intervall zu früheren Episoden länger wird. Sind alle Episoden durch gleich lange Intervalle getrennt, so bleibt die Wahrscheinlichkeit für den Abruf der letzten Episode konstant. Dieses ist in Studien zum zeitlichen Verlauf des Negativen Primings der Fall, in denen das RSI zwischen Probanden manipuliert wurde. Es sollte sich kein Abfall des Negativen Priming-Effekts mit steigendem RSI zeigen, weil alle Prime-Episoden gleich gut diskriminierbar sind. Dagegen sollten Studien mit einer randomisierten Manipulation des RSI innerhalb von Probanden einen Abfall des Negativen Priming-Effekts mit steigendem RSI zeigen. In diesem Fall geht einem kurzen RSI ein durchschnittlich längeres Pre-Prime-RSI voraus, und einem langen RSI geht ein durchschnittlich kürzeres Pre-Prime-RSI voraus. Damit ist die Prime-Episode bei kurzem RSI leichter diskriminierbar und ihr Abruf wahrscheinlicher als bei einem langen RSI. Wenn die Prime-Episode leichter abgerufen werden kann, so führt dieses dazu, dass der Einfluss des mit dem Prime-Distraktor assoziierten „Nicht reagieren“-Attributs sich im Probe häufiger auswirken kann. Dadurch zeigt sich ein größerer Negativer Priming-Effekt.

Neill und Valdes (1992) haben diese Hypothese in 2 Experimenten geprüft. In Experiment 1 wurden RSI von 500 und 4000 ms randomisiert innerhalb von Probanden manipuliert. Es konnte ein Abfall des Negativen Priming-Effekts beim Anstieg des RSI festgestellt werden. Die Negativen Priming-Effekte unterschieden sich jedoch

nicht zwischen den beiden RSI-Bedingungen, wenn das RSI und das Pre-Prime-RSI gleich lang waren. In Experiment 2 wurde das RSI ebenfalls innerhalb von Probanden manipuliert, jedoch in Blöcken. In diesem Fall war das RSI immer gleich zum Pre-Prime-RSI. Wie erwartet wurde in dieser Bedingung kein Abfall des Negativen Priming-Effekts mit steigendem RSI festgestellt. Diese Ergebnisse sind konsistent mit dem Episodic Retrieval-Modell, können jedoch nicht vom Distraktorinhibitionsmodell erklärt werden. Dieses kann keine plausible Erklärung dafür liefern, wieso das Pre-Prime-RSI einen Einfluss auf den Negativen Priming-Effekt haben sollte. Die Ergebnisse von Neil und Valdes (1992) konnten in einer Studie von Mayr und Buchner (2006) repliziert werden. Zusätzlich wurden die zuerst in der visuellen Modalität beobachteten Befunde auf die auditorische Modalität ausgedehnt.

Weitere Evidenzen für das Episodic Retrieval-Modell konnten in Studien gefunden werden, in denen die Ähnlichkeit zwischen den präsentierten Prime- und Probe-Bildschirmen manipuliert wurde. Die Idee dabei ist, dass ein Abruf der Prime-Episode bei hoher Ähnlichkeit zwischen den Prime- und Probe-Bildschirmen wahrscheinlicher ist als bei niedriger Ähnlichkeit zwischen den beiden Bildschirmen. Nach dem Episodic Retrieval-Modell sollte damit die Größe des Negativen Priming-Effekts wachsen, wenn die Ähnlichkeit zwischen Prime und Probe erhöht wird. Neill (1997) manipulierte die Form des Erscheinens des Distraktors im Prime und Probe. Die Distraktoren konnten entweder gleichzeitig mit dem Target oder 400 ms nach dem Target erscheinen. Es zeigte sich, dass Negatives Priming nur dann auftrat, wenn in den Primes und Probes die Distraktoren den gleichen Onset aufwiesen. In einer weiteren Studie (Stolz & Neely, 2001) zeigte sich, dass der Negative Priming-Effekt größer ist, wenn im Prime und Probe die Stimuli die gleiche Intensität aufweisen im Vergleich zu Primes und Probes, in den sich die Intensität der Stimuli ändert. Ein vergleichbares Datenmuster ergab auch eine Studie, in welcher der Kontrast der Stimuli zum Hintergrund des Bildschirms manipuliert wurde (Fox & de Fockert, 1998). Der Negative Priming-Effekt war dabei maximal, wenn die Prime- und Probe-Bildschirme den gleichen Kontrast aufwiesen. Insgesamt betrachtet konnte das Episodic Retrieval-Modell mehrfach in zwei Gruppen von Studien belegt werden. Zum einen in Studien, in den das RSI bzw. das Pre-Prime-RSI manipuliert wurde. Zum anderen in Studien, in den die Ähnlichkeit von Primes und Probes manipuliert wurde.

1.3.3 *Feature Mismatch-Modell*

Das Feature Mismatch-Modell sieht die zentrale Ursache für Negatives Priming in nicht übereinstimmenden Reizmerkmalen des Prime-Distraktors und des Probe-Targets. Der Ursprung dieser zentralen Idee des Feature Mismatch-Modells geht auf Lowe (1979) zurück. Eine genauere Formulierung des Modells wurde von Park und Kanwisher (1994) vorgenommen. Das von den Autoren verwendete experimentelle Paradigma war dabei eine Lokalisationsaufgabe (siehe Abschnitt 1.2.2). Bei dieser Aufgabe reagieren die Probanden auf die Lokation eines Targets (O), während sie einen Distraktor, der eine andere Identität (X) aufweist ignorieren. Dabei sind die Probe-Reaktionen verlangsamt, wenn im Probe ein Target auf der im Prime vom Distraktor belegten Position erscheint. Ursprünglich wurde dieser Befund durch eine Inhibition der Reaktion auf die Position des Prime-Distraktors erklärt, die bis zum Probe andauert und die erneute Reaktion auf diese Position erschwert (Tipper et al., 1990).

Park und Kanwisher (1994) gehen dagegen davon aus, dass der Negative Priming-Effekt in dieser Aufgabe durch einen Wechsel in der Bindung von Symbolidentitäten entsteht, die mit Objekten assoziiert sind, welche im Prime und Probe am gleichen Ort erscheinen. Damit ist eine perzeptuelle Diskrepanz gemeint, die dadurch entsteht, dass das Probe-Target (O) auf dem Ort des Prime-Distraktors (X) erscheint. Diese Diskrepanz liegt in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen vor, jedoch nicht in Kontrolldurchgängen. Um das Distraktorinhibitionsmodell gegen das Feature Mismatch-Modell zu prüfen, verwendeten die Autoren eine Aufgabe, in der die Targets zwischen Prime und Probe wechselten. Im Prime sollten die Probanden auf die Lokation des Targets (O) reagieren und den Distraktor (X) ignorieren. Im Probe dagegen sollte auf die Lokation des Targets (X) reagiert und der Distraktor (O) ignoriert werden. Es zeigte sich, dass ein Negativer Priming-Effekt auftrat, wenn die Symbole, die sich am Ort des Probe-Targets befanden, sich zwischen Prime und Probe änderten. Es konnte jedoch eine Erleichterung der Probe-Reaktion gefunden werden, wenn die Symbole am Ort des Probe-Targets sich zwischen Prime und Probe nicht änderten. Dieses Ergebnis bestätigt das Feature Mismatch-Modell, da der Negative Priming-Effekt von einer Änderung der Reizmerkmale, die am gleichen Ort im Prime und Probe präsentiert wurden, abhing. Dagegen war der Effekt unabhängig davon, ob der Reiz am kritischen Ort im Prime ein Target oder ein Distraktor war. Dieser Be-

fund kann nicht vom Distraktorinhibitionsmodell erklärt werden. Dieses hätte vorhergesagt, dass der Negative Priming-Effekt unabhängig von der Änderung der Reizmerkmale zwischen Prime und Probe ist, aber immer dann auftritt, wenn am kritischen Ort im Prime ein Distraktor präsentiert wurde.

Problematisch für das Feature Mismatch-Modell sind Studien, die zeigen, dass bei der Verwendung von identischen Prime-Distraktoren und Probe-Targets ein Negativer Priming-Effekt in der von Park und Kanwisher verwendeten Lokalisationsaufgabe auftreten kann (Tipper, Weaver, & Houghton, 1994; Tipper, Weaver, & Milliken, 1995). Das Feature Mismatch-Modell kann diese Befunde nicht erklären. Da zwischen Prime und Probe keine Merkmalsdiskrepanz vorliegt, sollte sich auch kein Negativer Priming-Effekt zeigen. In einer weiteren Studie konnte ebenfalls ein Negativer Priming-Effekt bei identischen Prime-Distraktoren und Probe-Targets gezeigt werden (Milliken, Tipper, & Weaver, 1994). Die Befunde der beschriebenen Studien sind konsistent mit dem Distraktorinhibitionsmodell. Daneben konnten Milliken et al. (1994) zeigen, dass die Merkmalsdiskrepanz unter spezifischen Versuchsbedingungen, die den Abruf der Prime-Episode begünstigen, den Negativen Priming-Effekt beeinflussen kann. Daraus folgern sie, dass ihre experimentellen Daten am besten mit einer Kombination des Distraktorinhibitionsmodells und des Feature Mismatch-Modells erklärt werden können und beide Modelle sinnvoll miteinander vereinbart sind. Damit scheint das Feature Mismatch-Modell zumindest als ergänzendes Erklärungskonzept für Negative Priming-Effekte in Lokalisationsaufgaben in Frage zu kommen.

Die Datenlage für Identifikations- und Kategorisierungsaufgaben sieht dagegen anders aus. In Identifikationsaufgaben reagieren die Probanden oft auf ein Target in Abhängigkeit von seiner Farbe. Analog zur Lokalisationsaufgabe würde dabei eine Merkmalsdiskrepanz auftreten, wenn sich die Farbe des Prime-Distraktors und des Probe-Targets unterscheidet. Tipper und Cranson (1985) änderten die Farbe des zu benennenden Targets zwischen Prime und Probe. Damit ergab sich keine Farbdiskrepanz zwischen dem Prime-Distraktor und dem Probe-Target. Das Feature Mismatch-Modell würde für diese Bedingung keinen Negativen Priming-Effekt vorhergesagen. Jedoch konnte ein signifikanter Negativer Priming-Effekt gefunden werden. Auch in akustischen Kategorisierungsaufgaben konnte kein Effekt der Merkmalsdiskrepanz gezeigt werden (Buchner & Mayr, 2004; Buchner & Steffens, 2001). In diesen Aufgaben ergibt sich eine Ortsdiskrepanz, wenn der Prime-Distraktor und das Probe-

Target auf unterschiedlichen Ohren präsentiert werden. Das Feature Mismatch-Modell würde für diese Bedingung einen größeren Negativen Priming-Effekt vorhersagen als für eine Bedingung, in welcher der Prime-Distraktor und das Probe-Target auf dem gleichen Ohr präsentiert werden. In akustischen Kategorisierungsaufgaben zeigt sich jedoch, dass der Negative Priming-Effekt von der Ortsdiskrepanz unabhängig ist. Damit kann das Feature Mismatch-Modell keine Erklärung für die in Kategorisierungs- und Identifikationsaufgaben beobachteten Negativen Priming-Effekte liefern.

1.3.4 *Temporal Discrimination-Modell*

Das Temporal Discrimination-Modell sieht die Ursache für Negatives Priming in einer unvollständigen Verarbeitung des Distraktors während des Prime-Durchgangs (Milliken, Joordens, Merikle, & Seiffert, 1998; Wood & Milliken, 1998). In den von den Autoren durchgeführten Studien wurde der Negative Priming-Effekt in neuen experimentellen Kontexten untersucht. Beispielsweise wurde von Milliken et al. (1998, Experiment 2) im Prime ein einzelnes Wort für die Dauer von 33 ms präsentiert und anschließend maskiert. Die Probanden wurden angeleitet, nicht auf die Primes zu reagieren. In dem folgenden Probe-Durchgang wurden zwei Wörter simultan präsentiert. Dabei sollte ein Target-Wort benannt und ein Distraktor ignoriert werden. Bei Probe-Targets, die zuvor kurz im Prime präsentiert wurden, waren die Reaktionszeiten länger als bei solchen, die zuvor nicht präsentiert wurden.

Basierend auf diesem und anderen Ergebnissen folgerten Milliken et al. (1998), dass die Selektion eines relevanten Reizes gegen einen irrelevanten Reiz im Prime nicht erforderlich ist, um Negatives Priming zu verursachen. Vielmehr wird der Negative Priming-Effekt als eine verlangsamte Kategorisierung eines Reizes als neu oder alt definiert. Wie bereits bei dem Episodic Retrieval-Modell liegt die theoretische Grundlage des Temporal Discrimination-Modells in Logans Instanztheorie der Automatisierung (Logan, 1988). Nach Logan erfordert die Reaktion auf neue Reize eine analytische und vollständige Verarbeitung des präsentierten Stimulus. Dagegen werden die Reaktionen auf Reize, die bereits zuvor in der gleichen Aufgabensituation verarbeitet wurden automatisch aus dem Gedächtnis abgerufen. Es wird angenommen, dass der Gedächtnisabruf schneller ist als die analytische Verarbeitung. Das Temporal Discrimination-Modell nimmt an, dass ein Target-Reiz immer als alt oder neu klassifiziert wird, bevor die weitere Reizverarbeitung und Reaktionsaus-

wahl stattfinden. In der Kontrollbedingung steht das Probe-Target in keiner Beziehung zu den im Prime präsentierten Reizen. Damit wird das Probe-Target in diesem Fall schnell als neu klassifiziert, und die Probe-Reaktion beruht auf einer analytischen Reizverarbeitung. Ist das Probe-Target dagegen identisch mit dem beachteten Prime-Reiz, wird das Probe-Target schnell als alt klassifiziert und die Probe-Reaktion aus dem Gedächtnis abgerufen. Dadurch ist die Ausführung der Reaktion schneller als in der Kontrollbedingung. Mit diesem Mechanismus lässt sich ein Positiver Priming-Effekt erklären. In „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen ist die Kategorisierung des Probe-Reizes dagegen uneindeutig. Einerseits ist der Reiz nicht vollständig neu, da er bereits im Prime verarbeitet wurde. Andererseits ist der Reiz nur vage vertraut, da er während des Primes nur teilweise verarbeitet wurde. Diese Ambiguität in der Kategorisierung des Reizes als alt oder neu verlängert die gesamte Verarbeitungszeit für den Reiz und verursacht so einen Negativen Priming-Effekt in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen. Milliken et al. nehmen an, dass ein einzelner kurz präsentierter Prime-Reiz äquivalent zu einem ignorierten Prime-Distraktor ist. In beiden Fällen werden die Reize nur partiell verarbeitet und damit ihre Repräsentationen nur partiell aktiviert. Damit führen zuvor ignorierte Reize genau wie zuvor nur kurz präsentierte Reize zu demselben charakteristischen Negativen Priming-Effekt.

Die von Milliken et al. (1998) beobachteten Ergebnisse konnten in einer Stroop-Aufgabe und bei der Benennung von sich überlagernden Wörtern repliziert werden (Healy & Burt, 2003). Dagegen wurden von Neill und Kahan (1999) inkonsistente Ergebnisse berichtet. In Experiment 1b konnten die Autoren die von Milliken et al. berichteten Daten replizieren. In Experiment 1a ergab sich dagegen ein Positiver Priming-Effekt nach der Präsentation von maskierten Einzelprimes. Die Autoren vermuteten, dass die Bewusstheit für den Inhalt des Prime-Durchgangs die Priming-Effekte modulieren kann. Dieses konnte in einer Studie von Frings und Wentura (2005) bestätigt werden. So zeigte sich, dass sich die Probanden des maskierten Einzelprimes unbewusst sein müssen, damit sich ein Negativer Priming zeigt. Probanden, die sich des Primes bewusst sind zeigen dagegen einen Positiven Priming-Effekt. Diese Probanden könnten gelernt haben, dass in der Hälfte der Durchgänge der Prime-Reiz als Probe-Target wiederholt wird. Es erscheint plausibel, dass sie deshalb den Prime-Reiz beachteten und versuchten diesen zu identifizieren, statt ihn zu ignorieren. Damit würde dieser Reiz die Rolle eines Targets einnehmen, was den Positiven Priming-Effekt bei der Wiederholung des Reizes im Probe erklärt. Zusam-

menfassend zeigt sich, dass der ursprünglich von Milliken et al. berichtete Negative Priming-Effekt nach der Präsentation maskierter Einzelprimes replizierbar ist (Healy & Burt, 2003), jedoch von der nicht vorhandenen Bewusstheit der Probanden für die Prime-Reize abhängt (Frings & Wentura, 2005).

Milliken et al. (1998) argumentieren, dass diese Ergebnisse eine eindeutige Evidenz für das Temporal Discrimination-Modell liefern, jedoch nicht mit dem Distraktorinhibitionsmodell und dem Episodic Retrieval-Modell vereinbar sind, da der Negative Priming-Effekt ohne die Selektion eines relevanten Prime-Targets gegen einen irrelevanten Prime-Distraktor gezeigt werden konnte. Jedoch lassen die Ergebnisse der durchgeführten Studien auch eine andere Interpretation zu (Healy & Burt, 2003). Da die Probanden instruiert wurden, nicht auf die Primes zu reagieren, ist es möglich, dass deshalb für die präsentierten Prime-Reize ein „Nicht reagieren“-Attribut abgelegt wurde. Das Episodic Retrieval-Modell würde den beobachteten Negativen Priming-Effekt damit erklären, dass diese Information im Probe abgerufen wird und im Konflikt zu der aktuell erforderlichen Reaktion steht. Ähnlich würde das Distraktorinhibitionsmodell den Effekt damit erklären können, dass der Prime-Distraktor inhibiert wurde, da die Reaktion auf diesen Reiz verhindert werden soll. Diese Inhibition könnte dann bis zum Probe anhalten, und die Reaktion auf das Probe-Target erschweren, wenn dieses mit dem Prime-Distraktor identisch ist. Damit können die von Milliken et al. berichteten Ergebnisse und die Replikationen ihrer Studie das Distraktorinhibitionsmodell und das Episodic Retrieval-Modell nicht eindeutig ausschließen.

Daneben können die Ergebnisse einiger anderer Studien als Evidenz gegen das Temporal Discrimination-Modell herangezogen werden. So kann das Modell die von Buchner und Steffens (2001, Experiment 2) berichteten Ergebnisse nicht eindeutig erklären. Weitere Evidenz gegen das Temporal Discrimination-Modell konnte in einer Studie gefunden werden, die den Effekt der Distraktor-Wiederholung zwischen Prime und Probe untersuchte (Frings & Wühr, in press-a). Die Autoren konnten schnellere Reaktionen im Probe beobachten, wenn der Prime-Distraktor als Probe-Distraktor wiederholt wurde. Dieser Effekt wird nicht vom Temporal Discrimination-Modell vorhergesagt. Für die beschriebene Distraktor-Wiederholung lässt das Temporal Discrimination-Modell zwei Vorhersagen zu: (1) Falls der Probe-Distraktor als alt oder neu kategorisiert wird, würde das Temporal Discrimination-Modell einen Anstieg der Reaktionszeit im Probe vorhersagen, der durch die Ambiguität in der

Kategorisierung des partiell verarbeiteten Reizes verursacht wird. (2) Falls der Probe-Distraktor dagegen nicht als alt oder neu kategorisiert wird, würde das Modell keinen Effekt der Distraktor-Wiederholung vorhersagen. Damit kann keine der beiden möglichen Vorhersagen des Modells die tatsächlichen Daten erklären. Dagegen kann sowohl das Distraktorinhibitionsmodell als auch das Episodic Retrieval-Modell die Reaktionsbeschleunigung bei der Distraktor-Wiederholung erklären. Nach dem Distraktorinhibitionsmodell sollte die bis zum Probe andauernde Inhibition des Prime-Distraktors dazu führen, dass die Probe-Reaktion schneller ausgeführt werden kann, wenn der gleiche Distraktor erneut präsentiert wird, da nun nicht mehr die volle Inhibitionsleistung erbracht werden muss. Nach dem Episodic Retrieval-Modell ist das im Prime mit dem Distraktor assoziierte „Nicht reagieren“-Attribut konsistent mit der Rolle des Reizes im Probe, was die Probe-Reaktion beschleunigt. Die Ergebnisse einer weiteren Studie, in welcher der *Offset* des Prime-Bildschirms und die Schwierigkeit der Targetselektion manipuliert wurden, sind ebenfalls als Evidenz gegen das Temporal Discrimination-Modell interpretiert worden (Frings & Wühr, in press-b). Neben den ursprünglich für das Temporal Discrimination-Modell sprechenden Befunden können also auch zahlreiche Belege gegen das Modell herangeführt werden, so dass es nicht als eindeutig belegt betrachtet werden kann.

1.3.5 Bewertung der Modelle

In den vorangegangenen Abschnitten wurden vier verschiedene theoretische Erklärungskonzepte für den Negativen Priming-Effekt vorgestellt. Abschließend werden die Evidenzen für die einzelnen Modelle kurz zusammengefasst und bewertet. Wie in Abschnitt 1.3.1 dargestellt, bestehen vielfältige experimentelle Belege für das ursprüngliche Distraktorinhibitionsmodell (Tipper, 1985), sowie für die später formulierten Erweiterungen des Modells (Houghton & Tipper, 1994; Tipper & Cranston, 1985). Daneben spricht für das Distraktorinhibitionsmodell ebenfalls die Beobachtung, dass der Negative Priming-Effekt ansteigt, wenn die Targetselektion schwieriger ist (Milliken et al., 1994). Bei schwieriger Targetselektion müssen Distraktoren stärker inhibiert werden, so dass bis zum Probe-Durchgang ein größeres Ausmaß dieser Inhibition erhalten bleibt und die Reaktion auf den zuvor ignorierten Reiz zusätzlich erschwert wird. Auch liefern neurophysiologische Befunde eine biologische Grundlage für das Modell (Chelazzi et al., 1993). Diese zeigen, dass die neuronale Aktivität, die von einer Reizpräsentation ausgelöst wird, stark reduziert wird, wenn

dieser Reiz ignoriert wird. Damit erscheint das Distraktorinhibitionsmodell als ein experimentell gut belegtes Konzept, das Negatives Priming für vielfältige Aufgaben und Stimuluskonfigurationen erklären kann.

Auch für das Episodic Retrieval-Modell liegen zahlreiche experimentelle Evidenzen vor. So können zum einen Studien, in den das RSI oder das Pre-Prime-RSI manipuliert wurde zeigen, dass der Negative Priming-Effekt von der Diskriminierbarkeit der Prime-Episode abhängt (Mayr & Buchner, 2006; Neill et al., 1992). Diese Befunde können von einem gedächtnisbasierten Konzept, wie dem Episodic Retrieval-Modell erklärt werden, jedoch nicht vom Distraktorinhibitionsmodell. Daneben zeigt sich ebenfalls, dass eine Erhöhung der Ähnlichkeit von Prime und Probe den Negativen Priming-Effekt steigert (z.B. Neill, 1997). Auch dieser Effekt lässt sich am besten mit einem Gedächtnisprozess vereinbaren. Damit kann auch das Episodic Retrieval-Modell als ein experimentell gut belegtes Konzept bewertet werden und kommt für die Erklärung vieler der beobachteten Negativen Priming-Effekte in Frage.

Ursprünglich wurde die Distraktorinhibition als ein vorwärtsgerichteter Prozess beschrieben. Bei dem Episodic Retrieval-Modell wurde dagegen von rückwärtsgerichteten Gedächtnisprozessen ausgegangen. Für eine vollständige Erklärung der beobachteten Negativen Priming-Effekte müssen jedoch beide Modelle sowohl vorwärts- (Enkodierung) als auch rückwärtsgerichtete Prozesse (Abruf) annehmen (Tipper, 2001). Damit müssen sich die beiden Modelle nicht notwendigerweise gegenseitig ausschließen. Inhibitions- und Gedächtnisprozesse könnten vielmehr eine sinnvolle Kombination ergeben, um das Phänomen des Negativen Primings vollständig zu verstehen. Auch May et al. (1995) argumentieren in ihrer Überblicksarbeit, dass der Negative Priming-Effekt sowohl von Inhibitions- als auch von Gedächtnisprozessen verursacht wird und beide Prozesse bei der Interpretation von experimentellen Daten betrachtet werden müssen.

Übereinstimmend mit dieser Sichtweise konnte gezeigt werden, dass experimentelle Kontextvariablen einen Einfluss darauf haben können, ob der Negative Priming-Effekt auf Inhibitions- oder Gedächtnisprozessen beruht (Kane, May, Hasher, & Rahhal, 1997). In der Studie variierten die Autoren die Wahrscheinlichkeit für den Abruf der Prime-Episode. Diese wurde durch eine schwierige Verarbeitung des Probe-Targets erhöht (Experiment 1 & 2) oder dadurch, dass die Prime-Episode nützlich für die Probe-Verarbeitung war (Experiment 3). Es wurden jüngere und ältere Er-

wachsende getestet. Es zeigte sich, dass bei jüngeren Erwachsenen der Negative Priming-Effekt sowohl bei wahrscheinlichem als auch bei weniger wahrscheinlichem Prime-Abruf auftrat. Dieser Befund spricht dafür, dass der Effekt auf unterschiedlichen Quellen beruhen kann. Ältere Erwachsene zeigten dagegen den Effekt nur, wenn ein Abruf der Prime-Episode wahrscheinlich war. Damit scheint der Effekt bei älteren Erwachsenen nur aufzutreten, wenn er auf einem Gedächtnisabruf, jedoch nicht auf einer Distraktorinhibition beruht. Dieser Befund ist konsistent mit der Annahme, dass die Inhibitionsleistung im Alter abnimmt. Die Autoren sprechen sich dafür aus, dass Negative Priming-Effekte sowohl durch das Distraktorinhibitionsmodell als auch durch das Episodic Retrieval-Modell erklärt werden können. Welche der beiden angenommenen Prozesse den Effekt verursachen hängt stark vom Aufgabenkontext ab.

Evidenz für das Feature Mismatch-Modell wurde ursprünglich in einer Lokalisationsaufgabe gewonnen (Park & Kanwisher, 1994). Jedoch haben spätere Studien gezeigt, dass ein Negativer Priming-Effekt sich in dieser Aufgabe auch ohne Merkmalsdiskrepanz zwischen Prime und Probe zeigen kann (z.B. Tipper et al., 1995). Auch konnte keine Evidenz dafür gefunden werden, dass die Merkmalsdiskrepanz einen Einfluss auf Negative Priming-Effekte in Kategorisierungs- (Buchner & Steffens, 2001) und Identifikationsaufgaben (Tipper & Cranston, 1985) besitzt. Damit kommt das Feature Mismatch-Modell lediglich als ein ergänzendes Erklärungskonzept für die Negativen Priming-Effekte in Lokisationsaufgaben in Frage (Milliken et al., 1994).

Das Temporal Discrimination-Modell wurde auf der Basis von Ergebnissen aus einer, im Vergleich zum ursprünglichen Negativen Priming-Paradigma, abgewandelten Aufgabe begründet. Dabei wurden maskierte Einzelprimes verwendet (Milliken et al., 1998). Die ursprünglichen Ergebnisse von Milliken et al. konnten in späteren Studien repliziert werden, können das Distraktorinhibitionsmodell und das Episodic Retrieval-Modell als Erklärungskonzepte jedoch nicht ausschließen (Healy & Burt, 2003). Daneben wurden mehrfach Daten berichtet, die sich nicht mit dem Temporal Discrimination-Modell vereinbaren lassen (z.B. Frings & Wühr, in press-a). Damit konnte bisher in dem typischerweise verwendeten Negativen Priming-Paradigma keine Evidenz für das Temporal Discrimination-Modell gefunden werden. Das Modell scheint bei diesem Stand der Forschung nicht als ein allgemeines Konzept für die Erklärung des Negativen Priming-Effekts in Frage zu kommen, da die für das

Modell vorliegende Evidenz nicht eindeutig ist und mehrfache Evidenz gegen das Modell gefunden werden konnte. Um die Relevanz dieses Modells als Erklärungs-konzept für Negatives Priming zu evaluieren, ist eine genauere experimentelle Prüfung des Modells in einem typischen Negativen Priming-Paradigma notwendig.

1.4 Ziele der eigenen Arbeit

Wie beschrieben geht das Temporal Discrimination-Modell davon aus, dass der Negative Priming-Effekt durch die Ambiguität erklärt werden kann, die bei der Kategorisierung von Probe-Targets als alt oder neu entsteht, wenn diese zuvor nur partiell verarbeitet worden sind. Die in der vorliegenden Arbeit berichteten Experimente sollen dazu dienen, das Temporal Discrimination-Modell auf der einen Seite gegen das Distraktorinhibitionsmodell und das Episodic Retrieval-Modell auf der anderen Seite gegen einander zu testen. Dafür wurden eine visuelle und eine akustische Identifikationsaufgabe verwendet, die von Mayr und Buchner (2006) beschrieben worden sind. Dabei wurde der Probe-Durchgang nach einer variablen Anzahl von Primes präsentiert, in den der gleiche Distraktor wiederholt wurde. Die mehrfache Verarbeitung eines Reizes sollte dazu führen, dass die Gedächtnisrepräsentation dieses Reizes zunehmend besser verfügbar wird und der Reiz damit eine höhere Vertrautheit besitzt (Ratcliff, 1992). Die Grundlage für diesen Effekt könnte die Stärkung einer einzelnen Gedächtnisspur sein, oder das Ablegen multipler Repräsentationen (Hintzman, 1988). Beispielsweise konnte gezeigt werden, dass die Wiederholung eines maskierten Stimulus die Verfügbarkeit dieses Reizes in einer anschließenden lexikalischen Entscheidungsaufgabe erhöht (Marcel, 1983, Experiment 5).

Analog zu diesem Befund lässt sich folgende Vorhersage treffen: Je häufiger ein Reiz präsentiert wurde, umso vertrauter sollte er sein, und damit auch umso schneller als alt kategorisiert werden. Das Temporal Discrimination-Modell würde folglich eine Verringerung des Negativen Priming-Effekts nach mehrfacher Prime-Distraktor-Wiederholung vorhersagen. Nach einer ausreichend hohen Anzahl von Wiederholungen wäre sogar eine Umkehrung des Effekts in einen Positiven Priming-Effekt zu erwarten.

Das Distraktorinhibitionsmodell und das Episodic Retrieval-Modell sagen dagegen die gegenteilige Wirkung mehrfacher Distraktor-Wiederholungen auf den Negativen Priming-Effekt vorher. Nach dem Episodic Retrieval-Modell sollte die wiederholte

Präsentation des gleichen Prime-Distraktors dazu führen, dass eine steigende Anzahl von „Nicht reagieren“-Attributen abgelegt wird, die mit dem ignorierten Reiz assoziiert sind. Es wäre auch denkbar, dass nach jeder Präsentation des gleichen Distraktors ein einzelnes mit dem Reiz assoziiertes „Nicht reagieren“-Attribut gestärkt wird. Für die Vorhersagen des Modells ergeben sich dadurch keine Unterschiede. Das Episodic Retrieval-Modell geht davon aus, dass die Wahrscheinlichkeit für den Abruf des mit dem Prime-Distraktor assoziierten Attributs im Probedurchgang mit der Anzahl der vorangegangenen Distraktor-Wiederholungen steigt. Dieses sollte in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen den Konflikt zu der aktuell erforderlichen Probe-Reaktion erhöhen und damit den Negativen Priming-Effekt verstärken.

Ähnlich geht das Distraktorinhibitionsmodell davon aus, dass das Ausmaß der Inhibition nach jeder Präsentation des gleichen Distraktors ansteigt, da noch eine Inhibition dieses Reizes aus dem vorangegangenen Durchgang vorliegt. Dieses würde ebenfalls dazu führen, dass der Negative Priming-Effekt nach einer steigenden Anzahl wiederholter Prime-Distraktoren ansteigt. Eine alternative Möglichkeit wäre, dass ein Prime-Distraktor nur bis zu einem bestimmten maximalen Niveau inhibiert wird und dieses Niveau auch nach dem mehrfachen ignorieren des gleichen Distraktors konstant bleibt. In diesem Fall würde die Größe des Negativen Priming-Effekts unabhängig von der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen konstant bleiben.

Im bisherigen Forschungsverlauf zum Negativen Priming wurde der Effekt der Distraktor-Wiederholung in der beschriebenen Form noch nicht systematisch untersucht. Jedoch liefern zwei Studien Ergebnisse aus ähnlichen experimentellen Kontexten. Einerseits konnte Lowe (1979) zeigen, dass der Negative Priming-Effekt in der Test-Phase anstieg, wenn die Probanden einen Distraktor in der Lern-Phase mehrmals ignorieren mussten. Andererseits konnten jedoch Strayer und Grison (1999) keinen Effekt der Distraktor-Wiederholung auf den Negativen Priming-Effekt finden. Auch wenn diese Befunde nicht einheitlich sind, sprechen beide gegen das Temporal Discrimination-Modell. Dieses hätte einen reduzierten Negativen Priming-Effekt nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung vorhergesagt. Jedoch erscheinen diese Befunde nicht als hinreichend, um das Temporal Discrimination-Modell zu widerlegen, da sie nicht in typischen Negativen Priming-Paradigmen beobachtet wurden. So wurde von Lowe anstatt von Primes eine Lernphase und anstatt von Probes eine Testphase durchgeführt. Strayer und Grison verwendeten keine Stimuli,

die im Verlauf des Experiments immer wieder präsentiert wurden (wie in anderen Studien zum Negativen Priming üblich), sondern neue Stimuli für jeden experimentellen Durchgang. Aufgrund dieser grundlegenden Abweichungen lassen sich diese Ergebnisse zur Distraktor-Wiederholung nicht generalisieren.

In Experiment 1 und 2 der vorliegenden Studie soll deshalb die Wirkung der Distraktor-Wiederholung auf den Negativen Priming-Effekt in der visuellen und in der auditorischen Modalität genauer geprüft werden. Die Daten der beiden Experimente ermöglichen einen Test des Temporal Discrimination-Modells gegen die beiden etablierten Modelle. Experiment 3 soll dazu dienen, EKP-Korrelate für die in Experiment 1 und 2 beobachteten Verhaltenseffekte zu ermitteln und so eine zusätzliche Prüfung des Episodic Retrieval-Modells und des Distraktoringhibitionsmodells erlauben.

2 Experiment 1

Experiment 1 soll einen kritischen Test des Temporal Discrimination-Modells gegen das Episodic Retrieval-Modell und das Distraktorinhibitionsmodell für die visuelle Modalität erlauben. Das Temporal Discrimination-Modell sagt eine Abnahme des Negativen Priming-Effekts bei steigender Anzahl von Distraktor-Wiederholungen vorher. Ein Anstieg des Effekts oder ein konstanter Effekt wären mit diesem Modell nicht vereinbar, könnten dagegen vom Episodic Retrieval bzw. Distraktorinhibitionsmodell erklärt werden.

2.1 Einleitung

In Experiment 1 wurde eine visuelle Identifikationsaufgabe verwendet (siehe Mayr & Buchner, 2006, Experiment 3). Das Stimulusmaterial bestand aus vier verschiedenen Linienzeichnungen. Es wurden zwei Linienzeichnungen gleichzeitig und überlagert präsentiert. Dabei diente eine Zeichnung als Target und die andere als Distraktor. Die zu beachtende Zeichnung wurde durch einen zuvor präsentierten Farbhinweis angezeigt. Die Teilnehmer wurden instruiert diese Zeichnung durch das Drücken einer entsprechend zugeordneten Taste zu identifizieren. Die Anzahl wiederholter Prime-Distraktoren wurde in drei Stufen manipuliert (eine Distraktor-Wiederholung vs. drei Distraktor-Wiederholungen vs. fünf Distraktor-Wiederholungen).

2.2 Methode

In den folgenden Abschnitten erfolgt die Darstellung des methodischen Aufbaus des ersten Verhaltensexperiments. Im Einzelnen werden die Stichprobe (2.2.1), das Material (2.2.2), die Prozedur (2.2.3) und das Design (2.2.4) des Experiments beschrieben.

2.2.1 Stichprobe

In Experiment 1 wurden 126 Studierende der Heinrich-Heine-Universität (davon 84 weiblich) im Alter von 18 bis 48 Jahren ($M = 26$, $SD = 6.42$) getestet. Die Teilnahme wurde durch Bezahlung entlohnt.

2.2.2 Material

Die verwendeten Stimuli waren vier Strichzeichnungen (Frosch, Klavier, Trommel und Huhn). Für jede Zeichnung wurden zwei Versionen erstellt. Die erste Version war eine blaue Zeichnung und die zweite Version eine rote Zeichnung auf weißem Hintergrund. Die Größe der Zeichnungen variierte in der Breite zwischen 5.1° - 6.9° Sehwinkel und in der Höhe zwischen 3.9° - 6.9° . Die Teilnehmer hörten ein akustisches Feedback über Kopfhörer, die direkt an einen Apple iMac Computer angeschlossen waren.

Ein zentral auf dem Bildschirm präsentiertes blaues oder rotes Quadrat (Seitenlänge von 1.7°) zeigte die Farbe an, in der die folgende, zu beachtende Zeichnung präsentiert wurde. Die Teilnehmer reagierten auf die beachteten Zeichnungen durch das Drücken einer jeder Zeichnung zugeordneten Taste. Die Reaktionstasten waren vier vertikal angeordnete Tasten auf einer Reaktionstastatur. Die Reaktionstasten waren mit den Anfangsbuchstaben der zu identifizierenden Objekte bezeichnet. Die Teilnehmer wurden instruiert die Tasten mit ihren Mittel- und Zeigefingern zu drücken.

Die Durchgänge wurden in einer kontinuierlichen Sequenz präsentiert. Jeder Durchgang bestand aus einer variablen Anzahl von Prime-Präsentationen und einer Probe-Präsentation. Bedingt durch die kontinuierliche Präsentation konnten die Teilnehmer jedoch nicht zwischen Primes und Probes unterscheiden. Jede Präsentation bestand aus einer Target-Zeichnung, die in einer Farbe präsentiert wurde und einer Distraktor-Zeichnung, die in der anderen Farbe präsentiert wurde. Die Zeichnungen wurden zentral auf dem Bildschirm überlagert präsentiert. Die Präsentationsfolgen für die „Ignoriertes wiederholt“-Durchgänge und die entsprechenden Kontrolldurchgänge wurden in einer parallelen Weise generiert. Ein Beispiel für diese beiden Durchgangstypen ist in Tabelle 1 dargestellt.

Zuerst wurde ein Kontrolldurchgang mit fünf Primes zufällig mit den folgenden Einschränkungen generiert. Das Probe-Target und der Probe-Distraktor mussten sich von einander unterscheiden. Die fünf Prime-Distraktoren waren alle identisch und aus den zwei verbliebenen Stimuli ausgewählt. Die Prime-Targets mussten sich von den Prime-Distraktoren unterscheiden. Die Targets im Prime [0] und Prime [-1] mussten sich vom Probe-Target unterscheiden.

Tabelle 1

Beispiele für die Stimuluskonfigurationen und die erforderlichen Reaktionen (in Anführungszeichen) in einem „Ignoriertes wiederholt“-Durchgang und dem parallelen Kontrolldurchgang. Die Durchgänge sind für die Bedingung mit fünf Distraktor-Wiederholungen dargestellt.

	Ignoriertes wiederholt		Kontrolle	
	Beachteter Stimulus	Ignorierter Stimulus	Beachteter Stimulus	Ignorierter Stimulus
Prime [-4]	Frosch «Frosch»	Klavier	Klavier «Klavier»	Frosch
Prime [-3]	Huhn «Huhn»	Klavier	Huhn «Huhn»	Frosch
Prime [-2]	Trommel «Trommel»	Klavier	Trommel «Trommel»	Frosch
Prime [-1]	Trommel «Trommel»	Klavier	Trommel «Trommel»	Frosch
Prime [0]	Huhn «Huhn»	Klavier	Huhn «Huhn»	Frosch
Probe	Klavier «Klavier»	Trommel	Klavier «Klavier»	Trommel

Anschließend wurde, basierend auf dem Kontrolldurchgang, ein paralleler „Ignoriertes wiederholt“-Durchgang generiert, indem alle fünf Prime-Distraktoren durch das Probe-Target ersetzt wurden (*Frosch* ersetzt durch *Klavier* in dem Beispiel in Tabelle 1). Die Verwendung dieser Generierungsmethode ließ es zu, dass in einigen Fällen einzelne Prime-Distraktoren und Prime-Targets identisch waren. In diesem Fall wurden die identischen Prime-Targets durch die Prime-Distraktoren des Kontrolldurchgangs ersetzt¹. Dieses ist beispielhaft für den Prime [-4] der „Ignoriertes wie-

¹ Diese Methode führte dazu, dass sich die zu beachtenden Stimuli in den Primes [-2] bis [-4] zwischen den „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen und den entsprechenden Kontrolldurchgängen in einigen Fällen unterscheiden konnten. Um einen Effekt dieser Konfundierung auf die beobachteten Negativen Priming-Effekte auszuschließen, wurden alle Analysen zusätzlich mit Ausschluss der betroffenen Durchgänge durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Analysen waren konsistent mit denen der Auswertung aller Durchgänge. Daher wird in den Ergebnisteilen nur die vollständige Analyse berichtet.

derholt“-Bedingung in Tabelle 1 dargestellt. Die beschriebene Methode für die Generierung der „Ignoriertes wiederholt“-Durchgänge und Kontrolldurchgänge war notwendig, um unterschiedlich lange Wiederholungsfolgen identischer Prime-Targets zwischen den „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen und Kontrolldurchgängen zu vermeiden.

Innerhalb der beiden generierten Durchgangstypen wäre der ignorierte Prime-Stimulus in 50% der Durchgänge der zu beachtende Probe-Stimulus. Weiterhin wäre die Reaktion im Prime [0] niemals identisch zu der Reaktion im Probe. Um diese Systematik zu kompensieren wurden, zwei Kategorien von Füller-Durchgängen eingeführt, die eine Wiederholung des beachteten Prime [0]-Stimulus im Probe enthielten. Füller-Typ-1-Durchgänge waren gekennzeichnet durch eine Wiederholung des Prime [0]-Targets als Probe-Target. Füller-Typ-2-Durchgänge enthielten zusätzlich eine Wiederholung des Prime [0]-Distraktors als Probe-Distraktor.

Das Stimulusset beinhaltete zwei weitere Kategorien von Füllerdurchgängen. Füller-Typ-3-Durchgänge waren im Aufbau parallel zu Kontrolldurchgängen, außer dass das Prime [-1]-Target und das Probe-Target identisch waren. Dieser Durchgangstyp wurde von den Kontrolldurchgängen unterschieden, da die Wiederholung des Prime [-1]-Targets als Probe-Target die Reaktionszeit im Probe beeinflussen könnte. Füller-Typ-4-Durchgänge waren im Aufbau parallel zu „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen, außer dass das Prime [0]-Target und der Probe-Distraktor identisch waren. Dieser Durchgangstyp wurde von den „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen unterschieden, da die Wiederholung des Prime [0]-Targets als Probe-Distraktor die Reaktionszeit im Probe beeinflussen könnte. Eine Darstellung des Aufbaus der vier unterschiedlichen Füllerkategorien für die Bedingung mit fünf Prime-Wiederholungen befindet sich in Tabelle A im Anhang.

Das gesamte Stimulusset für die *Bedingung mit fünf Distraktor-Wiederholungen* bestand aus 96 Durchgängen. Diese unterteilten sich in 16 „Ignoriertes wiederholt“-Durchgänge, 24 Kontrolldurchgänge, 16 Füller-Typ-1-Durchgänge, 8 Füller-Typ-2-Durchgänge, 24 Füller-Typ-3-Durchgänge und 8 Füller-Typ-4-Durchgänge. Innerhalb dieses Stimulussets war die Wahrscheinlichkeit für die vier möglichen Reaktionen in den Probes gleich verteilt und konnte nicht aus den vorangegangenen Primes vorhergesehen werden. Das Stimulusset für die *Bedingung mit drei Distraktor-Wiederholungen* wurde generiert, indem das Stimulusset für die Bedingung mit fünf

Distraktor-Wiederholungen verdoppelt wurde und Prime [-4] bis Prime [-3] abgeschnitten wurden. Das Stimulusset für die *Bedingung mit einer Distraktor-Wiederholung* wurde generiert, indem das Stimulusset für die Bedingung mit fünf Distraktor-Wiederholungen verdoppelt wurde und Prime [-4] bis Prime [-1] abgeschnitten wurden. Insgesamt bestand das experimentelle Stimulusset aus 288 Durchgängen. Diese Durchgangszahl ergab 1152 einzelne Präsentationen, in denen gleichzeitig ein Target und ein Distraktor dargeboten wurden.

Die Farbe des zu beachtenden Objekts (blau oder rot) wechselte immer nach jeder Präsentation. Dieses war notwendig, um das Feature Mismatch-Modell als Erklärung der beobachteten Negativen Priming-Effekte auszuschließen (siehe Buchner & Steffens, 2001). Die Farbe des ersten zu beachtenden Objekts wurde zufällig ausgewählt. Die Reihenfolge der 288 Durchgänge wurde randomisiert.

2.2.3 Prozedur

Am Anfang des Experiments erhielten die Probanden Gelegenheit sich mit den vier Zeichnungen und den entsprechenden Reaktionstasten vertraut zu machen. Sie wurden über das blaue oder rote Quadrat informiert, welches das zu beachtende Objekt im Experiment anzeigen sollte. Sie wurden ebenfalls informiert, dass die Farbe des zu beachtenden Objekts nach jeder Präsentation wechseln würde, und dass die Präsentationen in einer kontinuierlichen Sequenz erfolgen würden. Bei den Reaktionen wurde Korrektheit betont, jedoch sollten die Teilnehmer ebenfalls so schnell wie möglich reagieren.

Für die Trainingsphase wurden die Durchgänge entsprechend der Experimentaldurchgänge generiert. Die Probanden erreichten die Experimentalphase erst nachdem sie in den letzten 25 Präsentationen bei 70% der Tastendrucke korrekt reagiert hatten. Teilnehmern, die dieses Kriterium nicht innerhalb von 60 Durchgängen erreichen konnten, wurde die Wahl gegeben, das Experiment zu beenden oder noch einmal mit der Trainingsphase zu beginnen.

Jeder experimentelle Durchgang begann mit der Präsentation des Farbhinweises für eine Dauer von 50 ms. Nach einem Cue-Target-Interval von 250 ms erfolgte die simultane Präsentation des Targets und des Distraktors für eine Dauer von 200 ms. Nach erfolgtem Tastendruck erhielten die Probanden eine visuelle Rückmeldung über die Korrektheit ihrer Reaktion. Diese wurde für eine Dauer von 375 ms einge-

blendet. In den folgenden 125 ms wurde ein leerer Bildschirm eingeblendet, bevor der nächste Durchgang begann.

Reaktionen, die schneller als 100 ms oder langsamer als 3000 ms waren, wurden als invalide bewertet und die Probanden sahen eine entsprechende Warnung. Wenn die Reaktion im Prime [0] invalide oder falsch war, wurde der gesamte Durchgang wiederholt. Eine Wiederholung des Durchgangs fand ebenfalls statt, wenn die Reaktion im Probe invalide war. Nach jedem zwölften Durchgang erhielten die Probanden eine summierte Rückmeldung über ihre Fehlerhäufigkeit und Reaktionszeit. Nach dem letzten Durchgang wurden die Probanden über die Ziele des Experiments aufgeklärt.

2.2.4 Design

Dem Experiment lag ein 2x3-Design mit den unabhängigen Variablen *Durchgangstyp* („Ignoriertes wiederholt“ vs. Kontrolle) und *Distraktor-Wiederholung* (eine Distraktor-Wiederholung vs. drei Distraktor-Wiederholungen vs. fünf Distraktor-Wiederholungen) zugrunde. Beide unabhängigen Variablen wurden innerhalb einer Messwiederholung experimentell manipuliert. Die primäre erhobene abhängige Variable war die Reaktionszeit der Probanden. Jedoch wurden die Fehlerhäufigkeiten der Probanden ebenfalls als abhängige Variable erhoben und analysiert.

Für die a priori Teststärkeanalyse wurde die Interaktion der Faktoren Durchgangstyp („Ignoriertes wiederholt“ vs. Kontrolle) und Distraktor-Wiederholung (eine Distraktor-Wiederholung vs. drei Distraktor-Wiederholungen vs. fünf Distraktor-Wiederholungen) zu Grunde gelegt. Bei $\alpha = \beta = .05$ und einer angenommenen Populationskorrelation zwischen den drei Stufen der Variable Wiederholung von $\rho = .5$ wurde ein Stichprobenumfang von $N = 106$ Probanden² benötigt, um Effekte der Größe $f = 0.15$ (definiert zwischen „kleinen“ und „mittleren Effekten“ nach Cohen, 1977) zu entdecken. Es konnten Daten von insgesamt $N = 126$ Probanden erhoben werden, so dass die Teststärke bei $1 - \beta = .98$ lag und damit größer als die vorher geplante Teststärke war. Für alle statistischen Analysen wurde das α -Signifikanzniveau auf .05 festgelegt. Als ein Maß für die beobachteten Teststärken wird das partielle η^2

² Die Teststärkeanalysen wurden mit Hilfe des Programms G•Power durchgeführt (Erdfelder, Faul, & Buchner, 1996).

berichtet. Das α -Niveau wurde innerhalb von Gruppen multipler paarweiser Vergleiche mit Hilfe der Bonferroni-Holm-Korrektur angepasst (Holm, 1979).

2.3 Ergebnisse

Bei der Analyse der Primes zeigte eine 2x3 MANOVA mit den messwiederholten Faktoren Durchgangstyp („Ignoriertes wiederholt“ vs. Kontrolle) und Distraktor-Wiederholung (eine Distraktor-Wiederholung vs. drei Distraktor-Wiederholungen vs. fünf Distraktor-Wiederholungen) und der abhängigen Variable Reaktionszeit einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Distraktor-Wiederholung, $F(2,124) = 74.11$, $p < .001$, $\eta^2 = .54$. Dagegen zeigte sich kein signifikanter Haupteffekt des Faktors Durchgangstyp, $F(1,125) = 1.22$, $p = .270$, $\eta^2 = .01$, und keine signifikante Interaktion zwischen den beiden Faktoren, $F(2,124) = 0.23$, $p = .793$, $\eta^2 < .01$. Die mittlere Reaktionszeit in den Primes lag für die Bedingung mit einer Distraktor-Wiederholung bei 923 ms ($SF = 14.13$), für drei Distraktor-Wiederholung bei 867 ms ($SF = 13.83$) und für fünf Distraktor-Wiederholung bei 851 ms ($SF = 13.58$). Paarweise Vergleiche der Reaktionszeiten abhängig von der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen zeigten signifikante Unterschiede zwischen einer und drei Distraktor-Wiederholungen, $t(125) = 8.65$, $p < .001$, $\eta^2 = .38$, zwischen einer und fünf Distraktor-Wiederholungen, $t(125) = 11.83$, $p < .001$, $\eta^2 = .53$, sowie zwischen drei und fünf Distraktor-Wiederholungen, $t(125) = 2.60$, $p = .011$, $\eta^2 = .05$.

Die Probe-Reaktionszeiten wurden nur für Durchgänge ausgewertet, in denen die Prime [0]-Reaktionen korrekt waren. Probe-Fehler wurden nur ausgewertet, wenn sie einer korrekten Prime [0]-Reaktion folgten. Die Mittelwerte der Reaktionszeiten (linke Grafik) und die entsprechenden Fehlerhäufigkeiten (rechte Grafik) für die „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung und die Kontrollbedingung sind in Abbildung 4 dargestellt.

Die Reaktionszeiten waren in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen langsamer als in den Kontrolldurchgängen. Dieses gilt für alle drei Stufen der unabhängigen Variable Distraktor-Wiederholung. Der Einfluss der Manipulation der unabhängigen Variable Distraktor-Wiederholung hing vom Durchgangstyp ab. In „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen stieg die Reaktionszeit mit steigender Anzahl von Distraktor-Wiederholungen an. In den Kontrolldurchgängen ließ sich dagegen eine tendenziell

sinkende Reaktionszeit mit steigender Anzahl von Distraktor-Wiederholungen feststellen.

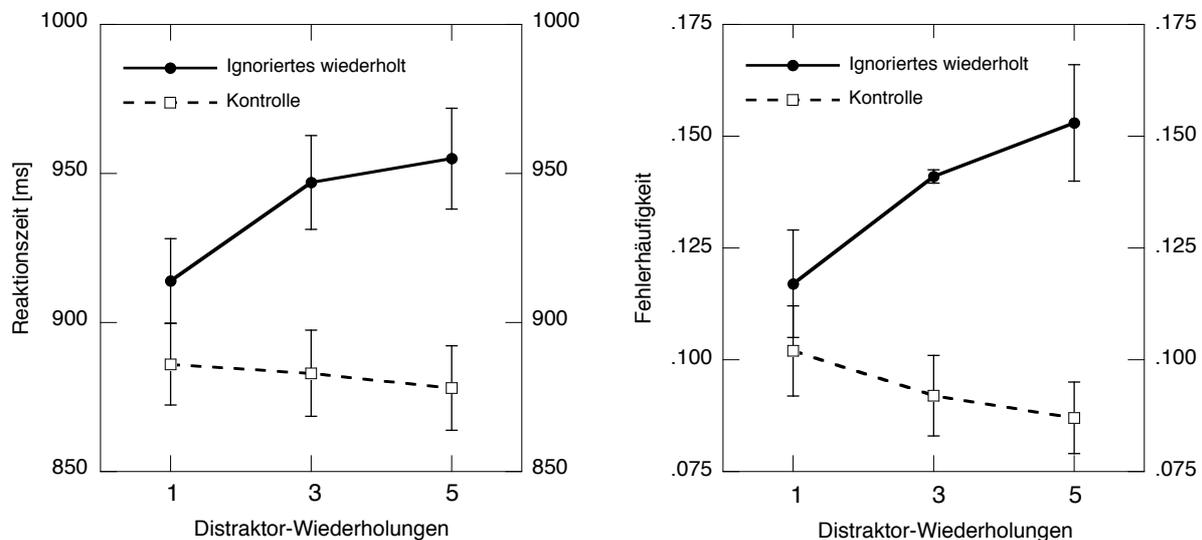


Abbildung 4: Reaktionszeiten (linke Grafik) und Fehlerhäufigkeiten (rechte Grafik) dargestellt abhängig vom Durchgangstyp und von der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen (Experiment 1). Die Fehlerbalken bilden den Standardfehler der Mittelwerte ab.

Eine 2x3 MANOVA mit den messwiederholten Faktoren Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung und der abhängigen Variable Reaktionszeit zeigte einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Durchgangstyp, $F(1,125) = 78.75$, $p < .001$, $\eta^2 = .39$, und des Faktors Distraktor-Wiederholung, $F(2,124) = 3.82$, $p = .025$, $\eta^2 = .06$. Die Interaktion zwischen den beiden Faktoren war ebenfalls signifikant, $F(2,124) = 6.04$, $p = .003$, $\eta^2 = .09$. Der Negative Priming-Effekt war für alle drei Stufen des Faktors Distraktor-Wiederholung signifikant, mit $t(125) = 3.17$, $p = .002$, $\eta^2 = .07$ für eine Distraktor-Wiederholung, $t(125) = 7.14$, $p < .001$, $\eta^2 = .29$ für drei Distraktor-Wiederholungen, und $t(125) = 4.93$, $p < .001$, $\eta^2 = .16$ für fünf Distraktor-Wiederholungen. Die Negativen Priming-Effekte in den Reaktionszeiten sind in der linken Grafik von Abbildung 5 dargestellt. Paarweise Vergleiche der Negativen Priming-Effekte zeigten signifikante Unterschiede zwischen einer und drei Distraktor-Wiederholungen, $t(125) = -3.07$, $p = .003$, $\eta^2 = .07$, zwischen einer und fünf Distraktor-Wiederholungen, $t(125) = -2.57$, $p = .011$, $\eta^2 = .05$, jedoch nicht zwischen drei und fünf Distraktor-Wiederholungen, $t(125) = -0.68$, $p = .499$, $\eta^2 < .01$.

Wie in der rechten Grafik von Abbildung 4 dargestellt, waren die Fehlerhäufigkeiten in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen höher als in den Kontrolldurchgängen. Dieses gilt für alle drei Stufen des Faktors Distraktor-Wiederholung. Der Einfluss der Manipulation der unabhängigen Variable Distraktor-Wiederholung hing ebenfalls vom Durchgangstyp ab. In „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen stiegen die Fehlerhäufigkeiten mit steigender Anzahl von Distraktor-Wiederholungen an. In den Kontrolldurchgängen war dagegen tendenziell ein Abfall der Fehlerhäufigkeiten bei steigender Anzahl von Distraktor-Wiederholungen festzustellen.

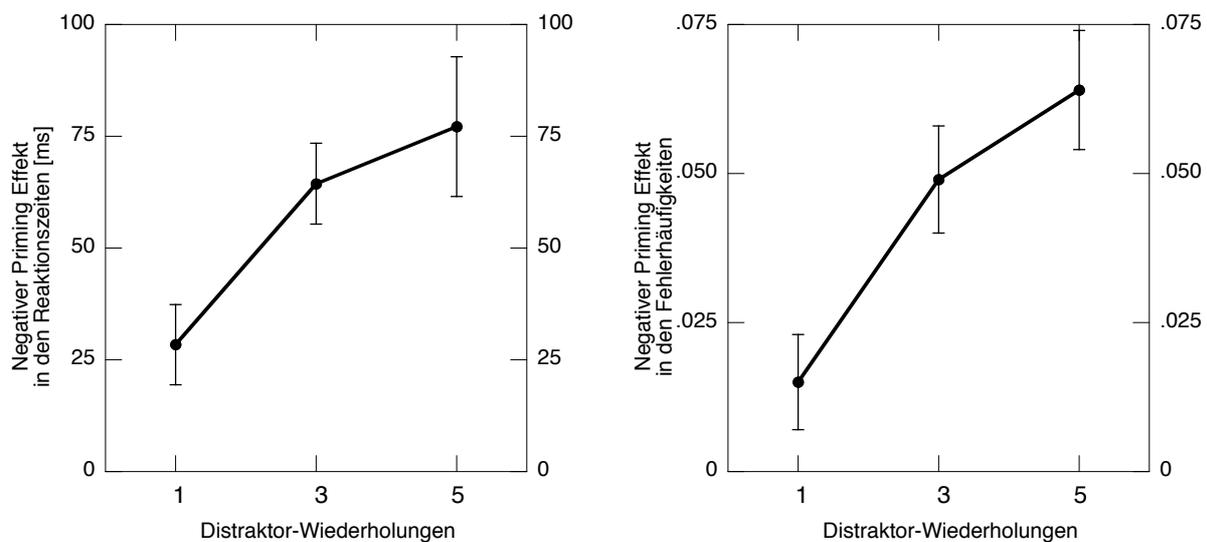


Abbildung 5: Negative Priming-Effekte („Ignoriertes wiederholt“ – Kontrolle) in den Reaktionszeiten (linke Grafik) und Fehlerhäufigkeiten (rechte Grafik) dargestellt abhängig von der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen (Experiment 1). Die Fehlerbalken bilden den Standardfehler der Mittelwerte ab.

Eine 2x3 MANOVA mit den messwiederholten Faktoren Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung und der abhängigen Variable Fehlerhäufigkeit zeigte einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Durchgangstyp, $F(1,125) = 72.51, p < .001, \eta^2 = .37$, jedoch keinen signifikanten Haupteffekt des Faktors Distraktor-Wiederholung, $F(2,124) = 2.35, p = .10, \eta^2 = .04$. Die Interaktion zwischen den beiden Faktoren war signifikant, $F(2,124) = 9.65, p < .001, \eta^2 = .14$. Der Negative Priming-Effekt war bei einer Distraktor-Wiederholung nicht signifikant, $t(125) = 1.83, p = .070, \eta^2 = .03$, war jedoch bei drei Distraktor-Wiederholungen, $t(125) = 5.40, p < .001, \eta^2 = .19$, sowie bei fünf Distraktor-Wiederholungen signifikant, $t(125) = 6.22, p < .001, \eta^2 = .24$. Die Negativen Priming-Effekte in den Fehlerhäufigkeiten sind in der rechten Grafik der

Abbildung 5 dargestellt. Paarweise Vergleiche der Negativen Priming-Effekte zeigten signifikante Unterschiede zwischen einer und drei Distraktor-Wiederholungen, $t(125) = -2.62, p = .010, \eta^2 = .05$, zwischen einer und fünf Distraktor-Wiederholungen, $t(125) = -4.08, p < .001, \eta^2 = .12$, jedoch nicht zwischen drei und fünf Distraktor-Wiederholungen, $t(125) = -0.96, p = .338, \eta^2 = .01$.

2.4 Diskussion

In Experiment 1 konnte ein Anstieg des Negativen Priming-Effekts nach mehrfacher Präsentation des gleichen Prime-Distraktors festgestellt werden. Die Interpretation der Daten wird dabei nicht durch einen Genauigkeits-Geschwindigkeits-Austausch gestört. Die Analyse der Fehlerzahlen zeigte Effekte, die mit den Reaktionszeiteffekten übereinstimmten. Damit sprechen die Ergebnisse von Experiment 1 gegen das Temporal Discrimination-Modell, das eine Reduktion des Negativen Priming-Effekts nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung vorhergesagt hätte. Dagegen sind die Ergebnisse mit dem Episodic Retrieval und dem Distraktoringhibitionsmodell konsistent. Beide Modelle können den Anstieg des Negativen Priming-Effekts plausibel erklären.

Der beobachtete Anstieg des Negativen Priming-Effekts nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung kann das Temporal Discrimination-Modell jedoch nicht vollständig widerlegen. Es könnte argumentiert werden, dass nach fünf Distraktor-Wiederholungen die Ambiguität bei der Kategorisierung des Targets als alt oder neu erhöht wurde, und dass das Maximum dieser Ambiguität erst nach mehr als fünf Distraktor-Wiederholungen überschritten wird. Nach dieser Interpretation wäre der beobachtete Anstieg des Negativen Priming-Effekts auch mit dem Temporal Discrimination-Modell vereinbar. Problematisch bei dieser Interpretation ist, dass dieses Argument bei einer beliebigen Anzahl von Distraktor-Wiederholungen vorgebracht werden könnte und das Temporal Discrimination-Modell damit nicht falsifizierbar und somit unbrauchbar wird. Die bisher vorgebrachte Evidenz macht das Temporal Discrimination-Modell zumindest unplausibel. Weiterhin wird in Kapitel 5 der vorliegenden Arbeit Evidenz für einen Abruf der Prime-Reaktion als Ursache des Negativen Priming-Effekts vorgelegt. Dieser Mechanismus kann nicht vom Temporal Discrimination-Modell erklärt werden, so dass die in Kapitel 5 berichteten Ergebnisse das Modell vollständig widerlegen. Diese Ergebnisse beziehen sich auf die Daten

aus allen drei hier berichteten Experimenten und werden aus Gründen der Übersichtlichkeit und der Sparsamkeit zusammen am Ende der Arbeit dargestellt.

Die Analyse der Prime-Durchgänge zeigte, dass die Reaktionszeiten sinken, wenn im Prime [-1] der gleiche Distraktor wie im aktuellen Prime ignoriert wurde. Damit wird die Reaktion erleichtert, wenn der zu ignorierende Reiz wiederholt wird. Auch dieser Befund ist nicht mit dem Temporal Discrimination-Modell vereinbar, kann dagegen vom Episodic Retrieval-Modell und vom Distraktorinhibitionsmodell erklärt werden (für eine Diskussion siehe Frings & Wühr, in press-a). Dieser Befund kann damit als zusätzliche Evidenz gegen das Temporal Discrimination-Modell bewertet werden. Damit ist das Temporal Discrimination-Modell als Erklärungskonzept für Negative Priming-Effekte in der visuellen Modalität abzulehnen. In Experiment 2 soll Experiment 1 in der auditorischen Modalität repliziert werden, und damit eine Erweiterung und Generalisierung der in Experiment 1 berichteten Befunde ermöglichen.

3 Experiment 2

In Experiment 1 wurde Evidenz gegen das Temporal Discrimination in der visuellen Modalität berichtet. Da sich die Aufmerksamkeitsmechanismen in der auditorischen und der visuellen Modalität grundlegend unterscheiden können (Banks et al., 1995), sind die Ergebnisse nicht ohne weiteres generalisierbar. Beispielsweise sind in der visuellen Modalität periphere Mechanismen, wie Augen- oder Kopfbewegungen möglich, die in der auditorischen Modalität nicht auftreten können. In Experiment 2 soll daher Experiment 1 repliziert und die Wirkung der Distraktor-Wiederholung auf den Negativen Priming-Effekt für die auditorische Modalität geprüft werden.

3.1 Einleitung

Es wurde eine akustische Identifikationsaufgabe verwendet (siehe Mayr & Buchner, 2006, Experiment 2). Dabei wurden zwei Töne gleichzeitig über Kopfhörer präsentiert. Der zu beachtende Ton wurde durch einen kurz zuvor eingespielten Klick vorgegeben und die Probanden sollten diesen durch das Drücken einer dem Ton zugeordneten Taste identifizieren. Die Anzahl der Distraktor-Wiederholungen wurde wie in Experiment 1 manipuliert.

3.2 Methode

Der methodische Aufbau des zweiten Experiments orientiert sich an Experiment 1. Es werden deshalb lediglich die Unterschiede der Methode zu Experiment 1 berichtet. Falls hier nicht berichtet, sind die methodischen Details der Beschreibung aus Experiment 1 zu entnehmen.

3.2.1 Stichprobe

In Experiment 2 wurden 131 Studierende der Heinrich-Heine-Universität (davon 100 weiblich) im Alter von 19 bis 45 Jahren ($M = 24$, $SD = 4.78$) getestet. Die Teilnahme wurde durch Bezahlung entlohnt.

3.2.2 Material

Als Stimuli wurden vier digitalisierte Töne (Frosch, Klavier, Trommel und Klingel) verwendet. Jeder der Töne hatte eine Dauer von 300 ms einschließlich der Anstiegs- und Abfallzeiten. Die einzelnen Töne konnten damit leicht von einander unterschieden werden. Die Teilnehmer hörten die Töne über Kopfhörer, die direkt an einen Apple iMac Computer angeschlossen waren.

Ein 20 ms dauernder Klick zeigte das Ohr (links oder rechts) an, auf welchem der zu beachtende Ton präsentiert wurde. Die Teilnehmer reagierten auf den zu beachtenden Ton durch das Drücken einer jedem Ton zugeordneten Reaktionstaste wie in Experiment 1.

Jeder Durchgang bestand aus einer variablen Anzahl von Prime-Präsentationen und einer Probe-Präsentation. Jede Präsentation bestand aus der Darbietung des Target-Tons auf dem einen Ohr und des Distraktor-Tons auf dem anderen Ohr. Das Stimulusset wurde wie in Experiment 1 generiert und in einer kontinuierlichen Folge präsentiert. Das zu beachtende Ohr (links oder rechts) wechselte nach jeder Präsentation. Das zu beachtende Ohr wurde für die erste Präsentation zufällig ausgewählt.

3.2.3 Prozedur

Der Ablauf von Experiment 2 war parallel zu dem von Experiment 1 bis auf die folgenden Ausnahmen. Am Anfang des Experiments wurden die Teilnehmer mit den vier Tönen vertraut gemacht und dem Klick, welcher im Laufe des Experiments das zu beachtende Ohr anzeigen sollte. Sie wurden ebenfalls darüber informiert, dass die zu beachtende Seite nach jeder Präsentation wechseln würde.

3.2.4 Design

Das Design war identisch zu dem von Experiment 1. Dieses gilt ebenfalls für die a priori Teststärkeanalysen. Es konnten Daten von $N = 131$ Probanden erhoben werden, so dass die Teststärke bei $1 - \beta = .98$ lag und damit größer als die vorher geplante Teststärke war.

3.3 Ergebnisse

Bei der Analyse der Primes zeigte eine 2x3 MANOVA mit den messwiederholten Faktoren Durchgangstyp („Ignoriertes wiederholt“ vs. Kontrolle) und Distraktor-Wiederholung (eine Distraktor-Wiederholung vs. drei Distraktor-Wiederholungen vs. fünf Distraktor-Wiederholungen) und der abhängigen Variable Reaktionszeit einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Distraktor-Wiederholung, $F(2,129) = 87.41$, $p < .001$, $\eta^2 = .58$. Dagegen zeigte sich kein signifikanter Haupteffekt des Faktors Durchgangstyp, $F(1,130) = 1.85$, $p = .177$, $\eta^2 = .01$, und keine signifikante Interaktion zwischen den beiden Faktoren, $F(2,129) = 1.49$, $p = .229$, $\eta^2 < .02$. Die mittlere Reaktionszeit in den Primes lag für die Bedingung mit einer Distraktor-Wiederholung bei 1049 ms ($SF = 16.67$), für drei Distraktor-Wiederholung bei 978 ms ($SF = 16.19$) und für fünf Distraktor-Wiederholung bei 953 ms ($SF = 15.98$). Paarweise Vergleiche der Reaktionszeiten abhängig von der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen zeigten signifikante Unterschiede zwischen einer und drei Distraktor-Wiederholungen, $t(130) = 9.77$, $p < .001$, $\eta^2 = .42$, zwischen einer und fünf Distraktor-Wiederholungen, $t(130) = 12.81$, $p < .001$, $\eta^2 = .56$, sowie zwischen drei und fünf Distraktor-Wiederholungen, $t(130) = 3.44$, $p = .001$, $\eta^2 = .08$.

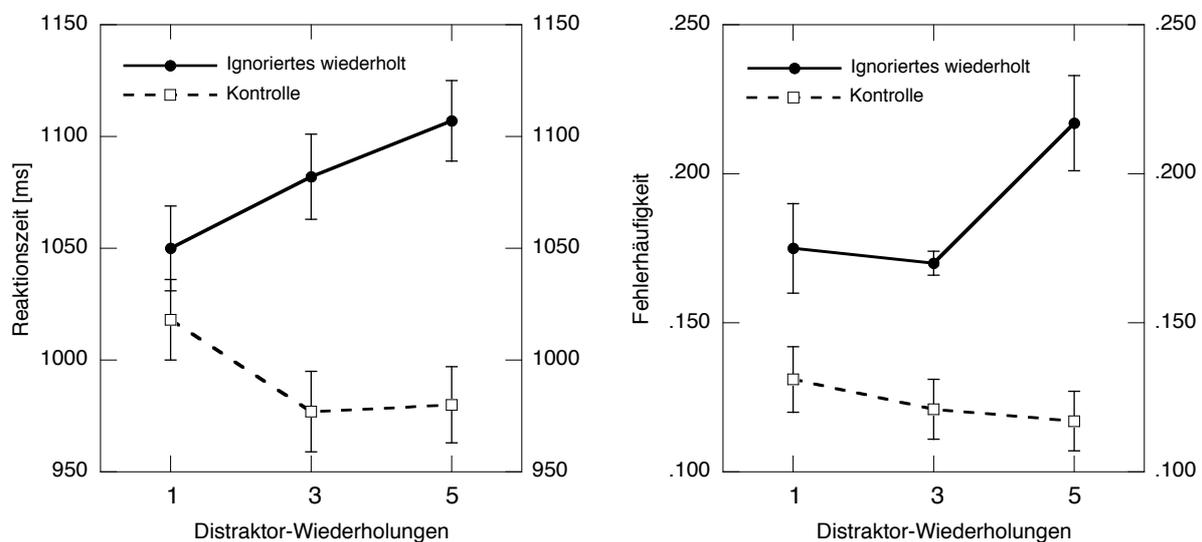


Abbildung 6: Reaktionszeiten (linke Grafik) und Fehlerhäufigkeiten (rechte Grafik) dargestellt abhängig vom Durchgangstyp und von der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen (Experiment 2). Die Fehlerbalken bilden den Standardfehler der Mittelwerte ab.

Die Kriterien für den Ausschluss von Probe-Reaktionszeiten und Fehlern entsprachen den aus Experiment 1. Die Mittelwerte der Reaktionszeiten (linke Grafik) und die entsprechenden Fehlerhäufigkeiten (rechte Grafik) für die „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung und die Kontrollbedingung sind in Abbildung 6 dargestellt.

Die Reaktionszeiten waren in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen langsamer als in den Kontrolldurchgängen. Dieses gilt für alle drei Stufen der unabhängigen Variable Distraktor-Wiederholung. Der Einfluss der Manipulation der unabhängigen Variable Distraktor-Wiederholung hing vom Durchgangstyp ab. In „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen stieg die Reaktionszeit mit steigender Anzahl von Distraktor-Wiederholungen an. In den Kontrolldurchgängen waren die Reaktionszeiten dagegen bei einer Distraktor-Wiederholung höher als für die beiden anderen Stufen dieser Variable.

Eine 2x3 MANOVA mit den messwiederholten Faktoren Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung und der abhängigen Variable Reaktionszeit zeigte einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Durchgangstyp, $F(1,130) = 123.81, p < .001, \eta^2 = .49$, jedoch keinen signifikanten Haupteffekt des Faktors Distraktor-Wiederholung, $F(2,129) = 1.44, p = .240, \eta^2 = .02$. Die Interaktion zwischen den beiden Faktoren war signifikant, $F(2,129) = 19.49, p < .001, \eta^2 = .23$. Der Negative Priming-Effekt war für alle drei Stufen des Faktors Distraktor-Wiederholung signifikant, mit $t(130) = 2.62, p = .010, \eta^2 = .05$ für eine Distraktor-Wiederholung, $t(130) = 8.30, p < .001, \eta^2 = .35$ für drei Distraktor-Wiederholungen, und $t(130) = 10.56, p < .001, \eta^2 = .46$ für fünf Distraktor-Wiederholungen. Die Negativen Priming-Effekte in den Reaktionszeiten sind in der linken Grafik von Abbildung 7 dargestellt. Paarweise Vergleiche der Negativen Priming-Effekte zeigten signifikante Unterschiede zwischen einer und drei Distraktor-Wiederholungen, $t(130) = -4.25, p < .001, \eta^2 = .12$, zwischen einer und fünf Distraktor-Wiederholungen, $t(130) = -6.06, p < .001, \eta^2 = .05$, jedoch nicht zwischen drei und fünf Distraktor-Wiederholungen, $t(130) = -1.36, p = .176, \eta^2 = .01$.

Wie in der rechten Grafik von Abbildung 6 dargestellt, waren die Fehlerhäufigkeiten in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen höher als in den Kontrolldurchgängen. Dieses gilt für alle drei Stufen des Faktors Distraktor-Wiederholung. Der Einfluss der Manipulation der unabhängigen Variable Distraktor-Wiederholung hing ebenfalls vom Durchgangstyp ab. In „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen waren die Fehlerhäufigkeiten bei fünf Distraktor-Wiederholungen höher als für die zwei andren Stu-

fen dieser unabhängigen Variable. In den Kontrolldurchgängen war dagegen tendenziell ein Abfall der Fehlerhäufigkeiten bei steigender Anzahl von Distraktor-Wiederholungen festzustellen.

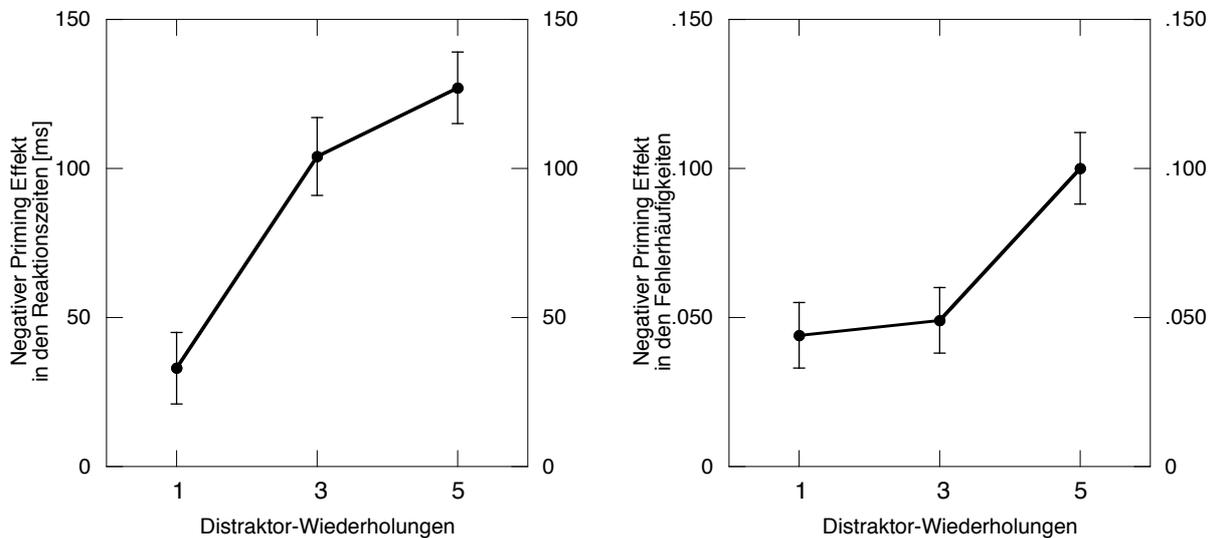


Abbildung 7: Negative Priming-Effekte („Ignoriertes wiederholt“ – Kontrolle) in den Reaktionszeiten (linke Grafik) und Fehlerhäufigkeiten (rechte Grafik) dargestellt abhängig von der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen (Experiment 2). Die Fehlerbalken bilden den Standardfehler der Mittelwerte ab.

Eine 2x3 MANOVA mit den messwiederholten Faktoren Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung und der abhängigen Variable Fehlerhäufigkeit zeigte signifikante Haupteffekte der Faktoren Durchgangstyp, $F(1,130) = 106.35$, $p < .001$, $\eta^2 = .45$, und Distraktor-Wiederholung, $F(2,129) = 3.60$, $p = .030$, $\eta^2 = .05$. Die Interaktion zwischen den beiden Faktoren war ebenfalls signifikant, $F(2,129) = 8.51$, $p < .001$, $\eta^2 = .12$. Der Negative Priming-Effekt war für alle drei Stufen des Faktors Distraktor-Wiederholung signifikant, mit $t(130) = 3.93$, $p < .001$, $\eta^2 = .11$ für eine Distraktor-Wiederholung, $t(130) = 4.57$, $p < .001$, $\eta^2 = .14$ für drei Distraktor-Wiederholungen, und $t(130) = 8.23$, $p < .001$, $\eta^2 = .34$ für fünf Distraktor-Wiederholungen. Die Negativen Priming-Effekte in den Fehlerhäufigkeiten sind in der rechten Grafik von Abbildung 7 dargestellt. Paarweise Vergleiche der Negativen Priming-Effekte zeigten signifikante Unterschiede zwischen einer und fünf Distraktor-Wiederholungen, $t(130) = -4.08$, $p < .001$, $\eta^2 = .11$, zwischen drei und fünf Distraktor-Wiederholungen, $t(130) = -2.76$, $p = .007$, $\eta^2 = .06$, jedoch nicht zwischen einer und drei Distraktor-Wiederholungen, $t(130) = -0.32$, $p = .750$, $\eta^2 < .01$.

3.4 Diskussion

Die Daten von Experiment 2 konnten die Ergebnisse aus Experiment 1 replizieren und damit die Generalisierbarkeit der in Experiment 1 berichteten Effekte für die auditorische Modalität zeigen. In Experiment 2 konnte erneut ein Anstieg des Negativen Priming-Effekts nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung gezeigt werden. Wie in Experiment 1 konnte kein Genauigkeits-Geschwindigkeits-Austausch festgestellt werden. Auch in der Prime-Analyse konnte erneut gezeigt werden, dass die Wiederholung eines Distraktors zu einer Reduktion der Reaktionszeit führt. Diese Ergebnisse widersprechen dem Temporal Discrimination-Modell, sind dagegen mit dem Episodic Retrieval-Modell und dem Distraktorinhibitionsmodell konsistent.

Damit konnte sowohl in Experiment 1 als auch in Experiment 2 Evidenz gegen das Temporal Discrimination-Modell gefunden werden. Der Anstieg des Negativen Priming-Effekts nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung macht die Annahmen des Temporal Discrimination-Modells unplausibel. Die in Kapitel 5 berichtete Evidenz für den Abruf der Prime-Reaktion als Ursache des Negativen Primings schließt das Temporal Discrimination Modell dagegen vollständig aus. Das Modell kann die gefundenen Effekte weder für die visuelle noch für die auditorische Modalität erklären und muss in Anbetracht dieser Ergebnisse abgelehnt werden. Ein weiteres Experiment wurde durchgeführt, um EKP-Korrelate der berichteten Negativen Priming-Effekte und der Distraktorwiederholungseffekte zu finden. Die Ergebnisse dieses Experiments sollten es ermöglichen, zwischen dem Episodic Retrieval-Modell und dem Distraktorinhibitionsmodell zu differenzieren, was durch die beobachteten Verhaltensdaten alleine nicht möglich war, da die beiden Modelle gleiche Vorhersagen zuließen.

4 Experiment 3

Experiment 3 stellt eine Replikation von Experiment 2 dar. Dafür wurde das in Experiment 2 verwendete akustische Negative Priming-Paradigma leicht modifiziert und übernommen. Zusätzlich wurde während des Experiments ein EEG abgeleitet und Ereigniskorrelierte Potentiale (EKP) extrahiert.

4.1 Einleitung

In Experiment 1 und 2 konnte Evidenz gegen das Temporal Discrimination-Modell gefunden werden. Dagegen waren die beiden Experimente nicht in der Lage, zwischen dem Episodic Retrieval-Modell und dem Distraktorinhibitionsmodell zu differenzieren. In Experiment 3 wurden zusätzlich zu Verhaltensdaten EKPs gemessen. Dieses erlaubt einen Test zwischen dem Episodic Retrieval-Modell und dem Distraktorinhibitionsmodell, da die Modelle für einzelne EKP-Komponenten unterschiedliche Vorhersagen treffen. Experiment 3 soll zum einen als eine Replikation früher gefundener EKP-Korrelate des Negativen Primings dienen. Zusätzlich sollen die EKP-Korrelate des in den Reaktionszeiten gefundenen Effekts der Distraktor-Wiederholung ermittelt werden.

Einleitend wird kurz die Methode beschrieben, die für die Ermittlung eines EKPs verwendet wurde (4.1.1). Anschließend wird genauer auf einzelne EKP-Komponenten eingegangen (4.1.2). Abschließend werden die Ergebnisse bisheriger neurophysiologischer Studien zum Negativen Priming dargestellt (4.1.3) und die Ziele von Experiment 3 genauer formuliert (4.1.4).

4.1.1 Die EKP-Methodik

Die Ableitung eines EEGs erfolgt über Elektroden, die auf der Kopfhaut angebracht werden. Die dabei gemessenen Spannungsunterschiede werden als Spontan-EEG bezeichnet und variieren zwischen -100 und $+100 \mu\text{V}$. Interessiert man sich nun für die Antwort des Gehirns auf die Präsentation eines bestimmten Stimulus, so ist es nötig, zeitlich auf den Stimulus bezogene Epochen zu bilden. Ein Problem dabei ist, dass die durch den Stimulus ausgelöste Änderung des EEG-Signals im Vergleich zu seinen spontanen Schwankungen sehr klein ist. Um das interessierende Signal aus

der Varianz des Spontan-EEGs extrahieren zu können, kann die Technik der Mittelung (*Averaging*) angewendet werden. Dabei wird ein Mittelwert aus vielen Epochen gebildet, die zeitlich auf den gleichen Stimulus bezogen sind. Wird dabei nun angenommen, dass das Hintergrundrauschen des EEGs zufällig ist, so sollte dieses bei der Mittelung von ausreichend vielen einzelnen Epochen gegen Null tendieren. Das neuronale Signal, das mit dem präsentierten Ereignis korreliert, sollte sich durch dieses Verfahren dann „herausmitteln“. Die mit diesem Verfahren ermittelte EEG-Kurve wird als Ereigniskorreliertes Potential (EKP) bezeichnet. Eine grafische Darstellung der Gewinnung eines EKPs befindet sich in Abbildung 8. Beim Vergleich von experimentellen Bedingungen werden zumeist die so genannten *Grand Averages* betrachtet. Diese werden durch das Mitteln von EKPs der einzelnen Probanden gebildet (Coles & Rugg, 1995).

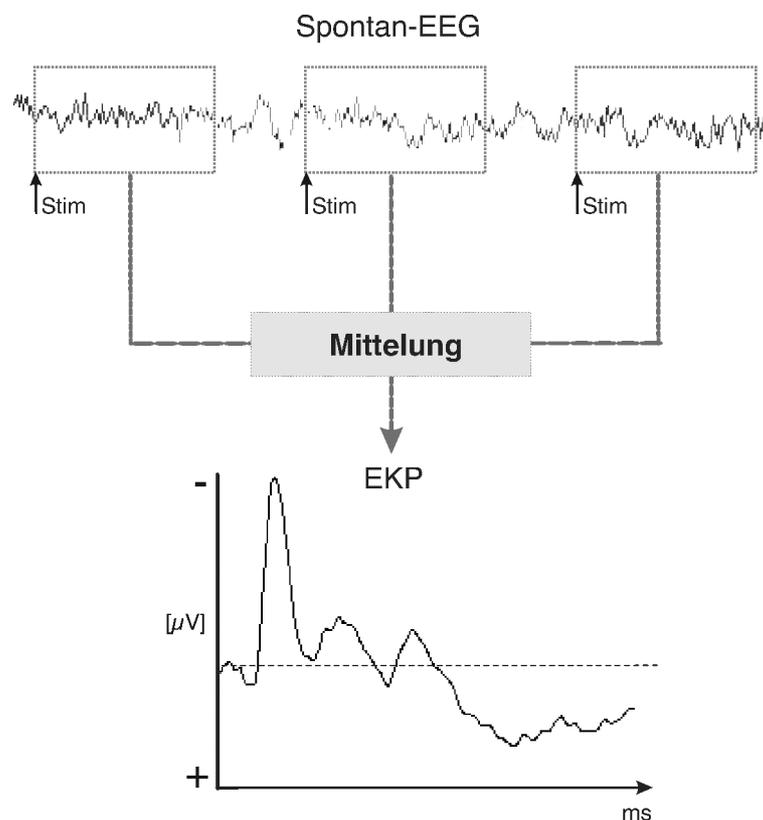


Abbildung 8: Dargestellt ist die Mittelungstechnik zur Gewinnung eines Ereigniskorrelierten Potentials (EKP). Dabei werden einzelne Epochen abhängig vom Zeitpunkt der Stimuluspräsentation (Stim) gebildet. Die einzelnen Epochen werden dann gemittelt. Daraus ergibt sich ein Wellenverlauf, der die neuronale Antwort des Gehirns auf den Stimulus repräsentiert.

Die EKPs, die von der Kopfhaut abgeleitet werden, repräsentieren dabei elektrische Felder, die durch die Aktivität von großen Neuronenpopulationen erzeugt werden. Damit diese Potentiale im EEG sichtbar werden, müssen die Neuronen eines solchen Verbandes synchron aktiv sein und eine spezifische geometrische Ausrichtung aufweisen, so dass sich die einzelnen elektrischen Felder zu einem Dipol addieren. Diese Situation ist im Neokortex gegeben, wo die Pyramidenzellen senkrecht zur Oberfläche ausgerichtet sind. Neben der Aktivität dieser Zellverbände können vom EEG jedoch auch subkortikale Aktivitäten erfasst werden, die als Feldpotentiale an den Kortex weitergeleitet werden (Coles & Rugg, 1995). Es wird davon ausgegangen, dass das EEG postsynaptische dendritische Potentiale abbildet, und nicht die Aktionspotentiale von Neuronen (Allison, Wood, & McCarthy, 1986).

Nach der Extraktion des EKPs aus dem Spontan-EEG lassen sich spezifische Merkmale des Kurvenverlaufs definieren. Diese werden als Komponenten bezeichnet und ihre Eigenschaften durch die gemessenen Amplituden und Latenzen der einzelnen Komponenten definiert. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass eine Komponente nicht notwendigerweise die Aktivität einer spezifischen neuronalen Quelle abbildet, sondern ebenfalls durch die Überlappung der Aktivität unterschiedlicher Generatoren entstehen kann. Bei der Definition von Komponenten können zwei Konzepte unterschieden werden. Einerseits fordert das physiologische Konzept, dass für die Messung einer spezifischen EKP-Komponente eine Methode vorhanden sein muss, um die physiologische Quelle dieser Komponente eindeutig bestimmen zu können. Das psychologische Konzept fordert dagegen, dass eine Komponente durch den Informationsverarbeitungsprozess definiert wird, mit dem sie korreliert. Damit werden EKP-Komponenten nach diesem Konzept durch kognitive Funktionen definiert (Coles & Rugg, 1995). Für die Interpretationen der Ergebnisse der eigenen Arbeit ist das psychologische Konzept von besonderer Relevanz.

4.1.2 EKP-Komponenten

Komponenten, die auf ein Ereignis folgen, können in zwei Klassen unterteilt werden. Zum einen lassen sich *exogene* Komponenten unterscheiden. Die Charakteristika dieser Komponenten sind abhängig von den physikalischen Eigenschaften des Reizes, wie der Modalität oder der Intensität. Dagegen scheinen sie eher unabhängig vom Zustand des Probanden und kognitiven Manipulationen der Aufgabe zu sein. Daneben lassen sich *endogene* Komponenten unterscheiden. Die Charakteristika die-

ser Komponenten werden stark von der Interaktion des Probanden mit dem Stimulus und damit von Faktoren wie Aufmerksamkeit oder Aufgabenrelevanz bestimmt. Komponenten, die in den ersten 100 ms nach der Stimuluspräsentation auftreten, werden generell als exogene und später folgende Komponenten als endogene eingeordnet. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass dieser Übergang fließend und nicht dichotom ist (Coles & Rugg, 1995). Für die Interpretation der Ergebnisse von Experiment 3 sind insbesondere die als endogen bezeichneten Komponenten interessant.

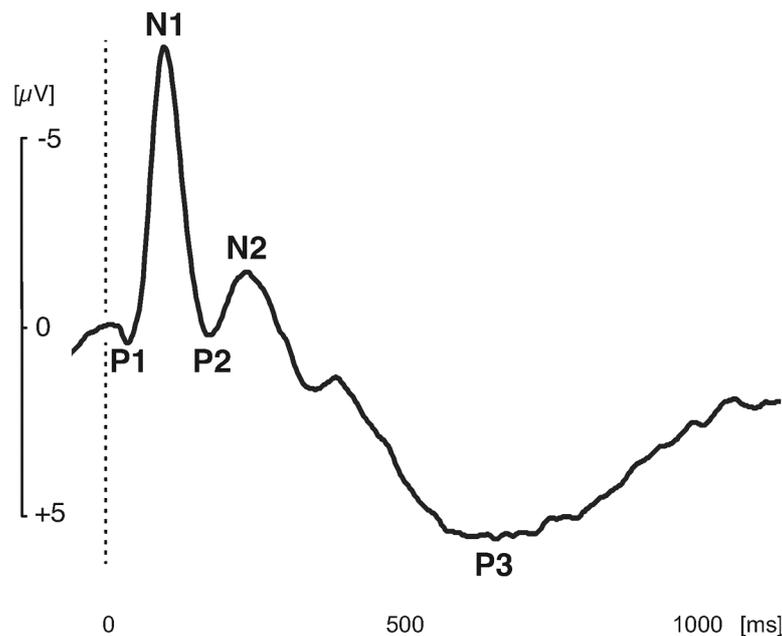


Abbildung 9: Dargestellt ist ein akustisch Evoziertes Potential (AEP) und die zu unterscheidenden Komponenten. Die Stimuluspräsentation fand dabei zum Zeitpunkt 0 statt. Eine Beschreibung der einzelnen Komponenten und ihrer Bedeutung befindet sich im Text.

Abbildung 9 stellt ein typisches akustisch evoziertes Potential (AEP) dar. Die Bezeichnungen beziehen sich auf Komponenten, die nach der Präsentation eines akustischen Reizes im EKP typischerweise unterschieden werden können. Bis 50 ms nach der Stimuluspräsentation lassen sich Hirnstammkomponenten und erste kortikale Komponenten beobachten. Diese sind jedoch im Hinblick auf experimentelle Manipulationen noch sehr invariabel. Die erste deutlich zu sehende negative Komponente ist die N1. Diese Komponente zeigt sich um 100 ms nach Stimuluspräsentation. Es wird angenommen, dass die N1 durch eine Aktivität aus drei verschiedenen Quellen erzeugt wird: (1) Aktivität im auditorischen Kortex, (2) Aktivität im auditorischen Assoziationskortex und (3) Aktivität im prä-motorischen und motorischen Kortex.

Der N1 folgt die P2-Komponente, die eine Positivierung um 200 ms nach Stimuluspräsentation darstellt (Münste, Urbach, Duzel, & Kutas, 2000). Diese wird von der N2-Komponente gefolgt, die ebenfalls um 200 ms nach Stimuluspräsentation beginnen kann. Eine kritische Bedingung für die N2 ist, dass der präsentierte Stimulus von dem vorherigen Kontext abweicht. Um 300 ms nach Stimuluspräsentation bildet sich eine deutliche (5-20 μ V) und lang anhaltende Positivierung aus. Diese als P3 bezeichnete Komponente spielt bei der elektrophysiologischen Untersuchung von Gedächtnisprozessen eine zentrale Rolle. Die N1 und alle folgenden Komponenten lassen sich durch die Manipulation von kognitiven Faktoren der Aufgabe modulieren (Coles & Rugg, 1995). In den folgenden Abschnitten sollen die Komponenten N1, N2 und P3 genauer diskutiert werden.

4.1.2.1 Die N1-Komponente

Die N1 bezeichnet eine Komponente, die sich als ein deutlicher negativer Gipfel im EKP 100 ms nach akustischer Stimulation ausbildet. Diese Komponente kann stark durch Aufmerksamkeitsprozesse moduliert werden. Werden die EKPs beachteter und unbeachteter akustischer Stimuli miteinander verglichen, so zeigt sich, dass die N1 bei beachteten Stimuli deutlich negativer ausfällt (Hillyard, Hink, Schwent, & Picton, 1973). Diese Differenz ist um 100 ms maximal. Später konnte gezeigt werden, dass sich dieser Aufmerksamkeitseffekt nicht spezifisch auf die N1 bezieht, sondern ebenfalls auf den folgenden Zeitraum erstreckt und zu einer länger anhaltenden Negativierung führt. Dieser Effekt wird als Verarbeitungsnegativität (*processing negativity/Nd*) bezeichnet (Woldorff & Hillyard, 1991).

Ähnliche Aufmerksamkeitseffekte lassen sich ebenfalls für die visuelle Modalität finden. Die Präsentation eines validen Stimulus im Posner-Paradigma geht mit einer stärkeren Negativierung der N1 einher, im Vergleich zur Präsentation eines invaliden Stimulus (Mangun & Hillyard, 1991). Für eine grafische Darstellung dieses Effekts siehe Abbildung 10. Die beschriebenen Effekte werden mit einem Kontrollmechanismus für die perzeptuelle Verarbeitung von Reizen in Verbindung gebracht. Auf neuronaler Ebene lässt sich dieses durch die Änderung der Erregbarkeit von Neuronen beschreiben, welche die physikalischen Merkmale des Reizes verarbeiten. Wird der präsentierte Reiz beachtet, so bauen diese Neurone eine stärkere Aktivierung auf als wenn der Reiz nicht beachtet wird (Coles & Rugg, 1995).

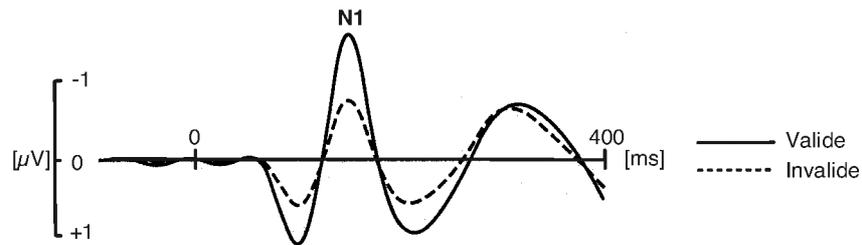


Abbildung 10: Dargestellt ist der N1-Effekt im Posner-Paradigma (Beispiel nach Luck, Woodman, & Vogel, 2000). In validen Durchgängen ergibt sich eine deutlich negativere N1 als in invaliden Durchgängen.

Neben dem beschriebenen Aufmerksamkeitseffekt wird die Amplitude der N1 durch die Wiederholung von Stimuli moduliert, und drückt damit den statt findenden Habituationseffekt aus. Dabei zeigt sich, dass nach der Wiederholung eines zuvor präsentierten Stimulus die Amplitude der N1 signifikant reduziert wird. Wird der Stimulus weitere Male wiederholt, verringert sich die Amplitude der N1 zwar weiter, jedoch ist der Effekt bei der ersten Wiederholung am größten (Rosburg et al., 2006). Dieser Befund könnte der Ausdruck einer Orientierungsreaktion sein. Da dem ersten Stimulus in einer Präsentationsfolge mehr Aufmerksamkeit gewidmet wird als späteren, kann die Reduktion der N1 nach einer Stimuluswiederholung mit den im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Befunden vereinbart werden. Es konnte gezeigt werden, dass die Amplitude der N1 bei leicht ablenkbaren Personen bei der Präsentation des ersten Stimulus einer Folge im Vergleich zu nicht leicht ablenkbaren Personen deutlich erhöht ist. Dieser Befund zeigt sich jedoch nicht bei dem zweiten Ton einer Folge (Määttä et al., 2005). Damit scheint die erhöhte N1-Amplitude bei leicht ablenkbaren Personen das Korrelat einer übermäßigen Orientierungsreaktion zu sein.

Zusammenfassend wird die N1-Amplitude durch die Aufmerksamkeit für einen Stimulus stärker negativ. Wird der Stimulus mehrfach präsentiert, nimmt die Amplitude der N1 ab. Damit kann die N1 als ein Korrelat für die Orientierung auf einen Stimulus und die Verwendung von Aufmerksamkeitsressourcen für seine Verarbeitung betrachtet werden.

4.1.2.2 Die N2-Komponente

Die N2 beschreibt eine Negativierung des EKPs beginnend bei 150 ms nach Stimuluspräsentation. Diese Komponente kann durch zwei wichtige Faktoren moduliert werden: Durch die Abweichung des Stimulus vom vorangehenden Kontext und durch Inhibitionsprozesse. Zuerst soll kurz auf den ersten Faktor eingegangen werden. Wird eine Reihe von akustischen Stimuli präsentiert, die häufige (beispielsweise hohe Töne) und seltene Reize (beispielsweise tiefe Töne) beinhaltet, so zeigt sich, dass im Bereich der N2 die seltenen Reize zu einer Negativierung führen (Näätänen & Picton, 1987). Diese dauert typischerweise für den Zeitbereich von 130 – 300 ms an und wird als *Mismatch Negativity (MMN)* bezeichnet. Entscheidend für die Ausbildung der MMN ist, dass der aktuelle Stimulus vom vorangehenden Kontext abweicht. Die MMN kann auch bei nicht beachteten Stimuli beobachtet werden. Damit wird davon ausgegangen, dass die MMN eine automatische Entdeckung von physikalischen Änderungen in einer Sequenz reflektiert. Es wird angenommen, dass der Effekt durch die Nichtübereinstimmung des sensorischen Inputs und des im sensorischen Gedächtnis repräsentierten Reizes resultiert.

Die N2-Komponente wird ebenfalls durch inhibitorische Prozesse moduliert. Dieses konnte in EKP-Studien gezeigt werden, welche die klassische Go/No-Go Aufgabe als Versuchsparadigma verwendeten. In der Go/No-Go Aufgabe sollen die Probanden auf eine Klasse von Stimuli reagieren (Go), jedoch die Reaktion auf eine zweite Klasse von Stimuli zurückhalten (No-Go). Es zeigt sich eine Negativierung im Bereich der N2, wenn die EKPs von No-Go Durchgängen mit den von Go Durchgängen verglichen werden (Eimer, 1993). Dabei handelt es sich um einen frontal lokalisierten Negativierungseffekt (FN) der insbesondere an der Elektrode Fz festgestellt werden kann. Es wird davon ausgegangen, dass dieser Effekt ein Korrelat für die Inhibition einer Reaktion in No-Go Durchgängen darstellt. Falkenstein, Hoormann und Hohnsbein (1999) konnten den FN-Effekt replizieren. Zusätzlich zeigten die Autoren, dass der Effekt bei Probanden mit einer hohen Rate Falscher Alarme im Vergleich zu Probanden mit einer niedrigen Falschen Alarm Rate reduziert ist. Da bei Probanden mit hoher Rate falscher Alarme eine reduzierte Inhibitionsleistung angenommen werden kann, sind die Ergebnisse konsistent mit der Interpretation der FN als Inhibitionskorrelat. Weiterhin konnte in der Studie gezeigt werden, dass der Effekt in der auditorischen Modalität deutlich geringer ausfällt als in der visuellen Modalität. Eine spätere Studie (Nieuwenhuis, Yeung, & Cohen, 2004) konnte jedoch zeigen, dass die

Modalitätsunterschiede durch Stimulusfaktoren beeinflussbar sind. Werden akustische Stimuli verwendet, die eine stärkere perzeptuelle Überlappung aufweisen, so tritt ein deutlicher FN-Effekt auf. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Frontale Negativierung im Bereich der N2 bei Go/No-Go Aufgaben als ein elektrophysiologisches Korrelat von Inhibitionsprozessen gut belegt ist.

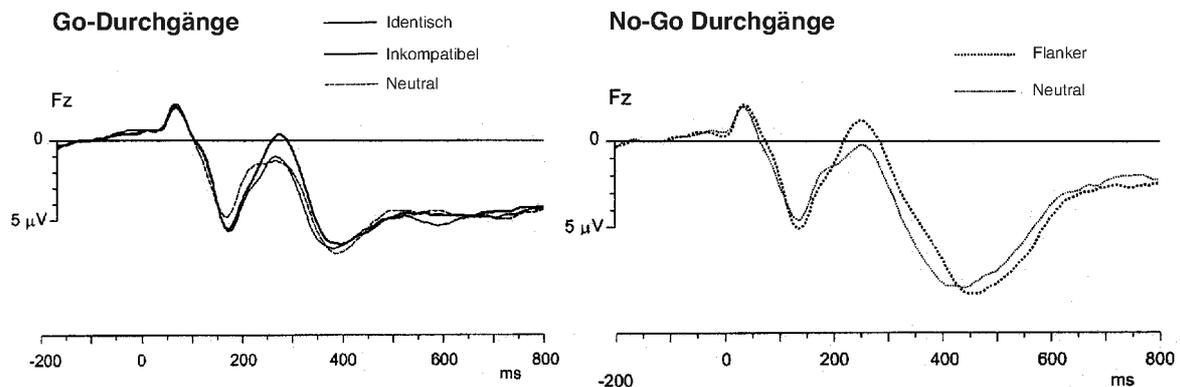


Abbildung 11: Die Grafik stellt die EKGs für verschiedene Versuchsbedingungen in einer Eriksen Aufgabe für Go Durchgänge (linke Grafik) und No-Go Durchgänge (rechte Grafik) dar (beide Darstellungen nach Heil, Osman, Wiegmann, Rolke, & Hennighausen, 2000). Die EKGs werden dabei für die Elektrode Fz dargestellt. Bei inkompatiblen Flankern zeigt sich eine deutliche frontal lokalisierte Negativität im Bereich der N2. Für Details siehe Text.

Zusätzlich kann die FN auch in der Eriksen-Aufgabe gefunden werden. Auch hier wird die Komponente als ein Korrelat von Inhibitionsprozessen betrachtet. In der Eriksen Aufgabe werden den Probanden Reihen von Buchstaben präsentiert. Die Probanden sollen dabei auf den mittleren Buchstaben reagieren und umgebende Buchstaben (*Flanker*) ignorieren. Im Vergleich zu neutralen Flanker-Buchstaben sind die Reaktionen bei konsistenten Flankern schneller und bei inkonsistenten Flankern langsamer. Im EKP zeigt sich, dass die inkonsistenten Flanker im Vergleich zu den beiden anderen Bedingungen eine frontal lokalisierte Negativität im Bereich der N2 auslösen (Kopp, Rist, & Mattler, 1996). Diese wird als ein Korrelat für die Inhibition der bei der Reaktion konkurrierenden inkonsistenten Flanker betrachtet. Eine Studie, die eine Eriksen Aufgabe mit einer Go/No-Go Aufgabe kombinierte, konnte zeigen, dass in der No-Go Bedingung und bei inkonsistenten Flankern eine vergleichbare FN auftritt (Heil et al., 2000). Eine grafische Darstellung dieser Effekte befindet sich in Abbildung 11. Damit kann davon ausgegangen werden, dass die FN nicht aufgabenspezifisch ist, sondern ein generelles Inhibitionskorrelat darstellt.

4.1.2.3 Die P3-Komponente

Die P3-Komponente stellt eine deutliche und lang andauernde Positivierung des EKPs dar, die im Zeitbereich von 300 ms beginnt. Die P3 kann als die am besten untersuchte Komponente des EKPs betrachtet werden und wird vor allem als ein Korrelat für Gedächtnisprozesse beschrieben. Wiederholungseffekte von Wörtern und anderen Stimuli und ihre EKP-Effekte wurden unter anderem in indirekten Gedächtnistests untersucht (z.B. Rugg, 1990). In den verwendeten Aufgaben wird dem Probanden typischerweise eine Folge von Reizen präsentiert, die Targets (z.B. Wörter) und einen Hintergrund von Nicht-Targets (z.B. Nicht-Wörter) beinhaltet. Die Wiederholung der Stimuli findet dabei in einem Zeitraum von unter einer Minute statt. Es zeigt sich dabei, dass wiederholte Stimuli im Vergleich zu zum ersten mal präsentierten Stimuli eine deutliche Positivierung im EKP auslösen. Es konnte ebenfalls gezeigt werden, dass dieser Effekt erhalten bleibt, wenn das Intervall bei der Wiederholung deutlich über der Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses liegt (Nagy & Rugg, 1989). Damit kann der Effekt nicht lediglich auf den Abgleich der präsentierten Stimuli mit Repräsentationen im Kurzzeitgedächtnis zurückgeführt werden, sondern reflektiert Abrufprozesse aus dem Langzeitgedächtnis. Der für implizite Gedächtnistests beschriebene Positivierungseffekt lässt sich ebenfalls bei der expliziten Rekognition finden (Rugg & Nagy, 1989). Dabei unterscheiden sich die EKPs von wiederholten bzw. wieder erkannten Stimuli im Vergleich zu den EKPs neuer Stimuli in zwei zentralen Merkmalen: (1) Eine Abnahme der Negativität des EKP im Zeitbereich von 300 bis 500 ms, die als *N400* bezeichnet wird und (2) einen Anstieg der Amplitude der späten Positivierung im Zeitbereich von 500 bis 800 ms, die als *LPC*³ (*Late Positive Complex*) bezeichnet wird (Münste et al., 2000). In den folgenden Abschnitten soll auf diese Komponenten und ihre Interpretation genauer eingegangen werden.

Die *N400* wird als ein Korrelat für die Schwierigkeit, mit welcher der präsentierte Stimulus in den bestehenden Kontext integriert werden kann, interpretiert (Rugg & Doyle, 1994). In einer klassischen Studie zur *N400* wurden den Probanden Sätze präsentiert (Kutas & Hillyard, 1980). Dabei konnte das letzte Wort des Satzes entweder

³ Andere für diese Komponente verwendete Bezeichnungen sind *P300*, späte Positivierung und parietaler alt/neu Effekt.

mit dem im Satz aufgebauten Kontext semantisch kongruent oder inkongruent sein. Bei einem inkongruenten letzten Wort entstand eine deutliche N400, welche die Schwierigkeit reflektiert, das Wort in den Satzkontext zu integrieren. Rugg und Doyle (1994) konnten zeigen, dass dieser Effekt nicht nur bei der Präsentation von Sätzen auftritt, sondern auch beim Vergleich von einzelnen semantisch assoziierten bzw. nicht assoziierten Wörtern gezeigt werden kann. Sie argumentieren, dass die N400 immer dann generiert wird, wenn ein Stimulus für ein bestimmtes Verarbeitungsmerkmal mit dem zuvor aufgebauten Kontext nicht übereinstimmt. Dieses können zum Beispiel phonologische, semantische oder lexikalische Merkmale des Stimulus sein. Auch die wiederholte Präsentation eines Stimulus erleichtert seine Integration und reduziert die N400-Komponente. Die N400 ist demnach ein EKP-Korrelat für das Ausmaß der Kontextintegration eines Reizes.

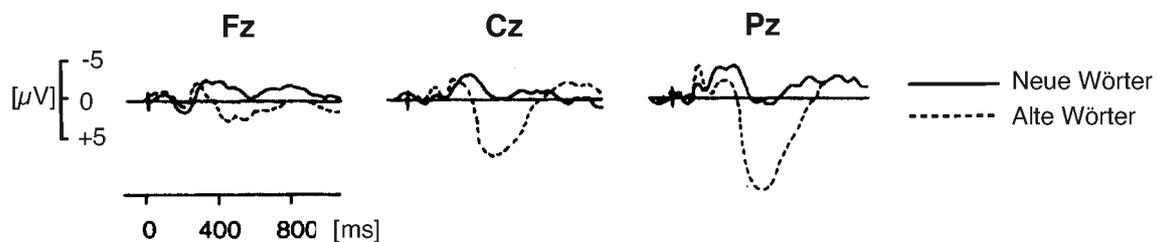


Abbildung 12: Es sind die EKGs dargestellt, die bei der Präsentation von neuen und alten Wörtern ausgelöst wurden (Beispiel nach Rugg, 1995, Seite 153). Bei alten Wörtern lässt sich eine deutliche Positivierung des EKGs feststellen, die an parietalen Elektroden (in der Abbildung für die Elektrode Pz dargestellt) besonders deutlich wird. Für eine genauere Darstellung dieser Komponente siehe Text.

Die späte LPC-Komponente wird dagegen als ein neuronales Korrelat für Rekollections- und Vertrautheitsprozesse beim Gedächtnisabruf interpretiert. Eine beispielhafte grafische Darstellung dieser Komponente befindet sich in Abbildung 12. Rugg (1990) argumentiert, dass die Größe der späten LPC-Komponente von der Vertrautheit des präsentierten Reizes abhängt. Je vertrauter der Reiz, desto stärker positiv wird die LPC. In zwei Studien führten Rugg und Doyle (1992; 1994) einen direkten Rekognitionstest durch. Bei korrekt identifizierten alten Wörtern zeigte sich dabei eine größere LPC als bei neuen Wörtern. Zusätzlich war die LPC bei Wörtern erhöht, die mit einer hohen Frequenz im Wortschatz auftreten im Vergleich zu Wörtern, die mit einer niedrigen Frequenz auftreten. Damit hängt die LPC ebenfalls von der Vertrautheit der Wörter ab. Es konnte weiterhin gezeigt werden, dass die LPC-Effekte

relativ unabhängig von impliziten Gedächtnisprozessen sind und viel stärker beim bewussten Abruf von Gedächtnisinhalten hervortreten (Paller & Kutas, 1992).

Zusammenfassend kann die N400 damit als ein Korrelat für die Integration des präsentierten Stimulus in den zuvor aufgebauten Kontext interpretiert werden. Je schwieriger die Integration des Stimulus, umso stärker fällt die N400 aus. Die LPC ist dagegen als ein spezifischeres Korrelat des Abrufs von Gedächtnisinhalten zu betrachten. Sie wird durch die Vertrautheit der präsentierten Reize, sowie durch bewusste Rekollektionsprozesse moduliert.

4.1.3 Neurophysiologische Studien zum Negativen Priming

In den folgenden Abschnitten wird auf bisherige Forschungsergebnisse aus neurophysiologischen Studien zum Negativen Priming eingegangen. Dabei werden zum einen Ergebnisse aus EKP-Studien und zum anderen Ergebnisse aus fMRT-Studien berichtet und ihre Vereinbarkeit mit den Vorhersagen des Episodic Retrieval-Modells und des Distraktorinhibitionsmodells diskutiert.

Die erste systematische EKP-Studie zum Negativen Priming wurde von Mayr, Niedeggen, Buchner und Pietrowsky (2003) durchgeführt. Die Autoren verwendeten dabei ein akustisches Kategorisierungsparadigma und verglichen die EKPs von „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen und Kontrolldurchgängen⁴. Die erhobenen EKPs sollten dazu dienen, das Episodic Retrieval-Modell gegen das Distraktorinhibitionsmodell zu testen. Das Inhibitionsmodell wäre dabei mit einer frontal lokalisierten Negativierung im Bereich der N2 vereinbar, die in anderen Paradigmen als ein Korrelat von Inhibitionsprozessen gefunden wurde (siehe Abschnitt 4.1.2.2). Das Episodic Retrieval-Modell wäre dagegen mit einem parietalen P3-Effekt vereinbar, der als ein Korrelat des Gedächtnisabrufs interpretiert wird (siehe Abschnitt 4.1.2.3). Die in der Studie berichteten EKPs zeigen für die „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung eine Reduktion der LPC-Komponente, die im Zeitbereich von 300 ms beginnt und bis 800 ms andauert (siehe Abbildung 13). Die Topografie dieses Effekts ist parietal lokalisiert. Dagegen ließen sich keine für das Negative Priming spezifischen Effekte im Bereich der N2 finden. Die Autoren interpretieren die Charakteristika des gefunde-

⁴ Zusätzlich zu diesen beiden Bedingungen wurde eine Wiederholungskontrolle eingeführt, um reine Wiederholungseffekte von Negativen Priming-Effekten im EKP differenzieren zu können.

nen P3-Effekts im Sinne des Gedächtnisabrufs. Damit sind die berichteten Daten konsistent mit den Vorhersagen des Episodic Retrieval-Modells, jedoch nicht mit den Vorhersagen des Distraktoringhibitionsmodells. In einer Replikation dieser Studie (Mayr, Niedeggen, Buchner, & Orgs, in press) konnte der von Mayr et al. (2003) gefundene späte parietale Negativierungseffekt bestätigt werden. Zusätzlich berichten die Autoren, dass dieser Effekt von der Reaktionszeit abhängig ist. Der Effekt zeigt sich deutlich bei langsamen Reaktionszeiten, ist jedoch bei schnellen Reaktionszeiten stark reduziert. Dieses Datenmuster stimmt mit den geringeren Negativen Priming-Effekten bei schnellen Reaktionen in den berichteten Verhaltensdaten überein. Die Autoren argumentieren, dass die Abhängigkeit des Negativen Priming-Effekts vom Level der Reaktionszeit sowohl mit dem Distraktoringhibitionsmodell als auch mit dem Episodic Retrieval-Modell vereinbar ist.

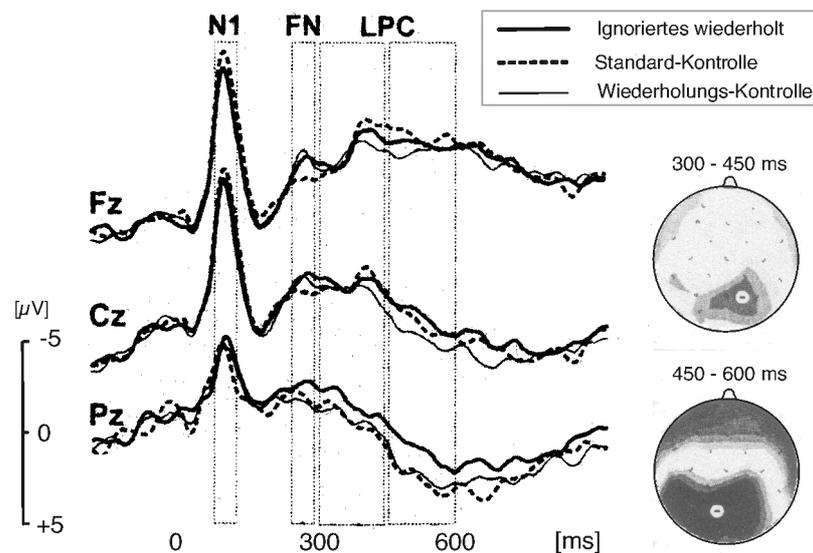


Abbildung 13: Die linke Grafik stellt die EKGs für drei Versuchsbedingungen in einer akustischen Kategorisierungsaufgabe dar. Diese sind für die Elektroden Fz, Cz und Pz abgebildet. Dabei konnte eine für das Negative Priming spezifische Reduktion der LPC-Komponente im Zeitbereich von 300 bis 600 ms gefunden werden. Die rechte Grafik stellt die Topografie des Negativen Priming-Effekts in den Zeitbereichen von 300 bis 450 ms und von 450 bis 600 ms dar („Ignoriertes wiederholt“ – Kontrolle). Dabei zeigt sich eine parietale Lokalisation des Negativen Priming-Effekts (Darstellung nach Mayr et al., 2003).

In einer weiteren Studie wurden die EKG-Korrelate des Negativen Primings in einer visuellen Identifikations- und Lokalisationsaufgabe untersucht (Kathmann, Bogdahn, & Endrass, 2006). Für die Identifikationsaufgabe berichten die Autoren eine

Positivierung der P3 in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung. Sie interpretieren diesen Befund als einen Anstieg der für die Verarbeitung eines zuvor ignorierten Stimulus notwendigen Aufmerksamkeitsressourcen im Vergleich zur Kontrollbedingung. In der Lokalisationsaufgabe konnte eine Reduktion der P1-N1 Amplitude in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung gefunden werden. Diese wird als ein Beleg für Inhibitionsprozesse in der frühen Stimulusverarbeitung interpretiert. Dieser Befund konnte in einer weiteren Studie bestätigt werden (Gibbons, Rammsyer, & Stahl, 2006). Zusammenfassend scheint damit eine späte Negativierung der P3 für Negatives Priming in akustischen Kategorisierungsaufgaben spezifisch zu sein, die als ein Beleg für Gedächtnisprozesse betrachtet wird. In einer visuellen Identifikationsaufgabe zeigte sich dagegen eine Positivierung der P3 als Korrelat des Negativen Primings. Weiterhin wurde für Lokalisationsaufgaben in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung eine Modulation der P1-N1 gefunden, die mit frühen Inhibitionsprozessen in Verbindung gebracht wird. Damit scheinen unterschiedliche neuronale Prozesse den Negativen Priming-Effekten in den zwei verschiedenen Aufgabentypen zu Grunde zu liegen (Gibbons et al., 2006).

Neben den berichteten EKP-Studien wurden die neuronalen Korrelate des Negativen Priming-Effekts mit Hilfe der funktionellen Magnet-Resonanz-Tomografie (fMRT) untersucht. Die fMRT ist in der Lage, die Änderung des Blutflusses im Gehirn abzubilden, und so die Aktivierung von spezifischen Hirnarealen darzustellen. In der ersten Studie zu fMRT-Korrelaten des Negativen Primings (Steel et al., 2001) fanden die Autoren in einer Stroop-Aufgabe eine weitläufig verteilte Aktivierung kortikaler Areale, die frontale, parietale und temporale Gebiete umfasste. Damit sind die Ergebnisse nicht in der Lage, zwischen Modellen des Negativen Primings zu differenzieren⁵. Eine weitere fMRT-Studie zum Negativen Priming im Stroop-Paradigma wurde von Egner und Hirsch (2005) durchgeführt. Die Autoren umgingen die Probleme der Untersuchung von Steel et al. (2001), indem sie ein ereignisbezogenes fMRT maßen und zusätzlich Reaktionszeiten erhoben. In den fMRT-Daten konnten die Autoren in

⁵ Weitere methodische Probleme dieser Studie sind, dass ein geblocktes Versuchsdesign verwendet wurde, und keine Verhaltensdaten erhoben wurden. Es bleibt unklar, ob tatsächlich ein Negativer Priming-Effekt auftrat. Damit ist die gemessene neuronale Aktivität nicht notwendigerweise ein Korrelat des Negativen Primings, sondern könnte auch durch andere Faktoren des Versuchsdesigns verursacht worden sein.

der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung eine Aktivierung des dorsolateralen präfrontalen Kortex beobachten. Diese Region steht in enger Verbindung zum Abruf von episodischen Gedächtnisinhalten. Damit ist dieser Befund konsistent mit dem Episodic Retrieval-Modell, jedoch nicht mit dem Distraktorinhibitionsmodell. Der Befund wird jedoch dadurch abgeschwächt, dass kein Negativer Priming-Effekt in den Verhaltensdaten gefunden werden konnte. In einer fMRT-Studie zum Lokalisationspriming konnte dagegen sowohl bei Erwachsenen (Wright, Keuthen et al., 2005) als auch bei Kindern (Wright, McMullin, Martis, Fischer, & Rauch, 2005) eine Aktivierung von verschiedenen präfrontalen Arealen gezeigt werden. Dieses Aktivierungsmuster wurde von den Autoren als ein Korrelat von Inhibitionsprozessen und damit im Sinne des Distraktorinhibitionsmodells interpretiert. Damit sprechen die berichteten fMRT-Studien wie auch die zuvor beschriebenen EKP-Studien dafür, dass der Negative Priming-Effekt durch unterschiedliche neuronale Mechanismen verursacht sein kann und diese vom Aufgabentyp abhängen. In Kategorisierungs- und Identifikationsaufgaben scheinen Gedächtnisprozesse eine zentrale Rolle bei der Entstehung des Negativen Priming-Effekts zu spielen. In Lokalisationsaufgaben scheint dagegen die Ursache für den Negativen Priming-Effekt in Inhibitionsprozessen zu liegen.

4.1.4 Ziele der eigenen Studie

Experiment 3 stellt eine Replikation von Experiment 2 mit einer leichten Modifikation des Stimulusmaterials dar. In Experiment 3 wurden Durchgänge mit einer Distraktor-Wiederholung und Durchgänge mit 3 Distraktor-Wiederholungen miteinander verglichen. Die Verhaltensdaten können damit erneut dazu verwendet werden, um zwischen dem Distraktorinhibitionsmodell und dem Episodic Retrieval-Modell auf der einen Seite und dem Temporal Discrimination-Modell auf der anderen Seite zu differenzieren. Die ersteren beiden Modelle sagen einen Anstieg des Negativen Priming-Effekts bei drei Distraktor-Wiederholungen vorher, das Temporal Discrimination-Modell dagegen nicht.

Die EKP-Daten aus Experiment 3 können dazu dienen, um zwischen dem Distraktorinhibitionsmodell und dem Episodic Retrieval-Modell genauer zu differenzieren, da die Modelle für die EKP-Effekte des Negativen Primings unterschiedliche Vorhersagen treffen. Wie im Abschnitt 4.1.2.2 dargestellt, gehen Inhibitionsprozesse mit einer frontalen Negativierung der N2-Komponente einher. Damit würde das Finden einer

FN in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung konsistent mit dem Distraktorinhibitionsmodell sein, dagegen nicht mit dem Episodic Retrieval-Modell. Auch eine Modulation der N1-Amplitude, die bisher als ein Korrelat des Negativen Primings in Lokalisationsaufgaben berichtet wurde, könnte mit frühen inhibitorischen Prozessen und damit dem Distraktorinhibitionsmodell in Verbindung gebracht werden. Gedächtnisprozesse gehen dagegen mit einer Modulation der P3-Komponente einher (Abschnitt 4.1.2.3). Sollte sich damit eine Modulation der P3-Komponente in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung zeigen, würde dieses mit den Vorhersagen des Episodic Retrieval-Modells übereinstimmen, jedoch nicht mit den Vorhersagen des Distraktorinhibitionsmodells. Die Studie soll damit als eine Replikation der von Mayr et al. (2003) in einer Kategorisierungsaufgabe gefundenen Negativierung der P3 als Korrelat des Negativen Primings dienen. Es soll geprüft werden, ob die berichteten Ergebnisse und ihre Interpretationen sich auf die verwendete Identifikationsaufgabe generalisieren lassen. Sollte der Negative Priming-Effekt in beiden Aufgabentypen durch vergleichbare neuronale Prozesse verursacht sein, so wäre für die in Experiment 3 gewonnenen EKPs eine Negativierung der P3 für die „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung zu erwarten.

Zusätzlich sollen in Experiment 3 die EKP-Korrelate der Distraktor-Wiederholung untersucht werden. Für die EKPs der Prime-Durchgänge wird der typischerweise berichtete Wiederholungseffekt (siehe Abschnitt 4.1.2.3) bei drei Distraktor-Wiederholungen erwartet. Damit sollte sich bei drei Distraktor-Wiederholungen im Vergleich zu einer Distraktor-Wiederholung eine lang andauernde Positivierung des EKPs zeigen. Für die Probe-Durchgänge kann vermutet werden, dass die Anzahl zuvor wiederholter Distraktoren einen modulierenden Einfluss auf die EKP-Korrelate des Negativen Primings aufweist, die mit den in Experiment 1 und 2 beobachteten Reaktionszeiteffekten einhergehen. Sollte der gefundene Distraktor-Wiederholungseffekt im Negativen Priming auf Inhibitionsprozesse zurückgehen, so wäre zu erwarten, dass bei drei Distraktor-Wiederholungen eine Negativierung der N2 oder eine Reduktion der N1-Amplitude im Vergleich zu einer Distraktor-Wiederholung auftritt. Dieses würde die verstärkte Inhibition des Probe-Targets nach mehrfachem ignorieren dieses Reizes reflektieren. Sollte der Wiederholungseffekt dagegen auf Gedächtnisprozesse zurückgehen, so wäre eine Modulation der P3 zu erwarten. So könnte sich dieser Effekt in einer deutlicheren Negativierung der P3

nach drei Distraktor-Wiederholungen als nach einer Distraktor-Wiederholung zeigen.

4.2 Methode

Der methodische Aufbau von Experiment 3 entspricht in großen Teilen dem Aufbau von Experiment 2. Es werden lediglich die Abweichungen berichtet. Neben der Messung von Reaktionszeiten und Fehlern wurden in Experiment 3 EEG-Daten aufgezeichnet und Ereigniskorrelierte Potentiale (EKP) analysiert.

4.2.1 Stichprobe

In Experiment 3 wurden 28 Studierende der Heinrich-Heine-Universität (davon 21 weiblich) im Alter von 20 bis 38 Jahren ($M = 25$, $SD = 4.26$) getestet. Die Teilnahme wurde durch Bezahlung entlohnt.

4.2.2 Material

Die Stimuli wurden aus Experiment 2 übernommen. Die Stimuluspräsentation und die Aufzeichnung der Verhaltensdaten erfolgte über einen PC. Bei der Generierung des Stimulussets wurde die in Experiment 1 beschriebene Methode verwendet. Es entfiel jedoch die Versuchsbedingung mit fünf Distraktor-Wiederholungen. Das gesamte Stimulusset bestand aus 720 Durchgängen. Diese unterteilten sich in 120 „Ignoriertes wiederholt“-Durchgänge, 180 Kontrolldurchgänge, 120 Füller-Typ-1-Durchgänge, 60 Füller-Typ-2-Durchgänge, 180 Füller Typ-3-Durchgänge und 60 Füller-Typ-4-Durchgänge. Diese Durchgangszahl ergab 2160 einzelne Präsentationen, in denen gleichzeitig ein Target und ein Distraktor dargeboten wurden. Die Hälfte der Durchgänge jedes Typs enthielt eine Distraktor-Wiederholung und die andere Hälfte der Durchgänge drei Distraktor-Wiederholungen.

4.2.3 Prozedur

Zu Beginn des Experiments wurden die Elektrodenhaube und die EEG-Elektroden angebracht. Nachdem die Teilnehmer sich in der Instruktion mit den Stimuli und dem Versuchsaufbau vertraut gemacht hatten, fand eine Trainingsphase statt. Diese

beinhaltete 120 Versuchsdurchgänge. Die Kriterien, um das Experiment zu erreichen sind mit den Kriterien in Experiment 1 identisch.

Die Stimuli wurden wie in Experiment 1 präsentiert. Während des Versuchs wurde zusätzlich zentral auf dem Bildschirm ein Fixationskreuz dargeboten. Dieses sollte es den Versuchspersonen erleichtern, Augenbewegungen zu vermeiden, die bei der EEG-Messung Artefakte erzeugen, welche sich mit der betrachteten Gehirnaktivität überlagern. Die Teilnehmer wurden instruiert, dieses Kreuz während des Experiments zu fixieren und gebeten, während der Experimentaldurchgänge möglichst wenig mit den Augen zu blinzeln. Das Fixationskreuz war während der Stimuluspräsentation und des Cue-Target-Intervalls zu sehen. Es wurde während der 375 ms dauernden Rückmeldung und des folgenden 125 ms dauernden leeren Bildschirms ausgeblendet.

4.2.4 EEG-Aufnahme und Datenanalyse

Für die Messung des EEG-Signals wurden 30 Ag/AgCl-Elektroden mit Hilfe einer elastischen Elektrodenhaube (Falk Minow Services, München) auf dem Kopf des Probanden befestigt. Die Positionen der 30 Elektroden sind in Abbildung 14 dargestellt. Die Masseelektrode befand sich mittig zwischen den Elektroden Fz und Cz. Als Referenz für die aktiven Elektroden dienten die verbundenen Ohrläppchenelektroden. Die Impedanzen wurden unter dem Wert von 5 k Ω gehalten. Um Augenartefakte zu kontrollieren, wurden bipolar ein horizontales (zwischen den äußeren Canthi der beiden Augen) und ein vertikales EOG (über und unter dem rechten Auge) aufgenommen.

Für die kontinuierliche Aufnahme der elektrischen Aktivität wurde ein NuAmps-Verstärker (NeuroScan, USA) verwendet. Die Signale wurden mit einer Abtastrate von 1000 Hz erfasst und online gefiltert (Bandpass: 0.1 – 50 Hz, Notch-Filter: 50 Hz). Offline wurden die EEG-Daten abhängig vom Zeitpunkt der Stimuluspräsentation segmentiert (-100 bis 1000 ms Segmentlänge), gefiltert (0 – 30 Hz, Steilheit des Filters 24 dB/Octave) und einer Baseline-Korrektur unterzogen (0 bis 100 ms). EEG-Epochen, die muskuläre oder Augenartefakte enthielten, wurden vor weiterer Datenanalyse entfernt. Die verbleibenden Epochen wurden abhängig vom Durchgangstyp („Ignoriertes wiederholt“ vs. Kontrolle), der Distraktor-Wiederholung (eine Distraktor-Wiederholung vs. drei Distraktor-Wiederholungen) und der Elektroden-

position für jede Versuchsperson gemittelt. Diese Auswertung wurde separat für die Primes und die Probes vorgenommen. Für die Darstellung der Potentiale und der Topografien wurde über alle Versuchspersonen gemittelt (Grand Average).

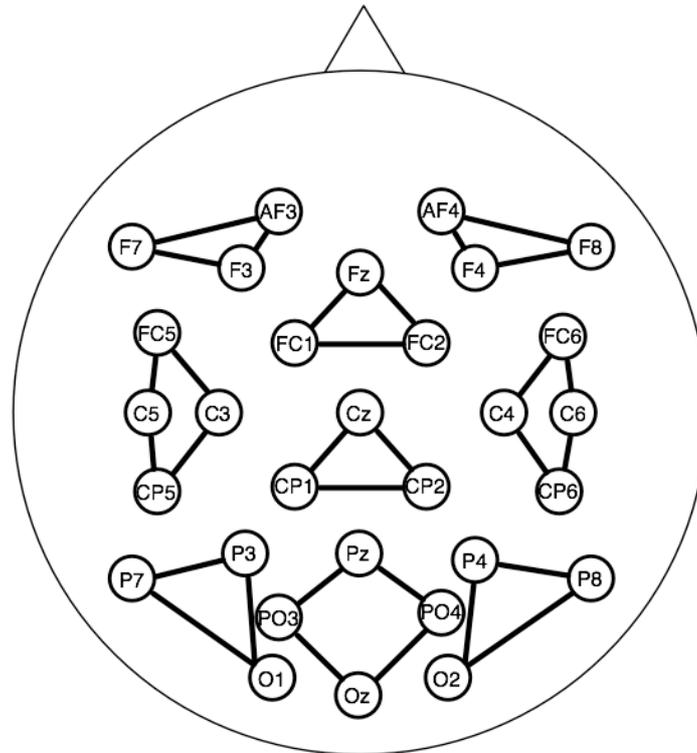


Abbildung 14: Dargestellt sind die Positionen der 30 abgeleiteten Elektroden. Die Elektrodenpositionen entsprechen dem erweiterten 10-20-System (Jasper, 1958; Tucker, 1993). Die neun gebildeten Cluster werden durch die Verbindungslinien zwischen den Elektroden angezeigt.

Basierend auf den Grand Averages der EKPs wurden vier sich nicht überlagernde Zeitfenster definiert (140 – 180 ms, 225 – 375 ms, 430 – 580 ms und 580 – 730 ms), welche vier zu unterscheidenden EKP-Komponenten entsprechen (N1, Frontale Negativität [FN], früher LPC [*Late Positive Complex*], später LPC [*Late Positive Complex*]). Für jedes Zeitfenster und jede Versuchsperson wurden Mittelwerte der EKP-Komponenten abhängig vom Durchgangstyp, von der Distraktor-Wiederholung und der Elektrodenposition berechnet. Um topografische Effekte zu analysieren wurden die Elektroden abhängig von den räumlichen Variablen *Kaudalität* (anterior vs. zentral vs. posterior) und *Lateralität* (links vs. mittig vs. rechts) in neun Cluster eingeteilt (siehe Abbildung 14).

4.2.5 Design

Für die Analyse der Verhaltensdaten lag dem Experiment ein 2x2-Design mit den unabhängigen Variablen *Durchgangstyp* („Ignoriertes wiederholt“ vs. Kontrolle) und *Distraktor-Wiederholung* (eine Distraktor-Wiederholung vs. drei Distraktor-Wiederholungen) zugrunde. Beide unabhängigen Variablen wurden innerhalb einer Messwiederholung experimentell manipuliert. Die primäre erhobene abhängige Variable war die Reaktionszeit der Probanden. Jedoch wurden die Fehlerhäufigkeiten der Probanden ebenfalls als abhängige Variable erhoben und analysiert.

Für die Analyse der EKP-Daten wurde ein 2x2x3x3-Design mit Messwiederholung und den Variablen *Durchgangstyp* („Ignoriertes wiederholt“ vs. Kontrolle), *Distraktor-Wiederholung* (eine Distraktor-Wiederholung vs. drei Distraktor-Wiederholungen), *Kaudalität* (anterior vs. zentral vs. posterior) und *Lateralität* (links vs. mittig vs. rechts) zu Grunde gelegt. Die statistischen Analysen wurden unabhängig für jedes der vier definierten Zeitfenster durchgeführt.

Für die a priori Teststärkeanalyse wurde der Haupteffekt des Faktors *Durchgangstyp* („Ignoriertes wiederholt“ vs. Kontrolle) zu Grunde gelegt. Bei $\alpha = \beta = .05$ und einer angenommenen Populationskorrelation zwischen den drei Stufen der Variable *Distraktor-Wiederholung* von $\rho = .5$ wurde ein Stichprobenumfang von $N = 26$ Probanden benötigt, um Effekte der Größe $f = 0.375$ (definiert als „großer Effekt“ nach Cohen, 1977) zu entdecken. Die Annahme der Effektstärke basierte dabei auf zuvor gefundenen Effekten des Negativen Primings in EKP-Komponenten (Mayr et al., 2003). Es konnten Daten von insgesamt $N = 28$ Probanden erhoben werden, so dass die Teststärke bei $1 - \beta = .97$ lag und damit größer als die vorher geplante Teststärke war. Für alle statistischen Analysen wurde das α -Signifikanzniveau auf .05 festgelegt. Als ein Maß für die beobachteten Teststärken wird das partielle η^2 berichtet. Das α -Niveau wurde innerhalb von Gruppen multipler paarweiser Vergleiche mit Hilfe der Bonferroni-Holm-Korrektur angepasst (Holm, 1979).

4.3 Ergebnisse

Im ersten Abschnitt des Ergebnisteils (4.3.1) wird die Analyse der Verhaltensdaten berichtet. Im zweiten Abschnitt (4.3.2) wird die Analyse der einzelnen EKP-Komponenten berichtet.

4.3.1 Reaktionszeiten und Fehlerhäufigkeiten

Bei der Analyse der Primes zeigte eine 2x2 MANOVA mit den messwiederholten Faktoren Durchgangstyp („Ignoriertes wiederholt“ vs. Kontrolle) und Distraktor-Wiederholung (eine Distraktor-Wiederholung vs. drei Distraktor-Wiederholungen) und der abhängigen Variable Reaktionszeit einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Distraktor-Wiederholung, $F(1,27) = 67.60$, $p < .001$, $\eta^2 = .72$. Dagegen zeigte sich kein signifikanter Haupteffekt des Faktors Durchgangstyp, $F(1,27) < 0.01$, $p = .975$, $\eta^2 < .01$, und keine signifikante Interaktion zwischen den beiden Faktoren, $F(1,27) = 1.95$, $p = .174$, $\eta^2 = .07$. Die mittlere Reaktionszeit in den Primes lag für die Bedingung mit einer Distraktor-Wiederholung bei 911 ms ($SF = 28.34$) und für drei Distraktor-Wiederholungen bei 835 ms ($SF = 25.61$).

Die Kriterien für den Ausschluss von Probe-Reaktionszeiten und Fehlern entsprachen den in Experiment 1. Die Mittelwerte der Reaktionszeiten (linke Grafik) und die entsprechenden Fehlerhäufigkeiten (rechte Grafik) für die „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung und die Kontrollbedingung sind in Abbildung 15 dargestellt.

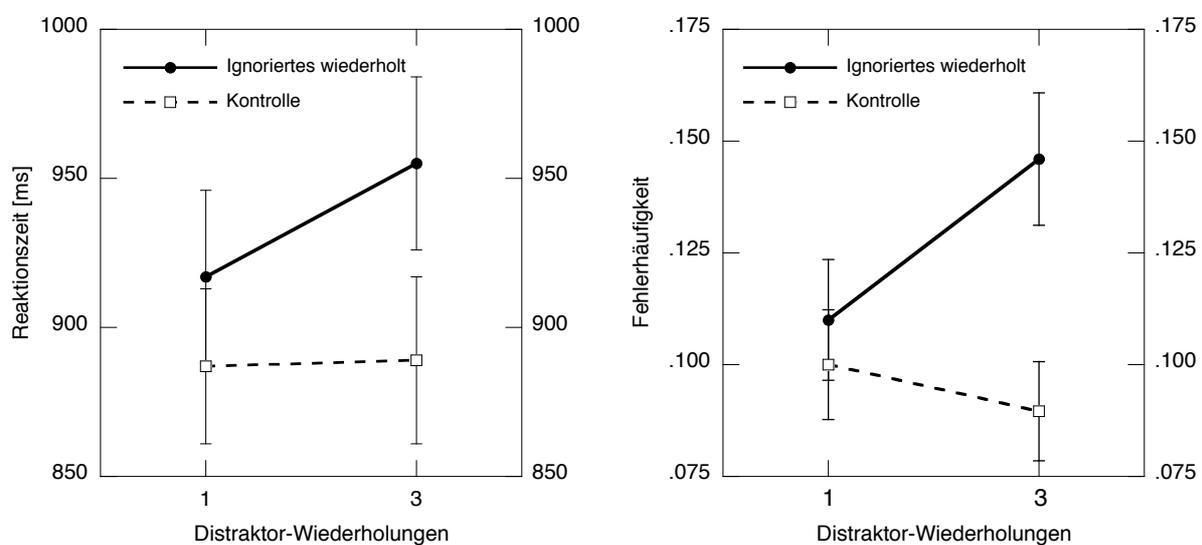


Abbildung 15: Reaktionszeiten (linke Grafik) und Fehlerhäufigkeiten (rechte Grafik) dargestellt abhängig vom Durchgangstyp und von der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen (Experiment 3). Die Fehlerbalken bilden den Standardfehler der Mittelwerte ab.

Die Reaktionszeiten waren in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen langsamer als in den Kontrolldurchgängen. Dieses gilt für beide Stufen der unabhängigen Variable

Distraktor-Wiederholung. Der Einfluss der Manipulation der unabhängigen Variable Distraktor-Wiederholung hing vom Durchgangstyp ab. In „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen stieg die Reaktionszeit mit steigender Anzahl von Distraktor-Wiederholungen an. In den Kontrolldurchgängen gab es dagegen keine Unterschiede in den Reaktionszeiten zwischen den beiden Wiederholungs-Bedingungen.

Eine 2x2 MANOVA mit den messwiederholten Faktoren Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung und der abhängigen Variable Reaktionszeit zeigte einen signifikante Haupteffekte der Faktoren Durchgangstyp, $F(1,27) = 18.04, p < .001, \eta^2 = .40$, und Distraktor-Wiederholung, $F(1,27) = 9.81, p = .004, \eta^2 = .27$, sowie eine signifikante Interaktion, $F(1,27) = 6.84, p = .014, \eta^2 = .20$. Der Negative Priming-Effekt war für beide Stufen des Faktors Distraktor-Wiederholung signifikant, mit $t(27) = 3.44, p = .002, \eta^2 = .30$ für eine Distraktor-Wiederholung und $t(27) = 3.99, p < .001, \eta^2 = .37$ für drei Distraktor-Wiederholungen.

Wie in der rechten Grafik von Abbildung 15 dargestellt, waren die Fehlerhäufigkeiten in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen höher als in den Kontrolldurchgängen. Dieses gilt für beide Stufen des Faktors Distraktor-Wiederholung. Der Einfluss der Manipulation der unabhängigen Variable Distraktor-Wiederholung hing ebenfalls vom Durchgangstyp ab. In „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen stiegen die Fehlerhäufigkeiten mit steigender Anzahl von Distraktor-Wiederholungen an. In den Kontrolldurchgängen gab es dagegen keine Unterschiede in den Fehlerhäufigkeiten zwischen den beiden Wiederholungs-Bedingungen.

Eine 2x2 MANOVA mit den messwiederholten Faktoren Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung und der abhängigen Variable Fehlerhäufigkeit zeigte signifikante Haupteffekte der Faktoren Durchgangstyp, $F(1,27) = 13.34, p = .001, \eta^2 = .33$, und Distraktor-Wiederholung, $F(1,27) = 4.60, p = .041, \eta^2 = .15$, sowie eine signifikante Interaktion, $F(1,27) = 12.55, p = .001, \eta^2 = .32$. Der Negative Priming-Effekt war bei drei Distraktor-Wiederholung signifikant, $t(27) = 5.19, p < .001, \eta^2 = .50$, jedoch nicht bei einer Distraktor-Wiederholung, $t(27) = 0.86, p = .399, \eta^2 = .03$.

4.3.2 Ereigniskorrelierte Potentiale (EKP)

Eine grafische Darstellung der Grand Averages für die Elektroden Fz, Cz und Pz befinden sich in Abbildung 16 (für die Primes) und in Abbildung 18 (für die Probes). Grafische Darstellungen der Mittelwerte der einzelnen Komponente abhängig von

den Variablen Durchgangstyp, Distraktor-Wiederholung und Kaudalität befinden sich in Abbildung 17 (für die Primes) und in Abbildung 19 (für die Probes).

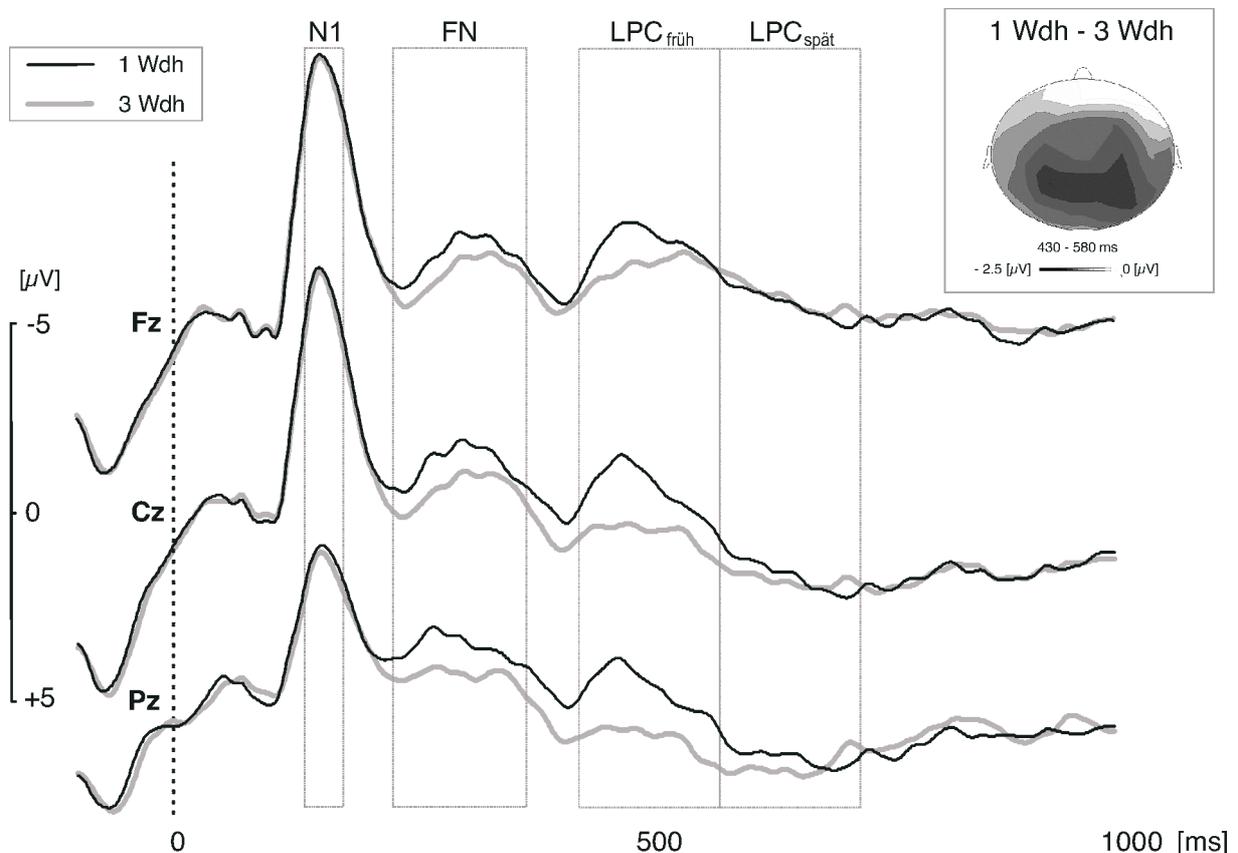


Abbildung 16: Dargestellt sind die Grand Averages ($N = 28$) abhängig von der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen für die Prime-Durchgänge. Die Verläufe der EKPs werden für die Elektroden Fz, Cz und Pz abgebildet. Auf der x-Achse ist die Zeit in ms abgetragen. Die Stimuluspräsentation findet zum Zeitpunkt 0 statt. Auf der y-Achse sind die Amplituden der EKPs in μV abgetragen. Die vier Zeitfenster (N1, FN, LPC_{früh} und LPC_{spät}) stellen die analysierten und diskutierten Komponenten dar. Die rechts abgebildete Karte stellt die Topografie des Wiederholungseffekts (Differenz zwischen einer und drei Distraktor-Wiederholungen) im Zeitfenster zwischen 430 – 580 ms dar.

Übereinstimmend mit vorangegangenen EKP-Studien zur auditorischen Reizverarbeitung (Näätänen, Sams, Alho, & Paavilainen, 1988) wurde ein negativer Gipfel (N1) um den Zeitpunkt von 150 ms nach Stimuluspräsentation gefunden. Dieser wurde von einem relativen positiven Gipfel (P2) im Bereich von 250 ms gefolgt. Bei frontalen Elektroden folgte diesen beiden Komponenten eine lang gezogene negative Welle die sich über den Bereich von 250 bis 800 ms erstreckte. Im Bereich von 300 ms lag dabei ein relativer negativer Gipfel dieser Welle (FN). Bei zentro-parietalen Elekt-

roden kehrte die Negativität bei etwa 400 ms zur Baseline zurück und beschrieb danach bis zum Zeitpunkt von 1000 ms einen lang gezogenen Verlauf im positiven Bereich (LPC).

Die statistische Analyse der EKP-Daten wird für die vier definierten Zeitfenster für die Primes und Probes berichtet. Für eine bessere Übersichtlichkeit wird das Hauptaugenmerk auf den Faktoren Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung liegen. Signifikante Interaktionen dieser beiden Faktoren mit den Faktoren Kaudalität und Lateralität werden ebenfalls berichtet. Signifikante Haupteffekte der Faktoren Kaudalität und Lateralität sowie Interaktionen dieser beiden Faktoren untereinander werden nicht berichtet. Alle nicht signifikante Ergebnisse werden ebenfalls nicht berichtet.

4.3.2.1 Analyse der N1-Komponente (140 - 180 ms)

Bei der Analyse der Prime-Durchgänge wurden für den Zeitbereich der N1-Komponente keine signifikanten Haupteffekte oder Interaktionen der Faktoren Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung gefunden.

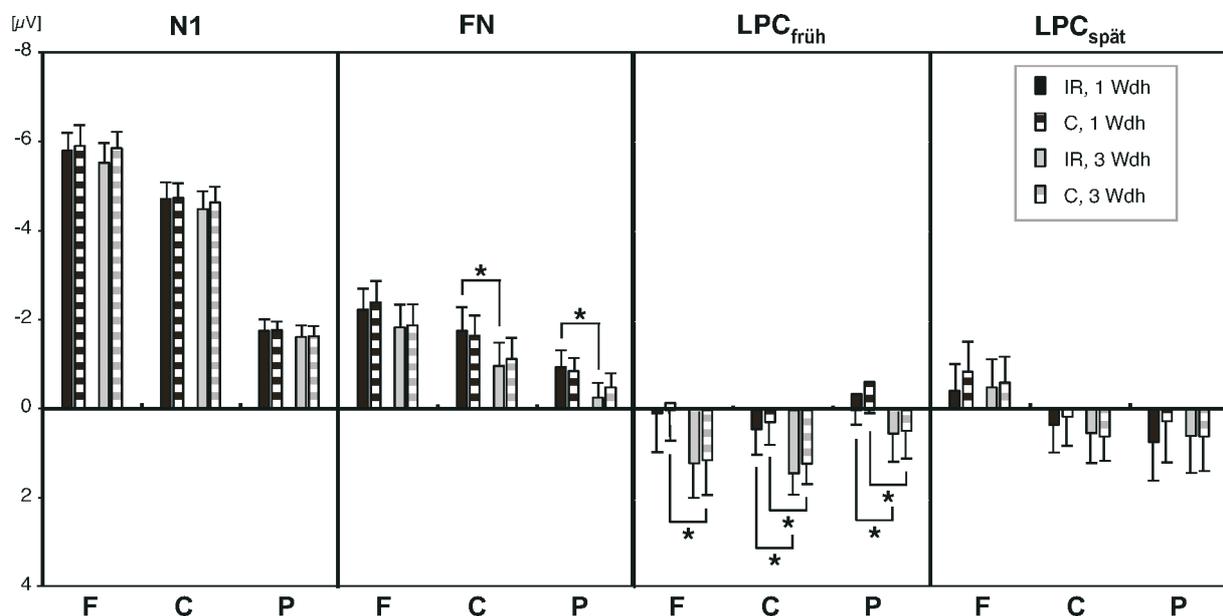


Abbildung 17: Auf der y-Achse sind die mittleren Amplituden der EKP-Komponenten in den vier analysierten Zeitfenstern in μV für die Prime-Durchgänge abgetragen. Die Darstellung erfolgt abhängig von den Variablen Kaudalität (frontal [F], zentral [C] und parietal [P]), Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung. Signifikante Unterschiede sind mit einem Stern markiert ($*p < .05$). Die Fehlerbalken bilden den Standardfehler der Mittelwerte ab.

Die konventionelle $2 \times 2 \times 3$ -Analyse der Probe-Durchgänge in diesem Zeitbereich ergab einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Durchgangstyp, $F(1,27) = 10.61$, $p = .003$, $\eta^2 = .28$, sowie eine signifikante Interaktion der Faktoren Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung, $F(1,27) = 5.42$, $p = .028$, $\eta^2 = .18$. Paarweise Vergleiche zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen der Kontrollbedingung und der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung bei einer Distraktor-Wiederholung, $t(27) = 1.13$, $p = .267$, $\eta^2 = .05$, jedoch einen signifikanten Unterschied bei drei Distraktor-Wiederholungen, $t(27) = -2.61$, $p = .015$, $\eta^2 = .20$. Dabei war die mittlere Amplitude der N1 bei drei Distraktor-Wiederholungen in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung im Vergleich zur Kontrollbedingung reduziert.

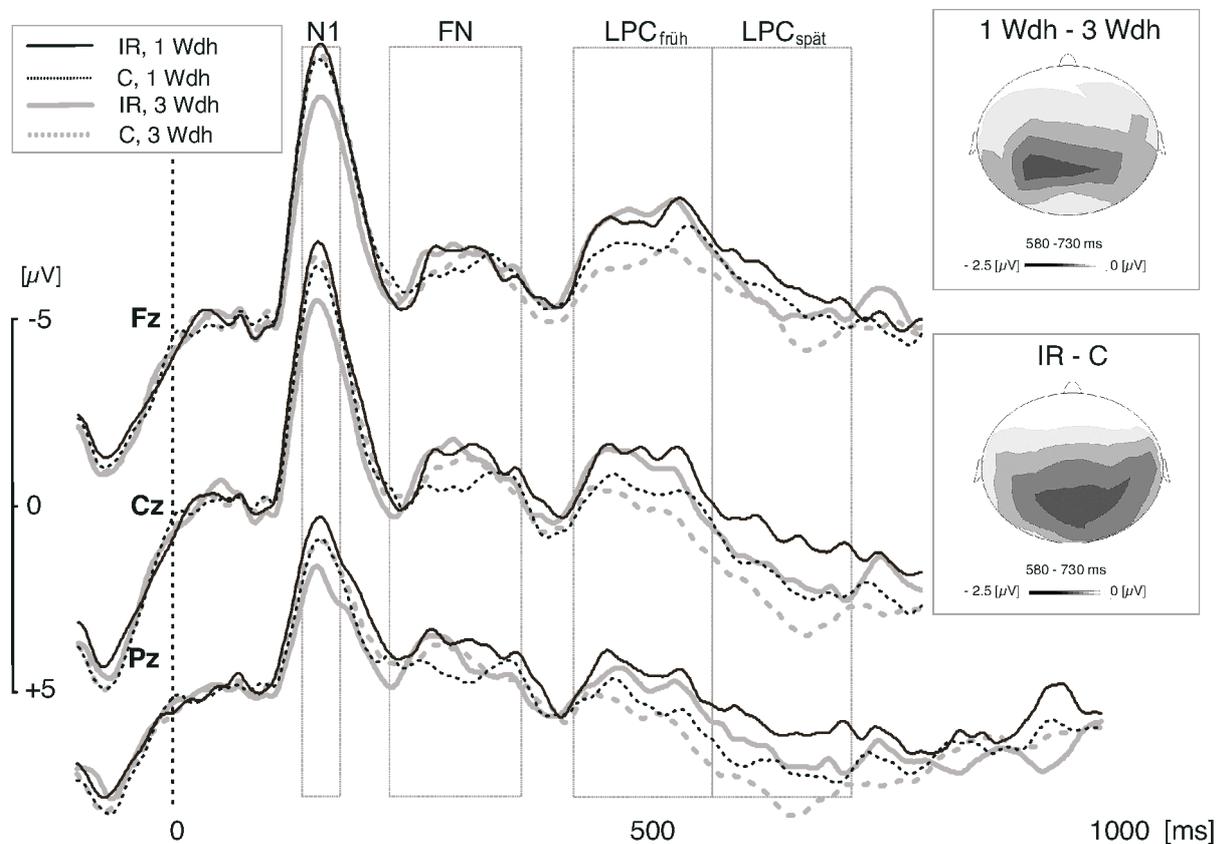


Abbildung 18: Dargestellt sind die Grand Averages ($N = 28$) abhängig vom Durchgangstyp und der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen für die Probe-Durchgänge. Die Verläufe der EKPs werden für die Elektroden Fz, Cz und Pz abgebildet. Auf der x-Achse ist die Zeit in ms abgetragen. Die Stimuluspräsentation findet zum Zeitpunkt 0 statt. Auf der y-Achse sind die Amplituden der EKPs in μV abgetragen. Die vier Zeitfenster (N1, FN, $\text{LPC}_{\text{früh}}$ und $\text{LPC}_{\text{spät}}$) stellen die analysierten und diskutierten Komponenten dar. Die rechts abgebildeten Karten stellen die Topografien des Negativem Primings Effekts (Differenz zwischen „Ignoriertes wiederholt“ und Kontrolle) und des Wiederholungseffekts (Differenz zwischen einer und drei Distraktor-Wiederholungen) im Zeitfenster zwischen 580 – 730 ms dar.

Eine zusätzliche Analyse der N1-Komponente wurde für die Probes durchgeführt, um inhaltlich einen möglichen Inhibitionsmechanismus besser interpretieren zu können. Falls die Verarbeitung eines Targets erst nach dreifachem Ignorieren im Probe inhibiert ist, sollte sich dieses (bei frühen Inhibitionsprozessen) in der Amplitude der N1 niederschlagen. Damit wäre zu erwarten, dass es bei der N1 keine Unterschiede zwischen der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung mit einer Distraktor-Wiederholung und den beiden Kontrollbedingungen gibt. Dagegen sollte sich die „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung mit drei Distraktor-Wiederholungen von den drei anderen Bedingungen unterscheiden. Ein univariater Vergleich der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung mit einer Distraktor-Wiederholung und der beiden Kontrollbedingungen zeigte keinen signifikanten Effekt, $F(2,26) = .80$, $p = .462$, $\eta^2 = .06$. Der Vergleich dieser drei zusammengefassten Bedingungen gegen die „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung mit drei Distraktor-Wiederholungen zeigte dagegen einen signifikanten Unterschied, $F(1,27) = 10.36$, $p = .003$, $\eta^2 = .28$.

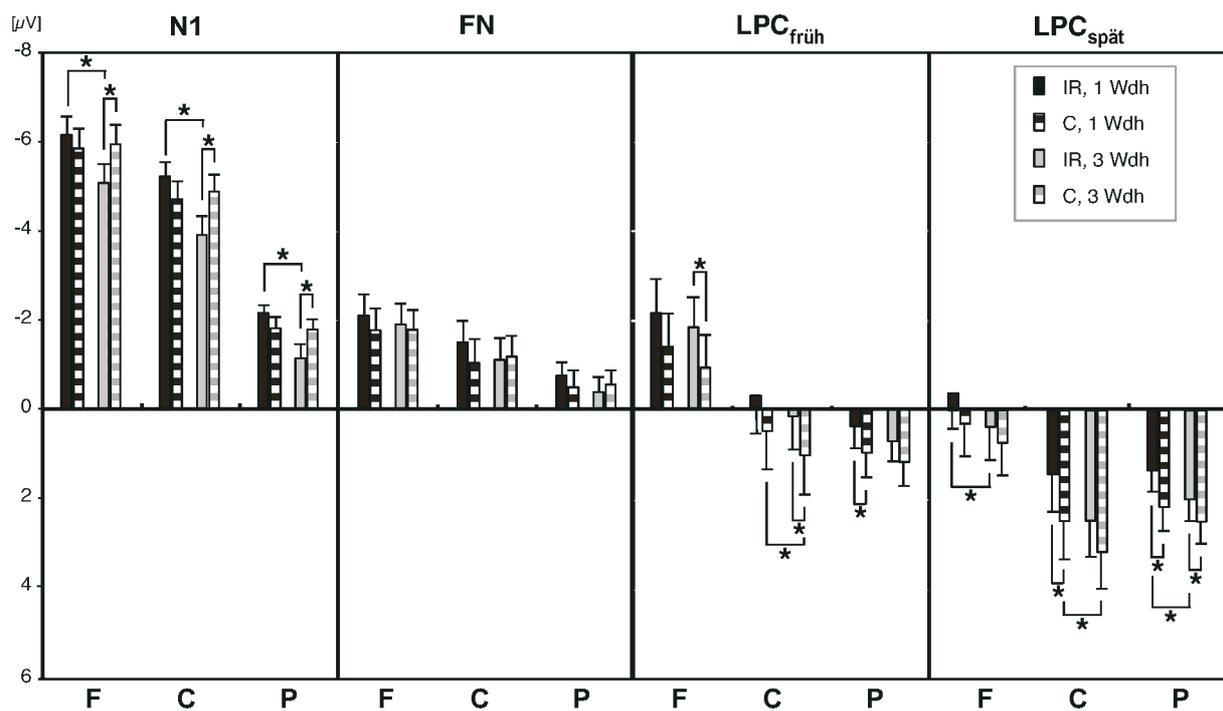


Abbildung 19: Auf der y-Achse sind die mittleren Amplituden der EKP-Komponenten in den vier analysierten Zeitfenstern in μV für die Probe-Durchgänge abgetragen. Die Darstellung erfolgt abhängig von den Variablen Kaudalität (frontal [F], zentral [C] und parietal [P]), Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung. Signifikante Unterschiede sind mit einem Stern markiert ($*p < .05$). Die Fehlerbalken bilden den Standardfehler der Mittelwerte ab.

4.3.2.2 Analyse der FN-Komponente (225 - 375 ms)

Bei der Analyse der Prime-Durchgänge für den Zeitbereich der FN-Komponente zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt des Faktors Distraktor-Wiederholung, $F(1,27) = 12.11$, $p = .002$, $\eta^2 = .31$. Dabei zeigte die mittlere Amplitude der FN-Komponente bei drei Distraktor-Wiederholung einen positiveren Verlauf als bei einer Distraktor-Wiederholung.

Die Analyse der Probe-Durchgänge ergab für die FN-Komponente keine signifikanten Haupteffekte und Interaktionen der Faktoren Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung.

4.3.2.3 Analyse der frühen LPC-Komponente (430 - 580 ms)

Bei der Analyse der Prime-Durchgänge für den Zeitbereich der frühen LPC-Komponente zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt des Faktors Distraktor-Wiederholung, $F(1,27) = 15.95$, $p < .001$, $\eta^2 = .37$. Daneben konnte eine signifikante Interaktion der Faktoren Distraktor-Wiederholung und Kaudalität, $F(2,26) = 5.92$, $p = .008$, $\eta^2 = .31$, sowie eine dreifache Interaktion zwischen Distraktor-Wiederholung, Kaudalität und Lateralität festgestellt werden, $F(4,24) = 4.55$, $p = .007$, $\eta^2 = .43$. Alle paarweisen Vergleiche abhängig von den Variablen Kaudalität und Lateralität zeigten signifikante Unterschiede zwischen einer und drei Distraktor-Wiederholungen. Dabei zeigte die mittlere Amplitude der frühen LPC-Komponente nach drei Distraktor-Wiederholungen einen positiveren Verlauf als nach einer Distraktor-Wiederholung. Bezüglich der Kaudalität der Elektrodenposition waren diese Unterschiede am größten für parietale Elektroden, $t(27) = -4.59$, $p < .001$, $\eta^2 = .44$, gefolgt von zentralen Elektroden, $t(27) = -3.98$, $p < .001$, $\eta^2 = .37$, und frontalen Elektroden, $t(27) = -3.00$, $p = .006$, $\eta^2 = .25$. Bei frontalen Elektroden waren die Unterschiede mittig, $t(27) = -3.62$, $p = .001$, $\eta^2 = .33$, größer als rechts, $t(27) = -2.80$, $p = .023$, $\eta^2 = .23$ und links, $t(27) = -2.42$, $p = .009$, $\eta^2 = .18$. Bei zentralen Elektroden waren die Unterschiede links, $t(27) = -4.15$, $p < .001$, $\eta^2 = .39$ und mittig, $t(27) = -4.00$, $p < .001$, $\eta^2 = .33$ größer als rechts, $t(27) = -3.39$, $p = .002$, $\eta^2 = .23$. Bei parietalen Elektroden waren die Unterschiede links, $t(27) = -4.89$, $p < .001$, $\eta^2 = .47$ und rechts, $t(27) = -5.24$, $p < .001$, $\eta^2 = .50$ größer als mittig, $t(27) = -2.77$, $p = .006$, $\eta^2 = .22$. Eine topografische Darstellung dieser Effekte befindet sich im rechten oberen Teil von Abbildung 16.

Bei der Analyse der Probe-Durchgänge für den Zeitbereich der frühen LPC-Komponente zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt des Faktors Durchgangstyp, $F(1,27) = 7.83, p = .009, \eta^2 = .23$. Dabei zeigte die mittlere Amplitude der frühen LPC-Komponente in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung einen negativeren Verlauf als in der Kontrollbedingung.

4.3.2.4 Analyse der späten LPC-Komponente (580 - 730 ms)

Bei Analyse der Prime-Durchgänge wurden für den Zeitbereich der späten LPC-Komponente keine signifikanten Haupteffekte oder Interaktionen der Faktoren Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung gefunden.

Bei der Analyse der Probe-Durchgänge für den Zeitbereich der späten LPC-Komponente zeigten sich signifikante Haupteffekte der Faktoren Durchgangstyp, $F(1,27) = 7.09, p = .013, \eta^2 = .21$ und Distraktor-Wiederholung, $F(1,27) = 10.0, p = .004, \eta^2 = .27$. Daneben konnten signifikante Interaktionen der Faktoren Durchgangstyp und Kaudalität, $F(1,27) = 3.74, p = .037, \eta^2 = .22$, sowie der Faktoren Distraktor-Wiederholung und Kaudalität, $F(1,27) = 4.96, p = .015, \eta^2 = .28$, festgestellt werden. Dabei zeigte die mittlere Amplitude der späten LPC-Komponente in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung einen negativeren Verlauf als in der Kontrollbedingung. Abhängig von der Variable Kaudalität war dieser Unterschied bei parietalen Elektroden größer, $t(27) = -3.25, p = .003, \eta^2 = .28$, als bei zentralen Elektroden, $t(27) = -2.76, p = .010, \eta^2 = .22$. Bei frontalen Elektroden war der Unterschied am kleinsten und nicht mehr signifikant, $t(27) = -1.71, p = .100, \eta^2 = .10$. Eine topografische Darstellung dieser Effekte befindet sich im rechten mittleren Teil von Abbildung 18. Der Vergleich zwischen einer und drei Distraktor-Wiederholungen zeigte eine Positivierung der Amplitude der späten LPC-Komponente nach drei Distraktor-Wiederholungen im Vergleich zu einer Distraktor-Wiederholung. Abhängig von der Variable Kaudalität war dieser Unterschied bei zentralen Elektroden am größten, $t(27) = -3.36, p = .002, \eta^2 = .30$, gefolgt von frontalen Elektroden, $t(27) = -2.86, p = .008, \eta^2 = .23$, und parietalen Elektroden, $t(27) = -2.31, p = .029, \eta^2 = .16$. Eine topografische Darstellung dieser Effekte befindet sich im rechten oberen Teil von Abbildung 18.

4.4 Diskussion

In Experiment 3 konnten die Ergebnisse von Experiment 1 und 2 in den Verhaltensdaten repliziert werden. In den Probes zeigten sich sowohl in den Reaktionszeiten als auch in den Fehlerdaten größere Negative Priming-Effekte nach drei Distraktor-Wiederholungen als nach einer Distraktor-Wiederholung. Dabei lag kein Genauigkeits-Geschwindigkeits-Austausch vor. In den Prime-Durchgängen führte die Wiederholung des im Durchgang zuvor präsentierten Distraktors zu einer Reduktion der Reaktionszeit. Beide Befunde können nicht plausibel vom Temporal Discrimination-Modells erklärt werden. Zusätzlich widerlegen die in Kapitel 5 berichteten Ergebnisse das Modell. Sie sind dagegen mit dem Episodic Retrieval-Modell und dem Distraktorinhibitionsmodell konsistent. Die in Experiment 3 erhobenen EKPs erlauben eine Differenzierung zwischen den Vorhersagen des Episodic Retrieval-Modells und des Distraktorinhibitionsmodells. Die EKP-Daten werden in den folgenden Abschnitten für die Prime-EKPs (4.4.1) und für die Probe-EKPs (4.4.2) diskutiert und anschließend ein zusammenfassendes Fazit gezogen (4.4.3).

4.4.1 Prime-EKPs

Bei der Analyse der Prime-EKPs zeigte sich eine Positivierung der FN-Komponente nach drei Distraktor-Wiederholungen im Vergleich zu einer Distraktor-Wiederholung. Daneben zeigte sich bei drei Distraktor-Wiederholungen eine Positivierung im Bereich der frühen LPC-Komponente. Dieser Effekt wies eine parieto-zentrale Lokalisation auf. Der negativere Verlauf der FN-Komponente nach einer Distraktor-Wiederholung im Vergleich zu drei Distraktor-Wiederholungen kann als eine MMN interpretiert werden. Bei drei Distraktor-Wiederholungen ist der aktuelle Distraktor gleich zu den beiden zuvor präsentierten Distraktoren. Damit besteht eine Übereinstimmung des aktuellen Distraktors zum vorangehenden Kontext. Bei einer Distraktor-Wiederholung weicht der Prime-Distraktor jedoch von dem Distraktor des unmittelbar zuvor präsentierten Probes ab. Damit besteht eine Abweichung vom vorangehenden Kontext, die zu der Ausbildung einer MMN führt. Die MMN kann hier damit als ein Korrelat für eine Entdeckung der Änderung des physikalischen Reizes im Distraktor-Kanal betrachtet werden. Der sensorische Input des Distraktors stimmt dabei nicht mit dem im sensorischen Gedächtnis repräsentierten Distraktor-Reiz überein, was zur Ausbildung der MMN führt.

Weiterhin könnte die MMN bei einer Distraktor-Wiederholung auch durch die höhere Wahrscheinlichkeit einer Wiederholung des Prime-Targets im Vorlauf des Primes in der Bedingung mit drei Distraktor-Wiederholungen mit verursacht sein (für Details des Stimulusaufbaus siehe Abschnitt 2.2.2). Bei drei Distraktor-Wiederholungen gibt es damit auch im Target-Kanal eine höhere Ähnlichkeit zwischen dem aktuellen Prime und der vorangehenden Präsentation, so dass nicht nur die Prime-Distraktoren, sondern auch die Prime-Targets besser in den vorangehenden Kontext integriert werden können. Damit ist davon auszugehen, dass die MMN in der Bedingung mit einer Distraktor-Wiederholung von der geringeren Ähnlichkeit des aktuellen Primes (im Vergleich zu drei Distraktor-Wiederholungen) sowohl beim Distraktor-Reiz als auch beim Target-Reiz verursacht wird. Die Wiederholung des Distraktors wurde systematisch in allen Durchgängen manipuliert. Die Target-Wiederholung konnte dagegen lediglich in einigen Fällen zufällig auftreten. Daher erscheint es plausibel, dass die MMN hauptsächlich von der Distraktor-Wiederholung abhängt, und die Target-Wiederholung einen kleineren Beitrag zur Ausbildung der MMN leistet.

Die Positivierung des EKPs nach drei Distraktor-Wiederholungen im Zeitbereich von 430 bis 580 ms entspricht den typischerweise berichteten Wiederholungseffekten (Rugg, 1990). Die wiederholten Distraktoren lösen einen vergleichbaren Effekt aus, wie Stimuli, die in einem impliziten Gedächtnistest wiederholt werden. Dieser Effekt belegt die Verarbeitung der wiederholten Distraktoren und die Speicherung dieser Reize im Gedächtnis. Der stärker negative Verlauf des EKPs für eine Distraktor-Wiederholung im Zeitbereich von 430 bis 580 ms kann als ein N400-Effekt interpretiert werden. Dieser Effekt wird durch die Schwierigkeit der Integration eines Stimulus in den bestehenden Kontext interpretiert. Bei drei Distraktor-Wiederholungen ist der aktuelle Distraktor identisch zu den zwei zuvor präsentierten Distraktoren. Damit ist die Integration des aktuellen Distraktors in den bestehenden Kontext leicht. Bei einer Distraktor-Wiederholung unterscheidet sich der aktuelle Distraktor von dem zuvor präsentierten Distraktor. Damit ist die Integration in den bestehenden Kontext erschwert und schlägt sich in einer verstärkten N400 nieder. Für die Integrationsannahme spricht, dass der beschriebene Effekt im Zeitbereich des frühen LPC, jedoch nicht im Zeitbereich des späten LPC festgestellt werden konnte. Dieses spiegelt den typischerweise berichteten zeitlichen Verlauf der N400 wieder (siehe Abschnitt 4.1.2.3). Damit kann das EKP-Korrelat für die Reaktionsbeschleunigung im

Prime bei drei Distraktor-Wiederholungen als eine erleichterte Integration des aktuellen Distraktors in den bestehenden Kontext interpretiert werden⁶.

4.4.2 Probe-EKPs

Bei der konventionellen 2x2x3x3-Analyse der Probe-EKPs konnte eine Interaktion der Faktoren Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung für die N1-Komponente festgestellt werden. Dabei war die Amplitude der N1 in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung nach drei Distraktor-Wiederholungen im Vergleich zur Kontrollbedingung reduziert. Dieser Effekt trat nicht nach einer Distraktor-Wiederholung auf. Eine zusätzliche Analyse konnte zeigen, dass sich die „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung mit einer Distraktor-Wiederholung und die beiden Kontrollbedingungen nicht von einander unterscheiden. Diese drei Bedingungen wurden zusammengefasst und gegen die „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung mit drei Distraktor-Wiederholungen getestet. Dabei zeigte sich ein signifikanter Unterschied. Für die FN-Komponente konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen gefunden werden. Bei der frühen LPC-Komponente zeigte sich eine Negativierung des EKPs nach drei Distraktor-Wiederholungen im Vergleich zu einer Distraktor-Wiederholung. Diese wies eine zentrale Lokalisierung auf. Zusätzlich wurde für die frühe LPC-Komponente eine Negativierung des EKPs in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung im Vergleich zur Kontrollbedingung gefunden. Dieser Effekt dehnte sich auf die späte LPC-Komponente aus und wies eine zentro-parietale Topografie auf.

Die Reduktion der N1-Amplitude nach drei Distraktor-Wiederholungen in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung im Vergleich zur Kontrollbedingung lässt sich auf zwei Weisen interpretieren. Zum einen kann der Befund durch die reduzierte Aufmerksamkeit für ein Probe-Target erklärt werden, wenn dieses in den vorangegangenen Primes mehrfach ignoriert wurde. In diesem Fall wäre der gefundene Effekt vergleichbar mit der berichteten N1-Reduktion für unbeachtete Stimuli und für inva-

⁶ Wie bereits im vorherigen Absatz diskutiert, könnte auch hier die Wahrscheinlichkeit der Wiederholung des Prime-Targets im Vorlauf des Primes einen Einfluss auf die N400 haben. Da diese bei einer Distraktor-Wiederholung geringer ist als bei drei Distraktor-Wiederholungen, reflektiert die N400 bei einer Distraktor-Wiederholung ebenfalls die schwierigere Integration des aktuellen Targets in den zuvor aufgebauten Kontext.

lide Versuchsdurchgänge im Posner-Paradigma. Die N1-Reduktion wäre in diesem Fall ein Korrelat für die Schwierigkeit der Aufmerksamkeitszuwendung auf zuvor ignorierte Stimuli und würde die erschwerte Verarbeitung der Reizmerkmale des Probe-Targets reflektieren. Andererseits könnte die N1-Reduktion ebenfalls als ein Wiederholungseffekt interpretiert werden, der durch eine Habituation für den wiederholten Prime-Distraktor zustande kommt. In diesem Fall wäre die Orientierungsreaktion vermindert, wenn der ignorierte Stimulus im Probe beachtet werden soll. Beide Erklärungen der N1-Reduktion hätten zur Folge, dass die frühen Aufmerksamkeitsprozesse bei der Präsentation des Probe-Targets beeinträchtigt sind, und damit die für die Reizverarbeitung des Probe-Targets aufgewendeten Aufmerksamkeitsressourcen bei drei Distraktor-Wiederholungen im Vergleich zu einer Distraktor-Wiederholung reduziert sind. Diese Prozesse können auch im Sinne einer Inhibition in der frühen Reizverarbeitung interpretiert werden. Die Reduktion der N1 in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung nach drei Distraktor-Wiederholungen entspricht dem Effekt, der sich bei der N1 in invaliden Durchgängen im Posner-Paradigma zeigt. Die im Posner-Paradigma beobachteten Kosteneffekte in invaliden Durchgängen lassen sich durch eine Inhibition der zuvor nicht beachteten Position interpretieren (Hughes & Zimba, 1985, 1987). Damit wäre die N1-Reduktion in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung nach drei Distraktor-Wiederholungen mit einer stärkeren Inhibition des Distraktors im Probe als in den anderen drei Versuchsbedingungen vereinbar. Diese Erhöhung der Inhibition könnte den Anstieg des Negativen Priming-Effekts nach drei Distraktor-Wiederholungen erklären und wäre mit den Annahmen des Distraktorinhibitionsmodells konsistent.

Im Zeitbereich von 430 bis 730 ms konnte für die „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung eine Negativierung des EKPs im Vergleich zur Kontrollbedingung gefunden werden. Diese wies eine zentro-parietale Topografie auf. Damit konnten die von Mayr et al. (2003; in press) in einer Kategorisierungsaufgabe gefundenen EKP-Korrelate des Negativen Primings in der durchgeführten Identifikationsaufgabe repliziert werden. Die parietale Negativierung der P3 als EKP-Korrelat des Negativen Primings ist somit auf unterschiedliche Paradigmen generalisierbar und nicht aufgabenspezifisch. Die gefundene Modulation der P3-Amplitude durch Negatives Priming ist mit einer Erklärung durch Gedächtnisprozesse vereinbar und damit mit dem Episodic Retrieval-Modell konsistent. Dagegen konnte keine Modulation der FN-Komponente in Verbindung mit Negativem Priming gefunden werden, die ein

Korrelat von Inhibitionsprozessen darstellen würde. Die EKP-Daten im Bereich der FN-Komponente sind damit mit den Vorhersagen des Distraktorinhibitionsmodells nicht konsistent. Dagegen kann dieses Modell die Modulation der Amplitude im Bereich der N1 für die „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung nach drei Distraktor-Wiederholungen erklären.

Ebenfalls konnte keine Interaktion der Faktoren Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung bei der Analyse der frühen und der späten LPC-Komponente gefunden werden. Das neuronale Korrelat des Negativen Primings wird demnach nicht durch die Manipulation der Anzahl vorheriger Distraktor-Wiederholungen moduliert. Das Datenmuster der EKPs im Bereich der P3 geht somit nicht mit der Modulation der Negativen Priming-Effekte durch die Anzahl der Distraktor-Wiederholungen in den Verhaltensdaten einher. Damit ist das neuronale Korrelat für den erhöhten Negativen Priming-Effekt nach mehrfachen Distraktor-Wiederholungen nicht notwendigerweise im Bereich der P3 zu suchen. Die größeren Negativen Priming-Effekte nach drei Distraktor-Wiederholungen könnten dagegen mit neuronalen Prozessen, die im Bereich der N1 reflektiert werden, korrelieren und damit durch frühe Inhibitionsprozesse in der Reizverarbeitung verursacht sein. Diese Modulation der N1 in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung mit drei Distraktor-Wiederholungen könnte sich auf den späteren Verlauf des EKPs auswirken, so dass deshalb keine weitere Interaktion der Faktoren Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung in der späten P3-Komponente gefunden werden konnte.

Weiterhin konnte ein Haupteffekt des Faktors Distraktor-Wiederholung im Zeitbereich der späten LPC-Komponente gefunden werden. Dabei zeigt sich eine Positivierung des EKPs nach drei Distraktor-Wiederholungen im Vergleich zu einer Distraktor-Wiederholung. Da dieser Effekt in einem späten, jedoch nicht in einem früheren Abschnitt der P3 gefunden werden konnte, spricht dieses für das Korrelat eines Vertrautheitseffekts, welches durch die Präsentation des zuvor mehrfach als Prime-Distraktor wiederholten Probe-Targets ausgelöst wird⁷.

⁷ Wie bereits im Abschnitt 4.2.2 diskutiert, könnte auch hier die Wahrscheinlichkeit der Wiederholung des Probe-Targets in den, dem Probe vorausgehenden, Präsentationen eine Rolle spielen und den Vertrautheitseffekt verstärken.

4.4.3 Schlussfolgerungen

In Experiment 3 konnte der in Experiment 1 und 2 in den Verhaltensdaten gefundene Anstieg des Negativen Priming-Effekts nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung repliziert werden. Dieser Befund kann nicht plausibel vom Temporal Discrimination-Modell erklärt werden, ist dagegen mit dem Episodic Retrieval-Modell und dem Distraktoringhibitionsmodell konsistent.

Bei der Analyse der EKPs konnten die von Mayr et al. (2003) gefundenen Korrelate des Negativen Primings repliziert werden. Die für Negatives Priming spezifische Negativierung im Bereich der P3 wird vom Episodic Retrieval-Modell vorhergesagt. Dagegen konnten im Bereich der FN-Komponente keine Effekte gefunden werden, die für eine Distraktoringhibition sprechen würden. Im Bereich der P3 konnten keine Korrelate für die Erhöhung des Negativen Priming-Effekts nach drei Distraktor-Wiederholungen gefunden werden. Diese ließen sich jedoch im Bereich der N1 feststellen. Damit könnte die Erhöhung des Negativen Priming-Effekts nach drei Distraktor-Wiederholungen durch frühe Inhibitionsprozesse in der Reizverarbeitung verursacht sein. Diese Modulation der N1-Amplitude korreliert damit mit dem Anstieg des Negativen Priming-Effekts nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung. Der Anstieg des Effekts kann durch eine höhere verbliebene Inhibition des Distraktors während der Präsentation des Probes erklärt werden, wenn dieser Reiz zuvor mehrfach ignoriert wurde (im Vergleich zum einfachen Ignorieren). Damit kann das Korrelat des Anstiegs des Negativen Priming-Effekts im Bereich der N1 vom Distraktoringhibitionsmodell, jedoch nicht vom Episodic Retrieval-Modell erklärt werden.

Die in Experiment 1 – 3 berichteten Daten lassen sich zum größten Teil mit dem Episodic Retrieval-Modell in Verbindung bringen. Dagegen sind die Daten der drei Experimente nicht mit dem Temporal Discrimination-Modell vereinbar. Das Distraktoringhibitionsmodell ist konsistent mit den Verhaltensdaten der drei Experimente, und kann zusätzlich die in Experiment 3 gefundene Modulation der N1-Komponente erklären. In dem folgenden Kapitel soll eine Erweiterung des ursprünglichen Episodic Retrieval-Modells vorgestellt und Anhand der Daten von Experiment 1 – 3 geprüft werden.

5 Abruf der Prime-Reaktion

Die Verhaltenseffekte aus Experiment 1 – 3 kombiniert mit den EKP-Daten aus Experiment 3 lassen sich am besten mit den Vorhersagen des Episodic Retrieval-Modells vereinbaren. Das ursprüngliche Episodic Retrieval-Modell (Neill & Valdes, 1992; Neill et al., 1992) nimmt an, dass während des Probes ein „Nicht reagieren“-Attribut abgerufen wird, das mit dem Prime-Distraktor assoziiert wurde. Dieses Attribut ist in Konflikt mit der aktuell erforderlichen Reaktion auf das Probe-Target und führt so zu einem Negativen Priming-Effekt. In den folgenden Abschnitten soll eine Modifikation dieses Modells vorgestellt und experimentell geprüft werden.

5.1 Einleitung

Eine mögliche Erweiterung des ursprünglichen Episodic Retrieval-Modells wurde von Mayr und Buchner (2006) vorgeschlagen. Dabei gehen die Autoren davon aus, dass der Negative Priming-Effekt neben der ursprünglichen Erklärung durch den Abruf eines „Nicht reagieren“-Attributs auch durch den Abruf der zuvor ausgeführten Prime-Reaktion verursacht sein könnte. Dieses als *Probe-bedingter Abruf der Prime-Reaktion* bezeichnete Modell (PRR-Modell für *Prime Response Retrieval*) geht davon aus, dass ein im Prime ignoriertes Objekt als Abrufhinweis für die gesamte Prime-Episode dienen kann, wenn es im Probe als ein zu beachtendes Objekt präsentiert wird. Neben der im Prime präsentierten Reizkonfiguration wird dabei auch die auf den Prime ausgeführte Reaktion abgerufen. Die abgerufene Reaktion steht in Konflikt zu der aktuell erforderlichen Reaktion. Die Lösung dieses Konflikts benötigt Zeit und verursacht so den Negativen Priming-Effekt.

Sowohl das ursprüngliche Episodic Retrieval-Modell als auch das PRR-Modell sagen den Negativen Priming-Effekt für die Reaktionszeiten vorher und lassen sich hierbei nicht differenzieren. Die Modelle können jedoch gegen einander getestet werden, wenn spezifische Fehlerhäufigkeiten für die Probe-Durchgänge analysiert werden. Dafür ist eine 4-Tasten-Identifikationsaufgabe (wie die in Experiment 1 – 3 verwendete) notwendig. Falls die Annahmen des PRR-Modells zutreffen, so sollte sich bei der Analyse spezifischer Probe-Fehlerhäufigkeiten eine höhere Anzahl von Fehlern durch eine Reaktion mit der zum Prime-Target zugeordneten Taste in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen im Vergleich zu Kontrolldurchgängen finden lassen. Be-

trachtet man das Beispiel in Abbildung 3 (Abschnitt 1.2.3), so sollten die Probanden in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen häufiger einen Fehler durch das Drücken der Frosch-Taste begehen, als in den entsprechenden Kontrolldurchgängen. Dieser Unterschied wird nicht vom ursprünglichen Episodic Retrieval-Modell vorhergesagt. Damit kann ein klarer Test zwischen dem ursprünglichen Episodic Retrieval-Modell und dem PRR-Modell vorgenommen werden.

Für einen solchen Test ist eine Multinomiale Modellierung der Fehlerhäufigkeiten besonders geeignet. Dieses nonparametrische Verfahren bietet die Vorteile, dass es keine Normalverteilungsannahme macht, die bei Fehlerhäufigkeiten oft verletzt wird, und dass es bei kleinen Fehlerzahlen auch als ein Verfahren für die Auswertung von Nominaldaten auf Gruppenebene in Frage kommt. Es ist jedoch zu beachten, dass bei der Auswertung von Nominaldaten auf Gruppenebene die Unabhängigkeitsannahme verletzt wird. Die Modellierung der Fehlertypen im Rahmen eines Multinomialen Modells hat weiterhin den Vorteil, dass sie die jeweils zu vergleichenden Fehlerwahrscheinlichkeiten explizit darstellt, und eine statistische Prüfung der inhaltlichen Hypothese auf dieser Ebene erlaubt (Hu & Batchelder, 1994). In dem folgenden Abschnitt (5.2) werden die mathematischen Grundlagen Multinomialer Modelle und der Hypothesentestung in diesen Modellen vorgestellt. In dem anschließenden Abschnitt (5.3) wird ein Multinomialer Modell für die Analyse des Probe-bedingten Abrufs der Prime-Reaktion vorgestellt.

5.2 Grundlagen Multinomialer Modelle

Im Allgemeinen nehmen Multinomiale Modelle (Hu & Batchelder, 1994; Riefer & Batchelder, 1988) eine serielle Natur kognitiver Prozesse an. Diese Prozesse werden im Rahmen eines Baumdiagramms repräsentiert (für ein Beispiel siehe Abbildung 20), und die bedingten Wahrscheinlichkeiten für den Übergang aus einer Stufe in eine andere durch Parameter dargestellt. Dabei sind Multinomiale Modelle jedoch nicht als Ablaufdiagramme zu interpretieren, da die angenommenen Prozesse nicht notwendigerweise in der abgebildeten Reihenfolge ablaufen müssen. Jeder Ast des multinomialen Prozessbaums endet mit einer Verhaltenskategorie. Multinomiale Modelle definieren die Wahrscheinlichkeiten aller sich gegenseitig ausschließenden Verhaltenskategorien C_j ($j = 1, \dots, J$), die in einem Experiment beobachtet werden können, als eine Funktion des psychologisch interpretierbaren Parameters θ_s :

$$p(C_j) = f(\theta_s), \text{ mit } 0 < \theta_s < 1^8. \quad (1)$$

Der Parameter θ_s ($s = 1, \dots, S$) bezieht sich auf die funktional unabhängigen Modellparameter, die als die Wahrscheinlichkeiten verschiedener kognitiver Ereignisse angenommen werden. Es wird angenommen, dass

$$p(C_j) = p_j = \sum_{i=1}^I P(C_j|T_i)P(T_i) = \sum_{i=1}^I a_{ij}b_i, \quad (2)$$

wobei a_{ij} der bedingten Wahrscheinlichkeit des Verhaltens C_j gegeben den kognitiven Zustand T_i entspricht und b_i der unbedingten Wahrscheinlichkeit des kognitiven Zustands T_i entspricht. Aus den Gleichungen 1 und 2 ergibt sich, dass jedes a_{ij} und jedes b_i durch eine Menge der Parameter θ_s determiniert werden. Ist die Zahl der Parameter kleiner als die Zahl bekannter Datenwahrscheinlichkeiten ($S < J$), können Schätzer für jeden Parameter berechnet werden.

Wie beschrieben, können die Daten eines Experiments in eine Anzahl beobachtbarer Verhaltenskategorien C_j klassifiziert werden. Es kann angenommen werden, dass es in C_j insgesamt N_j beobachtete Daten gibt, und der Datenvektor der Beobachtungen für das Multinomiale Modell definiert werden kann als $\mathbf{D} = (N_1, \dots, N_j, \dots, N_J)$. Es wird angenommen, dass die beobachteten Daten unabhängig und identisch verteilt sind, so dass eine Beobachtung mit der Wahrscheinlichkeit p_j in die Kategorie C_j fällt. Daraus ergibt sich für das allgemeine Multinomiale Modell folgende Verteilung für \mathbf{D} :

$$P(\mathbf{D}; p_1, \dots, p_J) = N! \prod_{j=1}^J \frac{p_j^{N_j}}{N_j!}, \quad (3)$$

wobei $N = \sum_{j=1}^J N_j$.

Der Parameterraum für dieses allgemeine Multinomiale Modell kann betrachtet werden als:

$$\Gamma_J = \left\{ \mathbf{p} = (p_1, \dots, p_J) \mid 0 \leq p_j \leq 1, \sum_{j=1}^J p_j = 1 \right\}. \quad (4)$$

⁸ Die hier dargestellten mathematischen Grundlagen Multinomialer Modelle sind der Arbeit von Riefer und Batchelder (1988) entnommen.

Es können verschiedene substanzielle Modelle als Einschränkungen des allgemeinen Modells formuliert werden. Ein substanzielles Modell weist den Parameterwert θ_s einem kognitiven Ereignis zu, der die Wahrscheinlichkeit des Auftretens des Ereignisses repräsentiert. Jedes θ_s ($1 \leq S \leq J$) liegt in einem Intervall reeller Zahlen I_s , wie $[0,1]$. Damit ergibt sich für den Parameterraum des eingeschränkten Modells:

$$\Omega = \{ \theta = (\theta_1, \dots, \theta_s, \dots, \theta_S) \mid \theta_s \in I_s, s = 1, \dots, S \}. \quad (5)$$

Wird der Parameterraum des substanziellen Modells in dieser Form definiert, muss eine Anzahl von Modellgleichungen spezifiziert werden, welche die Ereignisse in den Daten als eine Funktion der Modellparameter ausdrücken. Dafür kann eine Überföhrungsfunktion \mathbf{p} von Ω nach Γ_J bestimmt werden. Die Funktion $\mathbf{p}: \Omega \rightarrow \Gamma_J$ spezifiziert, wie die Wahrscheinlichkeiten p_j der beobachteten Ereignisse durch die zugrunde liegenden kognitiven Prozesse determiniert werden. Damit ist $\mathbf{p}(\theta) = (p_1(\theta), \dots, p_J(\theta))$ für jedes θ in Ω . Gegeben, dass \mathbf{p} im Intervall

$$\Omega^* = \{ \mathbf{p}(\theta) \mid \theta \in \Omega \} \quad (6)$$

liegt, ist Ω^* eine Untermenge von Γ_J . Ein substanzielles Modell kann als global identifizierbar angenommen werden, wenn \mathbf{p} eine eins-zu-eins Funktion von Ω nach Ω^* ist (damit beinhaltet die Funktion, dass $\theta \neq \theta'$, so dass ebenfalls $\mathbf{p}(\theta) \neq \mathbf{p}(\theta')$ gilt).

Sobald die Ereignisse in den Daten und ein substazielles Modell identifiziert werden konnten, kann aus den empirischen Daten eine Schätzung der Modellparameter erfolgen. Diese Parameter werden mit Hilfe der Maximum Likelihood Methode und mit Hilfe des Schätzers $\hat{\theta}$ bestimmt. Wurden die Parameter des Modells geschätzt, so kann im nächsten Schritt getestet werden, ob das Multinomiale Modell auf die Daten passt. Das allgemeine Modell passt dabei immer auf die Daten, da es keine Einschränkungen im Hinblick auf die wahren \mathbf{p} und Γ_J vornimmt. Der Maximum Likelihood Schätzer $\hat{\theta}$ ist der Bestandteil von Ω , welcher die „Distanz“ zwischen dem Maximum Likelihood Schätzer $\hat{\mathbf{p}}$ des allgemeinen Modells und der angepassten Wahrscheinlichkeitsverteilung $\mathbf{p}(\theta)$ minimiert und wird gegeben durch:

$$G^2 = [\hat{\mathbf{p}}, \mathbf{p}(\theta)] = 2 \sum_{j=1}^J N_j \log [N_j / N_{p_j}(\theta)]. \quad (7)$$

Wenn das gegebene Modell wahr ist, besitzt $G^2[\hat{\mathbf{p}}, \mathbf{p}(\theta)]$ eine asymptotische chi-quadrat Verteilung mit $J - S - 1$ Freiheitsgraden. Damit kann bei einer ausreichend hohen Anzahl von N die Hypothese, dass das Model auf die Daten passt, getestet werden, indem G^2 berechnet wird und einen ausreichend kleinen Wert erreicht.

In einem letzten Schritt können nun Hypothesen über die Werte einzelner Modellparameter getestet werden. Diese stellen eine Einschränkung des Parameterraums Ω dar. Zwei häufig benutzte Einschränkungen sind zum einen die Gleichsetzung von Parametern und zum anderen die Zuweisung von konstanten Werten zu einzelnen Parametern. Wird eine solche Einschränkung im Hinblick auf ein substanzielles Modell M_1 mit dem Parameterraum Ω_1 gemacht, so führt dieses zu einer eingeschränkten Version M_2 von M_1 . Das eingeschränkte Modell besitzt nun den neuen Parameterraum Ω_2 , der eine Untermenge von Ω_1 darstellt. Nun muss mit Hilfe folgender Statistik die Hypothese geprüft werden, ob θ im eingeschränkten Parameterraum Ω_2 liegt:

$$G^2 = [\hat{\mathbf{p}}, \mathbf{p}(\hat{\theta})] - G^2[\hat{\mathbf{p}}, \mathbf{p}(\hat{\hat{\theta}})], \quad (8)$$

wobei $\hat{\theta}$ den Vektor der Maximum Likelihood Schätzer in Ω_1 für das Modell M_1 darstellt, und $\hat{\hat{\theta}}$ den neuen Vektor der Maximum Likelihood Schätzer für das eingeschränkte Modell M_2 darstellt. Im folgenden Abschnitt wird genauer auf ein Multinomiales Modell für die Abbildung der kognitiven Prozesse in dem in Experiment 1 – 3 verwendeten Negativen Priming-Paradigma eingegangen.

5.3 Modellierung des Abrufs der Prime-Reaktion

In Abbildung 20 ist ein Multinomiales Modell dargestellt, in dem alle möglichen Reaktionskategorien in den Probes für die „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung (oberer Teil der Abbildung) und für die Kontrollbedingung (unterer Teil der Abbildung) sowie die, den Reaktionen zu Grunde liegenden, kognitiven Verarbeitungsstufen für die, in Experiment 1 – 3 verwendete, 4-fach-Identifikationsaufgabe repräsentiert werden. Dabei kann das Auftreten von richtigen Reaktionen oder Fehlern als ein dreistufiger Entscheidungsprozess dargestellt werden.

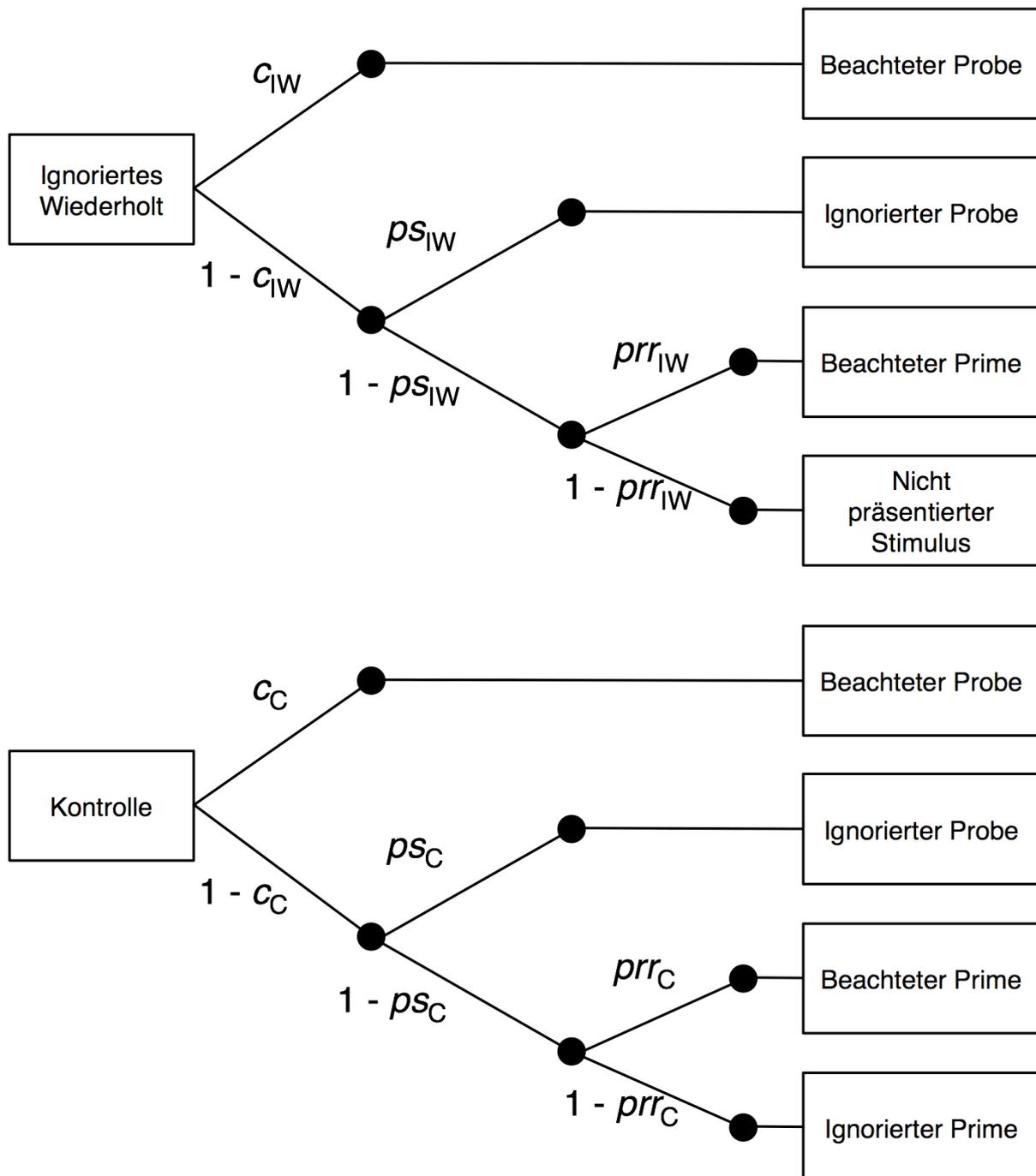


Abbildung 20: Dargestellt sind die Prozessbäume des Multinomialen Modells für die Analyse der Probe-Reaktionen in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung (oben) und der Kontrollbedingung (unten). Details sind aus dem Text zu entnehmen.

In den meisten Fällen identifizieren die Probanden das Probe-Target korrekt, und reagieren, ohne einen Fehler zu begehen. Diese Reaktionskategorie wird durch den obersten Ast der beiden Verarbeitungsbäume repräsentiert und tritt mit der Wahrscheinlichkeit c auf. Mit der Wahrscheinlichkeit $1 - c$ tritt bei der Probe-Reaktion da-

gegen ein Fehler auf. Da die Selektion des Probe-Targets gegen einen Probe-Distraktor schwierig ist, kann angenommen werden, dass wenn bei der Probe-Reaktion ein Fehler auftritt, es sich zumeist um eine Konfusion des Probe-Targets mit dem Probe-Distraktor handeln wird. Diese Konfusion tritt mit der bedingten Wahrscheinlichkeit ps auf und führt zu einem Fehler mit der dem ignorierten Probe-Stimulus zugeordneten Reaktionstaste. Wenn bei dem Zustandekommen eines Fehlers die Reaktion nicht durch die Konfusion des Probe-Targets und des Probe-Distraktors dominiert wird (mit der Wahrscheinlichkeit $1 - ps$), kann mit der bedingten Wahrscheinlichkeit prr ein Abruf der Prime-Reaktion auftreten und zu einem Probe-Fehler durch das Drücken der dem Prime-Target zugeordneten Taste führen. Die Wahrscheinlichkeiten der drei beschriebenen Fehlertypen lassen sich mit folgenden Formeln für die „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung (Formeln 9 – 12) und die Kontrollbedingung (Formeln 12 – 14) berechnen:

$$p_{iw}(\text{korrekte Probe-Reaktion}) = c_{iw} \quad (9)$$

$$p_{iw}(\text{Fehler mit dem ignorierten Probe}) = (1 - c_{iw}) \cdot ps_{iw} \quad (10)$$

$$p_{iw}(\text{Fehler mit dem beachteten Prime}) = (1 - c_{iw}) \cdot (1 - ps_{iw}) \cdot prr_{iw} \quad (11)$$

$$p_c(\text{korrekte Probe-Reaktion}) = c_c \quad (12)$$

$$p_c(\text{Fehler mit dem ignorierten Probe}) = (1 - c_c) \cdot ps_c \quad (13)$$

$$p_c(\text{Fehler mit dem beachteten Prime}) = (1 - c_c) \cdot (1 - ps_c) \cdot prr_c \quad (14)$$

Durch Überführung der Gleichungen ineinander ergibt sich für den Parameter prr_{iw} die Schätzung (Formel 15):

$$prr_{iw} = \frac{p_{iw}(\text{Fehler mit dem beachteten Prime})}{[1 - p_{iw}(\text{korrekte Probe - Reaktion})] \cdot \left[1 - \frac{p_{iw}(\text{Fehler mit dem ignorierten Prime})}{(1 - p_{iw}(\text{korrekte Probe - Reaktion}))} \right]}$$

und für den Parameter prr_c die Schätzung (Formel 16):

$$prr_c = \frac{p_c(\text{Fehler mit dem beachteten Prime})}{[1 - p_c(\text{korrekte Probe - Reaktion})] \cdot \left[1 - \frac{p_c(\text{Fehler mit dem ignorierten Prime})}{(1 - p_c(\text{korrekte Probe - Reaktion}))} \right]}$$

Anhand dieser beiden Modellparameter kann ein kritischer Test des PRR-Modells und des ursprünglichen Episodic Retrieval-Modells vorgenommen werden. Nach den Annahmen des PRR-Modells sollten die Probanden in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung mehr Fehler durch das erneute Ausführen der Prime-Reaktion im Probe begehen. Im Rahmen des Multinomialen Modells sollte damit der Modellparameter prr_{IW} größer sein als der Parameter prr_C . Dagegen wird dieser Unterschied nicht vom ursprünglichen Episodic Retrieval-Modell vorhergesagt, so dass das ursprünglichen Modell $prr_{IW} = prr_C$ annimmt. Im folgenden Abschnitt (5.3) wird genauer auf die bisher berichteten Prüfungen des PRR-Modells eingegangen.

5.4 Bisherige Evidenzen

Das PRR-Modell wurde gegen das ursprüngliche Episodic Retrieval-Modell in einer Studie von Mayr und Buchner (2006, Experiment 2 und 3) in der beschriebenen 4-fach-Identifikationsaufgabe für die visuelle und die auditorische Modalität geprüft. Dabei konnte das PRR-Modell bestätigt werden, da für beide Modalitäten der Parameter prr_{IW} größer war als der Parameter prr_C . Bei der Modellanpassung musste die vom ursprünglichen Episodic Retrieval-Modell gemachte Annahme $prr_{IW} = prr_C$ dagegen abgelehnt werden. Daneben zeigte sich ebenfalls, dass die Wahrscheinlichkeit für den Abruf der Prime-Reaktion in der auditorischen Modalität höher war als in der visuellen. Die Autoren argumentieren, dass der Abruf der Prime-Reaktion nicht notwendigerweise als eine ausschließliche Erklärung des Negativen Priming-Effekts betrachtet werden muss. Vielmehr kann das PRR-Modell als eine zusätzliche Komponente des ursprünglichen Episodic Retrieval-Modells aufgefasst werden. Es könnte sein, dass während des Probes getriggert durch das Probe-Target ein Abruf der Prime-Reaktion, jedoch auch anderer Prime-Informationen, stattfindet (wie beispielsweise eines „Nicht reagieren“-Attributs). Somit könnte sich in den experimentellen Daten der Abruf der Prime-Reaktion hauptsächlich in den Fehlern niederschlagen, die nicht reaktionsbezogenen Informationen dagegen zu einer Verlängerung der Reaktionszeit in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen führen.

Ein dem PRR-Modell sehr ähnliches Konzept wurde von Rothermund, Wentura und De Houwer (2005) vorgestellt⁹. Die Autoren prüften das von Ihnen vorgeschlagene Modell in einer Reihe von Experimenten, die einen Aufgabenwechsel zwischen Prime und Probe beinhalteten. Dieses erlaubte eine orthogonale Manipulation der Priming-Bedingung und der Kompatibilität der Reaktion von Prime nach Probe. Im ersten Experiment beispielsweise sollte im Prime die Farbe eines Wortes (gelb oder grün) kategorisiert werden. Im Probe sollten die Probanden dagegen die grammatikalische Kategorie des Wortes (Adjektiv oder Nomen) bestimmen. Beide Angaben sollten durch das Drücken einer Taste (links oder rechts) vorgenommen werden. Eine Reaktionswiederholung zwischen Prime und Probe fand statt, wenn für die Kategorisierung der Farbe und der Grammatik die gleiche Taste gedrückt werden musste. Ein Reaktionswechsel fand statt, wenn sich die Tasten zwischen Prime und Probe unterschieden. Daneben wurden „Ignoriertes wiederholt“-Durchgänge mit Kontrolldurchgängen verglichen. Ein Negativer Priming-Effekt zeigte sich beim Reaktionswechsel. In diesem Fall interferierte die abgerufene Prime-Reaktion mit der aktuell erforderlichen Probe-Reaktion. Dagegen konnte ein Positiver Priming-Effekt festgestellt werden, wenn es eine Reaktionswiederholung zwischen Prime und Probe gab. Dieser Befund konnte in weiteren von den Autoren berichteten Experimenten repliziert werden. Da das hier beschriebene Modell und das PRR-Modell von den gleichen grundlegenden Annahmen ausgehen, können die Ergebnisse der Studie von Rothermund et al. (2005) als bestätigende Evidenz für das PRR-Modell betrachtet werden. In dem folgenden Abschnitt soll auf die Prüfung des PRR-Modells anhand der Daten aus Experiment 1 – 3 eingegangen werden.

5.5 Experimentelle Prüfung

Die Fehlerdaten aus den durchgeführten Experimenten 1 - 3 können verwendet werden, um zu prüfen, ob die von Mayr und Buchner (2006) berichteten Ergebnisse repliziert werden können. Zusätzlich erlauben diese Daten jedoch auch einen Test des Temporal Discrimination-Modells, welches das Auftreten des Probe-bedingten Ab-

⁹ Dieses als Stimulus-Response-Retrieval-Modell bezeichnete Konzept erklärt den Negativen Priming-Effekt ebenfalls durch einen automatischen Abruf der mit dem Prime-Target assoziierten Reaktion in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen.

rufs der Prime Reaktion nicht vorhersagt. Falls der Parameter prr_{IW} größer ist als der Parameter prr_C , würde dieses eine weitere Evidenz gegen das Temporal Discrimination-Modell bedeuten. Die absoluten Häufigkeiten der verschiedenen Antworttypen in den Probes sind für Experiment 1 – 3 abhängig von der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen in Tabelle B im Anhang dargestellt.

Diese Antworthäufigkeiten wurden mit Hilfe des in Abbildung 20 dargestellten Multinomialen Modells analysiert. Die Anzahl der in diesem Modell zu unterscheidenden Parameter entspricht der Anzahl der unabhängigen Wahrscheinlichkeitskategorien, die an das Modell angepasst werden sollen. Damit hat der Test für die Modellanpassung Null Freiheitsgrade und das Modell passt perfekt auf die in Experiment 1 – 3 erhobenen Häufigkeitsdaten.

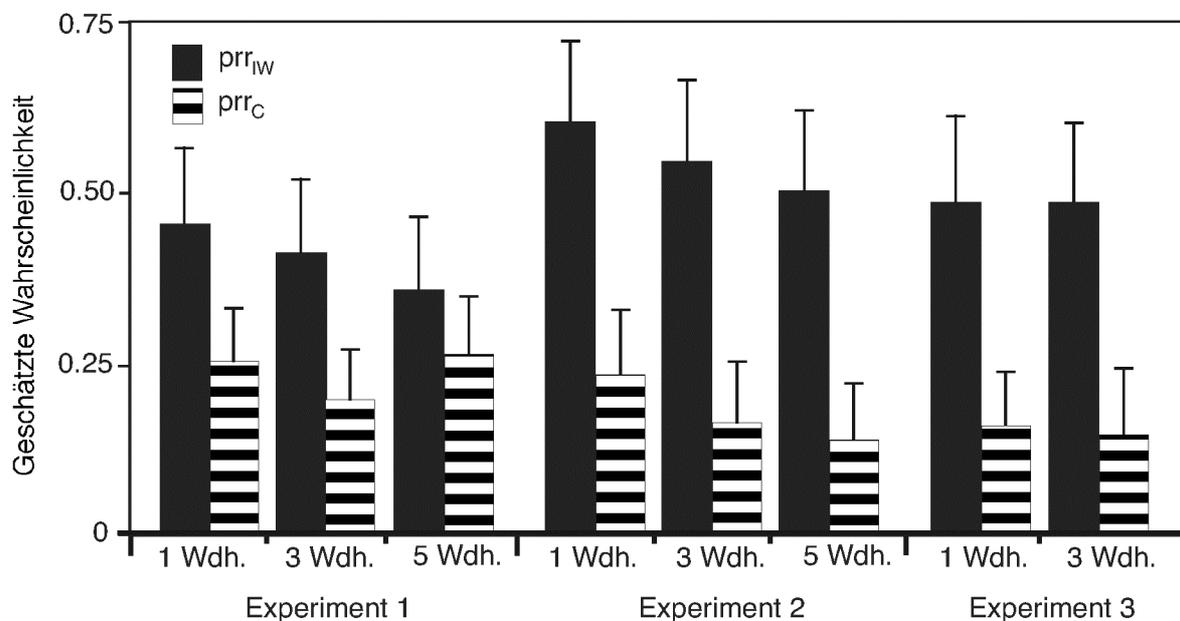


Abbildung 21: Dargestellt sind die geschätzten Wahrscheinlichkeiten für die Modellparameter prr_{IW} und prr_C , welche die Abrufwahrscheinlichkeit der Prime-Reaktion repräsentieren. Die Darstellung erfolgt dabei in Abhängigkeit vom Experiment und der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen. Die Fehlerbalken bilden die .95-Konfidenzintervalle ab.

Die Parameterschätzungen für die kritischen Fehlertypen (prr_{IW} und prr_C) sind für Experiment 1 – 3 abhängig von der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen in Abbildung 21 dargestellt. In allen drei Experimenten sind die Wahrscheinlichkeitsschätzungen für den Parameter prr_{IW} größer als die Wahrscheinlichkeitsschätzungen für den Parameter prr_C . Die Differenzen zwischen den beiden Parametern sind in Expe-

riment 2 und 3 größer als in Experiment 1. Um das PRR-Modell gegen das ursprünglichen Episodic Retrieval-Modell zu testen, wurde die Modellanpassung mit der Einschränkung $pr_{r_{IW}} = pr_{r_C}$ durchgeführt. Dieses eingeschränkte Modell wird von dem ursprünglichen Episodic Retrieval-Modell angenommen. Das eingeschränkte Modell passte in Experiment 1 bei einer Distraktor-Wiederholung, $G^2(1) = 9.29$, $p = .002$,¹⁰ und bei drei Distraktor-Wiederholungen, $G^2(1) = 11.11$, $p < .001$, nicht auf die erhobenen Fehlerdaten und musste verworfen werden. Das eingeschränkte Modell passte in Experiment 1 lediglich auf die Fehlerdaten bei fünf Distraktor-Wiederholungen, $G^2(1) = 1.84$, $p = .175$. Das eingeschränkte Modell passte in Experiment 2 weder bei einer Distraktor-Wiederholung, $G^2(1) = 21.56$, $p < .001$, noch bei drei Distraktor-Wiederholungen, $G^2(1) = 21.83$, $p < .001$, noch bei fünf Distraktor-Wiederholungen, $G^2(1) = 22.25$, $p < .001$, auf die erhobenen Fehlerdaten und musste verworfen werden. In Experiment 3 passte das Modell ebenfalls weder bei einer Distraktor-Wiederholung, $G^2(1) = 18.62$, $p < .001$, noch bei drei Distraktor-Wiederholungen, $G^2(1) = 20.30$, $p < .001$, auf die erhobenen Fehlerdaten.

Um Unterschiede zwischen der Wahrscheinlichkeit des Abrufs der Prime-Reaktion abhängig von der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen zu testen, wurden alle Wiederholungs-Bedingungen eines Experiments in einem Multinomialen Modell zusammengefasst und das Modell unter der Annahme getestet, dass die Parameter $pr_{r_{IW}}$ für alle Wiederholungs-Bedingungen gleich sind. Das Multinomiale Modell passte unter dieser Annahme sowohl in Experiment 1, $G^2(1) = 1.49$, $p = .475$, als auch in Experiment 2, $G^2(1) = 1.62$, $p = .444$, und Experiment 3, $G^2(1) < 0.01$, $p = .960$, auf die Fehlerdaten. Damit konnten keine Unterschiede für die Parameter $pr_{r_{IW}}$ gezeigt werden, die mit der Manipulation der Anzahl von Distraktor-Wiederholungen zusammenhängen.

¹⁰ Die Modellanpassungstests wurden mit dem Programm *AppleTree* (Rothkegel, 1999) durchgeführt. Die Wahrscheinlichkeit der Statistik G^2 für die Modellanpassung ist asymptotisch chi-quadrat verteilt. Dabei werden die Freiheitsgrade in den Klammern angegeben (für Details siehe Hu & Batchelder, 1994).

5.6 Diskussion

In den Fehlerdaten von Experiment 1 – 3 konnte eine höhere Wahrscheinlichkeit für den Abruf der Prime-Reaktion in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen (prr_{IW}) als in Kontrolldurchgängen (prr_C) gezeigt werden. Dieses gilt für alle drei Experimente und alle Wiederholungs-Bedingungen, mit Ausnahme der Bedingung mit fünf Distraktor-Wiederholungen in Experiment 1. In dieser Bedingung lag ein deskriptiver Unterschied in der beschriebenen Richtung vor, der jedoch statistisch nicht signifikant wurde. Da hierbei ein zufälliger Effekt angenommen werden kann (da insgesamt acht Tests durchgeführt wurden, von den sieben signifikant waren) ist dieses für die Interpretation der Daten unerheblich.

Das Ergebnis der multinomialen Analyse ist konsistent mit den Annahmen des PRR-Modells, wird jedoch nicht vom ursprünglichen Episodic Retrieval-Modell vorhergesagt. Damit können die Ergebnisse der hier durchgeführten Analyse als eine Replikation der von Mayr und Buchner (2006) berichteten Ergebnisse und damit als eine Evidenz für das PRR-Modell betrachtet werden. Dagegen wird dieses Ergebnis weder vom ursprünglichen Episodic Retrieval-Modell noch vom Distraktorinhibitionsmodell vorhergesagt. Damit muss das PRR-Modell als eine notwendige Erweiterung der beiden Modelle angesehen werden, da sie alleine nicht in der Lage sind, die spezifischen Fehlerdaten von Experiment 1 – 3 zu erklären. Die berichteten Daten schließen die beiden Modelle jedoch nicht aus, da der Abruf der Prime-Reaktion *zusätzlich* zu den von den Modellen beschriebenen Mechanismen des Negativen Primings angenommen werden kann.

Dagegen sind die berichteten Daten nicht mit den Annahmen des Temporal Discrimination-Modells vereinbar, das als ein *ausschließliches* Konzept zum Episodic Retrieval-Modell und Distraktorinhibitionsmodell vorgeschlagen wurde. Das Temporal Discrimination-Modell spezifiziert keinen Mechanismus, der erklären könnte, weshalb der Abruf der Prime-Reaktion in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen wahrscheinlicher sein sollte als in Kontrolldurchgängen. Damit ist das Temporal Discrimination-Modell nicht mit den Ergebnissen der multinomialen Analyse der Fehlerdaten aus Experiment 1 – 3 konsistent und muss abgelehnt werden.

Weiterhin zeigten sich in der durchgeführten multinomialen Analyse keine Unterschiede beim Parameter prr_{IW} , die mit der Manipulation der Anzahl von Distraktor-

Wiederholungen zusammenhängen. Damit ist das PRR-Modell nicht in der Lage den, in Experiment 1 – 3 beobachteten, Anstieg des Negativen Priming-Effekts nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung zu erklären. Der Anstieg des Negativen Primings kann, wie die EKP-Befunde in Experiment 3 zeigen, dagegen durch Inhibitionsprozesse erklärt werden, und ist damit mit den Annahmen des Distraktordinhibitionsmodells konsistent.

Ein weiteres Ergebnis der Fehleranalyse zeigte, dass der Abruf der Prime-Reaktion in der auditorischen Modalität stärker ausgeprägt ist als in der visuellen Modalität. Dieser Effekt kann durch die Unterschiede in den Eigenschaften der visuellen und der akustischen Kurzzeitgedächtnisspeicher erklärt werden. Es konnte gezeigt werden, dass die gespeicherte Information in der visuellen Modalität schneller zerfällt als in der auditorischen Modalität (Sperling, 1960; Treisman, 1964). Mit einem besseren Gedächtnis für zurückliegende Episoden in der auditorischen als in der visuellen Modalität ergibt sich, dass ein Abruf der Prime-Reaktion und die vom Episodic Retrieval-Modell angenommenen Gedächtnisprozesse in der auditorischen Modalität besser ausgebildet sein sollten als in der visuellen Modalität.

6 Allgemeine Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurden drei Experimente zum akustischen und visuellen Negativen Priming durchgeführt, um verschiedene Erklärungsmodelle des Negativen Primings gegen einander zu testen. In den folgenden Abschnitten sollen der Hintergrund und die Ziele (6.1) sowie die Ergebnisse (6.2) der Studie kurz zusammengefasst werden. Anschließend werden die Ergebnisse im Hinblick auf die beschriebenen Modelle des Negativen Primings und bisher in der Literatur berichtete Befunde diskutiert (6.3) und ein Ausblick auf mögliche offene und zukünftig zu untersuchende Fragen gegeben (6.4).

6.1 Hintergrund und Ziele der Studie

Es wurden vier Modelle zur Erklärung des Negativen Priming-Effekts vorgestellt. Das Distraktorinhibitionsmodell (Tipper, 1985) geht davon aus, dass der Effekt durch eine Inhibition des Prime-Distraktors verursacht wird, die während der Präsentation des Probe-Durchgangs anhält und so das Reagieren auf einen zuvor ignorierten Reiz erschwert. Das Episodic Retrieval-Modell (Neill & Valdes, 1992; Neill et al., 1992) erklärt den Negativen Priming-Effekt dagegen durch den Abruf eines „Nicht reagieren“-Attributs während des Probes, welches mit dem Prime Distraktor assoziiert wurde. Diese Information steht im Konflikt zur aktuell angemessenen Reaktion. Die Konfliktlösung benötigt Zeit und führt so zum Negativen Priming. Beide Modelle sind experimentell gut belegt und schließen sich gegenseitig nicht aus (Kane et al., 1997). Dagegen schlägt das Temporal Discrimination-Modell (Milliken et al., 1998) alternativ zu den beiden Modellen eine andere Erklärung des Negativen Priming-Effekts vor. Es geht davon aus, dass der Negative Priming-Effekt durch eine Ambiguität bei der Kategorisierung eines Reizes als alt oder neu verursacht wird, die auftritt, wenn ein zuvor ignoriertes Reiz im Probe beachtet werden soll¹¹.

Das Hauptziel der vorgestellten Arbeit bestand darin, das Temporal Discrimination-Modell gegen das Distraktorinhibitionsmodell und das Episodic Retrieval-Modell zu

¹¹ Ein weiteres vorgestelltes Erklärungskonzept ist das Feature Mismatch-Modell (Park & Kanwisher, 1994). Da es jedoch bisher nur als Konzept für Lokalisationsaufgaben belegt ist, wird es nicht genauer diskutiert.

testen. Dafür wurde ein Identifikationsparadigma verwendet, in dem die Anzahl der Prime-Distraktor-Wiederholungen manipuliert wurde. Das Episodic Retrieval-Modell und das Distraktoringhibitionsmodell sagen einen Anstieg des Negativen Primings Effekts nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung vorher. Das Temporal Discrimination-Modell sagt dagegen eine Reduktion des Effekts nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung vorher.

Daneben wurden in Experiment 3 EKP-Korrelate des Negativen Primings erhoben um das Distraktoringhibitionsmodell gegen das Episodic Retrieval-Modell zu testen. Dabei sagt das Distraktoringhibitionsmodell eine Modulation des EKPs im Bereich der N2 vorher¹², das Episodic Retrieval-Modell dagegen eine Modulation im Bereich der P3. Das Experiment sollte dazu dienen, die von Mayr et al. (2003) in einer Kategorisierungsaufgabe berichteten EKP-Korrelate in der hier verwendeten Identifikationsaufgabe zu replizieren. Die Autoren fanden eine für das Negative Priming spezifische Negativierung im Bereich der P3, die mit Gedächtnisprozessen und damit mit dem Episodic Retrieval-Modell vereinbar ist. Weiterhin sollten anhand der in Experiment 3 erhobenen EKP-Korrelate die Ursachen des in Experiment 1 – 3 in den Verhaltensdaten beobachteten Distraktor-Wiederholungseffekts auf die Größe des Negativen Primings spezifiziert werden.

Eine mit den Fehlerdaten aus Experiment 1 – 3 durchgeführte multinomiale Analyse sollte dazu dienen, die von Mayr und Buchner (2006) vorgeschlagene Modifikation des Episodic Retrieval-Modells zu prüfen. Die Autoren schlagen vor, dass dem Negativen Priming-Effekt ein Abruf der im Prime ausgeführten Reaktion zu Grunde liegt. Konsistent mit diesem Modell wäre eine Erhöhung der Wahrscheinlichkeit, in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung im Vergleich zur Kontrollbedingung einen Probe-Fehler durch das Drücken der mit dem Prime-Target assoziierten Taste zu begehen. Dagegen wird dieser Unterschied vom ursprünglichen Episodic Retrieval-Modell nicht vorhergesagt.

¹² Eine Modulation der N1-Amplitude wäre ebenfalls mit frühen Inhibitionsprozessen in der Reizverarbeitung eines zuvor ignorierten Probe-Targets vereinbar. Dieses Korrelat des Negativen Primings konnte bisher jedoch nur in visuellen Lokalisationsaufgaben gefunden werden (Gibbons et al., 2006; Kathmann et al., 2006)

6.2 Zusammenfassung der Ergebnisse

In den Verhaltensdaten aus Experiment 1 – 3 konnte für die Primes eine Beschleunigung der Reaktionszeit gefunden werden, wenn der Prime-Distraktor bereits bei der vorangegangenen Präsentation ignoriert wurde. In den Probes zeigte sich ein Anstieg des Negativen Primings Effekts nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung. Dieser Effekt war sowohl in den Reaktionszeiten als auch in den Fehlerhäufigkeiten zu beobachten.

In den EKP-Daten konnte für die Primes eine Positivierung der FN nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung beobachtet werden. Diese ist als eine MMN bei einer Distraktor-Wiederholung (in der sich der vorangehende von dem aktuellen Distraktor unterscheidet) im Vergleich zu drei Distraktor-Wiederholungen (hier sind der vorangegangene und der aktuelle Distraktor gleich) zu interpretieren. Im Bereich der frühen P3 zeigte sich eine Positivierung bei drei Distraktor-Wiederholungen. Diese ist als eine N400 bei einer Distraktor-Wiederholung zu interpretieren, die sich im Zusammenhang mit der Schwierigkeit zeigt, einen neuen Distraktor im Vergleich zu einem wiederholten Distraktor in den bestehenden Kontext zu integrieren¹³.

Für die Probes konnte eine Modulation der N1 bei drei Distraktor-Wiederholungen gefunden werden. Dabei war die Amplitude der N1 in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung im Vergleich zur Kontrollbedingung reduziert. Die N1-Reduktion ist mit den in früheren Studien beobachteten Effekten der Stimuluswiederholung und Effekten reduzierter Aufmerksamkeit für einen Stimulus konsistent, kann jedoch auch plausibel durch Inhibitionsprozesse erklärt werden. Im Zeitbereich von 430 bis 730 ms konnte eine Negativierung des EKPs in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung im Vergleich zur Kontrollbedingung beobachtet werden. Dieser Effekt zeigte eine zentro-parietale Topografie.

Bei der multinomialen Analyse der Fehlerdaten aus Experiment 1 – 3 zeigte sich eine höhere Wahrscheinlichkeit für den Abruf der Prime-Reaktion in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung (prr_{IW}) als in der Kontrollbedingung (prr_C). Dieser Effekt war

¹³ Dabei ist zu beachten, dass die, in den Primes gefundene, Modulation der MMN und N400 ebenfalls durch die höhere Ähnlichkeit der Targets im Prime-Vorlauf zu dem aktuellen Probe-Target bei mehrfacher Distraktor-Wiederholung mitbedingt sein könnte.

in der auditorischen Modalität stärker ausgeprägt als in der visuellen. Die Größe des Parameters pr_{TW} wurde dagegen nicht durch die Manipulation der Anzahl von Distraktor-Wiederholungen beeinflusst.

6.3 Folgerungen für die Erklärungsmodelle

Die Beschleunigung der Reaktionszeit in den Prime-Durchgängen bei einer wiederholten Präsentation eines Distraktors kann als Evidenz gegen das Temporal Discrimination-Modell bewertet werden. Wie bereits von Frings und Wühr (in press-a) diskutiert, würde das Temporal Discrimination-Modell für bereits im Durchgang zuvor ignorierte Distraktoren einen Anstieg oder ein Gleichbleiben der Reaktionszeit vorhersagen. Die Reduktion der Reaktionszeit kann damit nicht plausibel vom Temporal Discrimination-Modell erklärt werden, ist dagegen mit den Annahmen des Episodic Retrieval-Modells und des Distraktorinhibitionsmodell vereinbar.

Der in den Reaktions- und Fehlerdaten der Probes beobachtete Anstieg des Negativen Priming-Effekts nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung kann ebenfalls nicht plausibel vom Temporal Discrimination-Modell erklärt werden. Die mehrfache Verarbeitung eines Distraktors sollte die Vertrautheit des Reizes steigern. Die gesteigerte Vertrautheit sollte wiederum dazu führen, dass im Probe die Ambiguität bei der Kategorisierung des Reizes als alt reduziert wird. Damit würde das Temporal Discrimination-Modell, im Gegensatz zu den Befunden aus Experiment 1 – 3, eine Reduktion des Negativen Priming-Effekts nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung vorhersagen.

Dagegen können die in Experiment 1 – 3 beobachteten Verhaltensdaten sowohl vom Episodic Retrieval-Modell als auch vom Distraktorinhibitionsmodell plausibel erklärt werden. Das Episodic Retrieval-Modell erklärt den Anstieg des Negativen Priming-Effekts nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung durch eine Erhöhung der Wahrscheinlichkeit für den Abruf des mit dem Prime-Distraktor assoziierten „Nicht reagieren“-Attributs. Da dieses bei mehrfacher Distraktor-Wiederholung mehrfach abgelegt wurde, ist die Gedächtnisspur bei der Präsentation des Probes besser verfügbar und stört deshalb stärker die aktuell erforderliche Reaktion. Das Distraktorinhibitionsmodell kann den Anstieg des Negativen Priming-Effekts nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung durch die Annahme einer, über einen gewisse Zeit andauernden, Inhibition erklären. Bei der ersten Distraktorpräsentation wird ein bestimm-

tes Inhibitionslevel aufgebaut. Wird nun der gleiche Distraktor erneut präsentiert, kann angenommen werden, dass das bereits bestehende Inhibitionslevel erhöht wird. Dieser Mechanismus wäre eine effiziente Anpassung an Distraktoren, die über einen längeren Zeitraum konstant bleiben (wie beispielsweise gleich bleibende Störgeräusche in der natürlichen Umgebung). Damit würde die Selektion relevanter Reize als eine stetige Funktion der Anzahl identischer Distraktor-Wiederholungen erleichtert. Wenn nun jedoch ein mehrfach ignoriertes Reiz beachtet werden soll, steigt der Negative Priming-Effekt an, da die zu überwindende Inhibition bei der Reaktion auf den Reiz höher ist als bei Reizen, die zuvor nur ein mal ignoriert wurden.

Damit können die in den Primes und Probes beobachteten Verhaltensdaten als Evidenz gegen das Temporal Discrimination-Modell angeführt werden. Es könnte argumentiert werden, dass die in den Probes berichteten Wiederholungseffekte nicht vollständig inkompatibel mit dem Temporal Discrimination-Modell sind, indem angenommen wird, dass (1) eine Distraktor-Wiederholung zu einer gewissen Ambiguität bei der anschließenden Alt-Neu-Kategorisierung führt, dass jedoch (2) das Maximum der Ambiguität erst nach fünf oder mehr Distraktor-Wiederholungen erreicht wurde. Da in Experiment 1 und 2 bereits eine hohe Anzahl von fünf Distraktor-Wiederholungen verwendet wurde, erscheint dieses Argument zumindest teilweise unplausibel. Das Temporal Discrimination Modell kann bei einer beliebigen Anzahl von Wiederholungen argumentieren, dass diese nicht ausreichend waren, um das Maximum der Ambiguität zu überschreiten. Damit wird das Modell nicht falsifizierbar und als Erklärungskonzept unbrauchbar. Um das vorgebrachte Argument zu stützen, müsste zumindest gezeigt werden, dass der Negative Priming-Effekt wieder reduziert wird, wenn mehr als fünf Distraktor-Wiederholungen verwendet werden. Die hier vorgelegten Daten sind daher mit dem Temporal Discrimination-Modell solange nicht plausibel vereinbar, bis dieser Beleg erbracht worden ist.

In Experiment 3 zeigte die Analyse der Probe-EKPs für die „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung eine Negativierung im Zeitbereich von 430 bis 730 ms. Dagegen zeigte sich keine Modulation der FN durch den Durchgangstyp. Dieses Datenmuster kann als eine Replikation der von Mayr et al. (2003) berichteten EKP-Korrelate betrachtet werden. Die für das Negative Priming typische Negativierung im Bereich der P3 kann plausibel mit Gedächtnisprozessen in Verbindung gebracht werden und stellt damit eine Evidenz für das Episodic Retrieval-Modell dar. Dagegen konnte in den EKP-Daten kein Beleg für einen frontalen Inhibitionsmechanismus im Zeitfenster der

FN-Komponente gefunden werden, der mit dem Distraktorinhibitionsmodell in Verbindung stehen würde.

Der Anstieg des Negativen Priming-Effekts korrelierte nicht wie vermutet mit einer zusätzlichen Modulation der Negativierung im Bereich der P3. Ein Korrelat des erhöhten Negativen Priming-Effekts nach drei Distraktor-Wiederholungen zeigte sich dagegen im Zeitbereich der N1. Dabei zeigte sich eine reduzierte N1-Amplitude in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung im Vergleich zur Kontrollbedingung. Eine Modulation der N1-Amplitude wurde bisher als Korrelat des Negativen Primings lediglich in Lokisationsaufgaben gefunden (Gibbons et al., 2006; Kathmann et al., 2006). Die Modulation der N1-Amplitude wurde dabei als ein Korrelat einer frühen Inhibition sensorischer Prozesse interpretiert. Auch die im Posner-Paradigma gefundene Reduktion der N1-Amplitude in invaliden Durchgängen lässt sich mit inhibitorischen Prozessen in Verbindung bringen (Hughes & Zimba, 1985, 1987). Damit wäre die in Experiment 3 gefundene Reduktion der N1-Amplitude in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung mit dem Distraktorinhibitionsmodell konsistent.

Von Mayr et al. (2003) wurde ein vergleichbarer Befund berichtet. So zeigten die Autoren, dass die N1 in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung im Vergleich zur Kontrollbedingung reduziert war. Jedoch handelte es sich dabei um keinen spezifischen Negativen Priming-Effekt, da die Reduzierung der N1-Amplitude ebenfalls in einer Wiederholungskontrolle beobachtet werden konnte. Damit scheint der N1-Effekt in der Studie von Mayr et al. vielmehr Wiederholungs- und Habituationseffekte wiederzuspiegeln. Für die eigene Studie ist es jedoch wichtig, dass die N1-Reduktion nur in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung nach drei Distraktor-Wiederholungen auftrat. Ein reiner Wiederholungs- und Habituationseffekt hätte sich in den Probes bei drei Distraktor-Wiederholungen und ebenfalls in den Probes in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung nach einer Distraktor-Wiederholung zeigen müssen. Für den gefundenen Effekt war es jedoch entscheidend, dass ein Stimulus mehrfach ignoriert wurde, und anschließend im Probe als Target erschien. Damit erscheint es sehr plausibel, dass die N1-Reduktion die, im Probe für das Target vorhandene, Inhibition reflektiert, die durch die vorherige Distraktor-Wiederholung aufgebaut wurde. Der gefundene N1-Effekt ist mit dem Distraktorinhibitionsmodell konsistent, kann jedoch nicht vom Episodic Retrieval-Modell erklärt werden. Der berichtete P3-Effekt kann dagegen nur vom Episodic Retrieval-Modell erklärt werden.

Das in der P3-Komponente nicht gefundene Korrelat des Anstiegs des Negativen Priming-Effekts nach drei Distraktor-Wiederholungen könnte mit der bereits in der N1 sichtbaren Wirkung der Distraktor-Wiederholung zusammenhängen. Es wäre möglich, dass sich der Verlauf einer frühen Komponente auf spätere Komponenten auswirkt. Damit würde ein früher Effekt einen zeitlich folgenden Effekt im EKP verhindern (wie die Interaktion zwischen Durchgangstyp und Distraktor-Wiederholung in Experiment 3). Andererseits könnte auch ein Teststärkeproblem dazu geführt haben, dass kein Korrelat für den Anstieg des Negativen Priming-Effekts nach drei Distraktor-Wiederholungen im Bereich der P3 entdeckt werden konnte. Da in EKP-Studien eine gleich hohe Anzahl von Probanden wie in Verhaltensstudien nicht realisierbar ist, kann auch nicht eine vollständige Replikation der Befunde aus Experiment 1 und 2 erwartet werden.

Bei der multinomialen Analyse der Fehlerdaten zeigte sich bei allen drei Experimenten unabhängig von der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen eine höhere Wahrscheinlichkeit für den Abruf der Prime-Reaktion in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung als in der Kontrollbedingung. Dieses Befundmuster ist konsistent mit dem von Mayr und Buchner (2006) vorgeschlagenen PRR-Modell, stellt jedoch ein Problem für das Temporal Discrimination-Modell dar, da dieses als ein alternatives, das Episodic Retrieval-Modell und das Distraktorinhibitionsmodell ausschließendes Erklärungskonzept für das Negative Priming vorgeschlagen wurde. Das Temporal Discrimination-Modell spezifiziert keinen Mechanismus, der es erlauben würde, den Anstieg der Wahrscheinlichkeit für einen Abruf der Prime-Reaktion in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung zu erklären. Der beobachtete Abruf der Prime-Reaktion wird auch nicht vom ursprünglichen Episodic Retrieval-Modell und Distraktorinhibitionsmodell vorhergesagt. Jedoch widerlegen die vorgelegten Befunde nicht die beiden Modelle, da der Abruf der Prime-Reaktion zusätzlich zum Abruf eines „Nicht reagieren“-Attributs oder der Distraktorinhibition angenommen werden kann. Damit kann das PRR-Modell als eine sinnvolle Erweiterung dieser beiden Modelle betrachtet werden, lässt sich jedoch mit dem Temporal Discrimination-Modell nicht vereinbaren.

Zusammengefasst sind die Verhaltensdaten aus Experiment 1 – 3 mit dem Temporal Discrimination-Modell nicht konsistent, lassen sich dagegen sowohl vom Episodic Retrieval als auch vom Distraktorinhibitionsmodell erklären. Die EKP-Befunde aus Experiment 3 lassen sich für die P3-Komponente am besten mit dem Episodic Retrieval-

val-Modell vereinbaren. Das Inhibitionsmodell kann dagegen die Reduktion der N1-Amplitude in der „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung nach drei Distraktor-Wiederholungen erklären. Die multinomiale Fehleranalyse unterstützt die Annahme des Abrufs der Prime-Reaktion, die zumindest zum Negativen Priming-Effekt beiträgt. Das PRR-Modell kann jedoch den Anstieg des Negativen Priming-Effekts nach mehrfacher Distraktor-Wiederholung nicht erklären. Angesichts der EKP-Befunde aus Experiment 3 kann das Distraktoringhibitionsmodell diese Erklärung liefern. Die in der vorliegenden Arbeit berichteten Daten sind damit insgesamt als Evidenz für das Episodic Retrieval-Modell zu bewerten. Für eine vollständige Erklärung aller Befunde muss jedoch auch das Inhibitionsmodell herangezogen werden. Dagegen sind die Ergebnisse der Studie mit den Annahmen des Temporal Discrimination-Modells nicht vereinbar.

6.4 Ausblick

Die Daten der vorliegenden Arbeit sowie bisher in der Literatur berichtete Befunde (Frings & Wühr, *in press-a*, *in press-b*) sprechen gegen das Temporal Discrimination-Modell. Damit erscheint das Temporal Discrimination-Modell als generelles Erklärungskonzept für Negatives Priming fraglich. Bisherige Evidenz für Temporal Discrimination konnte nur in Aufgaben beobachtet werden, die vom typischerweise verwendeten Negativen Priming-Paradigma abweichen (Frings & Wentura, 2005; Milliken et al., 1998). Um das Temporal Discrimination-Modell als Erklärungskonzept für Negatives Priming verwenden zu können, muss weitere experimentelle Evidenz für das Modell erbracht werden. Diese müsste in typischerweise verwendeten Negativen Priming-Paradigmen zu finden sein. Um die in der aktuellen Studie gegen Temporal Discrimination vorgebrachten Argumente zu entkräften, müsste gezeigt werden, dass bei einer weiteren Erhöhung der Anzahl von Distraktor-Wiederholungen der beobachtete Anstieg des Negativen Priming-Effekts wieder reduziert wird.

Das Episodic Retrieval-Modell und das Distraktoringhibitionsmodell sind am besten in der Lage, die bisherigen Forschungsbefunde zum Negativen Priming zu erklären. Das Feature Mismatch-Modell kann lediglich aufgabenspezifische Effekte erklären, und ist daher als generelles Erklärungskonzept für Negatives Priming ungeeignet. Es gibt bisher keine Befunde, die eindeutig und alleine vom Temporal Discrimination-Modell erklärt werden könnten (Mayr & Buchner, *in press*). Damit ist das Modell als

zusätzliches Erklärungskonzept des Negativen Priming-Effekts nicht brauchbar. Weiterhin sind die Inhalte dieses Modells zu vage formuliert, um eine klare experimentelle Prüfung zu erlauben, da das Modell viele post-hoc Erklärungen zulässt. Für die Zukunft erscheint eine Synthese des Episodic Retrieval-Modells und des Distraktorinhibitionsmodells für ein umfassendes Verständnis des Negativen Priming Phänomens von Vorteil zu sein. Wie bereits angemerkt, schließen sich die beiden Modelle nicht gegenseitig aus (Kane et al., 1997). Es wäre sinnvoll, die Faktoren genauer zu spezifizieren, welche die Abhängigkeit des Negativen Primings von Gedächtnis- oder Inhibitionsprozessen beeinflussen. Das Ziel für die Zukunft sollte damit die Formulierung und Prüfung eines flexiblen und multifaktoriellen Modells des Negativen Primings sein.

Bei der Analyse der EKP-Korrelate konnte in der verwendeten akustischen Identifikationsaufgabe eine Negativierung der P3 als Korrelat des Negativen Primings gefunden werden. Dieser Befund ist vergleichbar mit den in akustischen Kategorisierungsaufgaben gefunden EKP-Korrelaten des Negativen Primings (Mayr et al., in press; 2003). Damit kann das ursprünglich von Mayr et al. (2003) berichtete EKP-Korrelat für die auditorische Modalität als robust und replizierbar angesehen werden. Anders sieht die Situation für die visuelle Modalität aus. Bisher zeigt in der visuellen Identifikationsaufgabe eine einzige Studie eine Positivierung im Bereich der P3 als Korrelat des Negativen Primings (Kathmann et al., 2006). Es wäre daher sinnvoll, die EKP-Korrelate des Negativen Primings für visuelle Kategorisierungs- und Identifikationsaufgaben genauer zu prüfen. Dadurch könnten die neuronalen Mechanismen des visuellen Negativen Primings spezifiziert werden, und mit den Mechanismen des Negativen Primings in der auditorischen Modalität verglichen werden. Für diesen Vergleich ist die bisherige Datenbasis in der visuellen Modalität nicht ausreichend. Für eine genauere Spezifizierung der neuronalen Mechanismen des Negativen Primings könnten ebenfalls weitere fMRT-Studien von Nutzen sein. Bisher liegen diese nur für die Stroop-Aufgaben und Lokalisationsaufgaben vor. Das Aufdecken von fMRT-Korrelaten des akustischen und visuellen Negativen Primings in Kategorisierungs- und Identifikationsaufgaben würde es erlauben, die EKP-Daten mit einer anderen Methode zu validieren und einen zusätzlichen Test der Negativen Priming-Modelle ermöglichen.

Zusammenfassend betrachtet sind die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit als Evidenz für das Episodic Retrieval-Modell zu bewerten. Daneben ist das Distraktorinhi-

bitionsmodell in der Lage den Anstieg des Negativen Priming-Effekts nach der Distraktor-Wiederholung zu erklären. Weiterhin wird von den Daten das PRR-Modell gestützt. Das Temporal Discrimination-Modell kann die experimentellen Daten dagegen nicht erklären. Für die Zukunft erscheint daher eine Synthese des PRR-Modells, des ursprünglichen Episodic Retrievals Modells und des Distraktoringhibitionsmodells für ein umfassendes Verständnis des Negativen Priming-Effekts sinnvoll. Durch weitere neurophysiologische Studien können die dem Negativen Priming zugrunde liegenden neuronalen Prozesse spezifiziert werden.

7 Literaturverzeichnis

- Allison, T., Wood, C. C., & McCarthy, G. M. (1986). The central nervous system. In M. G. H. Coles, E. Donchin, & S. W. Porges (Eds.), *Psychophysiology: systems, processes, and applications* (pp. 5-25). New York: Guilford.
- Allport, A. (1993). Attention and control: Have we been asking the wrong questions? A critical review of twenty-five years. In D. E. Meyer & S. Kornblum (Eds.), *Attention and performance 14: Synergies in experimental psychology, artificial intelligence, and cognitive neuroscience* (pp. 183-218). Cambridge, MA, US: The MIT Press.
- Allport, A., Tipper, S. P., & Chmiel, N. R. J. (1985). Perceptual integration and postcategorical filtering. In M. I. Posner & O. S. M. Marin (Eds.), *Attention and Performance XI* (pp. 107-132). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Baddeley, A. D. (1976). *The Psychology of Memory*. New York: Basic Books.
- Banks, W. P., Roberts, D., & Ciranni, M. (1995). Negative priming in auditory attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 1354-1361.
- Baylis, G. C., Tipper, S. P., & Houghton, G. (1997). Externally cued and internally generated selection: Differences in distractor analysis and inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1617-1630.
- Beech, A., Powell, T., McWilliam, J., & Claridge, G. (1989). Evidence of reduced "cognitive inhibition" in schizophrenia. *British Journal of Clinical Psychology*, 28, 110-116.
- Broadbent, D. E. (Ed.) (1958). *Perception and communication*. Elmsford, NY, US: Pergamon Press.
- Buchner, A., & Mayr, S. (2004). Auditory negative priming in younger and older adults. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 57A, 769-787.
- Buchner, A., & Steffens, M. C. (2001). Auditory negative priming in speeded reactions and temporal order judgements. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 54A, 1125-1142.
- Buchner, A., Zabal, A., & Mayr, S. (2003). Auditory, visual, and cross-modal negative priming. *Psychonomic Bulletin and Review*, 10, 917-923.
- Chelazzi, L., Miller, E. K., Duncan, J., & Desimone, R. (1993). A neural basis for visual search in inferior temporal cortex. *Nature*, 363, 345-347.
- Cherry, E. C. (1953). Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, 25, 975-979.

- Chiappe, D. L., & MacLeod, C. M. (1995). Negative priming is not task bound: A consistent pattern across naming and categorization tasks. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2, 364-369.
- Cohen, J. (Ed.) (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (rev. ed.). Hillsdale, NJ, England: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Coles, M. G. H., & Rugg, M. D. (1995). Event-related brain potentials: An introduction. In M. G. H. Coles & M. D. Rugg (Eds.), *Electrophysiology of mind: Event related brain potentials and cognition* (pp. 1-26). London: Oxford University Press.
- Dalrymple Alford, E. C., & Budayr, B. (1966). Examination of some aspects of the Stroop color-word test. *Perceptual and Motor Skills*, 23, 1211-1214.
- DeSchepper, B., & Treisman, A. (1996). Visual memory for novel shapes: Implicit coding without attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 27-47.
- Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 51-60.
- Egner, T., & Hirsch, J. (2005). Where memory meets attention: Neural substrates of negative priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 1774-1784.
- Eimer, M. (1993). Effects of attention and stimulus probability on ERPs in a Go/Nogo task. *Biological Psychology*, 35, 123-138.
- Erdfelder, E., Faul, F., & Buchner, A. (1996). GPOWER: A general power analysis program. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 28, 1-11.
- Falkenstein, M., Hoormann, J., & Hohnsbein, J. (1999). ERP components in Go/Nogo tasks and their relation to inhibition. *Acta Psychologica*, 101, 267-291.
- Fox, E. (1995). Negative priming from ignored distractors in visual selection: A review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2, 145-173.
- Fox, E., & de Fockert, J. W. (1998). Negative priming depends on prime-probe similarity: Evidence for episodic retrieval. *Psychonomic Bulletin and Review*, 5, 107-113.
- Frings, C., & Wentura, D. (2005). Negative priming with masked distractor-only prime trials: Awareness moderates negative priming. *Experimental Psychology*, 52, 131-139.
- Frings, C., & Wühr, P. (in press-a). On distractor repetition benefits in the negative priming task. *Visual Cognition*.
- Frings, C., & Wühr, P. (in press-b). Prime-display offset modulates negative priming only for easy-selection tasks. *Memory & Cognition*.

- Gibbons, H., Rammsyler, T. H., & Stahl, J. (2006). Multiple sources of positive- and negative-priming effects: An event-related potential study. *Memory and Cognition*, 34, 172-186.
- Healy, D., & Burt, J. S. (2003). Attending to the distractor and old/new discriminations in negative priming. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 56A, 421-443.
- Heil, M., Osman, A., Wiegmann, J., Rolke, B., & Hennighausen, E. (2000). N200 in the Eriksen-task: Inhibitory executive process? *Journal of Psychophysiology*, 14, 218-225.
- Hillyard, S. A., Hink, R. F., Schwent, V. L., & Picton, T. W. (1973). Electrical signs of selective attention in the human brain. *Science*, 182, 177-179.
- Hintzman, D. L. (1988). Judgments of frequency and recognition memory in a multiple-trace memory model. *Psychological Review*, 95, 528-551.
- Holm, S. (1979). A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, 6, 65-70.
- Houghton, G., & Tipper, S. P. (1994). A model of inhibitory mechanisms in selective attention. In T. H. Carr & D. Dagenbach (Eds.), *Inhibitory processes in attention, memory, and language* (pp. 53-112). San Diego, CA, US: Academic Press Inc.
- Houghton, G., & Tipper, S. P. (1998). A model of selective attention as a mechanism of cognitive control. In A. M. Jacobs & J. Grainger (Eds.), *Localist connectionist approaches to human cognition* (pp. 39-74). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Houghton, G., Tipper, S. P., Weaver, B., & Shore, D. I. (1996). Inhibition and interference in selective attention: Some tests of a neural network model. *Visual Cognition*, 3, 119-164.
- Hu, X., & Batchelder, W. H. (1994). The statistical analysis of engineering processing tree models with the EM algorithm. *Psychometrika*, 59, 21-47.
- Hughes, H. C., & Zimba, L. D. (1985). Spatial maps of directed visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 409-430.
- Hughes, H. C., & Zimba, L. D. (1987). Natural boundaries for the spatial spread of directed visual attention. *Neuropsychologia*, 25, 5-18.
- James, W. (1890). *Principles of psychology*. New York: Holt.
- Jasper, H. (1958). The ten twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.
- Kane, M. J., May, C. P., Hasher, L., & Rahhal, T. (1997). Dual mechanisms of negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 632-650.

- Kathmann, N., Bogdahn, B., & Endrass, T. (2006). Event-related brain potential variations during location and identity negative priming. *Neuroscience Letters*, 394, 53-55.
- Khurana, B., Smith, W. C., & Baker, M. T. (2000). Not to be and then to be: Visual representation of ignored unfamiliar faces. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 246-263.
- Kopp, B., Rist, F., & Mattler, U. (1996). N200 in the flanker task as a neurobehavioral tool for investigating executive control. *Psychophysiology*, 33, 282-294.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207, 203-205.
- Lavie, N., & Fox, E. (2000). The role of perceptual load in negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 1038-1052.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95, 492-527.
- Logan, G. D. (1990). Repetition priming and automaticity: Common underlying mechanisms? *Cognitive Psychology*, 22, 1-35.
- Lowe, D. G. (1979). Strategies, context, and the mechanism of response inhibition. *Memory and Cognition*, 7, 382-389.
- Luck, S. J., Woodman, G. F., & Vogel, E. K. (2000). Event-related potential studies of attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 432-440.
- Määttä, S., Saavalainen, P., Herrgard, E., Pääkkönen, A., Luoma, L., Laukkanen, E., & Partanen, J. (2005). Event-related potentials to elementary auditory input in distractible adolescents. *Clinical Neurophysiology*, 116, 142-150.
- Mangun, G. R., & Hillyard, S. A. (1991). Modulations of sensory-evoked brain potentials indicate changes in perceptual processing during visual-spatial priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 1057-1074.
- Marcel, A. J. (1983). Conscious and unconscious perception: Experiments on visual masking and word recognition. *Cognitive Psychology*, 15, 197-237.
- May, C. P., Kane, M. J., & Hasher, L. (1995). Determinants of negative priming. *Psychological Bulletin*, 118, 35-54.
- Mayr, S., & Buchner, A. (2006). Evidence for episodic retrieval of inadequate prime responses in auditory negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 932-943.
- Mayr, S., & Buchner, A. (in press). Negative priming as a memory phenomenon: A review of 20 years of negative priming research. *Zeitschrift für Psychologie - Journal of Psychology*.

- Mayr, S., Niedeggen, M., Buchner, A., & Orgs, G. (in press). The level of reaction time determines the ERP correlates of auditory negative priming. *Journal of Psychophysiology*.
- Mayr, S., Niedeggen, M., Buchner, A., & Pietrowsky, R. (2003). ERP correlates of auditory negative priming. *Cognition*, 90, B11-B21.
- Miller, E. K., Eriksen, C. A., & Desimone, R. (1996). Neural mechanisms of working memory in prefrontal cortex of the macaque. *Journal of Neurosciences*, 16, 5154-5167.
- Milliken, B., Joordens, S., Merikle, P. M., & Seiffert, A. E. (1998). Selective attention: A reevaluation of the implications of negative priming. *Psychological Review*, 105, 203-229.
- Milliken, B., Tipper, S. P., & Weaver, B. (1994). Negative priming in a spatial localization task: Feature mismatching and distractor inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 624-646.
- Moore, C. M. (1994). Negative priming depends on probe-trial conflict: Where has all the inhibition gone? *Perception and Psychophysics*, 56, 133-147.
- Münter, T. F., Urbach, T. P., Duzel, E., & Kutas, M. (2000). Event-related brain potentials in the study of human cognition and neuropsychology. In F. Boller, J. Grafman, & G. Rizzolatti (Eds.), *Handbook of neuropsychology*, 2nd ed.: Vol 1: Sect 1: Introduction, Sect 2: Attention (pp. 139-235). Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science Publishers B.
- Näätänen, R., & Picton, T. W. (1987). The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: A review and an analysis of the component structure. *Psychophysiology*, 24, 375-425.
- Näätänen, R., Sams, M., Alho, K., & Paavilainen, P. (1988). Frequency and location specificity of the human vertex N1 wave. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 69, 523-531.
- Nagy, M. E., & Rugg, M. D. (1989). Modulation of event-related potentials by word repetition: The effects of inter-item lag. *Psychophysiology*, 26, 431-436.
- Neill, W. (1977). Inhibitory and facilitatory processes in selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, 444-450.
- Neill, W. (1997). Episodic retrieval in negative priming and repetition priming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 1291-3105.
- Neill, W., & Kahan, T. A. (1999). Response conflict reverses priming: A replication. *Psychonomic Bulletin and Review*, 6, 304-308.
- Neill, W., & Valdes, L. A. (1992). Persistence of negative priming: Steady state or decay? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 565-576.

- Neill, W., Valdes, L. A., Terry, K. M., & Gorfein, D. S. (1992). Persistence of negative priming: II. Evidence for episodic trace retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *18*, 993-1000.
- Neill, W., & Westberry, R. L. (1987). Selective attention and the suppression of cognitive noise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *13*, 327-334.
- Neumann, E., & DeSchepper, B. G. (1991). Costs and benefits of target activation and distractor inhibition in selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *17*, 1136-1145.
- Nieuwenhuis, S., Yeung, N., & Cohen, J. D. (2004). Stimulus modality, perceptual overlap, and the go/no-go N2. *Psychophysiology*, *41*, 157-160.
- Paller, K. A., & Kutas, M. (1992). Brain potentials during memory retrieval provide neurophysiological support for the distinction between conscious recollection and priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *4*, 375-391.
- Park, J., & Kanwisher, N. (1994). Negative priming for spatial locations: Identity mismatching, not distractor inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *20*, 613-623.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *32*, 3-25.
- Ratcliff, R. (1992). Testing global memory models using ROC curves. *Psychological Review*, *99*, 518-535.
- Riefer, D. M., & Batchelder, W. H. (1988). Multinomial modeling and the measurement of cognitive processes. *Psychological Review*, *95*, 318-339.
- Rosburg, T., Trautner, P., Boutros, N. N., Korzyukov, O. A., Schaller, C., Elger, C. E., & Kurthen, M. (2006). Habituation of auditory evoked potentials in intracranial and extracranial recordings. *Psychophysiology*, *43*, 137-144.
- Rothermund, K., Wentura, D., & De Houwer, J. (2005). Retrieval of incidental stimulus-response associations as a source of negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *31*, 482-495.
- Rothkegel, R. (1999). AppleTree: A multinomial processing tree modeling program for Macintosh computers. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, *31*, 696-700.
- Rugg, M. D. (1990). Event-related brain potentials dissociate repetition effects of high- and low-frequency words. *Memory and Cognition*, *18*, 367-379.
- Rugg, M. D. (1995). ERP studies of memory. In M. D. Rugg & M. G. H. Coles (Eds.), *Electrophysiology of mind: Event related brain potentials and cognition* (pp. 133-170). New York, NY, US: Oxford University Press.

- Rugg, M. D., & Doyle, M. C. (1992). Event-related potentials and recognition memory for low- and high-frequency words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 69-79.
- Rugg, M. D., & Doyle, M. C. (1994). Event related potentials and stimulus repetition in direct and indirect tests of memory. In H. J. Heinze, T. Munte, & G. R. Mangun (Eds.), *Cognitive electrophysiology* (pp. 124-148). Boston: Birkhauser.
- Rugg, M. D., & Nagy, M. E. (1989). Event-related potentials and recognition memory for words. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 72, 395-406.
- Scarborough, D. L., Cortese, C., & Scarborough, H. S. (1977). Frequency and repetition effects in lexical memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, 1-17.
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentation. *Psychological Monographs*, 74(11), 29.
- Steel, C., Haworth, E. J., Peters, E., Hemsley, D. R., Sharma, T., Gray, J. A., Pickering, A., Gregory, L., Simmons, A., Bullmore, E. T., & Williams, S. C. R. (2001). Neuroimaging correlates of negative priming. *Neuroreport: For Rapid Communication of Neuroscience Research*, 12, 3619-3624.
- Stolz, J. A., & Neely, J. H. (2001). Taking a bright view of negative priming in the light of dim stimuli: Further evidence for memory confusion during episodic retrieval. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 55, 219-230.
- Strayer, D. L., & Grison, S. (1999). Negative identity priming is contingent on stimulus repetition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 24-38.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Tipper, S. P. (1985). The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored objects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 37A, 571-590.
- Tipper, S. P. (1991). Less attentional selectivity as a result of declining inhibition in older adults. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 29, 45-47.
- Tipper, S. P. (2001). Does negative priming reflect inhibitory mechanisms? A review and integration of conflicting views. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 54A, 321-343.
- Tipper, S. P., Brehaut, J. C., & Driver, J. (1990). Selection of moving and static objects for the control of spatially directed action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 492-504.
- Tipper, S. P., & Cranston, M. (1985). Selective attention and priming: Inhibitory and facilitatory effects of ignored primes. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 37A, 591-611.

- Tipper, S. P., & Driver, J. (1988). Negative priming between pictures and words in a selective attention task: Evidence for semantic processing of ignored stimuli. *Memory and Cognition*, 16, 64-70.
- Tipper, S. P., MacQueen, G. M., & Brehaut, J. C. (1988). Negative priming between response modalities: Evidence for the central locus of inhibition in selective attention. *Perception and Psychophysics*, 43, 45-52.
- Tipper, S. P., Weaver, B., Cameron, S., & Brehaut, J. C. (1991). Inhibitory mechanisms of attention in identification and localization tasks: Time course and disruption. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17, 681-692.
- Tipper, S. P., Weaver, B., & Houghton, G. (1994). Behavioural goals determine inhibitory mechanisms of selective attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Human Experimental Psychology*, 47A, 809-840.
- Tipper, S. P., Weaver, B., & Milliken, B. (1995). Spatial negative priming without mismatching: Comment on Park and Kanwisher (1994). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 1220-1229.
- Treisman, A. (1964). Verbal cues, language, and meaning in selective attention. *American Journal of Psychology*, 77(2), 206-219.
- Treisman, A. (1992). Perceiving and re-perceiving objects. *American Psychologist*, 47, 862-875.
- Tucker, D. (1993). Spatial sampling of head electrical fields: the geodesic electrode net. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 87, 154-63.
- Van der Heijden, A. H. C. (1981). *Short term visual information forgetting*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Woldorff, M. G., & Hillyard, S. A. (1991). Modulation of early auditory processing during selective listening to rapidly presented tones. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 79, 170-191.
- Wood, T. J., & Milliken, B. (1998). Negative priming without ignoring. *Psychonomic Bulletin and Review*, 5, 470-475.
- Wright, C. I., Keuthen, N. J., Savage, C. R., Martis, B., Williams, D., Wedig, M., McMullin, K., & Rauch, S. L. (2005). Brain correlates of negative and positive visuospatial priming in adults. *NeuroImage*.
- Wright, C. I., McMullin, K., Martis, B., Fischer, H., & Rauch, S. L. (2005). Brain correlates of negative visuospatial priming in healthy children. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 139, 41-52.
- Yee, P. L. (1991). Semantic inhibition of ignored words during a figure classification task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*, 43A, 127-153.

Yee, P. L., Santoro, K. E., Grey, A. L., & Woog, V. (2000). Deeper processing at target selection increases the magnitude of negative priming. *Memory and Cognition*, 28, 1429-1436.

Zabal, A., & Buchner, A. (2006). Normal auditory negative priming in schizophrenic patients. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 1224-1236.

8 Anhang

Tabelle A

Beispiele für die Stimuluskonfigurationen und die erforderlichen Reaktionen (in Anführungszeichen) in „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen und den entsprechenden Kontrolldurchgängen für die vier Typen der Füllerdurchgänge. Dargestellt ist eine Bedingung mit fünf Distraktor-Wiederholungen.

	Füller Typ 1		Füller Typ 2	
	Beachteter Stimulus	Ignorierter Stimulus	Beachteter Stimulus	Ignorierter Stimulus
Prime [-4]	Klavier «Klavier»	Frosch	Klavier «Klavier»	Frosch
Prime [-3]	Huhn «Huhn»	Frosch	Huhn «Huhn»	Frosch
Prime [-2]	Trommel «Trommel»	Frosch	Trommel «Trommel»	Frosch
Prime [-1]	Trommel «Trommel»	Frosch	Trommel «Trommel»	Frosch
Prime [0]	Klavier «Klavier»	Frosch	Klavier «Klavier»	Frosch
Probe	Klavier «Klavier»	Trommel	Klavier «Klavier»	Frosch
	Füller Typ 3		Füller Typ 4	
Prime [-4]	Klavier «Klavier»	Frosch	Frosch «Frosch»	Klavier
Prime [-3]	Huhn «Huhn»	Frosch	Huhn «Huhn»	Klavier
Prime [-2]	Trommel «Trommel»	Frosch	Trommel «Trommel»	Klavier
Prime [-1]	Klavier «Klavier»	Frosch	Trommel «Trommel»	Klavier
Prime [0]	Huhn «Huhn»	Frosch	Huhn «Huhn»	Klavier
Probe	Klavier «Klavier»	Trommel	Klavier «Klavier»	Huhn

Tabelle B

Dargestellt sind die absoluten Häufigkeiten der korrekten Probe-Reaktionen und der verschiedenen Probe-Fehlertypen für die „Ignoriertes wiederholt“-Bedingung und die Kontrollbedingung in Experiment 1 – 3. Die Darstellung erfolgt in Abhängigkeit von der Anzahl der Distraktor-Wiederholungen.

Experiment 1						
Reaktionstyp	1 Wiederholung		3 Wiederholungen		5 Wiederholungen	
	IR [†]	C	IR	C	IR	C
Korrekt mit Probe-Target	1766	2695	1723	2727	1698	2736
Inkorrekt mit Probe-Distraktor	146	181	189	153	219	145
Inkorrekt mit Prime-Target	38	31	35	24	30	31
Andere inkorrekte Reaktion*	44	90	48	94	52	82
Experiment 2						
Reaktionstyp	1 Wiederholung		3 Wiederholungen		5 Wiederholungen	
	IR	C	IR	C	IR	C
Korrekt mit Probe-Target	1726	2721	1699	2753	1639	2763
Inkorrekt mit Probe-Distraktor	293	327	318	305	380	291
Inkorrekt mit Prime-Target	42	19	35	12	36	10
Andere inkorrekte Reaktion	27	61	29	59	35	60
Experiment 3						
Reaktionstyp	1 Wiederholung		3 Wiederholungen			
	IR	C	IR	C		
Korrekt mit Probe-Target	1496	2269	1434	2294		
Inkorrekt mit Probe-Distraktor	123	169	166	158		
Inkorrekt mit Prime-Target	30	13	39	10		
Andere inkorrekte Reaktion	31	69	41	58		

* In „Ignoriertes wiederholt“-Durchgängen waren dieses Reaktionen mit der dem nicht präsentierten Stimulus zugeordneten Taste. In Kontrolldurchgängen waren dieses Reaktionen mit der dem Prime-Distraktor zugeordneten Taste.

† Es ist zu beachten, dass bei der Generierung des experimentellen Stimulus-Sets in Experiment 1 und 2 16 „Ignoriertes wiederholt“-Durchgänge und 24 Kontrolldurchgänge in jeder Wiederholungs-Bedingung enthalten waren. In Experiment 3 gab es 60 „Ignoriertes wiederholt“-Durchgänge und 90 Kontrolldurchgänge in jeder Wiederholungs-Bedingung.

Die hier vorgelegte Dissertation habe ich eigenständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt. Die Dissertation wurde in der vorgelegten oder in ähnlicher Form noch bei keiner anderen Institution eingereicht. Ich habe bisher keine erfolglosen Promotionsversuche unternommen.

Düsseldorf, den 06.03.2007

(Robert Hauke)