

Universitätsklinikum Ulm
Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie III
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. phil. Dr. med. Manfred Spitzer

Priming und Ermüdung

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der
Medizin der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

Volkert Ahrens
aus Bremen

2014

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Thomas Wirth

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. Manfred Spitzer

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Herbert Schreiber

Tag der Promotion: 18.06.2015

INHALT

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	1
1. EINLEITUNG	2
1.1 Priming	2
1.2 Lexikalische Entscheidungsaufgabe	3
1.3 Untersuchungen Gustav Aschaffenburgs und Carl Gustav Jungs	4
1.4 Semantisches Priming	5
1.5 Modelle zur Informationsverarbeitung	7
1.5.1 Die “spreading-activation theory”	7
1.5.2 Automatische und strategische Prozesse	11
1.5.3 Top-down-Kontrolle automatischer Prozesse	14
1.5.4 Das “attentional sensitization model”	16
1.6 Phonologisches Priming	18
1.7 Fragestellungen	21
1.8 Hypothesen	23
2 MATERIAL UND METHODEN	25
2.1 Probanden	25
2.2 Versuchsaufbau	25
2.2.1 Hardware	25
2.2.2 Software	25
2.2.3 Stimulusmaterial	26
2.3 Versuchsablauf	28
2.4 Auswertung	30
3 ERGEBNISSE	32
3.1 Ausschluss überlanger Reaktionszeiten	32
3.2 Listen- und Reihenfolge-Effekte	32
3.2.1 Listeneffekte	32
3.2.2 Reihenfolge-Effekte	33
3.3 Abhängigkeit der Fehlerrate von der Prime-Target-Beziehung	34
3.4 Abhängigkeit der Reaktionszeiten von der Prime-Target-Beziehung	36
3.5 Bahnungen und Hemmungen	36
3.5.1 Semantisches Priming	36
3.5.2 Phonologisches Priming	38

4	DISKUSSION	41
4.1	Listen- und Reihenfolge-Effekte:	41
4.2	Auswirkung der Prime-Target-Beziehung auf die Fehlerrate	42
4.3	Gegensätzliche Ergebnisse im Wortentscheidungstest und im Assoziationsversuch	42
4.4	Diskussion der Ergebnisse zum semantischen Priming	43
4.5	Diskussion der Ergebnisse zum phonologischen Priming	46
4.5.1	Zur Heterogenität der Ergebnisse bisheriger Studien	46
4.5.2	Zur Genese des phonologischen Hemmeffekts	49
4.5.3	Erklärung der phonologischen Hemmung mit der „spreading-activation theory“	51
4.5.4	Laterale Hemmung	52
4.6	Zum fehlenden Einfluss der Ermüdung auf Priming	53
4.7	Grenzen der vorliegenden Studie	54
4.8	Ausblick	56
5	ZUSAMMENFASSUNG	58
6	LITERATURVERZEICHNIS	60
7	ANHANG	67
7.1	Die Einteilung der Assoziationen nach Aschaffenburg	67
7.2	Reimwort-Targets	68

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
EEG	Elektroenzephalografie
EMDR	Eye Movement Desensitization and Reprocessing
ERP	event-related potential (ereigniskorreliertes Potential)
ms	Millisekunden
o. A.	ohne Autor
SOA	stimulus-onset asynchrony

1. Einleitung

Sprache dient dem zwischenmenschlichen Austausch von Information und dem Denken (Zwitserslood 2013). Dabei spielt der Zusammenhang von sprachlichem Symbol (Wort), gedanklicher Repräsentation (Bedeutungsinhalt, Begriff) und Referent (Objekt, auf das sich die gedankliche Repräsentation bezieht) eine entscheidende Rolle. Ein Wort bezeichnet einen Gegenstand nicht direkt. Es verweist auf den Begriff, den wir uns von diesem Gegenstand gemacht haben (Ogden u. Richards 1923).

Aus psycholinguistischer Sicht sind alle einem Individuum bekannten Wörter mit den dazugehörigen Eigenschaften, wie phonologischen, grafologischen und syntaktischen Informationen, in einem gemeinsamen mentalen Lexikon gespeichert (Zwitserslood 2013). Die Bedeutungsinhalte dieser Wörter sind im semantischen Lexikon gespeichert, das aus nach semantischen Gesichtspunkten geordneten Begriffen aufgebaut ist (Quillian 1967, Collins u. Loftus 1975). Bei der Produktion und Rezeption von Sprache werden Wörter und ihre Bedeutungen aktiviert und kombiniert (Zwitserslood 2013).

Die Untersuchung von Wortassoziationen ermöglicht Rückschlüsse auf Aufbau und Funktionsweise des mentalen und des semantischen Lexikons sowie auf die an der Sprachverarbeitung beteiligten Prozesse. Die vorliegende Arbeit geht der Frage nach, wie sich Ermüdung auf die Aktivierung von Begriffen und von phonologischer Wortinformation auswirkt. Dazu wurden Primingprozesse mit der Methode der lexikalischen Entscheidungsaufgabe untersucht.

1.1 Priming

Im Kontext der vorliegenden Arbeit bezeichnet das Wort „Priming“ die durch eine experimentelle Manipulation herbeigeführte Voraktivierung eines Aktivierungsmusters im neuronalen Netzwerk bzw. die Voraktivierung der durch ein solches Aktivierungsmuster repräsentierten Begriffe. Zur Erzeugung einer solchen Voraktivierung können Wörter, Bilder oder Symbole verwendet werden (Bermeitinger 2013 a, Meyer u. Schvaneveldt 1971, Neely 1977, Neely 1991).

Typischerweise werden zur experimentellen Untersuchung von Priming nacheinander, seltener auch gleichzeitig, zwei Stimuli, der Prime und das Target, präsentiert. Die

Priming und Ermüdung

Aufgabe der Versuchsperson besteht dann darin, so schnell und so korrekt wie möglich auf das Target zu reagieren. Ziel derartiger Primingexperimente ist es, zu prüfen, wie die Präsentation eines dem Target verwandten Primes die Verarbeitung des Targets beeinflusst. Dies ist durch Messung der Reaktionszeiten oder Fehlerraten quantifizierbar, die bei der Antwort auf das Target entstehen. Führt die Prime-Target-Verwandtschaft zur Verkürzung der Reaktionszeiten bzw. zur Verringerung der Fehlerrate, spricht man von einem positiven Primingeffekt, sind die Reaktionszeiten länger oder die Fehlerrate höher, von einem negativen Primingeffekt (Bermeitinger 2013 b).

Der zeitliche Ablauf von Primingprozessen lässt sich untersuchen, indem die „stimulus-onset asynchrony“ (SOA) variiert wird (Bermeitinger 2013 b). Diese ist das Zeitintervall zwischen Primebeginn und Targetbeginn (Bermeitinger 2013 c). Um die mehr Verarbeitungszeit beanspruchenden, von bewusster Absicht gesteuerten, sog. kontrollierten Prozesse auszuschließen, kann man kurze SOAs einsetzen (Bermeitinger 2013 b).

Als weitere Technik zum Ausschluss bewusstseinsabhängiger Prozesse wird Maskierung eingesetzt. Dabei wird die bewusste Wahrnehmung eines Reizes durch Präsentation eines anderen Reizes verhindert. Der maskierte Reiz wird dann subliminal, d. h. unter der Schwelle der bewussten Wahrnehmung aufgenommen (Bermeitinger 2013 d).

Für die vorliegende Studie von Bedeutung sind das semantische und das phonologische Priming. Beim semantischen Priming besteht eine semantische Prime-Target-Verwandtschaft. Prime und Target sind z. B. Synonyme oder Antonyme oder gehören derselben Kategorie an (Bermeitinger 2013 b). Beim phonologischen Priming haben Prime und Target einen ähnlichen Klang (Bermeitinger 2013 b).

1.2 Lexikalische Entscheidungsaufgabe

Die Versuchsperson entscheidet, ob eine ihr präsentierte Buchstabenfolge (Target) ein Wort ist oder nicht und zeigt dies per Tastendruck an. Vor dem Target wird ein Prime dargeboten. Die Präsentation des Primes erfolgt subliminal oder supraliminal (Stapf u. Slavova 2013).

1.3 Untersuchungen Gustav Aschaffenburgs und Carl Gustav Jungs

Der Einfluss von Ermüdung und Störungen der Aufmerksamkeit auf Wortassoziationen wurde bereits um die Jahrhundertwende ins 20. Jahrhundert wissenschaftlich untersucht. Dabei bediente man sich der Methode des Assoziationsversuchs: Die Versuchsperson antwortete auf die ihr präsentierten Stimuluswörter sofort mit demjenigen Wort, das ihr als Erstes einfiel (Aschaffenburg 1896, Aschaffenburg 1899, o. A. 2013).

Gustav Aschaffenburg (Aschaffenburg 1896, S. 212/213) untersuchte den Einfluss von Ermüdung auf Wortassoziationen an seinen Kollegen. Die Ermüdung erzeugte Aschaffenburg, indem er die Versuchspersonen von 20,00 Uhr abends bis 8,00 Uhr des folgenden Morgens mit nur wenigen und kurzen Pausen durcharbeiten ließ. Die Versuchspersonen führten dabei unterschiedliche Experimente durch, wobei sie sich gegenseitig untersuchten. Der Genuss von Tee, Alkohol und Nikotin war verboten. Außer Wasser nahmen die Probanden keine Nahrungsmittel zu sich. Auch sollten die Versuchspersonen sich am Tage vor den Experimenten nicht zusätzlich ausruhen. Aschaffenburg berichtete, er habe eine hochgradige Erschöpfung erreicht, verursacht durch fehlenden Schlaf, Mangel an Nahrung sowie geistige und körperliche Anstrengung (Aschaffenburg 1896, S. 212/213). Im Abstand von drei Stunden ließ Aschaffenburg seine Kollegen Assoziationsversuche durchführen (Aschaffenburg 1899, S. 2). Die dabei auftretenden Assoziationen kategorisierte er gemäß einem Schema (Aschaffenburg 1896, S. 231 – 251). Dieses Schema ist im Anhang aufgeführt.

Aschaffenburgs Auswertung ergab, dass sich mit zunehmender Erschöpfung der Anteil derjenigen Assoziationen verringerte, bei denen der Sinn des Reizwortes richtig erfasst wurde. Dagegen traten unter Ermüdung zunehmend Klangassoziationen (Reime und Gleichklänge) auf (Aschaffenburg 1899 S. 48/49). Aschaffenburg führte diese Veränderungen auf eine mit Ermüdung verbundene allgemeine Erhöhung der motorischen Aktivität zurück (Aschaffenburg 1899, S. 64).

Eine von Spitzer (Spitzer 1992, S. 168) auf der Basis heute zur Verfügung stehender statistischer Möglichkeiten durchgeführte Analyse der von Aschaffenburg gewonnenen Daten lieferte folgende Ergebnisse:

Priming und Ermüdung

Der Effekt steigender Ermüdung auf die Häufigkeit klanglicher Assoziationen wurde an neun Versuchspersonen zu vier verschiedenen Uhrzeiten untersucht. Fünf der neun Testpersonen erhielten vier Listen aus 50 einsilbigen Wörtern, die übrigen vier erhielten vier Listen aus 100 zweisilbigen Wörtern. Um 3.00 Uhr wurde die Differenz zum 21.00 Uhr-Block signifikant (zweiseitiger t-Test: $p = 0.0471$), und um 6.00 Uhr war der Unterschied hochsignifikant (zweiseitiger t-Test: $p = 0.0018$) (Spitzer 1992, S. 168).

Carl Gustav Jung (Jung 1906/1979, S. 18) untersuchte den Einfluss der Aufmerksamkeit auf Wortassoziationen. Zur Ablenkung der Aufmerksamkeit wies er die Versuchspersonen an, während des Experiments im Takt eines Metronoms Striche auf einem Blatt Papier zu zeichnen (äußere Ablenkung) oder sich auf die durch die Wahrnehmung des Reizes ausgelösten psychologischen Phänomene zu konzentrieren (innere Ablenkung) (Jung 1906/1979, S. 18). Beide Techniken zur Ablenkung der Aufmerksamkeit führten zu einer Zunahme von Klangreaktionen und äußeren Assoziationen bei einer Abnahme der inneren Assoziationen (gemäß der Einteilung von Aschaffenburg, siehe Anhang) (Jung 1906/1979: S. 179/180).

Jung argumentierte, Klangreaktionen würden normalerweise unterdrückt, weil sie für den Assoziationsprozess unzweckmäßig seien. Eine Störung der Aufmerksamkeit führe jedoch zu einer klanglichen Beeinflussung der Assoziationen (Jung 1906/1979, S. 188). Er folgerte, alle Klangreaktionen, auch die von Aschaffenburg bei Ermüdung beschriebenen, seien durch eine Störung der Aufmerksamkeit bedingt. Die von Aschaffenburg beschriebene motorische Erregung sei von untergeordneter Bedeutung, komme aber als Ursache der Aufmerksamkeitsstörung in Betracht (Jung 1906/1979, S. 152).

1.4 Semantisches Priming

Für eine 1971 veröffentlichte Studie führten David E. Meyer und Roger W. Schvaneveldt (Meyer u. Schvaneveldt 1971) zwei Experimente mit Varianten der Wortentscheidungsaufgabe durch. Im ersten Experiment wurden den Probanden gleichzeitig zwei Buchstabenfolgen als Stimuli präsentiert. Die Aufgabe der Versuchspersonen bestand darin, zu entscheiden, ob beide Stimuli Wörter waren oder nicht. In einem zweiten Experiment entschieden die Probanden, ob beide Stimuli gleichartig waren (beide Wörter oder beide Pseudowörter) oder unterschiedlich (der eine Stimulus ein Wort, der andere ein Pseudowort). Von den Wort-Wort-Paaren war die eine

Priming und Ermüdung

Hälfte semantisch verwandt, die andere Hälfte unverbunden. In beiden Experimenten konnten die Versuchspersonen schneller antworten, wenn die Stimuli semantisch verwandt waren.

Als eine mögliche Erklärung dieser Ergebnisse schlugen die Autoren vor, dass das menschliche Langzeitgedächtnis nach semantischen Gesichtspunkten aufgebaut sei, wobei verwandte Wörter dichter beieinanderliegen als unverbundene. Weiterhin vermuten die Autoren, dass, auch wenn beide Stimuli gleichzeitig präsentiert werden, die Wortentscheidungen nacheinander erfolgen, also erst für den einen, dann für den anderen Stimulus. Sie vermuteten nun, dass die Zeit, die benötigt wird, um die zweite Wortentscheidung zu fällen, davon abhängt, wie weit die Lokalisationen für die beiden Stimuli im Langzeitgedächtnis auseinanderliegen. So könnte die Wortentscheidung für den zweiten Stimulus schneller erfolgen, wenn die beiden Stimuli verwandt sind.

Die Autoren nennen zwei Möglichkeiten für den diesem Effekt zugrunde liegenden Mechanismus:

„Spreading excitation“: Das Auslesen von Informationen von einem Speicherort im Langzeitgedächtnis führt zu einer passiven Erregungsausbreitung auf die benachbarten Speicherorte.

„Location shift“: Information kann nur an einem Ort zurzeit ausgelesen werden. Um im Langzeitgedächtnis von einem Speicherort zu einem anderen umzuschalten, wird Zeit benötigt, wobei die erforderliche Zeit vom Abstand der Speicherorte abhängig ist. In diesem Fall entsteht der Primingeffekt, weil das Shifting schneller geht, wenn die Orte näher beieinanderliegen.

Meyer und Schvaneveldt hatten einen semantischen Primingeffekt nachgewiesen. Beide von ihnen genannten Erklärungsansätze („spreading excitation“, „location shift“) wurden in den kommenden Jahren weiter entwickelt und führten zu den Konzepten „automatisches Priming“ und „kontrolliertes Priming“.

Es folgte eine Vielzahl von Studien, die den Einfluss eines semantischen Kontextes auf die Worterkennung untersuchten. Der bahnbrechende semantische Primingeffekt wurde dabei

Priming und Ermüdung

immer wieder repliziert und erwies sich als sehr stabil (Neely 1991 S. 264-273). Das semantische Priming war daher gut geeignet, Priming und die zugrunde liegenden Mechanismen zu untersuchen und dabei auch komplexere Studiendesigns zu implementieren (z. B. Neely 1977, Kiefer u. Brendel 2006, Martens u. Kiefer 2009). Häufig wird zur Erklärung des semantischen Primingeffekts die „spreading-activation theory“ (Collins u. Loftus 1975) herangezogen.

1.5 Modelle zur Informationsverarbeitung

1.5.1 Die „spreading-activation theory“

Quillian entwickelte eine Theorie zur Struktur des menschlichen Langzeitgedächtnisses. Dabei verfolgte er das Ziel, diese Theorie auf den Computer zu übertragen und ein Computerprogramm zu entwickeln, das geschriebene Sprache verstehen kann (Quillian 1967). Ansatzweise gelang ihm dies mit einem Programm, das er „The Teachable Language Comprehender“ nannte (Quillian 1969). Quillians Theorie beschreibt das Langzeitgedächtnis als ein semantisches Netzwerk, in dem Aussagen über die Welt gespeichert sind (Quillian 1969). Dieses Netzwerk besteht aus einer Vielzahl von Knoten und ihren Verbindungen (Quillian 1967).

Quillians Modell sieht zwei Arten von Knoten vor: „type nodes“ und „token nodes“. Letztere werden auch kurz als Tokens bezeichnet. Ein „type node“ repräsentiert einen Begriff. Er ist mit einer Konfiguration aus untereinander vernetzten „token nodes“ verbunden, die gemeinsam die von ihm repräsentierte Bedeutung definieren. Einen „type node“ und die zugehörigen Tokens stellte Quillian sich als Ebene vor. Alle Tokens einer Ebene entsprechen ebenfalls Begriffen, deren Bedeutungen wiederum durch die „token nodes“ anderer Ebenen definiert werden. Jeder „token node“ ist mit dem zugehörigen, seine Bedeutung repräsentierenden „type node“ dieser anderen Ebene verbunden (Quillian 1967).

Zwischen den Knoten einer Ebene gibt es unterschiedliche Qualitäten von Verbindungen, die unterschiedlichen Aussagen über die Beziehung zwischen den von ihnen repräsentierten Begriffen entsprechen. Je nachdem, wie entscheidend die durch die Verbindung gemachte Aussage für die Definition des Begriffs ist, können die Verbindungen unterschiedliche Stärken aufweisen. Jede Verbindung ist unidirektional.

Priming und Ermüdung

Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass ein Knoten A für die Definition eines Knotens B entscheidend sein kann, während Knoten B für die Definition des Knotens A eine untergeordnete Rolle spielt. So ist es für den Begriff „Schweizer Käse“ entscheidend, dass dieser Löcher enthält. Umgekehrt wird der Begriff „Loch“ nicht entscheidend dadurch definiert, dass Löcher in Schweizer Käse enthalten sind. Daher sollte die Verbindung, die vom „Schweizer Käse“-Token auf den „Loch“-Token verweist, stärker sein als die Verbindung, die vom „Loch“-Token auf den „Schweizer Käse“-Token zeigt.

Die 5 Klassen von Verbindungen zwischen den Knoten sind:

1. Unterklasse-zu-Oberklasse-Verbindung (z. B. Haus→Gebäude)
2. Modifikationsverbindung (Adjektiv oder Adverb),
3. Disjunktion (verschiedene (disjunkte) Bedeutungen eines Wortes, Kennzeichnung des Fehlens von Gemeinsamkeiten: Luft→Erde→Wasser),
4. Konjunktion (altes→rotes Haus),
5. offene Kategorie für beliebige andere Beziehungen. Quillian weist darauf hin, dass diese Kategorie notwendig ist, da in Texten unvorhersehbare Beziehungen auftreten können. Quillian löst dieses Problem, indem er zwei „token nodes“ über einen dritten Token miteinander verknüpft, wobei der dritte Token das Verhältnis zwischen den beiden ersten Tokens definiert (Quillian 1967).

Als Struktur des Langzeitgedächtnisses ergibt sich ein umfangreiches, nach semantischen Gesichtspunkten organisiertes Netzwerk. Die Organisation nach semantischen Gesichtspunkten ergibt sich daraus, dass die „type nodes“ über die sie definierenden Tokens miteinander verbunden sind. Das Netzwerk besteht gleichsam aus sich gegenseitig definierenden Begriffen, wobei semantisch verwandte Begriffe benachbart sind.

Der volle Bedeutungsinhalt, den ein „type node“ in diesem Netzwerk repräsentiert – im Gegensatz zu seiner unmittelbaren Bedeutung, die durch seine Ebene definiert ist – ergibt sich, wenn man an allen Knoten und Verbindungen entlangfährt, die von ihm aus erreicht werden können. Dieser Weg führt zunächst zu allen Tokens innerhalb der zum Ausgangsknoten gehörigen Ebene, dann zu allen „type nodes“, die zu diesen Tokens gehören, dann zu allen Tokens, die zu diesen „type nodes“ gehören usw. Dieser Tracingprozess ist erschöpft, wenn alle auf diese Weise erreichbaren Knoten mindestens einmal abgefahren wurden (Quillian 1967).

Priming und Ermüdung

Collins und Loftus (1975) erweiterten Quillians auf die Implementierbarkeit als Computerprogramm ausgerichtete Theorie, um sie auf die Verhältnisse im Gehirn übertragen zu können. Ihre Theorie enthält neben dem nach semantischen Gesichtspunkten aufgebauten Gedächtnis für Begriffe noch ein lexikalisches Netzwerk, in dem Wörter nach phonemischer und orthografischer Ähnlichkeit abgelegt sind. Dieses fungiert als Lexikon für die Bezeichnungen der im semantischen Netzwerk gespeicherten Begriffe. Jeder Knoten im lexikalischen Netzwerk ist mit einem oder mehreren Knoten im semantischen Netzwerk verbunden (Collins u. Loftus 1975).

Wird nun ein Begriff bearbeitet bzw. der für diesen Begriff codierende Knoten in einem solchen Netzwerk aktiviert, breitet sich die Erregung entlang der Verbindungen im Netzwerk aus. Die Erregung an einem aktivierten Knoten klingt nach und nach wieder ab, ist also zeitlich begrenzt. Collins' und Loftus' Theorie sieht vor, dass immer nur ein Begriff zurzeit bearbeitet werden kann, weil die angenommene zentrale Verarbeitungseinheit im menschlichen Gehirn Daten seriell verarbeitet. Das bedeutet, dass die Erregung nur von einem Knoten zurzeit ausgehen kann. Jedoch schreitet die vom Ursprungsknoten ausgehende Erregung parallel weiter fort, zunächst zu den Knoten, mit denen er direkt verbunden ist, und von da aus zu den Knoten, mit denen diese verbunden sind. Die Erregung schwächt sich dabei nach und nach ab, je weiter sie sich vom Ursprungsknoten entfernt. Der Erregungsabfall ist umgekehrt proportional zur Festigkeit der Verbindung, d. h. je fester eine Verbindung ist, desto stärker ist die an den nächsten Knoten übertragene Erregung. Die Erregung an einem Knoten ist in der Theorie Collins' und Loftus' variabel. Sie kann Schwellenwerte über- oder unterschreiten (Collins u. Loftus 1975).

Für das Sprachverständnis ist es wichtig, dass erkannt wird, ob zwei Begriffe zusammenpassen. Dies wird nach der „spreading-activation theory“ wie folgt erreicht: Wenn die sich von einem Knoten ausbreitende Erregung auf einen schon von einem anderen Ursprungsknoten aus voraktivierten Knoten trifft und das Aktivierungsniveau dabei einen Schwellenwert überschreitet, wird eine Verbindung zwischen den beiden Ursprungsknoten registriert. Je mehr Eigenschaften zwei Begriffe gemein haben, d. h. je enger sie verwandt sind, desto mehr Verbindungspfade gibt es zwischen den die Begriffe repräsentierenden Knoten. Ob die beiden Begriffe nach Kontext und Syntax zusammenpassen, wird anhand der verschiedenartigen gefundenen Verbindungen bewertet,

Priming und Ermüdung

wobei sich die Erregung aus den Verbindungspfaden aufsummiert (Collins u. Loftus 1975).

Dies soll anhand eines einfachen Beispiels an der Verarbeitung mehrdeutiger Wörter erläutert werden: Das Wort „Kiefer“ hat unterschiedliche Bedeutungen, je nachdem, in welchem Kontext es gebraucht wird. Die Aktivierung des Knotens für „Kiefer“ im lexikalischen Netzwerk aktiviert zwei Begriffe im semantischen Gedächtnis: Begriff A: „Kiefer“ (Baum) und Begriff B: „Kiefer“(im Mund). Die Erregung breitet sich von den beiden diese Begriffe codierenden Knoten im semantischen Netzwerk aus.

Wird „Kiefer“ im Kontext mit „Nadelbaum“ verwendet, dann besteht im semantischen Netz eine Voraktivierung durch eine sich vom Knoten für „Nadelbaum“ ausbreitende Erregung. Da eine semantische Verwandtschaft zwischen „Nadelbaum“ und Begriff A besteht, wird die vom Begriff A ausgehende Erregung sich auch entlang des Verbindungspfades zwischen den Knoten für Begriff A und „Nadelbaum“ bewegen. Dabei wird sie auf einen von „Nadelbaum“ voraktivierten Knoten treffen. Wenn dabei die Erregung am Treffpunkt über die kritische Schwelle gehoben wird, wird eine Verbindung zwischen Begriff A und „Nadelbaum“ festgestellt. Dies entspricht einem Hinweis, dass die Begriffe zusammengehören und dass Begriff A im aktuellen Kontext passend ist und bei der weiteren Verarbeitung berücksichtigt werden muss. Da Begriff B nicht mit „Nadelbaum“ verwandt ist, gibt es im semantischen Gedächtnis keine direkten Verbindungspfade zwischen diesen Begriffen. Die von Begriff B ausgehende Erregung wird daher nicht auf einen von „Nadelbaum“ voraktivierten Knoten treffen. Es wird keine Verbindung festgestellt.

Wird „Kiefer“ dagegen im Kontext mit „Mund“ gebraucht, dann trifft die vom Begriff B ausgehende Erregungswelle auf eine von „Mund“ ausgehende Voraktivierung. Übertrifft die Aktivierung am Treffpunkt die kritische Schwelle, wird eine Verbindung zwischen den Knoten für „Mund“ und Begriff B detektiert. Diese Verbindung liefert einen Hinweis darauf, dass der Begriff „Kiefer“ im Sinne des Kiefers im Mund gemeint ist.

Anhaltspunkte dafür, welcher Begriff relevant ist, können sich auch aus der Syntax ergeben. Der Satz „Die Kiefer ist Apfelsaft“ lässt aus dem Kontext heraus keine Rückschlüsse zu, ob mit „Kiefer“ Begriff A oder Begriff B gemeint ist. Obwohl die

Priming und Ermüdung

Aussage unsinnig ist, weiß man aber sofort, dass „Kiefer“ in diesem Fall einen Baum bezeichnet. Das Verb „ist“ verlangt ein Subjekt im Singular. Da der Artikel des Nominativ Singulars für „Kiefer“ im Sinne von Baum „Die“ und für den im Mund befindlichen „Kiefer“ „Der“ lautet, muss Begriff A gemeint sein. Im ebenso unsinnigen Satz „Die Kiefer sind Apfelsaft“ versteht man „Kiefer“ im Sinne von Kiefer im Mund, weil das Verb „sind“ ein Subjekt im Plural verlangt.

Primingeffekten liegt diesem Modell zufolge derselbe Erregungsausbreitungsprozess zugrunde. Erreicht die sich vom den Prime repräsentierenden Knoten ausbreitende Erregungswelle über die zwischen den Knoten für semantisch relatierte Begriffe bestehenden Verbindungspfade den das Target repräsentierenden Knoten, dann hebt das dessen Erregungsniveau vorübergehend an. Je enger Prime und Target inhaltlich verwandt sind, desto mehr Verbindungspfade gibt es zwischen ihnen und desto stärker fällt diese Voraktivierung aus. Die Voraktivierung macht den das Target repräsentierenden Knoten empfindlicher für eine den Schwellenwert überschreitende Aktivierung. Es wird weniger zusätzliche Erregung und deshalb weniger Zeit benötigt, um das Erregungsniveau am Targetknoten über die Schwelle zu heben und die Erregung bleibt länger oberhalb der Schwelle. Die weitere Verarbeitung des Knotens wird beschleunigt und begünstigt. Die Wortentscheidung wird erleichtert und kann schneller erfolgen (Collins u. Loftus 1975).

1.5.2 Automatische und strategische Prozesse

Einen weiteren Mechanismus, der Primingeffekten in Wortentscheidungsaufgaben zugrunde liegt, beschreiben Posner und Snyder (1975). Die Autoren unterscheiden zwischen automatischen Aktivierungsprozessen, denen eine Erregungsausbreitung im Sinne der „spreading-activation theory“ zugrunde liegt und kontrollierten, an bewusste Aufmerksamkeit gebundenen Prozessen. Die automatische Verarbeitung läuft ohne Intention, ohne bewusst zu werden und ohne Interferenzen mit anderen mentalen Aktivitäten ab (Posner u. Snyder 1975, S. 56).

Den kontrollierten Prozessen liegt den Autoren zufolge ein dem Gehirn innewohnender Mechanismus zugrunde, der bewusst auf unterschiedliche Arten von Aktivitäten gerichtet werden kann. Das können z. B. bestimmte Strukturen im Gedächtnis sein oder ein bestimmter Inputkanal. Dieser Mechanismus der bewussten Aufmerksamkeit verfügt über eine nur begrenzte Kapazität. Seine Beschäftigung mit einer Aufgabe verringert die

Priming und Ermüdung

Ressourcen, die anderen Aufgaben zur Verfügung gestellt werden können (Posner u. Snyder 1975, S. 64). Eine wichtige Funktion dieses Mechanismus könnte auch die Erzeugung von Hemmungen sein. Diese könnten entstehen, indem durch Fokussierung der Aufmerksamkeit auf manche Operationen andere unterdrückt werden, weil für sie keine Ressourcen mehr zur Verfügung gestellt werden können (Posner u. Snyder 1975, S. 65).

Neely beschreibt anhand von „expectancy-based priming“ ein einfaches und plausibles Beispiel für einen kontrollierten Prozess: Wörter werden bei visueller Präsentation aufgrund visueller Eigenschaften erkannt. Wenn vor dem zu erkennenden Targetwort ein Primewort präsentiert wird, generieren die Versuchspersonen ein „expectancy set“, das aus dem Prime verwandten, potenziellen Targets besteht. Es findet ein Abgleich zwischen den visuellen Eigenschaften des Targets und den visuellen Eigenschaften der im „expectancy set“ enthaltenen potenziellen Targets statt. Dies ist ein aufmerksamkeitsgebundener Prozess, wobei die visuellen Eigenschaften der im „expectancy set“ enthaltenen Kandidaten seriell mit den visuellen Eigenschaften des Targets abgeglichen werden. Dieser Prozess ist selbst-terminierend. Wenn das Target im „expectancy set“ enthalten ist, wird es so erkannt. Wenn das Target nicht im „expectancy set“ enthalten ist, muss es aufgrund einer Analyse seiner visuellen Eigenschaften erkannt werden Neely (1991, S. 300). Dieses Beispiel zeigt auch, dass kontrollierte Prozesse nicht immer von Vorteil sein müssen. Wenn das Target nicht im „expectancy set“ enthalten ist, läuft der kontrollierte Prozess ohne Nutzen ab und verlängert die Worterkennung um seine Dauer.

Automatische und kontrollierte Prozesse haben auch einen unterschiedlichen zeitlichen Ablauf von Primingeffekten zur Folge. Posner und Snyder (1975) zufolge bewirken automatische Prozesse, die auf einer einfachen und schnellen Erregungsausbreitung beruhen und deshalb wenig Zeit benötigen, ausschließlich Bahnungen. Sie treten schon bei kurzer SOA auf. Kontrollierte Prozesse, die eine bewusste Hinwendung zum Prime verlangen und davon abhängig sind, welchen Nutzen die Versuchsperson aus dem Prime ziehen will (Intention), sind komplizierter und benötigen mehr Zeit. Kontrollierte Prozesse können sowohl Bahnungen als auch Hemmungen bewirken. Demnach können Bahnungen bei langer und kurzer SOA auftreten, während Hemmungen erst bei längerer SOA auftreten (Posner u. Snyder 1975, S. 67 f.).

Priming und Ermüdung

Eine Bestätigung der Aufmerksamkeitstheorie Posners und Snyders (1975) lieferte ein Experiment Neelys. Er verglich in einem Wortentscheidungsexperiment die Reaktionszeiten für erwartete, aber semantisch nicht verwandte Targets mit solchen für unerwartete, aber semantisch verwandte Targets (Neely 1977). Die Aufmerksamkeitstheorie Posners und Snyders (1975) sagt voraus, dass Erstere kontrolliert verarbeitet werden, Letztere automatisch. Die SOA in Neelys Experiment variierte zwischen 250 ms und 2000 ms (Neely 1977).

Als Primes setzte Neely die Buchstabenfolgen „BIRD“, „BODY“, „BUILDING“ und „xxx“ ein. Das Stimulusmaterial war so konzipiert, dass die Versuchsperson auf den Prime „BIRD“ ein Target aus der Kategorie des Primes erwartete (non-shift), auf die Primes „BODY“ und „BUILDING“ dagegen ein Target aus einer primeverschiedenen Kategorie (shift). Um dies zu erreichen, war Neelys Experiment so konzipiert, dass meistens als Targetwort auf den Prime „BIRD“ die Bezeichnung für eine Vogelart folgte, auf den Prime „BODY“ meistens die Bezeichnung eines Gebäudeteils, auf den Prime „BUILDING“ meistens die Bezeichnung eines Körperteils und auf den neutralen Prime „xxx“ zu gleichen Teilen die Bezeichnung einer Vogelart, eines Gebäudeteils oder eines Körperteils.

Bei einer SOA von 2000 ms waren die Reaktionszeiten für Stimuluspaare vom Typ BIRD – robin (Vogel – Rotkehlchen) kürzer als die für die neutrale xxx-Prime-Bedingung (ein Bahnungseffekt), während die Reaktionszeiten für Stimuluspaare vom Typ BIRD – arm (Vogel – Arm) länger waren als die der neutralen Bedingung (Hemmeffekt). Wenn die SOA kürzer wurde, blieb die Bahnung für Stimuluspaare vom Typ BIRD – robin (Vogel – Rotkehlchen) erhalten, wohingegen die Hemmung auf Stimuluspaare vom Typ BIRD – arm (Vogel – Arm) sich verringerte, bis bei 250 ms SOA keine Hemmung mehr vorhanden war. Bei den Shift-Bedingungen gab es bei einer SOA von 2000 ms eine Bahnung für Stimuluspaare vom Typ BODY – door (Körper – Tür) und eine Hemmung für Stimuluspaare vom Typ Body – sparrow (Körper – Spatz). Diese beiden Effekte nahmen mit der SOA ab, bis bei 250 ms SOA keine Bahnung oder Hemmung mehr bestand. Bei Stimuluspaaren vom Typ BODY – heart (Körper – Herz) gab es eine Hemmung bei 2000 ms, die mit der SOA abnahm, bis bei einer SOA von 250 ms SOA eine Bahnung gemessen werden konnte.

Priming und Ermüdung

Es stellte sich also heraus, dass bei kurzer SOA die semantisch ähnlichen Targets schneller erkannt wurden, was auch dann galt, wenn sie unerwartet waren (automatisches semantisches Priming), bei der langen SOA aber die erwarteten Targets, auch wenn sie nicht semantisch verwandt waren (kontrolliertes „expantancy-based priming“). Weiterhin bestand eine Hemmung durch unerwartete Targets. Diese trat bei den langen SOAs auf und nahm mit kürzer werdender SOA ab. Bei kurzer SOA von 250 ms war keine Hemmung mehr vorhanden. Hier bestätigt sich die Annahme Posners und Snyders, dass Hemmungen nur bei langer SOA auftreten (Neely 1977).

Diese Studie belegt eindrucksvoll die Auffassung Posners und Snyders (1975), derzufolge den Primingeffekten im Wortenscheidungsprozess zwei voneinander abgrenzbare Mechanismen zugrunde liegen: eine schnelle, automatische, ungehemmte Erregungsausbreitung einerseits und ein langsamer, in seiner Kapazität begrenzter, an bewusste Aufmerksamkeit gebundener kontrollierter Mechanismus. Der in der Studie nachgewiesene Hemmeffekt passt ebenfalls zur Auffassung Posners und Snyders (1975), derzufolge Hemmungen nur bei langen SOA auftreten und auf kontrollierte Mechanismen zurückzuführen sind, in diesem Fall auf einen erwartungsbasierten strategischen Primingmechanismus.

1.5.3 Top-down-Kontrolle automatischer Prozesse

Verschiedene Autoren widersprechen der klassischen Einteilung in automatische und kontrollierte Prozesse. So postulierte schon Neumann (1984), dass auch automatische Prozesse davon abhängen, welche Absichten die Versuchsperson verfolgt und worauf sie ihre Aufmerksamkeit richtet. Naccache et al. (2002) schlossen aus ihren Experimenten, dass die kognitiven Prozesse, die beim maskierten Priming stattfinden, entgegen der üblichen Auffassung, nicht automatisch und aufmerksamkeitsunabhängig sein können. Sie hatten eine „number comparison task“ durchgeführt, wobei ihre Versuchspersonen entscheiden sollten, ob eine als Target präsentierte Zahl größer oder kleiner als 5 war, nachdem ein maskierter, nicht bewusst wahrnehmbarer Prime präsentiert worden war. Das Auftreten unbewussten Primings hing davon ab, dass die Aufmerksamkeit auf das Zeitfenster gerichtet wurde, während dessen das Prime-Target-Paar präsentiert wurde. Das Priming verschwand, wenn die Aufmerksamkeit von diesem Zeitfenster weg fokussiert wurde (Naccache et al. 2002). Kiefer, der sich auf diese Autoren bezog, konnte mit seinen

Priming und Ermüdung

Experimenten zum maskierten semantischen Priming belegen, dass auch automatische Prozesse von Aufmerksamkeit, Intention und Task-Set abhängig sind (Kiefer 2007).

In einer Studie zur Aufmerksamkeitsfokussierung unterzog Kiefer seine Probanden einer Wortentscheidungsaufgabe. Zur Feststellung von Primingeffekten zeichnete Kiefer ERPs auf, wobei sich Priming in der N400 ERP zeigte, die ein elektrophysiologischer Indikator für semantisches Priming ist. Dabei bediente er sich einer Cueing-Technik. Ein Cue (Präsentationsdauer 200 ms), der ein kurzes oder ein langes Intervall (200 oder 800 ms) vor der Präsentation des maskierten und daher nicht bewusst wahrnehmbaren Primes präsentiert wurde, lenkte die Aufmerksamkeit des Probanden auf die Stimuli einer Wortentscheidungsaufgabe. Der sich in der N400 zeigende Primingeffekt war am stärksten ausgeprägt, wenn das Cue-Intervall und die SOA kurz waren. Dieses Ergebnis zeigte, dass Aufmerksamkeit auf das Zeitfenster, in dem der maskierte Prime präsentiert wurde, eine Voraussetzung für das Auftreten des Primingeffekts war. Es belegt, dass automatische Prozesse anfällig für Veränderungen der zeitlichen Aufmerksamkeit sind (Kiefer u. Brendel 2006).

In einer weiteren Studie untersuchte Kiefer den Einfluss der Variablen Aufmerksamkeitsressourcen und Task-Set auf automatische Prozesse. Zur Untersuchung der Einflussgröße Aufmerksamkeitsressourcen schaltete Kiefer vor das eigentliche Wortentscheidungsexperiment eine „primary task“ von entweder niedrigem oder hohem Schwierigkeitsgrad, die der Versuchsperson in geringem oder hohem Maße Aufmerksamkeitsressourcen abverlangen sollte. Die einfache „primary task“ bestand darin, dass die VP entscheiden sollte, ob ein präsentiertes Wort einen Großbuchstaben an einer beliebigen Stelle enthielt. Die schwierige bestand darin, dass die VP entscheiden sollte, ob das Wort an der ersten oder der letzten Stelle einen Buchstaben mit offener oder geschlossener Form enthielt. Nach der Antwort auf die „primary task“ erfolgte nach einem Response-Prime-Intervall von 200, 500, 800, oder 1100 ms ein maskierter Prime (33 ms) und nach weiteren 33 ms das Target. Es zeigte sich, dass die Wortentscheidung deutlich schneller gefällt werden konnte, wenn die „primary task“ leicht war. Je größer das Response-Prime-Intervall war, desto schneller konnte die Wortentscheidung gefällt werden. Nach der leichten „primary task“ fiel der semantische Primingeffekt deutlich stärker aus. Der semantische Primingeffekt nach der schwierigen „primary task“ war nicht mehr signifikant. Das semantische Priming wurde demnach abgeschwächt, wenn die

Priming und Ermüdung

„primary task“ schwierig war, also wenn nur wenig Aufmerksamkeitsressourcen zu Verfügung standen (Martens u. Kiefer 2009).

Im zweiten Experiment konnte Kiefer zeigen, dass das Auftreten eines semantischen Primingeffekts in einer Wortentscheidungsaufgabe davon abhing, ob kurz vor der Präsentation des Primes ein Task-Set zur Verarbeitung semantischer Informationen aktiviert wurde. Kiefer erreichte das Einschalten des semantischen Task-Sets durch eine semantische Induktionsaufgabe, wobei die Versuchspersonen entscheiden sollten, ob Stimuluswörter Belebtes oder Unbelebtes bezeichneten. Das semantische Task-Set war noch 500 ms nach Abschluss der Induktionsaufgabe aktiviert. 800 ms nach Abschluss der Induktionsaufgabe verschwand der semantische Primingeffekt. Kiefer erklärte das Verschwinden des Primingeffekts durch einen Rückwärtshemmeffekt, der ein Task-Set hemmt, wenn die Aufgabe abgeschlossen ist. Wurde der Wortentscheidungsaufgabe dagegen eine perzeptive Induktionsaufgabe vorangestellt und die Versuchsperson sollte entscheiden, ob das Wort an der ersten oder der letzten Stelle einen Buchstaben mit offener oder geschlossener Form enthielt, war der semantische Primingeffekt in den ersten Hunderten Millisekunden nach Abschluss der Induktionsaufgabe verschwunden. Später erholte er sich wieder, sodass er bei den längeren Response-Prime-Intervallen von 800 ms und 1100 ms wieder nachweisbar war (Martens u. Kiefer 2009).

Kiefer wertete diese Ergebnisse als Beleg dafür, dass eine semantische Induktionsaufgabe für einige Hundert Millisekunden (Response-Prime-Intervalle 200 ms und 500 ms) semantische Verarbeitungswege öffnet und eine semantische Verarbeitung des maskierten Primes ermöglicht, die in semantischem Priming resultiert (Martens u. Kiefer 2009).

1.5.4 Das „attentional sensitization model“

Das „attentional sensitization model“ (Kiefer u. Martens 2010, Kiefer et al. 2012), beschreibt den Einfluss der Aufmerksamkeit auf unbewusste automatische Prozesse. Es besagt, dass automatische Prozesse nicht ausschließlich bottom-up ablaufen, sondern, wie kontrollierte Prozesse auch, Top-down-Faktoren wie Aufmerksamkeit, Intention und Task-Set unterliegen. Das kognitive System wird entsprechend der Aufgabenrepräsentation konfiguriert. Durch vom aktivierten Task-Set bereitgestellte aufmerksamkeitsgebundene Prozesse werden für die Bewältigung der Aufgabe relevante Verarbeitungswege verstärkt

Priming und Ermüdung

und für das Ziel irrelevante oder störende Verarbeitungswege abgeschwächt, wodurch die „attentional sensitization“ zustande kommt.

Aus dem „attentional sensitization model“ folgt, dass, ähnlich wie bei kontrollierten Prozessen, automatische Prozesse (a) abhängig von Aufmerksamkeitsressourcen sind und (b) einer Top-down-Kontrolle durch die gerade aktive Aufgabenrepräsentation unterliegen. Dennoch können automatische Prozesse von bewusster Wahrnehmung unabhängig sein und unwillkürlich in Gang gesetzt werden (Kiefer u. Martens 2010, Kiefer et al. 2012).

Kiefer gab aufgrund seiner Forschungsergebnisse das Konzept automatischer und kontrollierter Prozesse nicht auf, sondern schlug eine Neudefinition automatischer und kontrollierter Prozesse vor. Er unterscheidet automatische Prozesse, die durch bewusst oder unbewusst wahrgenommene Stimuli hervorgerufen werden können von kontrollierten Prozessen, die ausschließlich auf bewusst wahrgenommene Stimuli hin aktiviert werden. Automatische und kontrollierte Prozesse unterliegen ähnlichen Top-down-Mechanismen. Kiefer unterscheidet dabei präemptive und reaktive Top-down-Kontrolle, wobei die präemptive Kontrolle vor der Stimuluspräsentation greift und automatische und strategische Prozesse betrifft, während die reaktive Kontrolle, die eine Reaktion auf die ablaufende oder abgeschlossene Stimulusverarbeitung ist, sich nur auf strategische Prozesse auswirkt. Automatische Prozesse zeichnen sich also dadurch aus, dass sie nicht durch Top-down-Modulationen beeinflussbar sind, *nachdem* der Prozess gestartet wurde, also für reaktive Kontrolle. Ein einmal angelaufener automatischer Prozess kann nicht mehr korrigiert werden. Im Gegensatz dazu ermöglichen kontrollierte Prozesse eine Top-down-Kontrolle als absichtliche Reaktion auf bereits ablaufende oder schon abgeschlossene Stimulusverarbeitung (Kiefer 2007). Automatische Prozesse zeichnen sich Kiefer zufolge gegenüber kontrollierten dadurch aus, dass sie ohne bewusste Intention in Gang gesetzt werden (Kiefer et al. 2012).

Kiefer postulierte, dass ein übergeordneter Kontrollmechanismus („gating mechanism“) (Kiefer 2007) die Informationsverarbeitung entsprechend den Erfordernissen der zu leistenden Aufgabe reguliert - auch dann, wenn die Stimuluswahrnehmung unbewusst ist und die Verarbeitung automatisch erfolgt. So können unbewusst wahrgenommene Stimuli nur dann spezifische automatische Prozesse triggern, wenn der Gatingmechanismus aufgrund der Informationen über die Aufgabenstellung die entsprechenden

Informationsverarbeitungswege öffnet. Ob ein automatischer Prozess abläuft oder nicht, hängt also von der Konfiguration des kognitiven Systems ab (Kiefer 2007).

1.6 Phonologisches Priming

Studien zum phonologischen Priming wiesen teils auf bahnbrechende Primingeffekte (Meyer et al. 1974, Shulman et al. 1978, Hillinger 1980, Hanson u. Fowler 1987, McNamara u. Healy 1988) teils auf hemmende Primingeffekte hin (Colombo 1986, Bock 1987, Martin u. Jensen 1988). Vor dem Hintergrund dieser uneinheitlichen Ergebnisse zum phonologischen Priming im Wortentscheidungsexperiment untersuchten Peter et al. (1990) in zwei Experimenten die Frage nach phonologischen Primingeffekten mit einer Benennungsaufgabe. Dabei bestand die Aufgabe der Probanden darin, das Target so schnell und genau wie möglich laut vorzulesen. Als Anlass benannten die Autoren insbesondere, dass Marten und Jensen (1988) die Ergebnisse Hillingers (1980) nicht hatten replizieren können. Hillinger (1980) hatte eine von einer grafologischen Ähnlichkeit zwischen Prime und Target unabhängige phonologische Bahnung gefunden, wohingegen Martin und Jensen (1988) - teilweise unter Verwendung desselben Stimulusmaterials - keine phonologische Bahnung fanden, was ebenfalls unabhängig von einer grafologischen Verwandtschaft zwischen Prime und Target galt. Die Autoren nahmen an, dass bei Benennungsaufgaben phonologische Informationen eine größere Rolle spielen als bei Wortentscheidungsaufgaben, sodass phonologische Primingeffekte hier deutlich sichtbar werden müssten. Prime und Target wurden visuell präsentiert. Phonologisch verwandte Prime-Target-Paare waren Reime. Im ersten Experiment wurde der Prime für 500 ms präsentiert. Das Target folgte nach einem Interstimulusintervall von 100 ms und wurde ebenfalls über 500 ms präsentiert. Im zweiten Experiment wurde der Prime über 150 ms präsentiert, das Target folgte ohne Interstimulusintervall und wurde 300 ms lang präsentiert. Die SOA betrug also im ersten Experiment 600 ms, im zweiten Experiment 150 ms. Unabhängig von der SOA war mit dieser Versuchsanordnung weder für grafologisch ähnliche noch für grafologisch unähnliche Prime-Target-Paare ein phonologischer Bahnungseffekt nachweisbar. Peter, Lukatela und Turvey bestätigten damit die Ergebnisse, die Martin und Jensen in ihrem 2. Experiment erhalten hatten (Peter et al. 1990). Als Lukatela und Turvey (1996) die Frage nach einem phonologischen Primingeffekt erneut mit einer Benennungsaufgabe untersuchten, ließ sich ebenfalls kein signifikanter phonologischer Bahnungseffekt nachweisen. Maskierter Prime und Target wurden visuell präsentiert. Die Versuchsperson sollte das Target möglichst schnell und

Priming und Ermüdung

genau laut lesen. Für die kurzen SOAs von 36 ms und 70 ms ergab sich ein phonologischer Hemmeffekt sowohl für grafologische ähnliche als auch für grafologisch unähnliche Reimpaare. Für die längere SOA von 250 ms ergab sich ein nicht signifikanter Trend eines phonologischen Bahnungseffekts (Lukatela & Turvey 1996).

Einer Versuchsreihe Spitzers zufolge ist das Ausmaß des phonologischen Primingeffekts von der Länge der SOA abhängig. Unter Verwendung von 5 SOAs (200 ms, 300 ms, 400 ms, 500 ms und 700 ms) zeigte sich ein linearer Trend, wobei eine Hemmung bei kurzer SOA (200 ms) mit der Länge der SOA abnahm und bei der längsten SOA (700 ms) in eine Bahnung überging. Dieser Befund wurde wie folgt interpretiert: Ein schneller automatischer Hemmeffekt erlaubt zielgerichtete Äußerungen ohne den störenden Einfluss phonologischer Encodierung. Bei der langen SOA zeigt sich ein strategischer phonologischer Bahnungseffekt (Spitzer et al. 1994).

Luce et al. (2000) fanden in einer Studie mit einer Nachsprechaufgabe ebenfalls eine Abhängigkeit des phonologischen Hemmeffekts vom Interstimulusintervall. Die Präsentation von Prime und Target erfolgte akustisch über Kopfhörer. Die Probanden erhielten die Anweisung, das Target so schnell und so genau wie möglich nachzusprechen. Beim kurzen Interstimulusintervall (50 ms) ließ sich ein phonologischer Hemmeffekt nachweisen. Beim langen Interstimulusintervall (500 ms) ließ sich kein Primingeffekt mehr nachweisen.

Norris et al. (2002) kamen aufgrund einer Studie mit je 2 Wortentscheidungsaufgaben und Nachsprechaufgaben zu dem Schluss, dass phonologische Bahnungseffekte zumindest zum Großteil strategischer Natur sind. Das Stimulusmaterial ihrer Experimente bestand aus je 48 reimenden und nicht reimenden Wort-Wort-Paaren und je 48 reimenden und nicht reimenden Wort-Pseudowort-Paaren. Zusätzlich wurden 96 Füllpaare eingefügt, die nicht in die Auswertung eingingen und als Target je zur Hälfte Wörter und Pseudowörter enthielten. Wenn die Füllpaare zur Hälfte als irreführende Prime-Target-Paare so gestaltet wurden, dass eine inkorrekte Antwort zustande kam, wenn ein Reim erwartet und das Target nicht zu Ende gelesen wurde (Bulk-sulsh, Film-kilt), verringerte sich der Primingeffekt im Wortentscheidungstest deutlich von 58 ms auf 10 ms und war nicht mehr signifikant. In der Nachsprechaufgabe war der phonologische Primingeffekt dagegen deutlich geringer ausgeprägt und es ergab sich keine signifikante Veränderung des

Priming und Ermüdung

phonologischen Primingeffekts durch irreführende Prime-Target-Paare. Der Primingeffekt betrug 27 ms ohne irreführende Paare und 16 ms mit irreführenden Paaren. Der Einsatz irreführender Prime-Target-Paare (foil-trials) veränderte demnach die Strategie im Wortentscheidungstest, aber nicht in der Nachsprechaufgabe. Die Autoren schlossen daraus, dass im Wortentscheidungstest andere Primingmechanismen eine Rolle spielen als in der Nachsprechaufgabe. Der Primingeffekt in Wortentscheidungsaufgaben sei zumindest weitgehend kontrollierter Natur, in Nachsprechaufgaben zumindest weitgehend nicht kontrollierter Natur, sondern ein automatischer und prälexikalischer Prozess. Ihrer Interpretation zufolge erwarteten die Versuchspersonen in der Wortentscheidungsaufgabe ohne die irreführenden Paare, dass reimende Targets Wörter sind. Wenn das Experiment durch „foil-trials“ so abwandelt wurde, dass diese Strategie nicht Erfolg versprechend war, verlor sich der Primingeffekt weitgehend und war nicht mehr signifikant (Norris et al. 2002).

Um einen Beitrag zur Erklärung der widersprüchlichen Ergebnisse früherer Studien zu leisten, in denen der phonologische Hemmeffekt nicht durchgängig replizierbar gewesen war, untersuchten Dufour und Peereman den Zusammenhang von Prime-Target-Übereinstimmung und inhibitorischen Primingeffekten in einer Nachsprechaufgabe. In ihren Experimenten variierten die Wortlängen und die Anzahl der bei Prime und Target übereinstimmenden Phoneme. Die phonologische Übereinstimmung von Prime und Target betraf immer den Wortanfang. Bei einer Länge von einer Silbe mit drei Phonemen ließ sich ein signifikanter Hemmeffekt schon nachweisen, wenn die ersten beiden Phoneme übereinstimmten. Bei einer Länge von einer Silbe mit vier Phonemen kam ein signifikanter phonologischer Hemmeffekt zustande, wenn die ersten drei Phoneme übereinstimmten, jedoch nicht, wenn nur die ersten beiden Phoneme gleich waren. Bei einer Länge von zwei Silben und fünf Phonemen ergab sich eine signifikante Hemmung, wenn die ersten vier, aber nicht, wenn nur die ersten drei Phoneme übereinstimmten. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass das Zustandekommen eines inhibitorischen phonologischen Primingeffekts nicht ausschließlich von der Anzahl der gemeinsamen Phoneme abhängt, sondern auch von der Zahl der unterschiedlichen Phoneme und möglicherweise vom Verhältnis von gemeinsamen und unterschiedlichen Phonemen (Dufour u. Peereman 2003).

Priming und Ermüdung

Um die flüchtige Natur des phonologischen Bahnungseffekts in Primingexperimenten zu erklären, untersuchten Holyk und Pexman (2004) den Einfluss individueller Unterschiede zwischen den Versuchspersonen. Bevor sie ihre Probanden einer Wortentscheidungsaufgabe mit visueller Präsentation von Prime und Target unterzogen, untersuchten sie deren Wahrnehmungsfähigkeit und ihre phonologische Kompetenz. Die Wahrnehmungsfähigkeit testeten sie mit einer Reihe von Aufgaben, bei denen die Probanden so schnell und genau wie möglich angeben sollten, ob links auf dem Bildschirm dargestellte Symbole in einer rechts auf dem Bildschirm präsentierten Reihe von Symbolen enthalten waren. Die phonologische Kompetenz bewerteten sie anhand einer Pseudowort-Benennungsaufgabe, wobei die Genauigkeit und Schnelligkeit beim Vorlesen von Pseudowörtern gemessen wurde. Es stellte sich heraus, dass das Zustandekommen eines phonologischen Bahnungseffekts von diesen Fähigkeiten abhängig war. In einem Wortentscheidungstest mit einer SOA von 15 ms zeigte sich nur für die Gruppe der Probanden mit hoher Wahrnehmungsfähigkeit und hoher phonologischer Kompetenz ein phonologischer Bahnungseffekt. Die Autoren schlossen daraus, dass die Auswahl der Versuchspersonen eine mögliche Ursache für die widersprüchlichen Ergebnisse verschiedener Studien mit z. T. identischem Stimulusmaterial sein könnte (Holyk u. Pexman 2004).

1.7 Fragestellungen

Während der bahnende semantische Primingeffekt als gesichert gelten kann, kamen Studien zum phonologischen Priming zu unterschiedlichen, teils widersprüchlichen Ergebnissen. Es wurden sowohl Bahnungen als auch Hemmungen nachgewiesen. Spitzer et. al. (1994) kamen zu dem Ergebnis, dass der phonologische Primingeffekt einem zeitlichen Verlauf unterliegt, wobei ein bei kurzer SOA auftretender automatischer Hemmeffekt mit zunehmender SOA abklingt und schließlich bei langer SOA in einen kontrollierten Bahnungseffekt übergeht.

Die Untersuchungen Aschaffenburgs zeigten, dass Ermüdung im Assoziationsversuch phonologische Assoziationen auf Kosten semantischer Assoziationen begünstigt (Aschaffenburg 1899, S. 49). Während Aschaffenburg diese Veränderung noch mit einer unter Ermüdung erhöhten motorischen Aktivität erklärte (Aschaffenburg 1899, S. 64), führte Jung sie auf eine durch Ermüdung gestörte Aufmerksamkeit zurück (Jung 1906/1979, S. 152). Passend dazu hatten Studien Kiefers (Martens u. Kiefer 2009, Kiefer

Priming und Ermüdung

u. Martens 2010) eine Abhängigkeit semantischer Primingeffekte von Aufmerksamkeitsressourcen nachgewiesen, wobei ein semantischer Primingeffekt bei verminderten Aufmerksamkeitsressourcen geringer ausfiel.

Während nach Posners und Snyders Aufmerksamkeitstheorie (1975) nur kontrollierte Prozesse aufmerksamkeitsabhängig sind, sind dem „attentional sensitization model“ (Kiefer u. Martens 2010, Kiefer et al. 2012) zufolge auch kontrollierte Prozesse von in ihrer Kapazität begrenzten Aufmerksamkeitsressourcen abhängig. Die Studien Aschaffenburgs (1899) und Jungs (1906/1979), die Aufmerksamkeitstheorie Posners und Snyders (1975) und das „attentional sensitization model“ (Kiefer u. Martens 2010, Kiefer et al. 2012) machen also unterschiedliche Aussagen darüber, wie sich Ermüdung auf Priming auswirkt. Die Untersuchungen Jungs, wonach unter Ermüdung vermehrt phonologische Assoziation auf Kosten semantischer Assoziationen auftreten, lassen unter Ermüdung eine phonologische Bahnung und eine semantische Hemmung oder die Zunahme phonologischer Bahnungs- und semantischer Hemmungseffekte erwarten. Nach der Aufmerksamkeitstheorie Posners und Snyders können nur die bei der langen SOA auftretenden kontrollierten Prozesse einem Einfluss durch Ermüdung ausgesetzt sein, wobei eine Verringerung der kontrollierten Prozesse zu erwarten wäre. Nach dem „attentional sensitization model“ können sowohl automatische als auch kontrollierte Prozesse von einem Einfluss der Ermüdung betroffen sein, sodass mit einer Abschwächung von Primingeffekten bei beiden SOAs zu rechnen ist.

Die vorliegende Studie untersuchte den Einfluss der Variablen SOA und Vigilanz im Wortentscheidungstest, um vor dem Hintergrund dieser unterschiedlichen Vorhersagen der Frage nachzugehen, wie sich Ermüdung auf semantisches und phonologisches Priming auswirkt. Lässt sich der von Aschaffenburg und Jung im Assoziationsversuch gewonnene Befund, dass unter Ermüdung bzw. unter herabgesetzter Aufmerksamkeit eine Begünstigung phonologischer Assoziationen auf Kosten der semantischen auftritt, auf das Wortentscheidungsexperiment übertragen? Lässt sich ein Einfluss von Ermüdung nur bei der langen SOA nachweisen, weil automatische Prozesse nicht aufmerksamkeitsabhängig sind? Oder findet sich auch bei der kurzen SOA ein Einfluss der durch Ermüdung verminderten Aufmerksamkeitsressourcen und damit ein Hinweis auf eine aufmerksamkeitsgebundene Top-down-Modulation auch automatischer Prozesse?

Priming und Ermüdung

Weiterhin sollten durch Untersuchung der Einflussgrößen SOA und Vigilanz Rückschlüsse auf die Genese der im Wortentscheidungsexperiment auftretenden Primingeffekte gezogen werden und es sollte überprüft werden, ob sich der von Spitzer et al. (1994) festgestellte zeitliche Verlauf phonologischer Primings mit Hemmung bei kurzer und Bahnung bei langer SOA replizieren lässt.

1.8 Hypothesen

Infolge automatischer und kontrollierter semantischer Primingeffekte lässt sich bei der kurzen und bei der langen SOA ein semantischer Primingeffekt nachweisen. Unter durch Ermüdung gestörter Aufmerksamkeit ist der semantische Primingeffekt entweder nur bei der langen SOA verringert, weil entsprechend der Aufmerksamkeitstheorie Posners und Snyders (1975) die bei kurzer SOA auftretenden automatischen Prozesse nicht aufmerksamkeitsabhängig sind. Oder es tritt zusätzlich eine Verringerung des semantischen Primingeffekts bei der kurzen SOA auf, weil entsprechend dem „attentional sensitization model“ Kiefers und Martens' auch automatische Prozesse von durch Ermüdung reduzierten Aufmerksamkeitsressourcen betroffen sind.

Wie bei Spitzer et al. (1994) tritt bei der kurzen SOA ein automatischer phonologischer Hemmeffekt auf, bei der langen SOA ein strategischer phonologischer Bahnungseffekt. Unter Ermüdung verringert sich bei der langen SOA der aufmerksamkeitsabhängige strategische Bahnungseffekt. Bei der kurzen SOA bleibt der phonologische Hemmeffekt entweder als automatischer und deshalb nach der Aufmerksamkeitstheorie Posners und Snyders (1975) aufmerksamkeitsunabhängiger Prozess unbeeinflusst oder es tritt entsprechend dem „attentional sensitization model“ eine Verringerung der Hemmung auf, weil auch automatische Prozesse von der Reduktion der Aufmerksamkeitsressourcen beeinträchtigt werden.

Alternativ könnte man annehmen, dass sich Aschaffenburgs und Jungs Befund einer Zunahme von Klangassoziationen auf Kosten semantischer Assoziationen unter Ermüdung auch im Wortentscheidungsexperiment zeigt. Das hätte unter Ermüdung eine Schmälerung des phonologischen Hemmeffekts und eine Zunahme des phonologischen Bahnungseffekts sowie eine Abnahme des semantischen Primingeffekts zur Folge. Dass der phonologische Bahnungseffekt unter durch Ermüdung reduzierter Aufmerksamkeit zunimmt, erscheint allerdings vor dem Hintergrund der Aufmerksamkeitstheorie Posners und Snyders (1975)

Priming und Ermüdung

wie auch vor dem Hintergrund des „attentional sensitization“-Modells Kiefers und Martens´ unwahrscheinlich.

2 Material und Methoden

2.1 Probanden

Die 51 Versuchspersonen, die sich an der vorliegenden Studie beteiligten, waren zwischen 19 und 60 Jahre alt. Der arithmetische Altersdurchschnitt lag bei 38,0 Jahren. Unter den 25 weiblichen und 26 männlichen Testpersonen fanden sich ein Linkshänder und 50 Rechtshänder. Entsprechend dem deutschen dreigliedrigen Schulsystem lässt sich das Probandenkollektiv nach dem Bildungsgrad in drei Gruppen einteilen. Die 8 Versuchspersonen mit Hauptschulabschluss waren Handwerker und Büroangestellte. Die 28 Probanden mit mittlerer Reife waren Handwerker, Büroangestellte sowie Krankenschwestern und Krankenpfleger. Von den 15 Testpersonen mit Abitur waren 5 Studentinnen und Studenten, die übrigen 10 waren Ärztinnen und Ärzte, Ingenieure und Lehrer sowie Krankenschwestern und Krankenpfleger von Beruf. 26 der 51 Versuchspersonen waren als Nachtarbeiter in der Krankenpflege tätig (Pflegepersonal, Studenten) oder waren bereit, für die Studie eine Nacht zu durchwachen.

Einschlusskriterien waren normaler oder korrigierter Visus und deutsche Muttersprache, Ausschlusskriterien Alkohol- und Drogenmissbrauch, Medikamenteneinnahme und übermäßiger Kaffeegenuss sowie psychische und neurologische Erkrankungen.

2.2 Versuchsaufbau

2.2.1 Hardware

Die Experimente wurden auf einem Apple Macintosh Classic Mikrocomputer mit MC68000-Prozessor und 9-Zoll-Schwarz-Weiß-Bildschirm (diagonal 512 x 342 Pixel Bitmap-Anzeige) durchgeführt.

2.2.2 Software

Die Präsentation der Stimuli in ihrer Reihenfolge und der zeitliche Ablauf der Experimente wurden vom Programm MacLab gesteuert. Die Antworten und die Reaktionszeiten der Probanden wurden ebenfalls vom Programm MacLab registriert und gesammelt. Die statistische Auswertung dieser Daten erfolgte mithilfe des Statistikprogramms QuickStat 1.03. Zur Erstellung der Bildschirmgrafik diente das Programm FullPaint 1.0.

Priming und Ermüdung

2.2.3 *Stimulusmaterial*

Das Stimulusmaterial enthält ausschließlich deutsche Wörter und Pseudowörter, die von den durchgehend Deutsch als Muttersprache beherrschenden Versuchspersonen entsprechend den Regeln der deutschen Sprache gelesen werden. Wenn Wortentscheidungsaufgaben mit visueller Präsentation der Stimuluswörter in Sprachen durchgeführt werden, deren Rechtschreibung eng an die Aussprache angelehnt ist, ergibt sich eine gewisse Schwierigkeit daraus, dass phonologische Effekte sich nicht von orthografischen abgrenzen lassen. Dies gilt auch für die vorliegende Studie. Einer Annahme der „spreading-activation theory“ zufolge ist das lexikalische Netzwerk jedoch nach phonologischen und orthografischen Zusammenhängen aufgebaut. Demnach werden beide Aspekte in demselben Netzwerk berücksichtigt und phonologische und orthografische Zusammenhänge nach denselben Regeln verarbeitet.

Aus deutschen Wörtern und Pseudowörtern wurden Prime-Target-Paare gebildet. Dabei wurde bei den deutschen Wörtern auf Geläufigkeit geachtet. Alle Pseudowörter sind problemlos aussprechbar. Je nach Beziehung zwischen Prime und Target lassen sich 5 Kategorien von Prime-Target-Paaren unterscheiden (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Einteilung der Prime-Target-Beziehungen. Der in der Spalte „Anzahl“ verzeichnete Wert gibt an, wie oft die jeweilige Bedingung unter den 108 in die Wertung einbezogenen Paaren einer Stimulusliste enthalten ist.

Prime-Target-Beziehung	Beispiel	Anzahl
Semantische Verwandtschaft	Licht - Schatten	21
Reim	kalt - bald	12
Wort - unverbundenes Wort	Schnur - Wort	21
Wort - Pseudowort	Baum - Täcker	42
Wort - reimendes Pseudowort	Wagen - Flagen	12

Das Stimulusmaterial wurde so auf 8 Listen 1a - 4b verteilt, dass jedem Probanden ohne Wiederholung eines Prime-Target-Paares bis zu 4 Listen zugeteilt werden konnten. Je zwei Listen a und b enthalten dabei dieselben Targets in unterschiedlicher Zusammensetzung. Die Liste a enthält die Reimwörter aus der Liste b in der unverbundenen Bedingung, und Liste b enthält die Reimwörter aus Liste a in der unverbundenen Bedingung. Die übrigen Wortpaare in den Listen a und b sind identisch (s. Tabelle 2). Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, ist die Grundgesamtheit der in der unverbundenen Bedingung eingesetzten Targets aus arithmetischen Gründen größer als die der in der Reimbedingung eingesetzten

Priming und Ermüdung

Targets. In der unverbundenen Bedingung sind also weitere Targets eingesetzt, die nicht in der Reimbedingung verwendet werden. Diese Targets sind in Liste a und b dieselben. Die Probanden erhielten von jeder Liste entweder nur die Version a oder nur die Version b. Jede der 8 Stimuluslisten enthielt 113 Prime-Target-Paare, wovon die ersten 5 als Übungspaare jede der 5 Bedingungen einmal enthielten und nicht in die Auswertung einbezogen wurden. Zusätzlich wurde eine Übungsaufgabe aus 26 Wortpaaren zusammengestellt, die alle 5 Bedingungen enthielt und dazu diente, die Versuchspersonen mit der Aufgabenstellung vertraut zu machen. Auch die Übungsaufgabe wurde nicht in die Auswertung einbezogen.

Tabelle 2: Die Tabelle veranschaulicht, wie die in den Listen 1a – 4a in der Reimbedingung eingesetzten Targets in den Listen 1b – 4b in der unverbundenen Bedingung verwendet wurden und umgekehrt.

Liste a:

Prime-Target-Beziehung	Beispiel
Semantische Verwandtschaft	Licht Schatten
Reim	kalt bald
unverbunden	Schnur Wort
Wort – Pseudowort	Baum Täcker
Wort - Reim-Pseudowort	Wagen Flagen

Liste b:

Prime-Target-Beziehung	Beispiel
Semantische Verwandtschaft	Licht Schatten
Reim	Sport Wort
unverbunden	Schnur bald
Wort – Pseudowort	Baum Flagen
Wort - Reim-Pseudowort	Bäcker Täcker

Jede Liste enthielt als Targets gleich viele Wörter und Pseudowörter. Um eine Antwortstrategie zu vermeiden, die einen Zusammenhang zwischen phonologischer Prime-Target-Beziehung und der Wahrscheinlichkeit, dass das Target ein Wort ist, ausnutzt, enthielt jede Liste auch gleich viele reimende Wörter und reimende Pseudowörter als Targets.

Die Wortlisten wurden den Versuchspersonen folgendermaßen zugeteilt: Die 26 Nachtarbeiter erhielten vier Listen: vor und nach der durchwachten Nacht je eine Aufgabe mit 200 ms und eine mit 700 ms SOA. Die übrigen Versuchspersonen erhielten eine Aufgabe mit 200 ms und eine mit 700 ms SOA.

2.3 Versuchsablauf

Alle Versuche fanden in einem separaten und ruhigen Raum statt. Zugewesen waren nur die Versuchsperson und der Versuchsleiter. Den Probanden wurde erklärt, ihnen würden auf dem Computerbildschirm Wortpaare gezeigt. Ihre Aufgabe bestehe darin, jeweils das erste Wort zu lesen und dann möglichst schnell und korrekt zu entscheiden, ob die zweite Buchstabenfolge ein deutsches Wort sei oder ein Fantasiewort. Anhand der Übungsaufgabe aus 26 Prime-Target-Paaren wurden die Probanden in den Umgang mit Tastatur und Maus eingeführt. Es wurde ihnen erklärt, wie sie mit Zeige- und Mittelfinger einer Hand die „N“-Taste für Pseudowort oder die mit „J“ überklebte „B“-Taste für Wort betätigen konnten. Die Rechtshänder legten den Zeigefinger der rechten Hand auf die überklebte „B“-Taste und den Mittelfinger auf die „N“-Taste. Der Linkshänder benutzte den linken Zeigefinger für „N“ und den linken Mittelfinger für „J“. Die jeweils andere Hand diente dazu, per Mausklick das nächste Wortpaar aufzurufen.

Vor dem Aufrufen des Wortpaares war der Bildschirm leer. Nach Drücken der Maustaste erschien in der Mitte des Bildschirms für 700 ms ein Fixationspunkt. Es folgte für 200 ms die Darbietung des Primewortes. Anschließend wurde der Bildschirm leer. Nach einem Interstimulusintervall von 0 ms oder 500 ms folgte dann das Target. Prime und Target erschienen in der Schriftart Geneva in einer Größe von 18 Punkt zentriert um den vorausgegangenen Fixationspunkt. Nach der Antwort des Probanden wurde der Bildschirm wieder leer. Durch erneutes Drücken der Maustaste konnte das nächste Wortpaar aufgerufen werden.

Dieser Ablauf ist in der auf der folgenden Seite befindlichen Abb. 1 in Form eines Flussdiagramms dargestellt.

Priming und Ermüdung

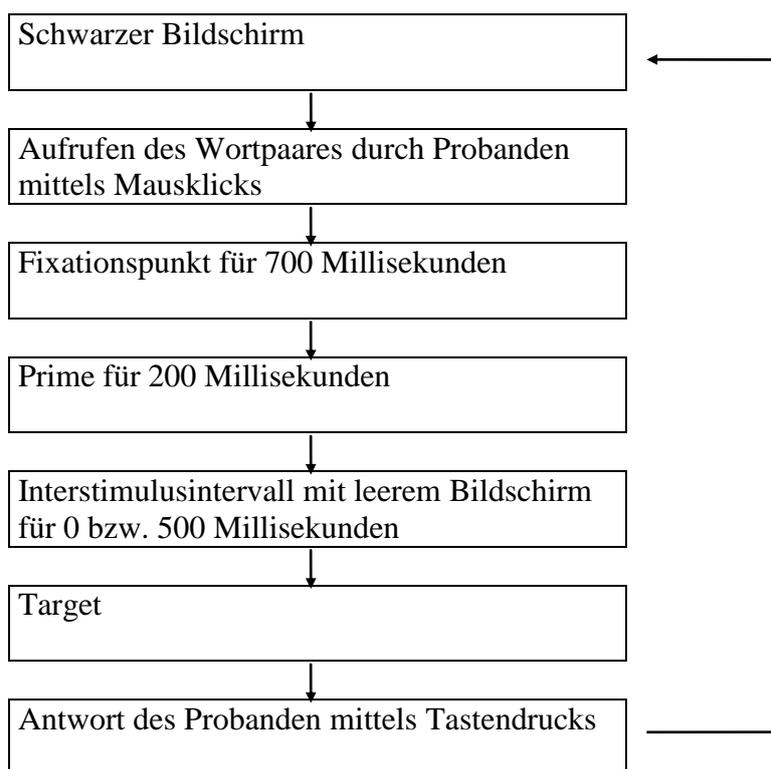


Abb. 1: Flussdiagramm zum Versuchsablauf

Jeder Proband bearbeitete zu Beginn die Übungsliste. Zusätzlich war in jeder Stimulusliste ein Vorlauf von 5 Übungspaaren enthalten, um zu gewährleisten, dass die Probanden sich nach der kleinen Pause, in der die nächste Liste geladen wurde, wieder in die Aufgabe einfinden und auf das veränderte Interstimulusintervall einstellen konnten. Die erste Sitzung beinhaltete die Anleitung des Probanden inklusive der Übungsaufgabe und dauerte etwa 25 Minuten. Der Zeitbedarf für die zweite Sitzung betrug etwa 20 Minuten.

Eine Sitzung bestand aus einer Einführung, dem Übungsexperiment und dem Bearbeiten der beiden Stimuluslisten mit je einem Interstimulusintervall:

- 1) Anleitung des Probanden
- 2) Übungsaufgabe aus 26 Paaren
- 3) erste Aufgabe mit dem einen Interstimulusintervall
- 4) zweite Aufgabe mit dem anderen Interstimulusintervall

Nur für Nacharbeiter nach der durchwachten Nacht:

- 5) dritte Aufgabe mit dem einen Interstimulusintervall
- 6) vierte Aufgabe mit dem anderen Interstimulusintervall

2.4 Auswertung

In die Analyse der Reaktionszeiten wurden nur korrekte Entscheidungen einbezogen. Individuell für jede Versuchsperson wurden überlange Reaktionszeiten von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Die Obergrenze war das Doppelte der mittleren Reaktionszeit. Werte aus den verschiedenen Prime-Target-Beziehungen, SOAs und Wachtheitsgraden wurden getrennt behandelt. Nach Anwendung dieses Ausschlusskriteriums wurden - weiterhin getrennt nach Prime-Target-Beziehung, SOA und Vigilanz - die mittleren Reaktionszeiten und Fehlerquoten für jeden Probanden berechnet. Durch Subtraktion der mittleren Reaktionszeiten für semantisch verwandte Wörter von denen für die Kontrollbedingung ergaben sich für jeden Probanden die semantischen Primingwerte, durch Subtraktion der mittleren Reaktionszeiten für phonologisch verwandte Wörter von denen für die Kontrollbedingung die phonologischen Primingwerte. Analog wurden Differenzen zwischen den mittleren Fehlerquoten in der Kontrollbedingung und für semantisch verwandte Wörter bzw. phonologisch ähnliche Wörter gebildet, um den Einfluss der Prime-Target-Beziehung auf die Korrektheit der Wortentscheidung zu untersuchen.

Auf der Grundlage dieser probandenbezogenen Mittelwerte wurden folgende, das gesamte Probandenkollektiv betreffende Werte berechnet:

- Mittelwerte und Standardabweichungen für Reaktionszeiten und Fehlerquoten
- mittlere semantische Primingwerte und Standardabweichungen
- mittlere phonologische Primingwerte und Standardabweichungen
- Differenz der mittleren Fehlerraten zwischen semantischer/phonologischer Bedingung und Kontrollbedingung

Die Reaktionszeiten für die in unterschiedlichen Listen sowohl in der Reim- als auch in der Kontrollbedingung verwendeten Reimwörter wurden noch einer weiteren Analyse unterzogen. Nach Anwendung des Ausschlusskriteriums wurden diesmal die Reaktionszeiten der verschiedenen Probanden für jedes Wort gemittelt, anstatt wie zuvor die Reaktionszeiten der verschiedenen Wörter für jeden Probanden. Da jedes dieser Wörter in der Reim- und in der unverbundenen Bedingung, mit 200 und 700 ms SOA sowie bei wachen und ermüdeten Probanden eingesetzt wurde, erhält man für jedes Wort acht mittlere Reaktionszeiten. Durch Subtraktion der mittleren Reaktionszeiten für die

Priming und Ermüdung

Reimbedingung von den mittleren Reaktionszeiten für die unverbundene Bedingung erhält man je Target 4 phonologische Primingwerte.

3 Ergebnisse

3.1 Ausschluss überlanger Reaktionszeiten

Durch das Ausschlusskriterium wurden 0 bis 5 %, im Mittel 1 % aller Reaktionszeiten eines jeden Probanden ausgeschlossen.

3.2 Listen- und Reihenfolge-Effekte

3.2.1 Listeneffekte

Um zu prüfen, ob ein Zusammenhang zwischen der jeweils bearbeiteten Liste und der mittleren Reaktionszeit oder Fehlerquote besteht, wurden einfaktorielle Varianzanalysen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass weder hinsichtlich der Reaktionszeiten noch hinsichtlich der Fehlerraten ein signifikanter Unterschied zwischen den acht Stimuluslisten bestand. Für die Reaktionszeiten ergeben sich die Werte $F(7,94) = 1.28$, $p = 0.27$ bei den wachen und $F(7,44) = 1.44$, $p = 0.21$ bei den ermüdeten Versuchspersonen. Für die Fehlerquoten erhält man die Werte $F(7,94) = 1.57$, $p = 0.15$ (wach) und $F(7,44) = 1.21$, $p = 0.32$ (müde). Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Reaktionszeiten und prozentualen Fehlerzahlen für die acht Listen sind in den Tabellen 3 und 4 zusammengestellt.

Tabelle 3: Liste und Reaktionszeit: Nach wachen und müden Versuchspersonen getrennt sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Reaktionszeiten für die verschiedenen Stimuluslisten aufgeführt. Die Angabe erfolgt in Millisekunden (ms).

	wach		müde	
Liste	Mittelwert (ms)	Standardabweichung	Mittelwert (ms)	Standardabweichung
1a	785	136	707	152
1b	732	156	832	105
2a	764	168	934	298
2b	781	181	688	149
3a	793	148	757	109
3b	862	199	742	211
4a	904	225	722	118
4b	827	173	703	136

Tabelle 4: Liste und Fehlerrate: Nach wachen und müden Versuchspersonen getrennt sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der prozentualen Fehlerraten für die verschiedenen Stimuluslisten aufgeführt.

Liste	wach		müde	
	Mittelwert (%)	Standardabweichung	Mittelwert (%)	Standardabweichung
1a	3.0	2.4	1.9	0.7
1b	2.7	2.5	1.6	0.7
2a	2.0	1.7	1.4	0.6
2b	1.6	1.2	1.2	0.5
3a	2.6	2.9	2.6	0.9
3b	4.4	4.3	3.8	1.5
4a	3.1	2.8	2.3	0.9
4b	1.7	1.9	2.7	1.0

3.2.2 Reihenfolge-Effekte

Analog wurde untersucht, inwieweit die Reaktionszeiten und Fehlerquoten davon abhängen, ob die erste oder die zweite der beiden Listen einer experimentellen Sitzung bearbeitet wurde. Die Varianzanalyse zeigt einen Reihenfolge-Effekt auf die Reaktionszeiten, d. h. die Reaktionszeiten sind beim Bearbeiten der zweiten Stimulusliste einer Sitzung signifikant kürzer als beim Bearbeiten der ersten. Bei ungestörter Aufmerksamkeit und bei Ermüdung ist dieser Effekt gleichermaßen signifikant ($F(50,51) = 12.69$, $p = 0.0001$ für die wachen und $F(25,26) = 12.47$, $p=0.0001$ für die müden Probanden). Der Reihenfolge-Effekt auf die Fehlerquote, d. h. der Anstieg der Fehlerrate beim Bearbeiten der zweiten Liste, fällt nur bei ungestörter Aufmerksamkeit signifikant aus. Die Varianzanalyse liefert hier die Werte $F(50,51) = 2.06$, $p = 0.005$ (wach) und $F(25,26) = 1.64$, $p = 0.11$ (ermüdet).

Die Tabellen 5 und 6 geben die Mittelwerte der Reaktionszeiten und Fehlerraten für die erste und zweite Aufgabe der experimentellen Sitzung wieder.

Priming und Ermüdung

Tabelle 5: Reihenfolge und Reaktionszeiten: Nach wachen und müden Versuchspersonen getrennt sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Reaktionszeiten für die als Erste (Position 1) und als Zweite (Position 2) bearbeitete Stimulusliste einer Sitzung aufgeführt. Die Angabe der Reaktionszeiten erfolgt in Millisekunden (ms).

	wach		müde	
Position	Mittelwert (ms)	Standardabweichung	Mittelwert (ms)	Standardabweichung
1	823	181	762	165
2	792	174	752	186

Tabelle 6: Reihenfolge und Fehlerraten: Nach wachen und müden Versuchspersonen getrennt sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der prozentualen Fehlerraten für die als Erste (Stelle 1) und als Zweite (Stelle 2) bearbeitete Stimulusliste einer Sitzung aufgeführt.

	wach		müde	
Position	Mittelwert (%)	Standardabweichung	Mittelwert (%)	Standardabweichung
1	2,6	2,9	2,3	2,9
2	2,7	2,4	2,7	2,0

3.3 Abhängigkeit der Fehlerrate von der Prime-Target-Beziehung

Die Mittelwerte der prozentualen Fehlerraten bei unterschiedlichen Bedingungen und SOAs für wache und ermüdete Probanden sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Mittlere prozentuale Fehlerraten (\bar{x} (%)) und Standardabweichung (σ_x) in Abhängigkeit von Vigilanz, „stimulus-onset asynchrony“ (SOA) und Prime-Target-Beziehung. Die SOA ist in Millisekunden (ms) angegeben.

Vigilanz	wach				müde			
	200 ms		700 ms		200 ms		700 ms	
SOA	\bar{x} (%)	σ_x						
Prime-Target-Beziehung								
Semantische Verwandtschaft	1,3	2,9	1,0	2,6	1,3	2,2	2,0	4,1
Phonologische Verwandtschaft	3,8	5,9	1,8	3,8	2,9	4,7	3,9	7,2
Wort - unverbundenes Wort	3,1	4,2	1,7	2,8	3,1	4,3	2,2	2,8
Wort - Pseudowort	3,2	3,3	2,3	3,9	1,7	1,9	1,2	2,1
Wort - reimendes Pseudowort	4,6	6,7	3,9	6,3	3,9	5,4	2,9	6,2

Priming und Ermüdung

Zur Untersuchung, inwieweit ein Einfluss der Prime-Target-Beziehung auf die Fehlerrate besteht, wurden, getrennt nach Vigilanz und SOA, die prozentualen Fehlerraten aus der semantischen und aus der phonologischen Bedingung mittels gepaartem t-Test mit der unverbundenen Bedingung verglichen. Die bei den t-Tests gewonnenen Daten sind in Tabelle 8 (semantische Verwandtschaft) und Tabelle 9 (phonologische Verwandtschaft) zusammengestellt. Nur bei ungestörter Vigilanz und kurzer SOA ergab sich eine signifikante Verringerung der Fehlerrate. Diese Verringerung betrug 1.78 % ($t = -2.86$, $p = 0.006$).

Tabelle 8: Nach Vigilanz und „stimulus-onset asynchrony“ (SOA) getrennt ist die Verringerung der prozentualen Fehlerrate durch die semantische Prime-Target-Beziehung aufgeführt. Die Zeile „Differenz“ enthält die Mittelwerte der Differenzen, die sich durch Subtraktion der prozentualen Fehlerrate für die semantische Prime-Target-Beziehung von der prozentualen Fehlerrate für die Kontrollbedingung ergeben. Die SOA ist in Millisekunden (ms) angegeben.

Vigilanz	wach		müde	
	200 ms	700 ms	200 ms	700 ms
SOA				
Differenz (%)	1,8	0,7	1,8	0,2
Standardabweichung	4,5	3,3	4,7	4,4
p-Wert	0,006	0,16	0,057	0,83
t-Wert	-2,86	-1,41	-1,995	-0,214

Tabelle 9: Nach Vigilanz und „stimulus-onset asynchrony“ (SOA) getrennt ist die Verringerung der prozentualen Fehlerrate durch die phonologische Prime-Target-Beziehung aufgeführt. Die Zeile „Differenz“ enthält die Mittelwerte der Differenzen, die sich durch Subtraktion der prozentualen Fehlerrate für die phonologische Prime-Target-Beziehung von der prozentualen Fehlerrate für die Kontrollbedingung ergeben. Die SOA ist in Millisekunden (ms) angegeben.

Vigilanz	wach		müde	
	200 ms	700 ms	200 ms	200 ms
SOA				
Differenz (%)	-0,7	-0,1	0,2	-1,7
Standardabweichung	6,4	4,6	5,8	7,8
p-Wert	0,46	0,86	0,84	0,29
t-Wert	0,74	0,175	-0,20	1,079

3.4 Abhängigkeit der Reaktionszeiten von der Prime-Target-Beziehung

In der folgenden Tabelle 10 sind die mittleren Reaktionszeiten und die dazugehörigen Standardabweichungen der fünf Prime-Target-Beziehungen in Abhängigkeit von Vigilanz und SOA tabellarisch dargestellt.

Tabelle 10: mittlere Reaktionszeiten (\bar{x}) und Standardabweichungen (σ_x) der fünf Prime-Target-Beziehungen in Abhängigkeit von Vigilanz und „stimulus-onset asynchrony“ (SOA). Die SOA und Reaktionszeiten sind in Millisekunden (ms) angegeben.

Vigilanz	wach				müde			
	200 ms		700 ms		200 ms		700 ms	
SOA	\bar{x} (ms)	σ_x						
Prime-Target-Beziehung								
Semantische Verwandtschaft	753	174	719	176	709	148	663	128
Phonologische Verwandtschaft	837	172	762	168	808	233	723	165
Wort - unverbundenes Wort	808	184	762	166	750	185	723	174
Wort - Pseudowort	860	216	812	195	807	193	758	187
Wort - reimendes Pseudowort	889	203	879	224	842	219	790	182

Aus Tabelle 10 ist ersichtlich, dass bei beiden SOAs bei ungestörter Vigilanz wie bei Ermüdung die mittleren Reaktionszeiten für die semantische Prime-Target-Beziehung kürzer sind als für die Kontrollbedingung (Wort - unverbundenes Wort). Die mittleren Reaktionszeiten für die phonologische Prime-Target-Beziehung sind bei ungestörter Vigilanz wie auch unter Ermüdung nur bei der kurzen SOA länger als für die Kontrollbedingung. Bei der langen SOA gleichen die (auf die erste Vorkommastelle gerundeten) mittleren Reaktionszeiten der phonologischen Prime-Target-Beziehung denen der Kontrollbedingung.

3.5 Bahnungen und Hemmungen

Im Folgenden sollen die Bahnungs- und Hemmeffekte durch semantisches und phonologisches Priming quantitativ erfasst und auf ihre Signifikanz überprüft werden. Diese Primingwerte lassen sich durch Bildung der Differenz aus den mittleren Reaktionszeiten für die betreffende Bedingung und die Kontrollbedingung (unverbundene Bedingung) berechnen.

3.5.1 Semantisches Priming

Die mittleren Reaktionszeiten der verschiedenen Bedingungen sind in Tabelle 10 zusammengestellt. Die semantischen Primingwerte ergeben sich durch Subtraktion der

Priming und Ermüdung

Mittelwerte für die Reaktionszeiten der semantischen Bedingung von denen für die unverbundene Bedingung. Da die mittleren Reaktionszeiten der semantischen Bedingung für wache und für müde Probanden bei beiden SOAs kürzer sind als die der unverbundenen Bedingung, ergeben sich ausnahmslos positive semantische Primingwerte, entsprechend einer Bahnung durch phonologisches Priming. Es zeigt sich also, dass die Wortentscheidung im Vergleich zur Kontrollbedingung schneller gefällt werden kann, wenn zwischen Prime und Target eine semantische Beziehung besteht. Dieser semantische Primingeffekt lässt sich bei beiden SOAs und bei ungestörter Vigilanz wie bei Ermüdung nachweisen.

Die statistische Auswertung mittels Einstichproben-t-Tests ergab, dass alle angegebenen semantischen Primingwerte signifikant sind. Die Mittelwerte für das semantische Priming mit Standardabweichungen sowie die dazugehörigen t-Werte und p-Werte aus den Einstichproben-t-Tests sind in Tabelle 11 zusammengestellt.

Tabelle 11: Mittelwerte für das semantische Priming mit Standardabweichungen sowie t- und p-Werte aus den Einstichproben-t-Tests in Abhängigkeit von Vigilanz und „stimulus-onset asynchrony“ (SOA). SOA und Primingwerte sind in Millisekunden (ms) angegeben.

Vigilanz	wach		müde	
SOA	200 ms	700 ms	200 ms	700 ms
Mittelwert (ms)	54,4	43,2	40,6	59,4
Standardabweichung	73,0	89,0	59,5	89,2
t-Wert	5,32	3,46	3,48	3,40
p-Wert	0,0001	0,001	0,002	0,002

In der folgenden Abb. 2 sind die mittleren semantischen Primingwerte in Abhängigkeit von Vigilanz und „stimulus-onset asynchrony“ grafisch dargestellt.

Priming und Ermüdung

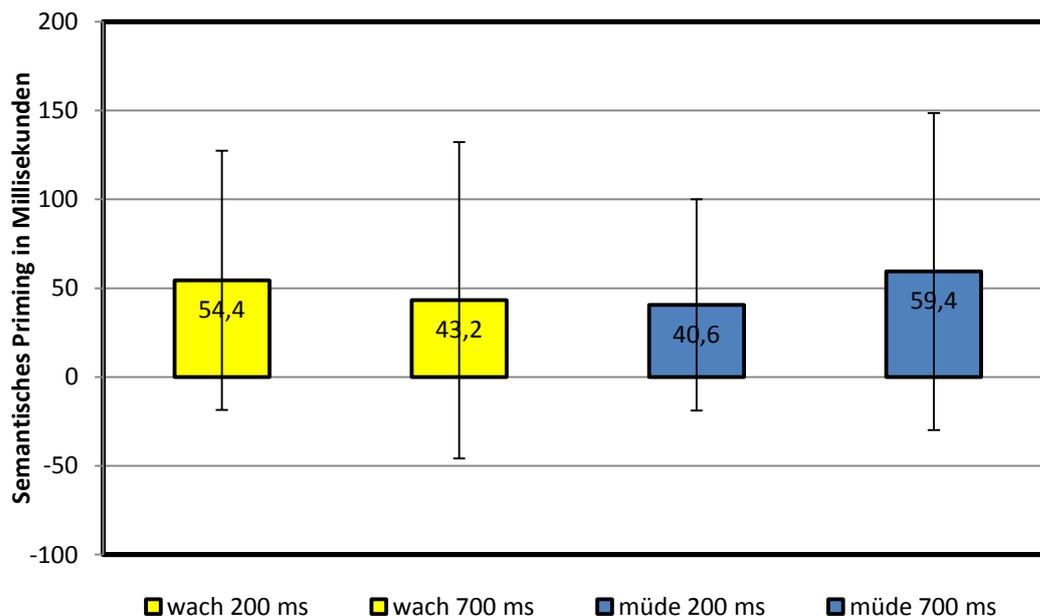


Abb. 2: Von den 51 Studienteilnehmern waren 26 bereit, zusätzlich zur Untersuchung bei ungestörter Vigilanz (wach) einen Durchgang nach einer durchwachten Nacht zu absolvieren (müde). Jeder Durchgang beinhaltete je ein Wortentscheidungsexperiment mit 200 Millisekunden (ms) und 700 ms „stimulus-onset asynchrony“. Dargestellt sind die Mittelwerte für das semantische Priming in Millisekunden (ms) in Abhängigkeit von Vigilanz und „stimulus-onset asynchrony“. Die Fehlerbalken geben die Standardabweichungen an.

Eine zweifaktorielle Varianzanalyse für den Einfluss von Vigilanz und SOA auf das semantische Priming (Differenz unrelatiert minus relatiert) ergab, dass weder für den Grad der Ermüdung ($F(1,75) = 0.01$, $p = 0.94$) noch für die SOA ($F(1,75) = 0.01$, $p = 0.92$) ein Einfluss auf das Ausmaß des semantischen Primings nachweisbar ist. Auch eine Interaktion von Vigilanz und SOA ließ sich nicht nachweisen ($F(1,75) = 1.63$, $p = 0.21$).

3.5.2 Phonologisches Priming

Die phonologischen Primingwerte ergeben sich durch Subtraktion der Mittelwerte für die Reaktionszeiten der phonologischen Bedingung von denen für die unverbundene Bedingung. Die Mittelwerte der Reaktionszeiten für die phonologische und für die unverbundene Bedingung können Tabelle 10 entnommen werden. Die Berechnung ergibt negative phonologische Primingwerte für die kurze SOA. Dieser phonologische Hemmeffekt findet sich bei ungestörter Vigilanz wie bei Ermüdung. Bei der langen SOA entsprechen die Reaktionszeiten der phonologischen Bedingung im Mittel denen der unverbundenen Bedingung, weshalb die entsprechenden phonologischen Primingwerte

Priming und Ermüdung

nahe 0 liegen. Auch dies gilt für wache und für müde Probanden gleichermaßen. Die phonologischen Primingwerte können Tabelle 12 entnommen werden.

Die statistische Auswertung mittels Einstichproben-t-Test ergab, dass die phonologischen Hemmeffekte bei der kurzen SOA signifikant waren. Die Mittelwerte für das phonologische Priming sowie die dazugehörigen t-Werte und p-Werte aus den Einstichproben-t-Tests sind in Tabelle 12 zusammengefasst.

Tabelle 12: Mittelwerte für das phonologische Priming mit Standardabweichungen sowie t- und p-Werte aus den Einstichproben-t-Tests in Abhängigkeit von Vigilanz und „stimulus-onset asynchrony“ (SOA). SOA und Primingwerte sind in Millisekunden (ms) angegeben.

Vigilanz	wach		müde	
SOA	200 ms	700 ms	200 ms	700 ms
Mittelwert (ms)	-29,8	0,3	-58,4	-0,02
Standardabweichung	74,4	78,1	86,8	79,1
t-Wert	2,86	0,025	3,43	0,001
p-Wert	0,006	0,98	0,002	0,999

In der folgenden Abb. 3 sind die mittleren phonologischen Primingwerte in Abhängigkeit von Vigilanz und „stimulus-onset asynchrony“ dargestellt.

Priming und Ermüdung

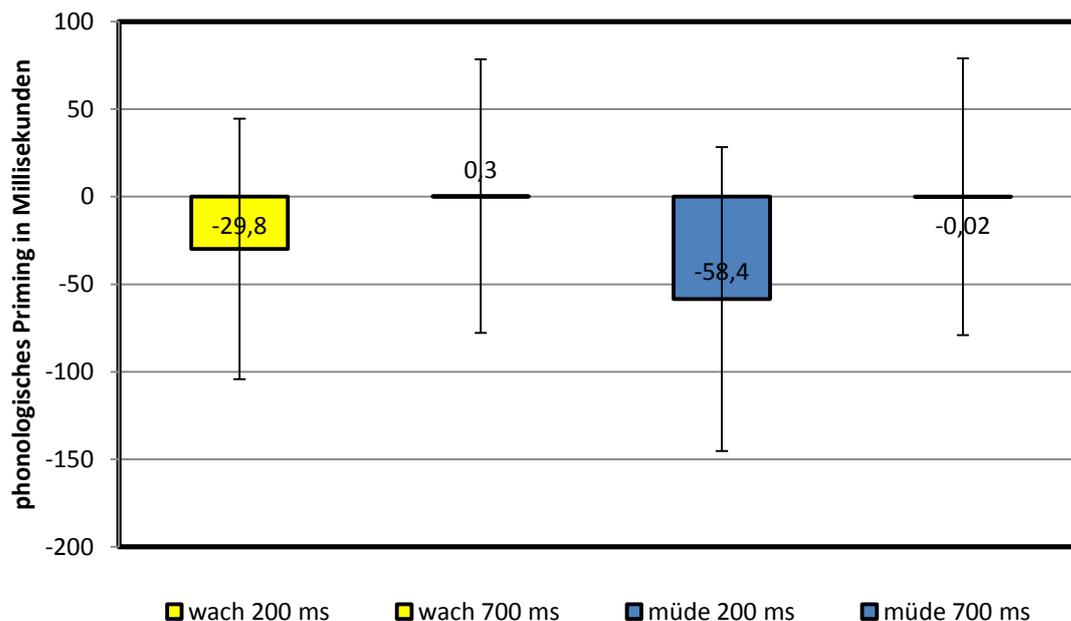


Abb. 3: Von den 51 Studienteilnehmern waren 26 bereit, zusätzlich zur Untersuchung bei ungestörter Vigilanz (wach) einen Durchgang nach einer durchwachten Nacht zu absolvieren (müde). Jeder Durchgang beinhaltete je ein Wortentscheidungsexperiment mit 200 Millisekunden (ms) und 700 ms „stimulus-onset asynchrony“. Dargestellt sind die Mittelwerte für das phonologische Priming in Millisekunden (ms) in Abhängigkeit von Vigilanz und „stimulus-onset asynchrony“. Die Fehlerbalken geben die Standardabweichungen an.

Eine zweifaktorielle Varianzanalyse für den Einfluss von Vigilanz und SOA ergab einen signifikanten Einfluss der SOA auf den phonologischen Primingeffekt ($F(1,75) = 9.66$, $p = 0.0027$). Ein signifikanter Effekt der Einflussgröße Vigilanz auf den phonologischen Primingeffekt lässt sich nicht nachweisen ($F(1,75) = 1.18$, $p = 0.28$). Auch eine Interaktion von Vigilanz und SOA lässt sich nicht nachweisen ($F(1,75) = 1.11$, $p = 0.30$). Der phonologische Hemmeffekt bei der kurzen SOA fällt unter Ermüdung im Mittel etwa doppelt so hoch aus wie bei ungestörter Aufmerksamkeit (29.75 ms vs. 58.41 ms, Differenz 28.88 ms). Die Analyse mittels ungepaartem t-Test ergab aber keine signifikante Zunahme des phonologischen Hemmeffekts unter Ermüdung ($t = 1.51$, $p = 0.135$).

4 Diskussion

Die vorliegende Studie untersuchte den Einfluss der Variablen „stimulus-onset asynchrony“ und Vigilanz auf phonologisches und semantisches Priming im Wortentscheidungstest. Für beide SOAs und für beide Vigilanzgrade ließ sich ein signifikanter positiver semantischer Primingeffekt nachweisen. Ein Einfluss der Größen SOA und Vigilanz auf den semantischen Primingeffekt ergab sich nicht.

Es zeigte sich eine Abhängigkeit des phonologischen Primingeffekts von der SOA. Bei der kürzeren SOA von 200 ms war sowohl bei ungestörter Vigilanz als auch unter Ermüdung ein signifikanter phonologischer Hemmeffekt nachweisbar. Bei der längeren SOA von 700 ms glichen die mittleren Reaktionszeiten für die phonologische Bedingung unabhängig von der Vigilanz denen der unverbundenen Kontrollbedingung. Ein Hinweis auf einen phonologischen Bahnungs- oder Hemmeffekt bei längerer SOA, etwa als Ausdruck eines kontrollierten Prozesses, ergab sich nicht.

Ein Einfluss der Variablen Vigilanz auf Priming im Wortentscheidungstest ließ sich nicht nachweisen. Die phonologische Hemmung bei kurzer SOA fiel unter Ermüdung im Mittel etwa doppelt so hoch aus wie bei ungestörter Vigilanz. Dieser Unterschied war jedoch auf einem Niveau von 5 % nicht signifikant. Ein Anhalt für einen unter Ermüdung verstärkt auftretenden phonologischen Bahnungseffekt, den man vor dem Hintergrund der Forschungsergebnisse Aschaffenburgs und Jungs hätte erwarten können, ergab sich nicht. Diese hatten im Assoziationsversuch eine Zunahme von Klangreaktionen gefunden (Aschaffenburg 1899, S. 49, Jung 1906/1979, S. 179-180).

4.1 Listen- und Reihenfolge-Effekte:

Die Varianzanalyse ergab weder hinsichtlich der Reaktionszeiten noch hinsichtlich der Fehlerraten einen signifikanten Unterschied zwischen den 8 Stimuluslisten. Dagegen ergab sich aus der Varianzanalyse ein hochsignifikanter Einfluss der Reihenfolge auf die Reaktionszeiten. Die Probanden waren bei der Bearbeitung der zweiten Liste einer Sitzung schneller als bei der Bearbeitung der ersten. Die Fehlerrate stieg beim Bearbeiten der zweiten Wortliste gegenüber der Bearbeitung der ersten geringfügig an. Insgesamt scheinen die Versuchspersonen im Laufe der experimentellen Sitzung nachlässiger geworden zu sein, d. h. schneller, aber auch ungenauer. Einschränkend muss gesagt

werden, dass die Zunahme der Fehlerrate nur bei den wachen Probanden signifikant war, möglicherweise, weil hier der Stichprobenumfang größer war.

4.2 Auswirkung der Prime-Target-Beziehung auf die Fehlerrate

Die Untersuchung des Einflusses der Prime-Target-Beziehung auf die Fehlerrate ergab nur für die semantische Prime-Target-Beziehung bei wachen Probanden einen signifikanten Effekt, nämlich eine Verringerung der Fehlerrate. Im Übrigen zeigte sich weder bei semantischer noch bei phonologischer Prime-Target-Verwandschaft ein signifikanter Einfluss der Prime-Target-Beziehung auf die Fehlerrate. Im Wesentlichen wurden Primingeffekte demnach über die Reaktionszeiten und nicht über die Korrektheit der Wortentscheidungen sichtbar. Weder ging die Verkürzung der Reaktionszeiten durch eine semantische Prime-Target-Beziehung auf Kosten der Korrektheit der Wortentscheidung, noch führte die Verlängerung der Reaktionszeiten durch phonologische Prime-Target-Beziehung zu einer geringeren Fehlerrate.

4.3 Gegensätzliche Ergebnisse im Wortentscheidungstest und im Assoziationsversuch

Aschaffenburg fand in seinen Nachtexperimenten mit der Technik des Assoziationsversuchs eine durch Ermüdung bedingte Zunahme von Klangassoziationen auf Kosten der semantischen Assoziationen (Aschaffenburg 1899, S. 49). Die Zunahme der Klangassoziationen war hoch signifikant (Spitzer 1992, S. 168). Dagegen zeigte sich in der vorliegenden Studie mit der Methode der Wortentscheidungsaufgabe eine phonologische Hemmung.

Wortentscheidungstest und Assoziationsversuch sind grundsätzlich verschiedene Untersuchungstechniken, bei denen unterschiedliche Prozesse beteiligt sind. Primingtechniken erlauben es im Unterschied zum Assoziationsversuch, mithilfe des Computers den zeitlichen Ablauf des Experiments, z. B. die Latenz zwischen der Präsentation von Prime und Target genau zu steuern und die Qualität und das Ausmaß der Beziehung zwischen Prime und Target genau zu steuern und zu erfassen. Das Target ist, im Gegensatz zu von der Versuchsperson im Assoziationsversuch hervorgebrachten Assoziationen, festgelegt, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse fördert und die statistische Auswertung erleichtert.

Priming und Ermüdung

Beim Assoziationsversuch ist keine Wortentscheidung erforderlich. Ein strategischer Prozess durch Vorausahmen eines Targets beispielsweise kann beim Assoziationsversuch keine Rolle spielen. Während auch beim Assoziationsversuch für die Assoziation eines semantisch verwandten Begriffs eine Worterkennung bzw. die Aktivierung des für das Stimuluswort codierenden Netzwerkknotens notwendig ist, ist das beim Assoziieren eines klangverwandten Begriffs nicht erforderlich. Zur Assoziation klangverwandter Begriffe, die, wie bei Aschaffenburgs Nachtexperimenten geschehen, vorgelesen wurden, reicht die Verarbeitung der Klangeigenschaften des Primes aus.

Auch ist vorstellbar, dass unter Ermüdung eine Filterfunktion gestört ist, die für den Kontext sinnvolle von rein klanglichen Assoziationen trennt. Idealerweise würde im Assoziationsversuch die erste Assoziation sofort ausgesprochen. Zwischen dem Zustandekommen der Assoziation und ihrer Äußerung laufen jedoch noch weitere Prozesse ab, wie z. B. eine zum Sprechen erforderliche Verarbeitung in motorischen Hirnarealen (Broca-Areal, Basalganglien, primärmotorischer Kortex). Gefundenen Assoziationen unterliegen sicherlich noch einer Zensur, die bevorzugt solche Assoziationen zulässt, die der Versuchsperson sinnvoll oder sozial erwünscht erscheinen, z. B. für wertvoller gehaltene semantische Assoziationen, während andere Assoziationen nicht geäußert werden, weil sie der Versuchsperson peinlich sind. So würde nicht jede Assoziation ausgesprochen. Die größere Anzahl phonologischer Assoziationen unter Ermüdung könnte dann dadurch zustande kommen, dass diese Zensur weniger streng ausfällt oder dadurch, dass, bedingt durch die von Aschaffenburg postulierte ermüdungsbedingt erhöhte motorische Aktivität (Aschaffenburg 1899, S. 64), weniger wertvolle Assoziationen eher ausgesprochen werden.

4.4 Diskussion der Ergebnisse zum semantischen Priming

Die aus einer semantischen Prime-Target-Beziehung resultierende Bahnung konnte in einer Vielzahl von Studien seit den frühen 70-er-Jahren des 20. Jahrhunderts immer wieder bestätigt werden (Meyer u. Schvaneveldt 1971, Neely 1991) und kann als unstrittig gelten. Dagegen haben sich die Ansichten über die zugrunde liegenden Mechanismen im Laufe der Zeit geändert. Nach der „spreading-activation theory“ (Collins u. Loftus 1975) liegt dem semantischen Primingeffekt eine automatische Erregungsausbreitung zugrunde. Posner und Snyder (1975) wiesen zusätzlich die Bedeutung kontrollierter Primingprozesse nach. Das „attentional sensitization model“ (Kiefer u. Martens 2010, Kiefer et al. 2012)

Priming und Ermüdung

stellt die klassische Unterscheidung zwischen automatischen und strategischen Prozessen überhaupt infrage. Sie besagt, dass auch sog. automatische Prozesse Top-down-Einflüssen wie Aufmerksamkeit, Intention und Task-Set unterliegen, die nach klassischer Auffassung für kontrollierte Prozesse charakteristisch sind.

Auf dem Weg von der „spreading-activation theory“ (Collins u. Loftus 1975) über die Aufmerksamkeitstheorie Posners und Snyders (1975) bis zum „attentional sensitization model“ (Kiefer u. Martens 2010, Kiefer et al. 2012) hat weniger eine Widerlegung älterer Theorien stattgefunden als vielmehr eine Modifizierung und sukzessive Erweiterung. So ist die automatische Erregungsausbreitung, wie sie von der „spreading-activation theory“ von Collins und Loftus postuliert wird, im Modell Posners und Snyders als Komponente enthalten. Posners und Snyders Theorie umfasst aber weitere, kontrollierte Prozesse. Das „attentional sensitization model“ (Kiefer u. Martens 2010, Kiefer et al. 2012) behält die Unterscheidung zwischen automatischen und kontrollierten Prozessen bei, modifiziert aber die Unterscheidungskriterien und bettet diese Prozesse in ein größeres Bild ein, wobei automatische und kontrollierte Prozesse von einem flexiblen kognitiven Apparat zielgerichtet abgerufen, gestärkt oder abgeschwächt werden können.

Erwartungsgemäß hatte auch die vorliegende Studie einen signifikanten semantischen Bahnungseffekt zum Ergebnis. Dieser bestand bei beiden SOAs bei wachen wie bei ermüdeten Probanden. Die zweifaktorielle Varianzanalyse ergab weder für die Vigilanz noch für die SOA einen signifikanten Einfluss auf das Ausmaß des semantischen Primings.

Der semantische Primingeffekt lässt sich für die kurze SOA mit einer automatischen Erregungsausbreitung im semantischen Netz erklären, wie sie in der „spreading-activation theory“ nach Collins und Loftus (1975) beschrieben wurde. Der das Target repräsentierende Knoten wird durch die sich vom semantisch verwandten, den Prime codierenden Knoten ausbreitende Erregung voraktiviert. Dadurch kann das Erregungsniveau am das Target repräsentierenden Knoten leichter über die kritische Schwelle gehoben werden, was die weitere Verarbeitung des Knotens erleichtert und den lexikalischen Zugriff auf das Target beschleunigt.

Automatische Primingprozesse sind kurzlebig und klingen nach wenigen 100 ms ab (Kiefer u. Spitzer 2000). Es ist daher anzunehmen, dass am Zustandekommen des

Priming und Ermüdung

semantischen Primingeffekts bei der langen SOA noch kontrollierte Prozesse beteiligt sind. Während sich also der semantische Primingeffekt bei der kurzen SOA allein mit automatischer Erregungsausbreitung im semantischen Netz erklären lässt, wird der semantische Primingeffekt bei der langen SOA durch einen kontrollierten Effekt oder eine Kombination aus kontrollierten und automatischen Prozessen bewirkt. Insgesamt lässt sich der in der vorliegenden Studie nachgewiesene semantische Primingeffekt gut mit der Aufmerksamkeitstheorie Posners und Snyders (1975) als Kombination automatischer Prozesse bei kurzer und strategischer Prozesse bei langer SOA erklären.

Das „attentional sensitization model“ (Kiefer u. Martens 2010, Kiefer et al. 2012) besagt, dass das kognitive System entsprechend der zu lösenden Aufgabe konfiguriert wird, indem vom aktivierten Task-Set die zielführenden automatischen und kontrollierten Prozesse bereitgestellt werden. Bei der Aufnahme natürlicher Sprache durch Hören oder Lesen ist eine semantische Bahnung der schnelleren Worterkennung und dem Sprachverständnis förderlich. Wörter und Texte können im semantischen Kontext schneller und sicherer erfasst werden. Das Stimulusmaterial der in der vorliegenden Studie durchgeführten Experimente besteht zum Teil aus semantisch verwandten Stimuluspaaren, was dazu führt, dass eine semantische Bahnung die Bearbeitung der Wortentscheidungsaufgabe erleichtert. Es ist daher folgerichtig, dass der Attentional-Sensitization-Mechanismus sowohl automatische als auch strategische semantische Primingprozesse zur Verfügung stellt bzw. verstärkt.

Ein Einfluss von Ermüdung, wie er nach dem „attentional sensitization model“ (Kiefer u. Martens 2010, Kiefer et al. 2012) zu erwarten gewesen wäre, ließ sich nicht nachweisen. Kiefer hatte in mehreren Studien die Abhängigkeit automatischer semantischer Primingeffekte von Aufmerksamkeitsfokussierung (Kiefer u. Brendel 2006), Aufmerksamkeitsressourcen (Martens u. Kiefer 2009), und Task-Set (Martens u. Kiefer 2009, Kiefer u. Martens 2010) nachgewiesen. Als Hinweis auf eine Abhängigkeit des semantischen Primingprozesses von Aufmerksamkeitsressourcen wäre demnach zu erwarten gewesen, dass sich mit der vorliegenden Studie ein Einfluss der Variablen Vigilanz auf den semantischen Primingeffekt nachweisen lässt. Dies war nicht der Fall. Die Arbeitshypothese einer Verringerung des semantischen Primingeffekts unter Ermüdung bestätigte sich nicht. Möglicherweise ist der fehlende Einfluss der Ermüdung auf das semantische Priming in dieser Untersuchung darauf zurückzuführen, dass die

Probanden selbst unter Ermüdung immer noch eine ausreichende Aufmerksamkeitskapazität für die Primeverarbeitung zur Verfügung stellen konnten.

4.5 Diskussion der Ergebnisse zum phonologischen Priming

4.5.1 Zur Heterogenität der Ergebnisse bisheriger Studien

Die bisherigen Studien kommen zu uneinheitlichen Ergebnissen bezüglich der Auswirkung phonologischen Primings. Es gibt Studien, die einen bahnenden Einfluss durch phonologisches Priming belegen (Meyer et al. 1974, Shulman et al. 1978, Hillinger 1980, Hanson u. Fowler 1987, McNamara u. Healy 1988, Norris et al. 2002, Holyk u. Pexman 2004). Marten und Jensen (1988) konnten in 5 Experimenten keinen phonologischen Bahnungseffekt nachweisen. Weitere Studien, darunter auch die vorliegende, weisen einen hemmenden phonologischen Primingeffekt nach (Colombo 1986, Lukatela u. Turvey 1996, Luce et al. 2000, Dufour u. Peereman 2003). Spitzer et al. (1994) wiesen einen phonologischen Hemmeffekt bei kurzen und einen phonologischen Bahnungseffekt bei der langen SOA nach.

Für die Unterschiedlichkeit der Ergebnisse zum phonologischen Priming wurden verschiedene Faktoren verantwortlich gemacht. Meyer et al. (1974) sowie Shulman et al. (1978) zufolge entsteht eine Hemmung dann, wenn dem Target phonologisch verwandte Primes auch eine orthografische Ähnlichkeit mit dem Target aufweisen. Dagegen spricht, dass Hillinger (1980) in seinem Wortentscheidungsexperiment auch mit orthografisch ähnlichen Reimpaaren eine Bahnung nachwies. Martin und Jensen (1988) andererseits wiesen eine Hemmung mit orthografisch unähnlichen Reimpaaren nach. Die in der vorliegenden Studie verwendeten phonologisch verwandten Stimuluspaare weisen ausnahmslos auch eine enge orthografische Ähnlichkeit auf. Dies ist bei deutschsprachigem Stimulusmaterial nicht anders möglich.

Colombo (1986) wies einen Zusammenhang des phonologischen Hemmeffekts mit der Worthäufigkeit nach, wobei häufige Stimuluswörter einen Hemmeffekt verursachten, während bei seltenen Primewörtern eine phonologische Bahnung auftrat. Das für die vorliegende Studie verwendete Stimulusmaterial besteht - abgesehen von den Pseudowörtern, die für die Auswertung keine Relevanz haben - ausschließlich aus häufig gebrauchten deutschen Wörtern. Dass die vorliegende Studie einen phonologischen

Priming und Ermüdung

Hemmeffekt nachweist, passt also zur These Colombos. Gegen die These spricht aber, dass die Studie Spitzers et al. (1994), die bei langen SOA einen phonologischen Bahnungseffekt nachwies, ebenfalls häufig vorkommende deutsche Wörter als Stimulusmaterial verwendete.

Norris et al. (2002) fanden in ihren Wortentscheidungsaufgaben und Nachsprechaufgaben einen signifikanten phonologischen Bahnungseffekt, der sich weitgehend verlor, wenn das Stimulusmaterial durch „foil-trials“ so verändert wurde, dass ein strategischer Effekt durch Erwartung eines Reimwortes verhindert wurde. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass der phonologische Bahnungseffekt strategischer Natur sei. Demnach wäre das Auftreten phonologischer Bahnungseffekte davon abhängig, ob das Stimulusmaterial strategische Effekte zulässt oder nicht. Das Stimulusmaterial der vorliegenden Studie lässt einen strategischen phonologischen Bahnungseffekt zu. Dieser könnte dadurch zustande kommen, dass die Versuchspersonen ein „expectancy set“ aus möglichen Targets generieren, die sich auf den Prime reimen. Auch Spitzer et. al (1994) führten die in ihrem Experiment gemessene phonologische Bahnung auf einen strategischen Effekt zurück.

Holyk und Pexman (2004) wiesen im Wortentscheidungsexperiment bei einer SOA von 15 ms einen phonologischen Bahnungseffekt nach, der nur für Probanden mit hoher Wahrnehmungsfähigkeit und hoher phonologischer Kompetenz bestand. Sie vermuteten daher, die Zusammensetzung des Probandenkollektivs sei ein wesentlicher Einflussfaktor, wobei das Zustandekommen phonologischer Bahnungseffekte von der Klangwahrnehmungs- und Auffassungsfähigkeit der Versuchspersonen abhängt. Das Probandenkollektiv der vorliegenden Arbeit setzt sich aus einem breiten Spektrum von Versuchspersonen verschiedenen Alters und Bildungsgrades zusammen. Es ist daher unwahrscheinlich, dass die Ergebnisse nur für einen Ausschnitt der Bevölkerung mit speziellen kognitiven Fähigkeiten Gültigkeit haben.

Spitzer et al. (1994) demonstrierten eine Abhängigkeit des phonologischen Primingeffekts von der Länge der SOA. In einer Versuchsreihe mit Wortentscheidungsexperimenten ergaben sich eine Hemmung bei kurzer SOA sowie ein linearer Trend mit Abnahme dieser Hemmung und Übergang in eine phonologische Bahnung mit der Länge der SOA. Auch Lukatela und Turvey (1996) wiesen mit der Methode der Benennungsaufgabe bei sehr kurzen SOAs eine signifikante phonologische Hemmung nach. Bei einer längeren SOA

Priming und Ermüdung

ergab sich ein nicht signifikanter phonologischer Bahnungseffekt. Luce et al. (2000) zeigten mit der Methode der Nachsprechaufgabe eine Abhängigkeit des phonologischen Hemmeffekts von der SOA. Bei kurzer SOA bestand ein phonologischer Hemmeffekt, bei langer SOA war keine Hemmung mehr nachweisbar. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigen die These eines von der SOA abhängigen phonologischen Primingeffektes. Wie bei den Studien Spitzers et al. (1994), Lukatelas und Turveys (1996) sowie Luce et al. (2000) trat bei kurzer SOA ein phonologischer Hemmeffekt auf. Im Unterschied zu den Studien Spitzers et al. (1994) sowie Lukatelas und Turveys (1996) entstand bei den Experimenten der vorliegenden Studie und bei denen Luce et al. (2000) jedoch kein phonologischer Bahnungseffekt. Die in der vorliegenden Studie gemessenen Reaktionszeiten der phonologischen Bedingung glichen fast exakt denen der Kontrollbedingung.

Bemerkenswert ist dabei, dass die vorliegende Arbeit den Befund Spitzers et al. (1994) eines bei langer SOA auftretenden phonologischen Bahnungseffekts nicht repliziert, obwohl der Versuchsaufbau, die Präsentationsdauer des Primes mit 200 ms und die lange SOA mit 700 ms gleich waren. Im Unterschied zu den Experimenten Spitzers et al. (1994) tritt auch bei der langen SOA keine Bahnung auf. Als wahrscheinliche Ursache kommt infrage, dass die Versuchspersonen in der Studie von Spitzer et al. (1994), bedingt durch die größere Anzahl verwendeter SOAs mehr Stimulusmaterial bearbeiteten als die Versuchspersonen der vorliegenden Studie. Daher hatten Spitzers Versuchspersonen bessere Möglichkeiten, Strategien zu entwickeln. Dazu passend trat die von Spitzer et al. (1994) gemessene phonologische Bahnung nur bei der langen SOA auf, die den Probanden genügend Zeit ließ, diese Strategien anzuwenden und einen kontrollierten phonologischen Primingeffekt zu generieren.

Ein Teil der Diversität in den Ergebnissen der Studien zum phonologischen Priming lässt sich auf der Grundlage des „attentional sensitization“-Modells damit erklären, dass das kognitive System entsprechend der zu lösenden Aufgabe konfiguriert wird, indem vom aktivierten Task-Set die zielführenden automatischen und kontrollierten Prozesse bereitgestellt werden. Dabei können kleine Veränderungen in der Versuchsanordnung zur Bereitstellung unterschiedlicher Prozesse und damit zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

4.5.2 *Zur Genese des phonologischen Hemmeffekts*

Die vorliegende Studie weist bei der kurzen SOA von 200 ms einen phonologischen Hemmeffekt nach. Bei der langen SOA von 700 ms ist kein phonologischer Hemm- oder Bahnungseffekt nachweisbar. Hier gleichen die Reaktionszeiten für phonologisch relatierte Stimuluspaare fast exakt denen der unrelatierten Kontrollbedingung.

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten auch Lukatela und Turvey (1996) mit der Methode der Benennungsaufgabe und Luce et al. (2000) mit der Methode der Nachsprechaufgabe. Deren Versuche hatten ebenfalls eine phonologische Hemmung bei kurzer SOA und keinen Effekt (Luce et al. 2000) bzw. eine nicht signifikante Bahnung (Lukatela u. Turvey 1996) bei langer SOA zum Ergebnis gehabt. Spitzer et al. (1994) wiesen im Wortentscheidungsexperiment eine Hemmung bei kurzer SOA nach, die mit der Länge der SOA abnahm und in eine Bahnung überging.

Es gibt prinzipiell zwei Möglichkeiten, warum die phonologische Hemmung vorrangig bei kurzer SOA nachweisbar ist. Entweder handelt es sich um einen Prozess, der bei der langen SOA bereits abgeklungen ist, oder ein phonologischer Hemmeffekt wird bei langer SOA durch einen erst später anspringenden Bahnungseffekt, z. B. einen kontrollierten Prozess, überlagert. Es wäre z. B. ein strategischer Bahnungseffekt vorstellbar, der entsteht, indem die Versuchspersonen phonologisch verwandte Wörter als Targets vorausahnen und dann, wenn tatsächlich ein Reimwort präsentiert wird, schneller reagieren können („expectancy priming“). Auf einen solchen strategischen Bahnungseffekt führen auch Spitzer et al. (1994) den bei langer SOA auftretenden phonologischen Bahnungseffekt in ihrer Studie zurück. Gegen den Einfluss eines solchen strategischen Bahnungseffekts auf die Ergebnisse der vorliegenden Studie spricht, dass ein solcher strategischer Bahnungseffekt als aufmerksamkeitsabhängiger Prozess unter Ermüdung schwächer ausfallen müsste als bei ungestörter Vigilanz, was nicht der Fall ist.

Neely (1977) hatte zeigen können, dass bei einer SOA von 250 ms keine kontrollierten Prozesse aktiv sind, sodass davon auszugehen ist, dass die kurze SOA der vorliegenden Studie von 200 ms ebenfalls keine kontrollierten Prozesse zulässt. Daraus folgt, dass der bei der kurzen SOA auftretende Hemmeffekt automatischer Natur sein muss. Da auf automatischer Erregungsausbreitung beruhende Prozesse naturgemäß kurzlebig sind, ist ein Abklingen der Hemmung zu erwarten und als Erklärung für das Fehlen einer

Priming und Ermüdung

phonologischen Hemmung bei der langen SOA (700 ms) hinreichend. Damit im Einklang steht, dass auch Neely (1977) aus seinen experimentellen Befunden schloss, dass auf einer automatischen Erregungsausbreitung beruhende Prozesse innerhalb von 700 ms abklingen. Dass sich in der vorliegenden Studie die Reaktionszeiten für phonologisch verwandte und für unverbundene Stimuluspaare fast exakt gleichen, spricht ebenfalls dafür, dass bei der langen SOA der phonologische Hemmeffekt weggefallen ist. Sonst müsste man annehmen, dass sich bei der langen SOA hemmende und bahnende Einflüsse gerade genau ausgleichen. Dies ist möglich, aber nicht wahrscheinlich.

Aufgrund seines zeitlichen Verlaufs mit Auftreten nur bei der kurzen SOA und vollständigem Ausbleiben bei der langen SOA kann der in der vorliegenden Studie nachgewiesene phonologische Hemmeffekt eindeutig als automatisch im Sinne der Aufmerksamkeitstheorie Posners und Snyders (1975) klassifiziert werden. Dass sich die Hemmung unter Ermüdung nicht abschwächt, belegt ebenfalls, dass ihr ein aufmerksamkeitsunabhängiger, also automatischer Prozess zugrunde liegt. Wie andere Studien, die Hemmungen bei kurzer SOA nachweisen (Carr u. Dagenbach 1990, Dufour u. Peereman 2003, Luce et al. 2000, Lukatela u. Turvey 1996, Spitzer et al. 1994), widerspricht dieser Befund der Aufmerksamkeitstheorie Posners und Snyders, die bei kurzer SOA nur Bahnungen, bei längerer Bahnungen und Hemmungen vorhersagt (Posner & Snyder 1975, S. 68). Sie untermauert dagegen die Auffassung De Groot's, dass eine Hemmung nicht nur durch strategische, sondern auch durch automatische Prozesse entstehen kann (De Groot et al. 1982).

Nach dem „attentional sensitization model“ (Kiefer u. Martens 2010, Kiefer et al. 2012) wird das kognitive System in Abhängigkeit von der zu erledigenden Aufgabe konfiguriert. Bei der Rezeption gesprochener oder geschriebener Sprache ist neben der Ausführung eines semantischen Task-Sets, das es erleichtert, Wörter zu erkennen und ihre Bedeutung im Sinnzusammenhang zu erfassen, eine phonologische Hemmung sinnvoll, um einer Verwechslung durch klangliche Verwandtschaft vorzubeugen. Eine verstärkte Wahrnehmung semantischer Informationen ist für das Sprachverständnis förderlich, während eine Überflutung mit phonologisch ähnlichen, nicht im Sinnzusammenhang stehenden Wörtern das Sprachverständnis und den formalen Gedankengang stören würde. Es liegt nahe, dass beim Wortentscheidungsexperiment mit visueller Stimuluspräsentation ein Task-Set aktiviert wird, wie es sonst zum Lesen verwendet wird. Wenn in einem

Priming und Ermüdung

Wortentscheidungsexperiment, wie in der vorliegenden Studie, semantisch verwandte Wortpaare im Stimulusmaterial enthalten sind, macht auch hier die Unterdrückung phonologischer Informationen Sinn, da eine Verwechslung des Targets mit einem klangverwandten Wort zwar nichts an der Korrektheit der Wortentscheidung ändert, aber bei semantisch verwandten Stimuluspaaren eine Bahnung durch semantisches Priming verhindert.

4.5.3 Erklärung der phonologischen Hemmung mit der „spreading-activation theory“

Eine zeitliche Abhängigkeit des phonologischen Primingeffekts ist zu erwarten, wenn man davon ausgeht, dass er auf einen automatischen Erregungsausbreitungsprozess in einem neuronalen Netzwerk zurückzuführen ist. Sie belegt also diese Annahme. Die Primingeffekten zugrunde liegende Erregungsausbreitung ist schnell und klingt rasch wieder ab, die Aktivierung von Knoten im neuronalen Netz ist nur von begrenzter Dauer. So ist es plausibel, dass der phonologische Hemmeffekt schon bei kurzer SOA auftritt und bei der langen SOA wieder abgeklungen ist.

Auf der Grundlage der „spreading-activation theory“ von Collins und Loftus (1975) lässt sich dieser negative Primingeffekt wie folgt erklären:

Das mentale Lexikon ist nach phonologischen und orthografischen Gesichtspunkten aufgebaut. Je mehr phonologische Eigenschaften Wörter gemein haben, desto stärker sind sie miteinander verknüpft, d. h. desto mehr direkte Verbindungen gibt es zwischen ihren Repräsentationen im lexikalischen Netz. Da mehr direkte, also nicht über weitere Knoten führende Verbindungen zwischen ihnen bestehen, kann man sie sich als benachbart vorstellen. Aufgrund dieser engen Verknüpfung führt die sich vom den Prime codierenden Knoten ausbreitende Erregung zu einer Erhöhung des Erregungsniveaus um die Primerepräsentation und um die Targetrepräsentation herum. Wird in dieser Phase das Target präsentiert, werden in der Nachbarschaft der Targetrepräsentation mehr Knoten über die kritische Schwelle hinweg aktiviert als dies ohne den Prime der Fall wäre. Dadurch erhöht sich die Anzahl der für die Worterkennung infrage kommenden Kandidaten. Die Präsentation des phonologisch relatierten Primes führt also zu einem flacheren Aktivierungsprofil und damit zu einer Kontrastabschwächung in der Umgebung der Targetrepräsentation. Durch diese Kontrastabschwächung wird die Identifizierung des

Priming und Ermüdung

Targetwortes, die einen Zugriff auf nur eine einzige Wortrepräsentation erfordert, erschwert und eine Verwechslung mit einem ähnlich klingenden Wort wahrscheinlicher. Die zum sicheren Erkennen des Targetwortes erforderliche Zeitspanne erhöht sich. Im Experiment lässt sich ein phonologischer Hemmeffekt messen.

Es mag auf den ersten Blick kontraintuitiv erscheinen, wenn mit einer automatischen Erregungsausbreitung sowohl ein semantischer Bahnungseffekt als auch ein phonologischer Hemmeffekt erklärt werden. Dieser scheinbare Widerspruch löst sich auf, wenn man berücksichtigt, dass sich bei der Präsentation eines phonologisch relatierten Primes die Aktivierungen von Prime und Target innerhalb desselben Netzwerks (des lexikalischen) zu einem unschärferen Aktivierungsprofil überlagern, während sich beim semantischen Priming die Aktivierungen aus zwei verschiedenen Netzen, dem lexikalischen und dem semantischen, aufsummieren, weil in diesem Fall die Targetrepräsentation im Schnittpunkt der sich im lexikalischen und im semantischen Netz ausbreitenden Erregung liegt. Wird statt eines phonologisch relatierten Primes ein semantisch verwandter Prime präsentiert, so kommt zur phonologischen Aktivierung des Targetwortes im lexikalischen Netz noch eine Aktivierung aus dem semantischen Netzwerk hinzu. Diese zusätzliche Aktivierung betrifft den das Target repräsentierenden Knoten, aber nicht die im lexikalischen Netzwerk benachbarten Knoten, da diese nicht semantisch mit dem Prime verwandt sind. Die Aktivierung am für das Target codierenden Knoten nimmt zu. Das Aktivierungsprofil im Netzwerk wird schärfer. Die zum sicheren Erkennen des Targetwortes erforderliche Zeitspanne verringert sich, was als semantischer Primingeffekt messbar ist.

4.5.4 Laterale Hemmung

Alternativ lässt sich der phonologische Hemmeffekt durch eine von der Prime-Repräsentation im lexikalischen Netz ausgehende laterale Hemmung erklären. Das Prinzip der lateralen Hemmung ist auch in der Retina verwirklicht. Dort dient die laterale Hemmung der Kontrastverstärkung bei der optischen Wahrnehmung (Becker-Carus 2013).

Die von der Prime-Repräsentation ausgehende laterale Hemmung würde auch die benachbarte Target-Repräsentation betreffen. Dadurch würde die Aktivierung des das Target codierenden Knotens erschwert und der lexikalische Zugriff auf das Target verzögert. Dieser Mechanismus wäre dem von Dagenbach et al. (1990) für das semantische

Priming und Ermüdung

Netz vorgeschlagenen automatischen „center-surround inhibition“-Mechanismus ähnlich. Der bei Dagenbach et al. mit diesem Mechanismus erklärte Effekt zeigte sich bei einer sehr kurzen SOA von 13 bis 21 ms. Der biologische Sinn einer solchen lateralen Hemmung im lexikalischen Netzwerk könnte die Kontrastverstärkung um die dort abgespeicherten Wortrepräsentationen sein, durch die eine Verwechslung ähnlich klingender Wörter vermieden werden könnte. Zur Erklärung eines bei einer SOA von 200 ms auftretenden phonologischen Hemmeffekts ist ein „center-surround inhibition“-Mechanismus nach Ansicht des Verfassers jedoch zu kurzlebig.

4.6 Zum fehlenden Einfluss der Ermüdung auf Priming

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse Aschaffenburgs und Jungs, die im Assoziationsversuch eine Zunahme von Klangassoziationen durch Ermüdung (Aschaffenburg 1899) bzw. abgelenkte Aufmerksamkeit (Jung 1906/1979) nachwiesen, hätte man unter Ermüdung eine Bahnung durch phonologische Prime-Target-Verwandschaft erwarten können.

Wie Jung sahen auch Posner und Snyder (1975) die Aufmerksamkeit als eine wesentliche Einflussgröße beim Zustandekommen von Wortassoziationen an. Posner und Snyder (1975) stellten den durch Erregungsausbreitung im lexikalischen Netzwerk zustandekommenden, automatisch ablaufenden und aufmerksamkeitsunabhängigen Prozessen, wie sie Collins und Loftus (1975) in ihrer „spreading-activation theory“ beschreiben, die aufmerksamkeitsabhängigen kontrollierten Prozesse gegenüber. Nach der Aufmerksamkeitstheorie Posners und Snyders (1975) wäre ein Einfluss von Ermüdung auf diejenigen Prozesse zu erwarten gewesen, die der Kontrolle der Aufmerksamkeit unterliegen, nicht aber auf die automatischen Prozesse. Posner und Snyder postulieren, dass die automatischen Prozesse bei kurzer SOA ablaufen und bei längerer SOA abklingen, während die kontrollierten Prozesse nur bei längerer SOA auftreten. Somit war bezüglich der vorliegenden Studie ein Einfluss der Variablen Vigilanz auf alle semantischen und phonologischen Primingeffekte bei der langen SOA zu erwarten.

Aufgrund der Vorhersagen des „attentional sensitization“-Modells (Kiefer u. Martens 2010, Kiefer et al. 2012) hätte man eine ermüdungsbedingte Verringerung der Aufmerksamkeitsressourcen erwarten können, die sich in einer Abschwächung der vom kognitiven System für die Lösung der Aufgabe bereitgestellten Prozesse auswirkt. Diesem

Priming und Ermüdung

Modell zufolge unterliegen auch die automatischen Prozesse einer Top-down-Modulation und sind vom Vorhandensein von Aufmerksamkeitsressourcen abhängig. Es wäre also nach dem „attentional sensitization model“ zu erwarten gewesen, dass Ermüdung einen Einfluss auf die kontrollierten wie auch auf die automatischen Primingeffekte hat.

Dennoch ergab die vorliegende Studie weder für die phonologische noch für die semantische Bedingung eine auf einem Niveau von 5 % signifikante Veränderung der Primingeffekte durch Ermüdung.

Zwar fiel der bei der kurzen SOA vorhandene negative Primingeffekt unter Ermüdung im Mittel etwa doppelt so hoch aus wie bei ungestörter Vigilanz. Dieser Unterschied war aber nicht signifikant. Dennoch weist das Ergebnis zunächst noch auf die Möglichkeit hin, dass Ermüdung die Zunahme des phonologischen Hemmprozesses verstärken könnte. Dies widerspräche aber der Aufmerksamkeitstheorie Posners und Snyders (1975), da dem nur bei kurzer SOA von 200 ms auftretenden und innerhalb weniger 100 ms abklingenden Effekt nach dieser Theorie nur ein automatischer und damit nicht aufmerksamkeitsabhängiger Prozess zugrunde liegen kann. Nach dem „attentional sensitization model“ (Kiefer u. Martens 2010, Kiefer et al. 2012) unterliegen zwar auch automatische Prozesse einer Top-down-Kontrolle und sind aufmerksamkeitsabhängig. Aber auch diesem Modell zufolge erscheint eine Zunahme der phonologischen Hemmung unter Ermüdung sehr unwahrscheinlich, wenn man zugrunde legt, dass die phonologische Hemmung Ressourcen beansprucht, die unter Ermüdung verringert sind. Zu erwarten gewesen wäre also auch nach dem „attentional sensitization model“ eine Abschwächung des Hemmeffekts.

In der Zusammenschau mit diesen Überlegungen führen die in der vorliegenden Studie erhobenen Befunde nach Auffassung des Verfassers zu dem Schluss, dass Ermüdung keinen Einfluss auf Priming hat.

4.7 Grenzen der vorliegenden Studie

Die vorliegende Studie misst Reaktionszeiten im Wortentscheidungsexperiment. Während die Zeit vom Stimulus bis zur Reizantwort genau gemessen werden kann, werden keine Daten darüber gewonnen, wo und wie die Stimuli tatsächlich im Gehirn verarbeitet werden. Die erhobenen Daten werden anhand der „spreading-activation theory“ (Collins u.

Priming und Ermüdung

Loftus 1975) diskutiert und interpretiert, die auf der für Computersimulationen entwickelten Theorie Quillians aufgebaut ist und nicht die biologischen Verhältnisse im menschlichen Gehirn widerspiegelt. Wenn ein neuronales Netzwerkmodell, das in diesem Falle ein lexikalisches und ein semantisches Netzwerk umfasst, die im Experiment mit menschlichen Versuchspersonen gewonnenen Daten gut vorhersagt, lässt sich daraus nicht schließen, dass das Modell und das von ihm beschriebene neuronale Netzwerk eine realistische Abbildung zerebraler Strukturen und Funktionsweisen liefern. Es werden lediglich modellhaft Prinzipien abgebildet, die der Verarbeitung im Gehirn zugrunde liegen könnten.

Das Ausbleiben des erwarteten Ermüdungseffektes auf die semantischen und phonologischen Primingeffekte wirft die Frage auf, ob die verwendete Methode zur Erzeugung von Ermüdung erfolgreich war. Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich nach Kenntnis des Verfassers um die erste Studie zum Einfluss von Ermüdung auf Primingeffekte. Die Erzeugung von Ermüdung erfolgte mit der Methode, die Aschaffenburg für seine Nachtexperimente verwendet hatte. Dieser hatte im Assoziationsversuch Ermüdungseffekte nachgewiesen, was dafür spricht, dass die Methode effektiv ist. Ansonsten fehlten Vorarbeiten zum Einfluss von Ermüdung, auf deren Vorerfahrungen hätte aufgebaut werden können. Einschränkend muss gesagt werden, dass Aschaffenburgs Probanden zusätzlich zum Schlafentzug für die Dauer der Nachtarbeit einer Nahrungskarenz ausgesetzt waren und sich am Tag zuvor nicht hatten gezielt ausruhen sollen, wodurch die Methodik Aschaffenburgs zur Erzeugung von Erschöpfung möglicherweise etwas effizienter gewesen sein mag.

Die Untersuchung von Testpersonen zu unterschiedlichen Tageszeiten birgt ganz allgemein die Gefahr, dass statt der Auswirkung der zu untersuchenden Einflussgröße tageszeitliche Schwankungen gemessen werden. So unterliegt die Freisetzung von Hormonen und Neurotransmittern (z. B. Melatonin) teilweise einer zirkadianen Periodik, sodass die Ermüdungseffekte nach einer durchwachten Nacht von morgendlichen Hormonfreisetzungen überlagert sein könnten. Bezogen auf die vorliegende Studie, könnte das bedeuten, dass die Probanden aufgrund der physiologischen Tageszyklik generell morgens wacher waren als abends und dass dieser Effekt den müde machenden Effekt der Nachtarbeit ausglich. Ein Teil der an der vorliegenden Studie partizipierenden Probanden waren Schichtarbeiter, die vor und nach einer Nachtschicht getestet wurden. Diese mögen

Priming und Ermüdung

sich an wechselnde Schichten und an den von der Nachtarbeit vorgegebenen Tag-Nacht-Rhythmus so weit adaptiert haben, dass sie das Durchwachen der Nacht nicht wesentlich ermüdete. Auch ist vorstellbar, dass es physiologische Gegenregulationsmechanismen gibt, die unter Ermüdung einer Verringerung der Aufmerksamkeitsressourcen entgegenwirken. Es wäre möglich, dass die Versuchspersonen zwar müde waren, aber zur Ausführung der Experimente kurzzeitig die notwendigen Aufmerksamkeitsressourcen aufbringen konnten. In diesem Fall wäre Ermüdung kein geeignetes Mittel, um den Einfluss von Aufmerksamkeit, wie er vom „attentional sensitization model“ postuliert wird, zu verifizieren.

Denkbar ist auch, dass der Stichprobenumfang für ein signifikantes Ergebnis zu gering war, zumal die Messwerte einer großen Streuung unterliegen. Zur großen Streuung der Messwerte mag auch beigetragen haben, dass das Probandenkollektiv bewusst inhomogen zusammengesetzt war und Menschen unterschiedlichen Alters, Geschlechts und Bildungsgrades umfasste. Möglicherweise hätte also eine Erhöhung des Stichprobenumfangs durch Beteiligung eines größeren Probandenkollektivs oder die Verwendung eines umfangreicheren Stimulusmaterials ein signifikantes Ergebnis erbracht.

4.8 Ausblick

Um den Befund der Studie, dass Ermüdung keinen Einfluss auf Priming im Wortentscheidungstest hat, zu verifizieren oder zu falsifizieren, sind weitere Studien sinnvoll. Insbesondere vor dem Hintergrund der im Abschnitt „Grenzen der vorliegenden Studie“ angestellten Überlegung, ob Ermüdung kein geeignetes Mittel sein könnte, um den Einfluss von reduzierten Aufmerksamkeitsressourcen zu überprüfen, könnte es aufschlussreich sein, auch andere Methoden zur Beeinflussung von Vigilanz und Aufmerksamkeit heranzuziehen. Jung (1906/1979) ließ seine Versuchspersonen während der Durchführung des Assoziationsversuchs Striche im Takt eines Metronoms auf Papier zeichnen. In der heutigen, von Medien geprägten Welt sind unsere Assoziationen und damit unser Denken oft, z. B. beim Einkaufen, beim Autofahren und an manchen Arbeitsplätzen durch im Hintergrund ablaufende Musik, Radio- und Fernsehprogramme beeinflusst. Als weiterer externer die Aufmerksamkeit beeinflussender Reiz könnte das in der Traumatherapie häufig verwendete EMDR von Interesse sein. Auch bietet sich Hypnose als Methode zur Lenkung und Fokussierung der Aufmerksamkeit an. Es wäre interessant, diese Einflüsse im Wortentscheidungstest zu untersuchen, indem

Priming und Ermüdung

Versuchspersonen bei der Ausführung von Wortentscheidungsaufgaben Hintergrundmusik, monotonen oder unerwarteten oder unterschweligen akustischen Reizen ausgesetzt werden. Eine Wortentscheidungsaufgabe unter EMDR ließe sich am einfachsten mit akustisch präsentem Stimulusmaterial realisieren. Der Einsatz von Hypnose könnte vielfältige Möglichkeiten bieten, die Wahrnehmung und Aufmerksamkeit des Probanden zu lenken und zu manipulieren. Man könnte beispielsweise der Versuchsperson eine tiefe Entspannung suggerieren, die es ihr erlaube, sich ganz auf die präsentierten Stimuli und die Durchführung der Wortentscheidungsaufgabe zu konzentrieren. Oder man könnte suggerieren, dass das Stimulusmaterial weit entfernt oder wie durch Nebel oder Milchglas wahrgenommen wird. Die Aufmerksamkeit könnte auf innere Bilder oder suggerierte Erlebnisse abgelenkt werden. Die Abhängigkeit phonologischer Primingeffekte vom Vorhandensein von Aufmerksamkeitsressourcen könnte - analog zur Methodik Kiefers bei der Erforschung des Einflusses der Aufmerksamkeitsressource auf das semantische Priming (Kiefer 2009) - durch Vorschalten unterschiedlich anspruchsvoller „primary tasks“ untersucht werden.

Um sicherzustellen, dass zum Erzeugen von Ermüdung eingesetzte Techniken funktionieren, wäre der Einsatz von Instrumenten möglich, mit denen die Vigilanz gemessen werden kann. Hier bieten sich besonders EEG (Häufigkeit, Amplitude, Frequenz von Alpha und Theta-Wellen) und Lidschlagmessung (Häufigkeit des Blinzens, Dauer des Lidschlusses) an. Zusätzlich könnte eine Selbstbewertung durch den Probanden erfolgen, der beispielsweise auf einer Skala von 0 bis 10 seine Vigilanz einschätzt. Auch könnte Ermüdung durch körperliche Arbeit erzeugt werden. In diesem Fall wäre der Laktat Spiegel ein Maß für den Grad der Ermüdung.

Im Abschnitt „Grenzen der vorliegenden Studie“ wurde auf die Möglichkeit einer Überlagerung von mittels nächtlichem Schlafentzug hervorgerufenen Ermüdungseffekten durch zirkadiane Schwankungen der Aufmerksamkeitsressourcen, z. B. bedingt durch schwankende Hormon- und Neurotransmitterspiegel, hingewiesen. Interessant wäre es, zu untersuchen, inwieweit Primingeffekte einer zirkadianen Periodik unterliegen. Hierzu könnten zu unterschiedlichen Uhrzeiten Primingexperimente mit nicht ermüdeten Versuchspersonen durchgeführt werden.

5 Zusammenfassung

Die vorliegende Studie untersuchte Bahnungen und Hemmungen durch phonologisches und semantisches Priming im Wortentscheidungstest. Inspiriert von um die Jahrhundertwende ins 20. Jahrhundert durchgeführten Untersuchungen Gustav Aschaffenburgs und Carl Gustav Jungs, wonach Ermüdung bzw. unter Ermüdung herabgesetzte Aufmerksamkeit im Assoziationsversuch eine Zunahme von Klangreaktionen auf Kosten semantischer Assoziationen bewirkt, untersuchte die vorliegende Studie - nach Kenntnis des Verfassers erstmals - die Auswirkungen von Ermüdung im Wortentscheidungstest.

Während sich der bahnde Einfluss semantischen Primings als zuverlässig replizierbar erwies, kamen Studien, die sich mit phonologischem Priming befassten, zu teils widersprüchlichen Ergebnissen und lieferten Hinweise sowohl für phonologische Bahnungseffekte als auch für phonologische Hemmeffekte. Manfred Spitzer kam zu dem Ergebnis, dass der phonologische Primingeffekt einem zeitlichen Verlauf unterliegt, wobei ein bei kurzer „stimulus-onset asynchrony“ (SOA) auftretender automatischer Hemmeffekt mit zunehmender SOA abklingt und schließlich bei langer SOA in einen kontrollierten Bahnungseffekt übergeht.

Wie in Aschaffenburgs Untersuchungen wurde die Ermüdung der Versuchspersonen durch Schlafentzug und Nacharbeit hervorgerufen. Die Probanden wurden in wachem und in ermüdetem Zustand getestet. Die Präsentation des Stimulusmaterials erfolgte visuell. Um die Variable SOA zu untersuchen, wurden Prime und Target nacheinander und getrennt durch ein kurzes Interstimulusintervall von 0 Millisekunden oder ein langes Interstimulusintervall von 500 Millisekunden dargeboten. Bei einer Darbietungszeit des Primewortes von 200 Millisekunden betrug die SOA 200 Millisekunden oder 700 Millisekunden.

Die vorliegende Studie kommt zu folgenden Ergebnissen: Für beide SOAs und für beide Vigilanzgrade ließ sich ein signifikanter positiver semantischer Primingeffekt nachweisen. Ein Einfluss der Größen SOA und Vigilanz auf den semantischen Primingeffekt ergab sich nicht.

Priming und Ermüdung

Der Befund Spitzers einer Abhängigkeit des phonologischen Primingeffekts von der SOA ließ sich im Wesentlichen replizieren. Unabhängig von der Vigilanz war bei der kurzen SOA von 200 Millisekunden ein signifikanter phonologischer Hemmeffekt nachweisbar, während bei der langen SOA die Reaktionszeiten der phonologischen Bedingung fast exakt denen der unverbundenen Kontrollbedingung glichen. Ein Hinweis auf einen phonologischen Bahnungseffekt bei längerer SOA ergab sich im Unterschied zu den Befunden Spitzers nicht.

Ein Einfluss von Ermüdung auf phonologisches oder semantisches Priming zeigte sich nicht. Zwar fiel der phonologische Hemmeffekt bei kurzer SOA unter Ermüdung etwa doppelt so hoch aus wie bei ungestörter Vigilanz. Dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant. Bei der langen SOA war unabhängig von der Vigilanz kein Primingeffekt nachweisbar. Damit kommt die vorliegende Studie zu dem Ergebnis, dass Ermüdung keinen Einfluss auf Priming hat.

Diese Ergebnisse werden auf der Basis aktueller Modelle zur Wortverarbeitung diskutiert. Dabei ergeben sich Hinweise auf die an den Primingeffekten im Wortentscheidungsexperiment beteiligten Prozesse. Die Befunde sprechen für einen automatischen Prozess als Ursachen des semantischen Bahnungseffekts bei der kurzen SOA, während der semantische Primingeffekt bei der langen SOA am ehesten auf eine Kombination aus automatischer und kontrollierter Verarbeitung zurückzuführen ist. Zur Erklärung des phonologischen Hemmeffekts wird ein automatischer Aktivierungsausbreitungsprozess vorgeschlagen, der im lexikalischen Netzwerk zu einem unschärferen Aktivierungsprofil um die Repräsentation des Targets herum und damit zu einer Kontrastabschwächung führt, was die Identifizierung des Targetwortes erschwert und die zum Erkennen des Targets benötigte Zeit verlängert.

6 Literaturverzeichnis

1. Aschaffenburg G:
Experimentelle Studien über Associationen.
In: Kraepelin E (Hrsg) Psychologische Arbeiten, Bd 1,
Engelmann, Leipzig, S. 209-299 (1896)

2. Aschaffenburg G:
Experimentelle Studien über Associationen II.
In: Kraepelin E (Hrsg) Psychologische Arbeiten, Bd 2,
Engelmann, Leipzig, S. 1-83 (1899)

3. Becker-Carus C:
Laterale Hemmung, laterale Inhibition.
In: Wirtz MA (Hrsg.) Dorsch – Lexikon der Psychologie (16. Aufl.),
Huber, Bern, S. 919-920 (2013)

4. Bermeitinger C:
Priming.
In: Wirtz MA (Hrsg.) Dorsch – Lexikon der Psychologie (16. Aufl.),
Huber, Bern, S. 1216 (2013 a)

5. Bermeitinger C:
Priming-Paradigma.
In: Wirtz MA (Hrsg.) Dorsch – Lexikon der Psychologie (16. Aufl.),
Huber, Bern, S. 1216-1219 (2013 b)

6. Bermeitinger C:
Stimulus-onset asynchrony (SOA).
In: Wirtz MA (Hrsg.) Dorsch – Lexikon der Psychologie (16. Aufl.),
Huber, Bern, S. 1496 (2013 c)

Priming und Ermüdung

7. Bermeitinger C:
Maskierung.
In: Wirtz MA (Hrsg.) Dorsch – Lexikon der Psychologie (16. Aufl.),
Huber, Bern, S. 993-994 (2013 d)
8. Bock JK:
An Effect of the Accessibility of Word Forms on Sentence Structures.
J Mem and Lang 26: 119-137 (1987)
9. Carr TH, Dagenbach D:
Semantic Priming and Repetition Priming From Masked Words: Evidence for a
Center-Surround Attentional Mechanism in Perceptual Recognition.
J Exp Psychol Learn Mem and Cogn 16: 341-350 (1990)
10. Collins AM, Loftus EF:
A Spreading-Activation Theory of Semantic Processing.
Psychol Rev 82: 407-428 (1975)
11. Colombo L:
Activation and Inhibition With Orthographically Similar Words.
J Exp Psychol Hum Percept Perform 12: 226-234 (1986)
12. Dagenbach D, Carr TH, Barnhardt TM:
Inhibitory Semantic Priming of Lexical Decisions Due to Failure to Retrieve
Weakly Activated Codes.
J Exp Psychol Learn Mem and Cogn 16: 328-340 (1990)
13. De Groot AMB, Thomassen AJWM, Hudson PTW:
Associative facilitation of word recognition as measured from a neutral prime.
Mem Cognit 10: 358-370 (1982)

Priming und Ermüdung

14. Dufour S, Peereman R:
Lexical competition in phonological priming: Assessing the role of phonological match and mismatch lengths between primes and targets.
Mem Cognit 31: 1271-1283 (2003)
15. Hanson VL, Fowler CA:
Phonological coding in word reading: Evidence from hearing and deaf readers.
Mem Cognit 15: 199-207 (1987)
16. Hillinger ML:
Priming effects with phonemically similar words: The encoding-bias hypothesis reconsidered.
Mem Cognit 8: 115-123 (1980)
17. Holyk GG, Pexman PM:
The elusive nature of early phonological priming effects: Are there individual differences?
Brain Lang 90: 353-367 (2004)
18. Jung CG (1906):
Experimentelle Untersuchungen über Assoziationen Gesunder.
In: Jung-Merker L, Rüb E (Hrsg) Gesammelte Werke, Bd 2 (Experimentelle Untersuchungen),
Walter, Olten Freiburg, S. 13-213 (1979)
19. Kiefer M, Spitzer M:
Time course of conscious and unconscious semantic brain activation.
Neuroreport 11: 2401-2407 (2000)
20. Kiefer M, Brendel D:
Attentional modulation of unconscious “automatic” processes: evidence from event-related potentials in a masked priming paradigm.
J Cogn Neurosci 18: 184-98 (2006)

Priming und Ermüdung

21. Kiefer M:
Top-down modulation of unconscious 'automatic' processes: A gating framework.
Adv Cogn Psychol 3: 289-306 (2007)
22. Kiefer M, Martens U:
Attentional Sensitization of Unconscious Cognition: Task Sets Modulate Subsequent Masked Semantic Priming.
J Exp Psychol Gen 139: 464-489 (2010)
23. Kiefer M, Adams SC, Zovko M:
Attentional sensitization of unconscious visual processing: Top-down influences on masked priming.
Adv Cogn Psychol 8: 50-61 (2012)
24. Lukatela G, Turvey MT:
Inhibition of naming by rhyming primes.
Percept Psychophys, 58: 823-835 (1996)
25. Martens U, Kiefer M:
Specifying attentional top-down influences on subsequent unconscious semantic processing.
Adv Cogn Psychol 5: 56-68 (2009)
26. Martin RC, Jensen CR:
Phonological priming in the lexical decision task: A failure to replicate.
Mem Cognit 16: 505-521 (1988)
27. McNamara TP, Healy AF:
Semantic, Phonological, and Mediated Priming in Reading and Lexical Decisions.
J Exp Psychol Learn Mem and Cogn 14: 398-409 (1988)

Priming und Ermüdung

28. Meyer DE, Schvaneveldt RW:
Facilitation in recognizing pairs of words: Evidence of a dependence between retrieval operations.
J Exp Psychol 90: 227-234 (1971)
29. Meyer DE, Schvaneveldt RW, Ruddy MG:
Functions of graphemic and phonemic codes in visual word-recognition.
Mem Cognit 2: 309-321 (1974)
30. Naccache L, Bladin E, Dehaene S:
Unconscious masked priming depends on temporal attention.
Psychol Sci 13: 416-24 (2002)
31. Neely JH:
Semantic priming and retrieval from lexical memory. Roles of inhibitionless spreading activation and limited-capacity attention.
J Exp Psychol Gen 106: 226-254 (1977)
32. Neely JH:
Semantic priming effects in visual word recognition: A selective review of current findings and theories.
In: Besner D, Humphreys GW (Hrsg) Basic processes in reading: Visual word recognition,
Erlbaum, Hillsdale, NJ, S. 264-336 (1991)
33. Neumann O:
Automatic processing: A review of recent findings and a plea for an old theory.
In: Prinz W, Sanders AF (Hrsg) Cognition and motor processes,
Springer, Berlin Heidelberg, S. 255-293 (1984)
34. Norris D, McQueen JM, Cutler A:
Bias effects in facilitatory phonological priming.
Mem Cognit 30: 399-411 (2002)

35. Ogden CK, Richards IA:
The Meaning of Meaning: A Study of the Influence of Language upon Thought and of the Science of Symbolism.
Routledge and Kegan Paul, London, S. 1-23 (1923)
36. Peter M, Lukatela G & Turvey MT:
Phonological priming: Failure to replicate in the rapid naming task.
Bull Psychon Soc 28: 389-392 (1990)
37. Posner MI, Snyder CRR:
Attention and cognitive control.
In: Solso RL (Hrsg.): Information processing and cognition: The Loyola symposium,
Erlbaum, Hillsdale, NJ, S. 55-85 (1975)
38. Quillian MR:
Word concepts: A theory and simulation of some basic semantic capabilities.
Behav Sci 12: 410-430 (1967)
39. Quillian MR:
The Teachable Language Comprehender: A Simulation Program and Theory of Language.
Commun ACM 12: 459-476 (1969)
40. Shulman HG, Hornak R, Sanders E:
The effects of graphemic, phonetic, and semantic relationships on access to lexical structures.
Mem Cognit 6: 115-123 (1978)
41. Spitzer M:
Word-Associations in Experimental Psychiatry: A Historical Perspective.
In: Spitzer M, Uehlein FA, Schwartz MA, Mundt C (Hrsg.) Phenomenology Language & Schizophrenia,
Springer, New York, 160-196 (1992)

Priming und Ermüdung

42. Spitzer M, Weisker I, Winter M, Maier S, Hermle L, Maher BA:
Semantic and Phonological Priming in Schizophrenia.
J Abnorm Psychol 103: 485-494 (1994)
43. Stapf, K, Slavova, I:
Lexikalische Entscheidungsaufgabe.
In: Wirtz MA (Hrsg.) Dorsch – Lexikon der Psychologie (16. Aufl.),
Huber, Bern, S. 964 (2013)
44. Zwitserlood, P:
Sprachpsychologie.
In: Wirtz MA (Hrsg.) Dorsch – Lexikon der Psychologie (16. Aufl.),
Huber, Bern, S. 82-83 (2013)
45. o. A.:
Assoziationsversuche.
In: Wirtz MA (Hrsg.) Dorsch – Lexikon der Psychologie (16. Aufl.),
Huber, Bern, S. 199 (2013)

7 Anhang

7.1 Die Einteilung der Assoziationen nach Aschaffenburg

Im Folgenden ist die Einteilung der Assoziationen nach Aschaffenburg aufgeführt (Aschaffenburg 1896, S. 231 – 251). Die in Kursivschrift gegebenen Beispiele stammen von Aschaffenburg selbst.

I. UNMITTELBARE ASSOZIATIONEN.

A. Reizworte dem Sinne nach richtig aufgefasst.

a. Innere Assoziationen.

1. Assoziationen nach Koordination (*Tee - Kaffee*) und Subordination (*Dattel - Frucht*).
2. Assoziationen nach prädikativer Beziehung (*Dattel - reife Frucht, Säge - zackig, Dreck - Pfui*).
3. Causalabhängige Assoziationen (*Verdienst - Orden, Mohn - Schlaf*).

b. Äußere Assoziationen.

1. Assoziationen nach räumlicher (*Teppich - Zimmer*) und zeitlicher (*Muff - Winter*) Koexistenz.
2. Identitäten (*Vorsaal - Atrium, Oheim - Onkel*).
3. Sprachliche Reminiszenzen (*Schnee - Ball, Kaffee - Bohne, Minne - Sänger*).

B. Reizworte dem Sinne nach nicht richtig aufgefasst.

c. Reizworte nur durch Klang wirkend.

1. Wortergänzungen (*Griß - gram, Stier - en, Schrift - lich*).
2. Klang- und Reimassoziationen α) Sinnvolle (*Biber - Bibel*)
 β) ohne Sinn (*Tatze - Klatze*).

d. Reizworte nur reaktionsauslösend wirkend.

1. Wiederholung des Reizwortes (mechanisches Nachsprechen des zugerufenen Wortes).
2. Wiederholung früherer Worte ohne Sinn (*auf Helm, Frack, Plüsch, Ohr, Boot jedesmal: Hut*).
3. Assoziationen auf vorher vorgekommene Worte (*nach Heer - Meer: Korn - See*).
4. Reaktionen ohne erkennbaren Zusammenhang (z. B. *gerade erblickter Gegenstand*).

II. MITTELBARE ASSOZIATIONEN

(Schatten - (Schaden -) Spott, Himmel - (Hölle -) Teufel).

7.2 Reimwort-Targets

Auf den folgenden Seiten sind alle sowohl in der Reim- als auch in der unverbundenen Kontrollbedingung verwendeten Target-Wörter zusammen mit den zugehörigen Reaktionszeiten und targetbezogenen Primingwerten aufgeführt.

Priming und Ermüdung

Tabelle 13: Reaktionszeiten und targetbezogene phonologische Primingwerte derjenigen Targets, die sowohl in der Reim- als auch in der Kontrollbedingung eingesetzt wurden. „Stimulus-onset asynchrony“ (SOA), Reaktionszeiten und targetbezogene Primingwerte sind in Millisekunden (ms) angegeben.

	Reaktionszeiten wach (ms)				Reaktionszeiten müde (ms)				Phonologisches Priming (ms)			
	SOA: 200 ms		SOA: 700 ms		SOA: 200 ms		SOA: 700 ms		wach		müde	
Target	Kontrolle	Reim	Kontrolle	Reim	Kontrolle	Reim	Kontrolle	Reim	SOA: 200 ms	SOA: 700 ms	SOA: 200 ms	SOA: 700 ms
bald	677	733	907	742	812	882	734	677	-55,7	165,1	-70,8	57,0
Bank	684	671	808	685	667	700	592	601	12,7	123,7	-33,2	-8,7
Bar	678	877	718	933	716	868	840	556	-199,5	-214,9	-152,5	283,7
bauen	736	861	724	704	669	575	703	696	-124,6	19,8	94,2	6,8
bewußt	1224	805	792	680	740	708	587	644	418,4	111,8	31,8	-56,8
Bier	665	784	570	572	761	611	565	613	-119,3	-1,4	149,8	-48,2
bitten	974	888	885	788	764	916	582	759	85,4	96,6	-151,2	-177,2
Brauer	1159	1164	985	1060	757	1319	524	877	-5,5	-75,2	-562,1	-353,2
Brille	779	682	576	663	578	940	645	774	97,0	-87,2	-362,2	-128,7
Buch	701	703	698	792	1046	593	652	629	-2,0	-93,5	452,7	22,3
Bund	755	749	605	688	591	724	677	764	5,2	-82,8	-133,2	-87,1
Dachs	976	733	864	666	626	899	722	732	243,3	197,9	-272,2	-10,0
Daumen	877	851	583	591	757	848	743	718	26,7	-7,5	-91,3	25,7
Ding	953	928	868	676	570	754	694	853	25,0	191,8	-183,5	-158,7
falten	1012	851	871	654	865	737	761	743	161,0	217,4	127,8	18,6
Fehler	768	766	827	660	744	762	683	671	2,5	167,0	-17,8	11,4
flach	747	897	616	730	854	632	703	782	-149,7	-113,8	223,0	-79,0
Flasche	826	893	797	690	611	657	660	581	-66,7	107,0	-46,6	78,7
Flieder	804	791	629	721	723	728	711	668	12,6	-91,3	-5,1	42,7
fliegen	1056	722	753	654	642	658	802	606	334,1	99,6	-16,0	195,8
Frucht	752	878	767	787	848	1135	670	880	-126,0	-20,2	-287,0	-210,0
geben	671	933	688	812	689	764	727	863	-261,7	-124,0	-75,2	-136,0
gegen	770	753	767	831	673	593	541	592	16,5	-64,0	80,3	-50,4
Gicht	1012	1005	908	922	831	687	826	764	6,9	-14,3	144,0	62,8
Gier	854	1105	720	832	715	790	685	598	-250,8	-111,9	-75,2	87,8
Glück	753	666	714	669	652	737	572	637	86,6	44,9	-85,5	-65,0
Grube	770	820	676	757	1091	992	732	831	-50,7	-80,6	99,0	-98,8
Grund	663	717	641	764	712	685	691	544	-54,0	-123,6	27,5	147,0
Heim	801	842	734	760	579	717	713	768	-40,2	-25,7	-137,8	-55,0

Priming und Ermüdung

	Reaktionszeiten wach (ms)				Reaktionszeiten müde (ms)				Phonologisches Priming (ms)			
	SOA: 200 ms		SOA: 700 ms		SOA: 200 ms		SOA: 700 ms		wach		müde	
Target	Kontrolle	Reim	Kontrolle	Reim	Kontrolle	Reim	Kontrolle	Reim	SOA: 200 ms	SOA: 700 ms	SOA: 200 ms	SOA: 700 ms
heißen	975	854	862	724	748	868	862	690	120,1	137,7	-119,8	171,9
Herz	782	881	628	713	653	888	683	694	-98,4	-85,0	-234,8	-11,8
heute	679	777	621	689	614	1000	649	737	-98,6	-67,9	-385,8	-88,3
hier	748	930	674	781	716	597	613	629	-182,7	-107,1	119,2	-15,4
jagen	1118	765	770	701	685	639	737	662	352,3	69,5	45,4	75,3
Juli	656	712	683	683	796	811	738	578	-56,4	-0,8	-14,5	159,7
Kasse	657	818	641	796	638	928	654	867	-161,0	-155,2	-290,5	-212,7
Klage	997	741	725	706	548	924	767	972	256,6	18,7	-375,5	-205,3
Koch	642	792	697	614	811	748	740	628	-149,1	82,1	62,7	111,3
Korn	697	769	778	602	851	768	652	663	-71,7	176,7	83,0	-10,7
lachen	846	848	650	840	656	687	682	714	-1,1	-190,0	-31,0	-32,2
Leber	648	844	698	847	830	720	609	622	-196,5	-148,8	109,2	-12,7
Leder	784	810	620	680	640	888	627	803	-26,2	-60,0	-247,7	-175,7
Lehre	862	722	725	699	974	721	632	707	139,4	26,1	253,3	-74,5
lernen	759	892	685	608	697	931	612	673	-132,6	77,6	-234,0	-61,8
Liste	788	700	860	695	631	928	675	854	88,1	164,7	-297,2	-179,0
Locke	881	886	779	789	712	698	610	601	-5,7	-10,3	14,0	8,9
Mauer	607	648	678	689	762	679	857	549	-41,1	-10,9	82,5	308,3
Maus	868	718	579	627	576	776	689	768	149,3	-47,9	-200,0	-78,7
Mittel	746	923	683	644	856	731	976	668	-176,6	38,8	125,0	308,0
Moos	882	742	792	774	791	680	687	856	140,2	18,1	110,4	-169,2
Mücken	857	923	889	722	793	541	880	608	-65,3	167,6	252,3	272,5
Mut	618	795	797	787	807	756	722	506	-177,2	9,6	51,5	216,7
Nest	548	781	645	731	808	765	718	533	-233,6	-86,0	42,8	185,0
Nuß	743	896	650	565	696	801	529	760	-152,9	85,3	-104,5	-230,4
packen	862	786	718	886	692	948	832	949	76,1	-167,4	-256,0	-116,9
Perücke	948	951	746	876	650	944	566	754	-3,6	-130,2	-293,2	-187,2
Puppe	705	898	628	721	763	736	672	511	-192,9	-93,4	26,8	161,0
Qualle	942	936	917	944	711	926	777	680	6,6	-26,3	-215,2	96,4
Rinne	894	959	884	812	847	739	890	669	-65,0	71,4	108,0	221,0
Rohr	870	841	737	861	777	682	735	695	29,5	-123,8	94,5	40,7
Rolle	763	664	902	750	553	708	726	629	99,0	151,3	-154,2	96,3
Schaden	730	636	701	768	758	1012	658	755	93,6	-66,8	-254,0	-97,0
Schall	676	1024	740	706	1100	596	832	668	-347,8	34,9	503,8	164,0
Schauer	674	865	913	803	632	1054	874	831	-190,8	109,9	-421,5	43,0
Schinken	842	745	722	816	639	680	658	623	96,8	-93,5	-40,4	34,2

Priming und Ermüdung

	Reaktionszeiten wach (ms)				Reaktionszeiten müde (ms)				Phonologisches Priming (ms)			
	SOA: 200 ms		SOA: 700 ms		SOA: 200 ms		SOA: 700 ms		wach		müde	
Target	Kontrolle	Reim	Kontrolle	Reim	Kontrolle	Reim	Kontrolle	Reim	SOA: 200 ms	SOA: 700 ms	SOA: 200 ms	SOA: 700 ms
schlau	851	676	664	930	549	670	735	609	175,7	-266,2	-120,8	126,0
Schrank	934	738	746	781	718	595	808	730	196,0	-34,4	122,5	78,3
Schwamm	754	960	671	696	737	620	612	654	-205,7	-25,1	116,8	-41,5
schweigen	749	939	716	748	721	807	654	668	-190,6	-32,1	-86,2	-14,5
Segel	749	736	774	760	698	707	670	719	12,7	14,7	-8,8	-49,0
Socken	808	792	749	747	697	661	625	700	15,2	1,6	36,0	-75,5
sprechen	777	812	655	733	707	613	638	657	-34,9	-78,4	93,7	-19,3
Spule	760	970	709	703	762	812	724	706	-210,1	5,9	-50,2	17,2
Stab	726	890	924	902	842	762	821	611	-164,4	22,3	80,5	210,0
Stahl	697	920	855	744	725	666	615	676	-222,2	110,8	58,8	-61,0
Stunde	697	636	767	707	664	773	547	865	61,0	60,2	-109,0	-318,0
Süden	831	937	736	884	690	822	781	925	-106,4	-148,5	-132,0	-143,9
Sumpf	729	803	736	795	622	934	816	842	-74,0	-59,1	-312,0	-25,7
Takt	860	1051	672	767	634	618	754	943	-191,5	-94,5	16,3	-189,6
Tee	832	773	711	582	835	554	724	506	59,4	129,0	281,3	217,2
Teer	826	1011	801	885	756	827	484	759	-184,5	-83,9	-71,2	-274,8
Topf	758	623	796	810	728	1042	607	740	135,2	-13,3	-314,2	-133,3
Tour	794	931	704	825	614	1082	564	807	-137,2	-120,6	-468,2	-243,0
treten	860	938	783	803	727	714	731	711	-78,5	-19,8	13,8	20,6
Turm	625	754	683	796	937	691	719	575	-129,3	-112,5	246,0	144,7
weiß	833	719	768	556	716	870	833	629	113,2	211,6	-154,5	203,7
Werke	793	991	703	733	888	1020	692	594	-197,7	-29,6	-132,2	98,0
Wette	822	745	918	726	787	683	539	897	77,3	192,2	104,0	-358,3
Wetter	739	763	702	821	986	736	774	744	-23,8	-118,8	250,5	30,3
Wild	776	682	790	661	717	807	587	740	93,9	128,5	-89,8	-153,7
Wort	655	622	704	780	712	990	518	704	32,5	-76,1	-277,8	-186,3
Zange	708	857	688	734	1054	746	741	693	-148,5	-45,8	307,7	48,0
zeigen	746	942	769	781	666	715	728	732	-196,5	-12,3	-49,8	-3,8
zelden	1111	957	868	706	757	978	908	881	153,9	162,8	-221,2	26,4
Ziel	795	742	667	743	728	579	680	632	52,4	-76,1	149,3	48,3
zünden	883	843	915	664	778	816	702	678	40,2	251,0	-38,0	24,5