



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Supraliminale und subliminale intermodale Bahnung

Verfasserin:

Annabella Pühr

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 298

Studienrichtung lt. Studienblatt: Psychologie

Betreuerin / Betreuer: Prof. Dr. Ulrich Ansorge

## Danksagung

Ich möchte mich recht herzlich bei Herrn Prof. Dr. Ulrich Ansorge für die Betreuung und Unterstützung bei der Verfassung meiner Diplomarbeit bedanken. Seine Rückmeldungen und anregenden Vorschläge haben mir sehr geholfen.

Des Weiteren möchte ich mich bei Herrn Shah Khalid und bei Herrn Bernhard Laback bedanken, die mir bei der Planung und der Durchführung des Experiments geholfen haben und mir bei Fragen stets zur Seite gestanden sind.

Ich möchte mich außerdem bei meiner Familie bedanken, die mich stets beim Erreichen meiner Ziele unterstützt hat. Ganz besonders danke ich auch meinem Freund, von dem ich in dieser Phase viel Kraft und Motivation erhalten habe.

## Zusammenfassung

Es ist bis heute noch relativ wenig über die intermodale Integration unbewusster und bewusster Information bekannt. In der vorliegenden Studie sollte deshalb untersucht werden, ob die räumliche Bedeutung eines unbewusst präsentierten visuellen Wortes, wie beispielsweise „hinauf“, die Verarbeitung der sensorischen Position (Richtung) eines auditiven Tones beeinflusst.

Obwohl die intermodale Verarbeitung von unbewusster Information generell eher selten vorkommt, könnte die unbewusst wahrgenommene Bedeutung eines Reizes aus einer Modalität prinzipiell auch für andere Sinnesmodalitäten abrufbar sein, auch wenn die Bedeutung nur aus einer bestimmten Modalität stammt. Aufbauend auf bisherige Forschungserkenntnisse und bereits bekannter Einflüsse von semantischen Wortbedeutungen auf sensorische Informationen, wurde die Voraussage getätigt, dass ein unbewusster bedeutungsbasierter Effekt, die sensorische Verarbeitung einer anderen Sinnesmodalität beeinflussen kann.

In der vorliegenden Studie konnte herausgefunden werden, dass ein unbewusst präsentiertes räumliches Wort, wie beispielsweise „hinauf“, die Lokalisierung von räumlich kongruenten Tonfolgen (hier: Ton, der von oben kam), verglichen mit räumlich inkongruenten Tonfolgen (hier: Ton der von unten kam) erleichtern konnte. Dieser Effekt wurde gefunden, auch wenn Versuchspersonen die visuellen Bahnungsreize nicht bewusst wahrnehmen konnten und sie demzufolge nicht in der Lage waren zwischen kongruenten und inkongruenten Bahnungsreizen zu unterscheiden. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die unbewusste Verarbeitung auch auf semantisch-sensorische Verbindungen zwischen verschiedenen Sinnesmodalitäten ausdehnt.

*Schlagerworte:* Intermodale Bahnung, multisensorische Bahnung, unbewusste Verarbeitung, visuell-auditive Integration

## **Abstract**

Little is known about the cross-modal integration of unconscious and conscious information. In the current study, therefore it has been tested whether the spatial meaning of an unconscious visual word, such as “up”, influences the processing of the sensory location of an auditory target. Although cross-modal integration of unconscious information could be generally rare, unconscious meaning could in principle be available for different modalities even if the meaning stems from only one particular modality. Also, on the basis of known influences of meaning on sensory information, such an unconscious meaning-based effect should impact sensory processing in a different modality. This prediction was confirmed.

It could be found, that an unconscious spatial word, such as “up”, facilitated the localization of a spatially congruent sound (here: a sound from above) as compared to a spatially incongruent sound (here: a sound from below). This was found even if participants did not recognize the primes (i.e., were not able to discriminate between congruent and incongruent primes). The results show, that unconscious processing extends to semantic-sensory connections between different modalities.

*Key Words:* Cross-Modal Priming, Multisensory Priming, Unconscious Processing, Visual Auditory Integration

## Inhaltsverzeichnis

Danksagung .....	1
Zusammenfassung .....	2
Abstract .....	3
1. Theoretischer Hintergrund .....	5
1.1. Einführung .....	5
1.2. Informationsintegration und Bewusstsein .....	6
1.2.1. Multisensorische Integration und Bewusstsein .....	9
1.3. Exekutive Kontrolle und Bewusstsein .....	10
1.4. Bahnung .....	11
1.4.1. Maskierte Bahnung .....	12
1.4.2. Reaktionsbahnung .....	13
1.4.3. Semantische Bahnung .....	18
1.5. Aufmerksamkeitsverlagerung .....	21
1.6. Ergebnisse bisheriger Studien .....	22
2. Fragestellung und Experiment .....	27
2.1 Hypothesen .....	28
3. Methode .....	30
3.1. Untersuchungsablauf .....	30
3.2. UntersuchungsteilnehmerInnen .....	32
3.3. Instrument und Messgeräte .....	33
3.4. Reizmaterial .....	34
4. Ergebnisse .....	38
4.1. Analyse der Reaktionszeiten .....	40
4.2. Analyse der Fehlerraten .....	40
4.3. Sichtbarkeitsanalyse der Bahnungsreize .....	41
5. Diskussion .....	43
5.1. Schlussfolgerung und Ausblick .....	48
6. Literatur .....	50
Tabellen- und Abbildungsverzeichnis .....	58
Lebenslauf .....	59

## 1. Theoretischer Hintergrund

### 1.1. Einführung

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit intermodaler und unbewusster menschlicher Informationsverarbeitung. Der Mensch nimmt ständig Objekte aus seiner Umgebung wahr, die eine Integration von Informationen aus verschiedenen Sinnesmodalitäten erfordert. Die intermodale Verarbeitung ist somit eine Grundlage für alle Aktivitäten des täglichen Lebens. Es ist jedoch noch nicht vollständig geklärt, unter welchen Umständen intermodale Einflüsse auftreten können (Mahr & Wentura, 2014). In der vorliegenden Arbeit sollte deswegen genauer untersucht werden, wie die Verarbeitung von Reizen aus unterschiedlichen Modalitäten abläuft.

Des Weiteren beinhaltet die menschliche Informationsverarbeitung sowohl bewusste als auch unbewusste Komponenten der Verarbeitung. Es ist jedoch noch sehr wenig darüber bekannt, wie diese beiden Arten der Verarbeitung miteinander interagieren (Dehaene & Changeux, 2011). Ein zusätzliches Forschungsinteresse der vorliegenden Studie war also die Erforschung des Bewusstseins, um ein besseres Verständnis für die Unterschiede und Gemeinsamkeiten der bewussten und unbewussten Informationsverarbeitung zu bekommen. Eine Möglichkeit, dieser Forschungsfrage nachzugehen, ist die Untersuchung der Möglichkeiten und Grenzen von unbewusster Verarbeitung (z.B. Ansorge, Kunde & Kiefer, 2014; Atkinson, Thomas & Cleeremans, 2000). Unter unbewusster Verarbeitung versteht man die Enkodierung von Reizen, die aufgrund experimenteller oder klinischer Bedingungen, unterhalb der Wahrnehmungsschwelle liegen. Das bedeutet, dass der Reiz weder bewusst gesehen, gehört oder auf andere Weise von der Person wahrgenommen werden kann (Mudrik, Faivre & Koch 2014).

Die vorliegende Arbeit führt nun diese zwei Komponenten zusammen, indem sie sich mit der Bewusstseinsabhängigkeit der intermodalen Informationsverarbeitung beschäftigt. Es sollte untersucht werden, inwieweit sich unbewusste Verarbeitung auf Verbindungen zwischen verschiedenen Sinnesmodalitäten ausdehnen kann. Die Integration von Informationen und das Bewusstsein stehen eng miteinander in Beziehung und könnten als interdependent angesehen werden. Es stellt sich die Frage nach der genauen Natur dieser Beziehung und welche Formen von Informationsintegration tatsächlich bewusstseinsabhängig sind und welche nicht (Mudrik, Faivre & Koch, 2014). Wie bereits erwähnt, ist in der vorliegenden Arbeit die Bewusstseinsabhängigkeit intermodaler Informationsintegrationsprozesse von Interesse. Um diese Forschungsfrage zu beantworten, wurden Wörter mit semantischem Gehalt entweder bewusst oder unbewusst visuell präsentiert und untersucht, ob sie einen Einfluss auf die Unterscheidungsfähigkeit von auditiv präsentierten Tonfolgen hatten.

## 1.2. Informationsintegration und Bewusstsein

In der Geschichte der wissenschaftlichen Erforschung des Bewusstseins wurde der Integration von Informationen stets eine wichtige Rolle zugeschrieben (z.B. Baars, 2002; Dehaene & Naccache, 2001; Marcel, 1983a; Treisman, 2003). Diese beiden Phänomene schienen eng miteinander in Beziehung zu stehen oder sogar voneinander abhängig zu sein. Das wird sowohl durch das einheitliche und holistische Bild der bewussten Wahrnehmung als durch die Hypothese, dass das Bewusstsein für die Ermöglichung von Informationsintegration notwendig ist, widerspiegelt. Annahmen über eine solch enge oder interdependente Beziehung gehen bis auf Schriften von Kant, Descartes und James zurück (zitiert nach Mudrik et al., 2014, S. 488). Diese traditionelle Sichtweise hat bis heute einen starken Einfluss auf das Denken (Mudrik et al., 2014).

Unter Informationsintegration versteht man das Kombinieren und Zusammenführen verschiedener einzelner Merkmale zu einer einheitlichen Gesamtwahrnehmung (Treisman, 2003). Ein Beispiel dafür wäre, dass man eine schwarze Linie als eine einzelne Wahrnehmung erlebt und nicht als zwei getrennte Wahrnehmungen, einerseits von der schwarzen Farbe und andererseits von der Linie. Gemäß einer kognitiven Definition von Mudrik et al. (2014), wird Integration als Bildung einer nichtperzeptuellen, abstrakten Repräsentation durch die Verbindung unterschiedlicher Signale zu einer neuen Wahrnehmung beschrieben. Es ist sehr wahrscheinlich, dass alle neuronalen Prozesse, die im Gehirn ablaufen, zu einem gewissen Grad mit Integration in Verbindung stehen (Mudrik et al., 2014).

Mudrik et al. (2014) haben die unterschiedlichen Formen der Informationsintegration, darunter auch die, für diese Arbeit relevante semantische und multisensorische Integration und deren Beziehung zum Bewusstsein genauer untersucht. Die Autoren legen nahe, dass manche integrative Prozesse ohne Bewusstsein auftreten können, ihr Spielraum ist dann aber auf kleinere Bereiche (Integrationsfenster), einfachere Assoziationen, oder auf jene, die schon zuvor bewusst gebildet wurden, beschränkt. Unter sogenannten Integrationsfenstern versteht man den Entstehungsprozess einer vereinheitlichten Repräsentation aus zwei oder mehreren Merkmalen, die sich in Raum, Zeit, Semantik oder bezüglich ihrer sensorischen Modalität unterscheiden. Die maximale Entfernung zwischen den integrierten Merkmalen bestimmt die Größe des Integrationsfensters. Bei räumlichen Integrationsfenstern (engl. spatial integration windows) bezieht sich die Distanz auf die aktuelle räumliche Entfernung der integrierten Merkmale. Bei zeitlichen Integrationsfenstern (engl. temporal integration windows) bezieht sie sich auf die Dauer des Intervalls zwischen den integrierten Ereignissen. Im Falle von multisensorischen Integrationsfenstern (engl. multisensory integration windows) bezieht sich die Distanz auf die Anzahl der integrierten Modalitäten und bei semantischen

Integrationsfenstern (engl. small semantic processing windows) ist das Ausmaß oder die Komplexität der semantischen Integration von Bedeutung (Mudrik et al. 2014).

Die Aussage von Mudrik et al. (2014), dass manche integrative Prozesse auch ohne Bewusstsein auftreten können, stellt bisherige Behauptungen (z.B. Baars, 2002) die besagten, dass Bewusstsein bei der Integration von Informationen zumindest zu einem gewissen Grad vorhanden sein muss, in Frage. Die Autoren nehmen außerdem an, dass Bewusstsein integrative Prozesse ermöglicht, die später unbewusst operieren können und die Integration auf größere Bereiche, über größere Integrationsfenster, ermöglichen. Die traditionelle Sichtweise, die Bewusstsein an Informationsintegration koppelt (z.B. Baars, 2002; Dehaene & Naccache, 2001; Marcel, 1983a; Treisman, 2003) hat, wie bereits erwähnt, immer noch einen starken Einfluss auf die heutige Denkweise. Eine Überprüfung der vorliegenden empirischen Daten (speziell in der visuellen Domäne) legte aber nahe, dass es keine absolute Abhängigkeit zwischen dem Bewusstsein und der Integration von Informationen gibt. Umso komplexer oder neuartiger ein Reiz jedoch ist, desto wahrscheinlicher wird Bewusstsein für die Integration benötigt (Mudrik et al., 2014).

Zur Erklärung der Beziehung zwischen Bewusstsein und Informationsintegration wurden die verschiedensten Theorien aufgestellt. Einige sehen Informationsintegration als Voraussetzung für jegliche bewusste Erfahrung (z.B. Treisman, 2003), andere postulieren, dass Bewusstsein eine integrative Funktion hat (z.B. Baars, 2002; Dehaene & Naccache, 2001) und wieder andere behaupten, dass integrierte Information und bewusst zugängliche Information identisch sind (z.B. Tononi, 2013). Zur letzteren gehört die „Integrated-Information“-Theorie (IIT; Tononi, 2013). Diese setzt die Notwendigkeit und Vollständigkeit des Bewusstseins voraus (Integration wird für Bewusstsein benötigt und Bewusstsein wird für Integration benötigt). Sie verknüpft Bewusstsein mit Informationsintegration in der Weise, dass sie behauptet, dass die Stufe des Bewusstseins eines Systems äquivalent zu dessen Fähigkeit Informationen zu integrieren ist. Die IIT beinhaltet in ihrer aktuellen Form jedoch keine verhaltensbezogenen Prädiktoren bewusster oder unbewusster Verarbeitung (Tononi, 2013). Zunächst soll auf die Behauptung eingegangen werden, dass die Integration für Bewusstsein notwendig ist (z.B. Kanwisher, 2001; Marcel, 1983a). Es gibt keine bewusste Wahrnehmung, die als einzelne Einheiten erlebt werden, sondern nur als einheitliches Ganzes. Diese Annahme ergibt sich aus dem intuitiven Konzept des Bewusstseins, welches bewusste Wahrnehmungen als holistisch und ungeteilt versteht und welches verschiedene Informationsquellen über Raum, Zeit und sensorische Modalitäten hinweg kombiniert. Eine weitere Behauptung ist, dass Bewusstsein für die Integration benötigt wird. Dem Bewusstsein werden mehrere funktionale Rollen zugeschrieben, unter anderem die Planung (Crick & Koch, 2003) und Ermöglichung von flexiblem Verhalten (z.B. Cheesman & Merikle, 1984) im Hinblick auf neuartige

Situationen und Aufgaben (Dehaene & Naccache, 2001). Eine gängige Auffassung ist, dass Bewusstsein für die Integration vieler verschiedener Typen von Informationen benötigt wird und diese möglicherweise über großräumige Feedback-Verbindungen erfolgt (Lamme & Roelfsema, 2000).

In der „Global-Neural-Workspace“-Theorie (GNW; Dehaene & Changeux, 2011; Dehaene & Naccache, 2001), wird die unbewusste Verarbeitung insofern als abgekapselt betrachtet, dass kein Austausch von Informationen aus unterschiedlichen Gehirnarealen stattfindet. Es wird behauptet, dass Bewusstsein dann auftritt, wenn konzeptgesteuerte (top-down) Aufmerksamkeitsverstärkung frontoparietale Netzwerke mobilisiert, welche dann neuronale Signale über das Gehirn hinweg aussenden. Das macht wiederum die Signale für verschiedenartige Prozesse verfügbar, wie zum Beispiel die perzeptuelle Kategorisierung, Langzeitgedächtnisprozesse, linguistische Evaluation und intentionale Handlungen. Die GNW nimmt Bezug auf die „Global-Access“-Hypothese (Baars, 2002), in der spezifische neuronale Mechanismen angenommen werden, die für den globalen Zugriff förderlich sind.

Es ist also bislang noch nicht ganz klar ob, beziehungsweise unter welchen Umständen Bewusstsein für die Informationsintegration erforderlich ist und welche Arten von Integration das betrifft. Hubel und Wiesel (1962) zeigten, dass einfache Formen der Integration von Information unbewusst ausgeführt werden können. Demnach könnte Bewusstsein dann notwendig sein, wenn die Integration ein gewisses Maß an Komplexität erreicht (Mudrik et al., 2014).

Mudrik et al. (2014) gehen in ihrer Arbeit auch auf die Behauptung ein, dass Bewusstsein für die multisensorische Informationsintegration notwendig ist (Baars, 2002), mit der sich ja die vorliegende Arbeit beschäftigt. Obwohl zeitliche, räumliche und sogar semantische Integrationsfenster von horizontalen Verbindungen innerhalb eines sensorischen kortikalen Arealen abhängig zu sein scheinen, beruhen multisensorische Integrationsfenster wahrscheinlich auf großräumigen Verbindungen zwischen verschiedenen sensorischen Kortexen und zusätzlich auf potentiellen multisensorischen Konvergenzzonen, wie beispielsweise dem superioren temporalen Sulcus oder dem posterioren parietalen Kortex (Driver & Noesselt, 2008).

Auch wenn die in Mudrik et al. (2014) genannten Experimente dafür sprechen, dass das Bewusstsein für einige Arten der Informationsintegration nicht zwingend notwendig ist, übernimmt es trotzdem eine wichtige Rolle bei integrativen Prozessen. Das stimmt auch mit bekannten Theorien auf diesem Gebiet, wie der IIT (Tononi, 2013) und der GNW (Dehaene & Changeux, 2011; Dehaene & Naccache, 2001) überein. Bewusstsein ermöglicht Informationsintegration über weite Distanzen und Zeiträume und erleichtert die Integration auf höheren semantischen Ebenen, multiplen Modalitäten und die Bildung neuer Assoziationen. Die Studienergebnisse im Überblicksartikel von Mudrik et al. (2014)

deuten darauf hin, dass die unbewusste Integration von Informationen mit stärkeren Limitierungen verbunden ist und dass die Effektstärken, im Vergleich zu bewussten Prozessen, geringer ausfallen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die bisherigen Untersuchungsergebnisse von unbewusster Integration noch nicht ausreichend stark sind, um behaupten zu können, dass dem Bewusstsein keine funktionale Rolle in der Integration von Informationen zukommt. Es kann eher davon ausgegangen werden, dass manche integrative Prozesse auch ohne Bewusstsein auftreten, während andere das nicht können. Mudrik et al. (2014) haben hierzu einige Experimente vorgeschlagen, die diese Limitierungen direkt erfassen könnten, unter anderem auch bei der unbewussten multimodalen Integration.

### **1.2.1. Multisensorische Integration und Bewusstsein**

Die Umwelt beinhaltet eine hohe Variabilität an sensorischen Informationen mit unterschiedlicher physikalischer Natur, die vom Menschen mit unterschiedlichen Sinnesorganen wahrgenommen werden. Wenn sich Informationen auf verschiedene sensorische Modalitäten ausbreiten und zu einer neuen, einheitlichen Repräsentation zusammengeführt werden, dann spricht man von multimodaler Integration (Faivre, Mudrik, Schwartz & Koch, 2014). Wie weiter oben bereits erwähnt, erfasst die menschliche Wahrnehmung diese Umgebungsreize aber nicht als Summe unabhängiger Merkmale, sondern als einen gesamten, zu einer Einheit integrierten multimodalen Sinneseindruck. Ein Beispiel hierfür wäre, dass ein Mensch einen kreischenden Raben wahrnimmt und nicht getrennt voneinander einen Raben sieht und ein Kreischen hört (Faivre et al. 2014).

Diese Beobachtung bildet das Zentrum von Wahrnehmungstheorien, die eine starke Verbindung zwischen dem Bewusstsein und der Informationsintegration postulieren (z.B. Baars, 2002; Dehaene & Changeux, 2011). In diesen Theorien wird die unbewusste Verarbeitung als abgekapselt angenommen, sodass kein Informationsaustausch aus unterschiedlichen Gehirnarealen stattfindet. Bewusste Wahrnehmungsprozesse gehen hingegen mit großräumigen und rückmeldenden Projektionen einher, welche die Integration verschiedener Typen von Informationen quer durch das Gehirn ermöglichen (Dehaene & Changeux, 2011).

Es werden zwei mögliche Mechanismen, die unbewusster Integration zugrunde liegen, angenommen. Laut der GNW (Dehaene & Changeux, 2011; Dehaene & Naccache, 2001) findet unbewusste, multisensorische Integration durch multimodale, abgekapselte Neurone, die nicht mit dem globalen Arbeitsraum verbunden sind, statt. Diese Neurone werden eher niederstrukturierten Bereichen im Gehirn zugeschrieben, nämlich subkortikalen Regionen, wie beispielsweise dem suprioren Colliculi (Stein & Stanford, 2008).

Andere Wissenschaftler behaupten hingegen, dass multisensorische Integration kurz nach dem Auftreten eines Reizes (engl. stimulus onset) durch Vorwärtsverbindungen (engl. feedforward) zwischen sensorischen, kortikalen Bereichen auftritt (Schroeder & Foxe, 2005). Diese frühe und schnelle Integration findet unbewusst statt. Lamme und Roelfsema (2000; Lamme, 2003) postulierten in ihrem Zwei-Phasenmodell visueller Verarbeitung, dass die unbewusste Verarbeitung während der ersten 100 Millisekunden (ms) nach Auftreten des Reizes stattfindet. Die unbewusste Verarbeitung eines Reizes erfolgt demnach früh, in der sogenannten Phase der Vorwärtsverarbeitung. Die bewusste Verarbeitung benötigt hingegen mehr Zeit, hängt von Rückmeldungen und Prozessen auf höheren hierarchischen Ebenen ab und findet somit später statt (Lamme, 2003). Diese Tatsache ist mit Limitierungen der unbewussten Verarbeitung verbunden. Zum Beispiel ist die unbewusste Verarbeitung manchmal von konzeptgesteuerten (top-down) Aufgabenstellungen abhängig. Bevor die Verarbeitung eines unbewussten Reizes stattfinden kann, muss erst eine Absicht zur konzeptgesteuerten Verarbeitung gebildet werden (Kunde, Kiesel & Hoffman, 2003). Ist die Bildung einer solchen Absicht erfolgt, ruft eine (unbewusst aufgenommene) Wortbedeutung eine Reizverarbeitung in der Phase der Vorwärtsverarbeitung hervor (z.B. Norris & Kinoshita, 2008).

### **1.3. Exekutive Kontrolle und Bewusstsein**

In der traditionellen Sichtweise wird eine Dichotomie zwischen unbewusster automatischer Verarbeitung (welche unabhängig von exekutiver Kontrolle abläuft) und bewusster kontrollierter Verarbeitung postuliert (Posner & Snyder, 1975; Shiffrin & Schneider, 1977). Solche traditionellen Theorien nehmen eine starke Verbindung zwischen kognitiver Kontrolle und dem Bewusstsein an. Demzufolge ist kognitive Kontrolle bei bewussten Handlungen möglich, wohingegen sich unbewusste Handlungen dieser Kontrolle entziehen (Ansorge et al., 2014). Diese Annahmen werden zum Beispiel in der GNW von Dehaene und Naccache (2001) verdeutlicht. Die Autoren behaupten, dass es möglich ist, Routinehandlungen auch ohne der Anwesenheit von Bewusstsein auszuführen, für kognitiv kontrollierte Handlungen ist es aber notwendig.

Die Ergebnisse einiger Studien schienen diese Annahmen zunächst zu bestätigen (siehe Ansorge et al., 2014). Mittlerweile wurde aber festgestellt, dass es möglich ist, Repräsentationen zur Aufgabenkontrolle (engl. task control representations) auf unbewussten visuellen Input anzuwenden. Außerdem scheinen unbewusste Reize dazu in der Lage zu sein, diese Repräsentationen zu aktivieren und zu beeinflussen, wenn auch nur in geringem Ausmaß (Ansorge et al., 2014). Die Forschungsmethode der Bahnung ist ein geeignetes Mittel, um diese Annahmen genauer zu untersuchen.

#### 1.4. Bahnung

Bahnung kann ganz allgemein als Beeinflussung oder Veränderung des Denkens, Fühlens und Handelns durch die Voraktivierung eines Konzeptes verstanden werden, welche folglich zu einer erhöhten Zugänglichkeit dieses Konzeptes führt. Die Aktivierung, die durch ein vorausgehendes Ereignis oder eine Erfahrung erzeugt wird, beeinflusst die Reaktion auf ein nachfolgendes Ereignis. Die grundlegende Annahme beim Konzept der Bahnung ist, dass ein vorausgehender Reiz (Bahnungsreiz) die Verarbeitung eines nachfolgenden Reizes (Zielreiz) beeinflusst (Bermeitinger, 2014b). Ein Bahnungsreiz kann zum Beispiel ein Wort, Ton, oder Bild sein und er kann sich auf unterschiedlichste Art und Weise auf die Reaktionen und Handlungen einer Person auswirken. Wenn ein Reiz bestimmte Gefühlszustände aktiviert und so die Verarbeitung des Zielreizes beeinflusst, spricht man von affektiver Bahnung (Fazio & Olson, 2003). Aktiviert die semantische Bedeutung eines Reizes Assoziationen, die dann einen Einfluss auf die Verarbeitung des Zielreizes hat, handelt es sich um semantische Bahnung (Collins & Loftus, 1975). Wenn sich der Bahnungsreiz mit motorischen Reaktionen verknüpft, die dann automatisch und unabhängig vom Zielreiz ausgelöst werden können, spricht man von Reaktionsbahnung (z.B. Ansorge, Klotz & Neumann, 1998; Klotz & Neumann, 1999). Bahnung kann aber auch danach unterschieden werden, ob der vorausgehende Reiz die Verarbeitung des nachfolgenden Reizes verbessert oder verschlechtert bzw. dessen Identifizierung beschleunigt oder verlangsamt. Man spricht dann von positiver bzw. negativer Bahnung (Tipper, 1985).

Dieser Einfluss kann mit dem sogenannten Kongruenzeffekt gezeigt werden, welcher mittels Reaktionsgeschwindigkeit und Anzahl der Fehler der Versuchspersonen erfasst wird. In kongruenten Bedingungen weisen Bahnungsreize und Zielreize relevante gemeinsame Merkmale auf. In inkongruenten Bedingungen unterscheiden sich die Bahnungsreize und Zielreize bezüglich relevanter Merkmale. Der Effekt äußert sich durch niedrigere Reaktionszeiten und einer geringeren Fehlerrate in kongruenten Bedingungen und führt zu höheren Reaktionszeiten und Fehlerraten im Antwortverhalten in inkongruenten Bedingungen. Der vorausgehende Bahnungsreiz löst eine Reaktionstendenz aus und beeinflusst so die Antwort auf den Zielreiz. Wenn die gebahnte Reaktion zum Zielreiz passt, dann ist der Bahnungsreiz in der Lage, die Antwort auf den Zielreiz zu erleichtern. Passt die gebahnte Reaktion nicht zum Zielreiz, kommt es zu einem Antwortkonflikt, welcher sich in einer langsameren Reaktion und einer höheren Fehlerwahrscheinlichkeit widerspiegelt. Der Bahnungseffekt oder Kongruenzeffekt wird durch die Differenz der RZ, oder der FR in inkongruenten und kongruenten Bedingungen erfasst (Bermeitinger, 2014c).

Ein weiterer wichtiger Faktor bei der Bahnung ist das Zeitintervall zwischen Beginn des Bahnungsreizes und Beginn des Zielreizes (Stimulus-Onset-Asynchrony; SOA). Das SOA beträgt

meistens höchsten einige hundert Millisekunden und wird variiert, um den zeitlichen Verlauf der Bahnung untersuchen zu können. Außerdem können unterschiedlich lange SOAs einen Einfluss auf die Größe der Kongruenzeffekte haben. Bei der Bahnung können Bahnungsreiz und Zielreiz entweder aus denselben, oder aus unterschiedlichen Reizarten oder Sinnesmodalitäten stammen (Bermeitinger, 2014c).

Die Methode der Bahnung war in der vorliegenden Untersuchung ein geeignetes Mittel, um die Forschungsfragen zu untersuchen. Mittels Bahnung sollte herausgefunden werden, ob die Präsentation bewusst (supraliminal) und unbewusst (subliminal) dargebotener Reize einer Sinnesmodalität, einen Einfluss auf die Reaktionen in Bezug auf die Beurteilung eines Reizes aus einer anderen Sinnesmodalität haben. In der vorliegenden Untersuchung wurden Reize aus zwei unterschiedlichen Sinnesmodalitäten (Wörter und Töne) verwendet.

### **1.4.1. Maskierte Bahnung**

Um im Bereich der Wahrnehmung unbewusste Verarbeitung untersuchen zu können, wird häufig die spezielle Methode der maskierten Bahnung eingesetzt. Maskierung bedeutet, dass die (bewusste) Wahrnehmbarkeit eines zu maskierenden Reizes (Zielreiz) durch die vorangehende (Vorwärtsmaskierung), gleichzeitige (engl. simultaneous masking) und/oder nachfolgende (Rückwärtsmaskierung) Präsentation eines anderen Reizes zu reduzieren oder zu eliminieren (Bermeitinger, 2014a). In der vorliegenden Untersuchung wurde sowohl eine vorangehende als auch eine nachfolgende Maskierung verwendet (engl. sandwich masking; Bermeitinger, 2014a).

Ziel ist es meist, die zu maskierenden Reize subliminal, also unterhalb der bewussten Wahrnehmungsschwelle, zu präsentieren (Bermeitinger, 2014a). Das Zeitintervall zwischen Maske und Bahnungsreiz ist üblicherweise sehr kurz (einige ms), wodurch die Sichtbarkeit des Bahnungsreizes beeinflusst wird (Ansorge et al. 2014). Die Maskierung ist folglich eine experimentelle Methode, um die Sichtbarkeit des Bahnungsreizes durch die Präsentation eines (visuell) maskierenden Reizes zu unterdrücken (Marcel, 1983b). Bei maskierten Bahnungsexperimenten sollen die Versuchspersonen auf den bewusst wahrgenommenen Zielreiz reagieren, wobei dessen Beurteilung durch den unbewusst wahrgenommenen (maskierten) Bahnungsreiz beeinflusst wird (Dehaene et al., 1998). Bei der Versuchsperson wird durch die Maskierung eine subjektive Unbewusstheit des Bahnungsreizes erzeugt, welche sich darin widerspiegelt, dass bei Unterscheidungsaufgaben der Bahnungsreize die Leistungen der Versuchspersonen im Zufallsbereich liegen (Marcel, 1983b). Die Unsichtbarkeit des Bahnungsreizes, sowie der entstehende Bahnungseffekt sind ein optimales Werkzeug, um unbewusste Verarbeitungsprozesse aufzudecken. Der maskierte Reiz ist nämlich trotz seiner Unsichtbarkeit dazu

in der Lage, als Bahnungsreiz eine Vielzahl an exekutiven Funktionen zu beeinflussen. Dazu zählen die Antwortaktivierung (engl. response activation), die Verlagerung der Aufmerksamkeit (engl. attention shifting) und semantische Verarbeitungsprozesse (Ansorge et al., 2014).

Im vorliegenden Experiment wurde untersucht, ob der Bahnungsreiz trotz Maskierung einen Einfluss auf die Verarbeitung des Zielreizes hat und sich das folglich in einem Kongruenzeffekt zeigt. Eine Frage, die sich aufgrund der vorausgehenden Annahmen aufdrängte war, auf welche Weise ein maskiertes visuelles Wort auf die Verarbeitung des auditiven Zielreizes wirkt und welche zugrundeliegenden Prozesse für das Auftreten eines unbewussten intermodalen Kongruenzeffektes verantwortlich sein könnten. Wie bereits erwähnt, gibt es mehrere Möglichkeiten, wie ein maskierter Bahnungsreiz die Reaktionen auf den Zielreiz beeinflussen kann. Ein intermodaler und unbewusster Kongruenzeffekt in der vorliegenden Arbeit könnte demnach auf motorische Antwortaktivierung (Reaktionsbahnung), semantische Bahnung, oder auf Bahnung einer Aufmerksamkeitsverlagerung durch die (maskierten) Wörter zurückgeführt werden. Diese Erklärungsmöglichkeiten werden im Folgenden genauer ausgeführt.

### **1.4.2. Reaktionsbahnung**

Die moderne Form der Reaktionsbahnung geht auf Wolff, Klotz, Ansorge und Neumann zurück (z.B. Ansorge et al., 1998; Klotz & Neumann, 1999) und wurde von Vorberg und Kollegen weiterentwickelt (Vorberg, Mattler, Heinecke, Schmidt & Schwarzbach, 2003). Bei der motorischen Reaktionsbahnung (engl. response priming) werden die Bahnungs- und Zielreize mit einer Antwortalternative verknüpft. Es wird eine bestimmte Handlungstendenz bzw. motorische Reaktion aktiviert, die daraufhin automatisch ausgelöst wird. Die Aktivierung der Reaktion hat zur Folge, dass die Versuchspersonen schneller auf den Zielreiz reagieren, wenn der Bahnungsreiz mit der gleichen motorischen Antwort verbunden ist, wie der Zielreiz (z.B. das Drücken einer rechten Taste bei einem Quadrat und das Drücken einer linken Taste bei einer Raute; siehe Klotz & Wolff, 1995). In diesem Fall handelt es sich um einen kongruenten Durchgang. Wenn die, durch den Bahnungsreiz aktivierte motorische Reaktion nicht zu der erforderlichen Zielantwort passt, handelt es sich um einen inkongruenten Durchgang. In solchen reagieren die Versuchspersonen langsamer und es kommt zu einem Effekt der Antwortinterferenz (engl. response interference; z.B. Lu & Proctor, 1995).

Die Theorie der direkten Parameterspezifikation (engl. direct parameter specification) wurde von Neumann (1990; siehe auch Ansorge & Neumann, 2005; Klotz & Neumann, 1999) entwickelt, um die Reaktionsbahnung zu erklären. Die Theorie geht davon aus, dass die Versuchspersonen zu Beginn eines Experimentes Regeln zur Reiz-Reaktionszuordnung erwerben, welche schnell automatisiert werden. Nach dieser Phase kann die motorische Reaktion schon soweit eingeübt sein, dass nur noch

## Supraliminale und subliminale intermodale Bahnung

ein einzelnes kritisches Reizmerkmal nötig ist, um die Reaktion auszulösen. Dieses Reizmerkmal definiert dann den letzten, noch fehlenden Handlungsparameter (engl. action parameter; z.B. das Drücken der linken oder rechten Taste). Die Reaktionen werden schnell und direkt ausgelöst, ohne dabei eine bewusste Repräsentation des auslösenden Bahnungsreizes zu benötigen. Die Reaktionsbahnung wird in dieser Theorie dadurch erklärt, dass die Merkmale des Bahnungsreizes dazu in der Lage sind, dieselben Parameterspezifikationsprozesse auszulösen, die sonst vom Zielreiz ausgelöst werden würden. Gleichzeitig mit dem Prozess der Reaktionsauslösung bilden sich bewusste Repräsentationen der Bahnungs- und Zielreize. Diese können, je nach Versuchsdurchführung, visueller Maskierung unterworfen sein. Die bewussten Repräsentationen der Reize spielen für die motorische Reaktion im aktuellen Versuchsdurchgang jedoch keine Rolle.

Einige Studien konnten bereits zeigen, dass auch unbewusst präsentierte (maskierte) Reize dazu in der Lage sind, Antworten zu aktivieren (z.B. Klotz & Neumann, 1999; Neumann & Klotz, 1994, Vorberg et al., 2003). Wichtig ist hier zu erwähnen, dass die Verbindung zwischen der Reaktion und dem Zielreiz (z.B. das Drücken einer rechten Taste bei einem Quadrat und das Drücken einer linken Taste bei einer Raute; siehe Klotz & Wolff, 1995) nur willkürlich durch die Aufgabeninstruktionen festgelegt ist. Folglich scheint eine passende Repräsentation der Aufgabenkontrolle (oder Aufgaberepräsentation), welche die unterschiedlichen Formen als kritischen Input für die Ausführung alternativer motorischer Reaktionen festlegt, notwendig zu sein, um den maskierten Bahnungseffekt überhaupt erklären zu können (Ansorge et al., 2014).

Laut den Untersuchungen von Klotz und Neumann (1999) könnte ein maskierter Bahnungseffekt aber auch durch eine reizgetriebene (engl. stimulus-driven) Antwortaktivierung, im Sinne eines Simon-Effektes (Stimulus-Antwort Kompatibilität; engl. spatial stimulus response compatibility; Hommel & Prinz, 1997), erklärt werden. Darunter versteht man eine automatische Antwortaktivierung durch die Position des Bahnungsreizes, welche ungeachtet der aktuellen Repräsentation der Aufgabenkontrolle auftritt. Für maskierte Reize muss aber auf jeden Fall eine Aufgabenrepräsentation existieren die festlegt, welche Handlung auf welchen Reiz angewandt werden soll, um das Verhalten zu beeinflussen. Das ist vor allem dann notwendig, wenn nur eine willkürliche Verbindung zwischen Bahnungs- und Zielreiz besteht (Ansorge et al., 2014).

In einer anerkannten experimentellen Demonstration maskierter Reaktionsbahnung von Dehaene et al. (1998) sollten die Versuchspersonen durch das Drücken einer rechten oder linken Taste so schnell wie möglich angeben, ob die Zahl kleiner oder größer als 5 war. Bei Zahlen kleiner als 5, sollte die linke Taste gedrückt werden und bei Zahlen größer als 5, die rechte Taste. Vor dem Zielreiz wurde eine Bahnungszahl so kurz präsentiert, dass sie nicht bewusst wahrnehmbar war. Trotzdem waren die Antworten schneller, wenn Bahnungs- und Zielreiz dieselbe Reaktion erforderten (kongruenter

Durchgang), als wenn sie verschiedene Reaktionen erforderten (inkongruenter Durchgang). Aufgrund solcher Demonstrationen wird weitgehend akzeptiert, dass Reize das Verhalten unbewusst beeinflussen können. Umstritten ist hingegen noch die Natur der Mechanismen, die diese Einflüsse vermitteln.

Kunde et al. (2003) sprachen zunächst zwei verschiedene Positionen an, die hier unterschieden werden. Zum einen, die „Elaborate-Processing“-Hypothese die besagt, dass subliminale Reize unbewusst, im Prinzip so wie bewusste Kognitionen, auf einer semantischen Ebene verarbeitet werden (Dehaene et al., 1998; Naccache & Dehaene, 2001). Laut dieser Annahme werden aufgabendefinierte kognitive Operationen auf jeden passenden Reiz angewandt, egal ob dieser bewusst wahrnehmbar ist oder nicht (Kunde et al., 2003). Zum anderen, die „Evolving-Automaticity“-Hypothese, die die Möglichkeit von elaborierter Verarbeitung ohne der Anwesenheit von Bewusstsein bestreitet (Damian, 2001; Neumann & Klotz, 1994). Sie führt unbewusste Bahnungseffekte auf erworbene Zuordnungen zwischen dem Reiz und der Reaktionstaste zurück, die auch für subliminal präsentierte Bahnungsreize gültig sind (Damian, 2001). Bewusst wahrnehmbare Reize, die eine bestimmte Antwort erfordern, können die Fähigkeit erlangen, dieselbe Reaktion durch eine bestehende Gedächtnisspur dieser Reiz-Reaktionsepisode zu aktivieren, wenn sie später als subliminale Bahnungsreize präsentiert werden. Subliminale Reize führen in erster Linie zu Kongruenzeffekten, wenn sie auch als supraliminale Zielreize im selben Experiment für dieselben Versuchspersonen verwendet werden (d.h. wenn die Bahnungsreize ein Teil der verwendeten Zielreize sind). Somit besitzt ein Reiz nur dann die Fähigkeit eine unbewusste Reaktion zu aktivieren, wenn schon eine entsprechende bewusste Gedächtnisspur der Reiz-Reaktionszuordnung besteht (Damian, 2001). Bahnungsreize, die im Experiment nicht gleichzeitig auch als Zielreize verwendet werden, rufen Reaktionen nur in dem Ausmaß hervor, in dem sie den präsentierten Zielreizen physikalisch ähneln (Abrams & Greenwald, 2000). Außerdem haben subliminale Reize nicht sofort die Fähigkeit Antworten zu aktivieren, sondern erwerben diese erst durch Übung (Damian, 2001).

Laut Kunde et al. (2003) konnten diese beiden Hypothesen unbewusste Reaktionsbahnung aber nur unzureichend erklären. Die Autoren schlugen deshalb das Prinzip des „Action-Triggerring“ vor, um maskierte Reaktionsbahnung zu erklären. Dieses kann als Erweiterung des Konzeptes der direkten Parameterspezifikation gesehen werden. Die Theorie geht davon aus, dass die Reaktionen auf unbewusste Bahnungsreize weder durch deren semantische Analyse, noch durch eine zuvor erworbene Reiz-Reaktionszuordnung ausgelöst werden. Es wird angenommen, dass der Bahnungsreiz zu einer schon existierenden reaktionsauslösenden Bedingung (engl. action release condition) passt und folglich die Reaktion auslöst. Zunächst werden Handlungsauslöser, sogenannte „Action-Trigger“, im Arbeitsgedächtnis aktiv gehalten, die zur jeweiligen Aufgabe passen. Diese sind

dazu in der Lage, eine spezifische motorische Reaktion auszulösen. Die „Action-Trigger“ werden in der Einführungs- und Übungsphase des Experimentes gebildet. Danach wird ein auftretender Reiz mit der schon gebildeten reaktionsauslösenden Bedingung („Action-Release“-Bedingung) verglichen. Wenn der Reiz zu der Bedingung passt, lösen die „Action-Trigger“ automatisch die Reaktion aus. Es ist kein Einüben der Verbindungen zwischen dem Handlungsauslöser und der Reaktion notwendig. Ist die Verbindung erst einmal hergestellt, kann ein maskierter Bahnungsreiz, der einem „Action-Trigger“ ähnelt, die Reaktion auslösen, die in der Aufgabenrepräsentation festgelegt wurde, auch wenn der Bahnungsreiz unterhalb der Grenze der bewussten Wahrnehmung präsentiert wird. Wichtig zu erwähnen ist auch, dass die Antworten von allen Bahnungsreizen hervorgerufen werden können, die die Bedingungen des „Action-Triggers“ erfüllen, auch wenn sie im Experiment nie als Zielreize aufgetreten sind. Wie bei der direkten Parameterspezifikation, sind auch beim „Action-Triggern“ keine bewussten Repräsentationen der Reize für die motorische Aktivierung erforderlich. Die „Action-Trigger“-Hypothese erlaubt nun Voraussagen, die die „Elaborate-Processing“-Hypothese und die „Evolving-Automaticity“-Hypothese in Frage stellen. Zum einen leugnet sie, dass kurz präsentierte Reize immer konzeptuellen Kategorisierungsprozessen unterworfen sind, wenn sich diese Reize als passender Input erweisen. Kunde et al. (2003) behaupten, dass semantische Codes vor allem vor der eigentlichen Aufgabe wirken, um potentielle Reizereignisse in passende und unpassende „Action-Trigger“-Bedingungen aufzuteilen. Das passiert während der Instruktionsphase oder zu Beginn der Übungsphase. Obwohl „Action-Trigger“ womöglich zunächst aus dem Gedächtnis mittels semantischen Merkmalen erinnert werden, kann dann eine wahrnehmungsgebundene Übereinstimmung mit diesen erinnerten „Action-Triggern“ für eine subliminale Antwortaktivierung ausreichend sein.

Zum anderen nehmen die Autoren an, dass subliminale Reaktionsbahnung nicht die Wiederholung von bewusst präsentierten Reiz-Reaktionszuordnungen benötigt. Sie findet vielmehr sofort statt und kann auch dann auftreten, wenn ein Reiz niemals bewusst im Experiment wahrgenommen wurde. Das deutet darauf hin, dass der Reiz ausreichend zu einem zuvor spezifizierten „Action-Trigger“ passt (Kunde et al., 2003). In der Erforschung von unbewusster Bahnung wurde beobachtet, dass nur jene Reize subliminale Reaktionen hervorriefen, auf welche die Versuchspersonen vorbereitet waren zu achten und auf sie zu reagieren. Das deutet ebenfalls auf die Relevanz von handlungsauslösenden Bedingungen hin (z.B. Neumann & Klotz, 1994).

Wie bereits erwähnt, wirkt die Reaktionsbahnung durch Antwortaktivierung direkt auf die Reaktionen, ohne dabei die Zielreizverarbeitung zu beeinflussen. Somit hätte ein Kongruenzeffekt, der auf Reaktionsbahnung beruht, letztendlich nichts mehr mit intermodaler Verarbeitung zu tun und wäre für die vorliegende Studie nicht sehr interessant. Eine Erklärungsmöglichkeit für den

Effekt, die auf Basis des vorliegenden Experiments jedoch nicht ausgeschlossen werden kann, wird im Folgenden erläutert. Zur Vorbereitung auf die Aufgabe stellen die Versuchspersonen eine Aufgabenrepräsentation her. In dieser Aufgabenrepräsentation werden die reizseitigen Bedingungen spezifiziert, die erfüllt sein müssen, damit eine von zwei Reaktionen ausgeführt wird, z.B. der Reiz muss von "oben" kommen, also auch die Reaktionen selber (z.B. wenn der Reiz von "oben" kommt, drücken Sie die rechte Taste). Kunde et al. (2003) haben den ersten Teil dieser Aufgabenrepräsentation „Action-Trigger“ genannt.

Sowohl nach der Theorie der direkten Parameterspezifikation als auch nach der Theorie des „Action-Triggerng“, können auch unbewusste Reize, die zu den „Action-Triggern“ (also zum Handlungsplan) passen, eine Reaktion entsprechend des Handlungsplans aktivieren. Im kongruenten Fall wäre das dann die Reaktion, die auch auf den Zielreiz ausgeführt werden müsste. Das bedeutet, die Ausführung der Reaktion profitiert von der Voraktivierung durch den Bahnungsreiz. Im inkongruenten Fall würde der Bahnungsreiz hingegen eine Reaktion aktivieren, die nicht der (auf den Zielreiz hin) verlangten Reaktion entsprechen würde. Es käme dann zu einem Reaktionskonflikt, zumindest aber zu keiner Erleichterung. Im Vergleich ergäbe sich ein Kongruenzeffekt, mit schnelleren Antworten in kongruenten als inkongruenten Bedingungen, bei dem der Bahnungsreiz (z.B. das Wort "oben") überhaupt nicht auf die Verarbeitung des Zielreizes selber gewirkt hätte, sondern nur auf die Reaktionen.

Neben einem motorischen Reaktionsaktivierungseffekt auf Basis von „Action-Triggerng“, welcher sich nicht in einer Interaktion mit der Variable Reiz-Reaktionszuordnung zeigen würde, könnte in der vorliegenden Studie auch noch ein orthogonaler Simon-Effekt für den Kongruenzeffekt verantwortlich sein. Wenn sich ein Effekt in den Bedingungen zeigen würde, in denen die Reiz-Reaktionszuordnung kompatibel war und somit ein orthogonaler Simon-Effekt auftreten würde, dann könnte sich der Kongruenzeffekt auf diese Art der Reaktionsbahnung begründen. Das würde bedeuten, dass es zu schnelleren Antworten bei räumlich kompatiblen Bahnungsreizen (z.B. der Bahnungsreiz „oben“ vor einer Antwort, die das Drücken der rechten Taste erfordert), als bei räumlich inkompatiblen Bahnungsreizen (z.B. der Bahnungsreiz „unten“ vor einer Antwort, die das Drücken der rechten Taste erfordert) kommen würde. Dieser Effekt lässt sich wiederum durch den Effekt der Polaritätskorrespondenz erklären, der bei dichotomen Klassifikationsaufgaben auftreten kann (vgl. Proctor & Cho 2006).

### **1.4.3. Semantische Bahnung**

Anders als bei der motorischen Reaktionsbahnung, hat bei der semantischen Bahnung der Bahnungsreiz eine direkte Wirkung auf die Zielreizverarbeitung. Die Verarbeitung eines Bahnungsreizes (z.B. Wort oder Bild) beeinflusst die Verarbeitung eines darauffolgenden Zielreizes (z.B. Wort oder Bild) durch eine semantische Beziehung, die zwischen ihnen besteht. Die Leistung der Versuchspersonen ist folglich besser, wenn Bahnungs- und Zielreiz semantisch verwandt sind (z.B. Neely, 1991). Manchmal ist das auch unabhängig von der Kongruenz der motorischen Reaktionen, die mit den Reizen verknüpft sind (Ansorge et al., 2014). Semantische Bahnung wird häufig mittels lexikalischer Entscheidungsaufgaben untersucht (Meyer & Schvaneveldt, 1971). Hier müssen die Versuchspersonen unterscheiden, ob es sich beim Zielreiz um ein reales Wort, oder um ein Pseudowort handelt. Die Antworten sind schneller und exakter, wenn vor dem Zielwort (z.B. Zitrone) ein semantisch verwandtes Bahnungswort (z.B. sauer) präsentiert wird, als wenn ein nicht verwandtes Bahnungswort (z.B. Haus) vorausgeht (Kiefer, 2002).

Ob subliminale Wahrnehmung semantische Informationen übertragen kann, wurde lange diskutiert. Obwohl bildgebende Verfahren Hirnaktivitäten anzeigen konnten, die mit der Verarbeitung von maskierten Wörtern auf semantischer Ebene assoziiert sind (z.B. Kiefer, 2002), brachten Verhaltensstudien zu maskierter semantischer Bahnung Ergebnisse hervor, die zu Diskussionen führten. Annahmen zur Verarbeitung auf semantischer Ebene (z.B. Naccache & Dehaene, 2001) wurden aufgrund von Interpretationen auf niedrigeren Ebenen (z.B. sensomotorische Assoziationen; Damian, 2001) oder partiellen Bewusstsein angezweifelt (z.B. Kouider & Dupoux, 2007).

Zwei unabhängige Studien konnten methodologische Verbesserungen hervorbringen, die eine eindeutige Demonstration subliminaler Einflüsse erlaubten (Dehaene et al., 1998; Greenwald, Draine & Abrams, 1996). Naccache und Dehaene (2001) fanden in ihrer Untersuchung eine Aktivierung im bilateralen intraparietalen Kortex, eine Region die mit semantischer Zahlenverarbeitung in Verbindung gebracht wird. Sie fanden heraus, dass die subliminale Bahnung von Zahlen nicht nur bei eingeübten Bahnungsreizen, sondern auch bei ungeübten Bahnungsreizen auftrat (allerdings fielen hier die Effekte schwächer aus). Die Tatsache, dass der Effekt auch bei Bahnungsreizen auftrat, die im Experiment niemals als Zielreize fungierten, lässt vermuten, dass die subliminale Zahlenbahnung zumindest teilweise durch semantische Repräsentationen vermittelt wird.

Auch wenn eine Reihe von Studienergebnissen zunächst darauf hindeuteten, dass viele der gefundenen Bahnungseffekte eher auf Reaktionsbahnung in Form von „Action-Triggering“ zurückzuführen waren, als auf semantische Bahnung (z.B. Damian, 2001; Kunde et al., 2003) und die

semantische Beziehung des Öfteren mit Reaktionskongruenz konfundiert war, konnte semantische (maskierte) Bahnung in reiner Form mittlerweile zuverlässig demonstriert werden (Ansorge et al., 2014). Ursprünglich wurde der semantische Bahnungseffekt (sowohl bei sichtbaren als auch bei maskierten Bahnungsreizen) als Beweis dafür angesehen, dass Wörter die Repräsentation ihrer semantischen Bedeutung in einer reinen reizgetriebenen (bottom-up) Art und Weise aktivieren können und dass dieser Prozess durch das Bahnungswort ausgelöst wird.

Eine der bekanntesten Erklärungsmodelle für semantische Bahnung ist die Theorie der Aktivierungsausbreitung (engl. spreading activation) von Collins und Loftus (1975). In diesem Modell werden die Prozesse veranschaulicht, welche bei der Auswahl eines Wortes im Gedächtnis ablaufen. Das semantische Gedächtnis kann man sich laut der Theorie der Aktivierungsausbreitung als mentales Lexikon vorstellen, welches als neuronales Netzwerk aufgebaut ist. Wörter werden als Knoten dargestellt, die miteinander verbunden sind. Im neuronalen Netzwerk breitet sich die Aktivierung eines Wortes durch Assoziationen auf andere Wörter aus. Die Wörter bilden gemeinsam mit assoziierten Wörtern so genannte Konzepte. Nach der Aktivierung eines bestimmten Konzeptes kommt es zu einer Ausbreitung der Aktivierung auf andere assoziierte Konzepte. Die Aktivierung ist umso stärker, je stärker die Konzepte miteinander assoziiert sind. Wenn zwischen Bahnungsreiz und Zielreiz eine semantische Verbindung aufgebaut wird, kann der Bahnungsreiz eine erleichterte Verarbeitung des Zielreizes in der kongruenten Bedingung, verglichen mit der inkongruenten Bedingung, ermöglichen.

Neely (1991) führt semantische Bahnung auf drei verschiedene Mechanismen zurück. Die Theorie der automatischen Aktivierungsausbreitung (engl. automatic spreading activation) postuliert eine automatische Ausbreitung der Aktivierung entlang assoziierter semantischer Pfade, die auch bei kurzen SOAs auftritt. Die Theorie der strategischen Erwartungsbildung (engl. expectancy-based priming) geht hingegen davon aus, dass die Aktivierungsausbreitung kontrolliert und abhängig von bewussten Erwartungen und Strategien abläuft. Sie tritt nur bei längeren SOAs auf. Die Theorie der postlexikalischen Paarvergleichsprozesse (engl. post lexical) besagt, dass während des Erkennungsprozesses des Zielreizes, sowohl die sensorische Information des Zielreizes als auch die semantische Verbindung zum Bahnungsreiz miteinander verglichen wird. Dieser Vergleich soll eine schnelle Identifikation des Zielreizes ermöglichen (Musch, Elze & Klauer, 1998).

Semantische Bahnungseffekte werden oft anhand von zwei Gruppen kognitiver Mechanismen erklärt: Zum einen, anhand von unbewusster automatischer Aktivierungsausbreitung und zum anderen, anhand von bewusster strategischer semantischer Verarbeitung. Bei deutlich sichtbaren Reizen tragen üblicherweise sowohl automatische Aktivierungsausbreitung als auch kontrollierte Mechanismen zum semantischen Bahnungseffekt bei (Ansorge et al., 2014). Für das Auftreten von

## Supraliminale und subliminale intermodale Bahnung

strategischen semantischen Verarbeitungsprozessen muss der Bahnungsreiz für die Versuchspersonen bewusst wahrnehmbar sein. Semantische Bahnung, die von unbewusst dargebotenen maskierten Wörtern hervorgerufen wird, beruht ausschließlich auf automatischer Aktivierungsausbreitung (Kiefer, 2002).

Es wurde lange Zeit diskutiert, ob semantische Wortverarbeitung automatisch ablaufen kann (Deacon & Shelley-Tremblay, 2000). Um automatische semantische Bahnung untersuchen zu können, muss die Sichtbarkeit des visuellen Reizes unterdrückt werden. Bei maskierten semantischen Bahnungsexperimenten wird die bewusste Wahrnehmung des Bahnungswortes durch die Verwendung einer Maske (z.B. eine zufällige Abfolge von Buchstaben) eliminiert. Es konnte bereits zuverlässig gezeigt werden, dass die Bedeutung eines unbewusst wahrgenommenen Reizes, die Reaktionen auf nachfolgend präsentierte Zielwörter beeinflussen kann. Solche Ergebnisse sprechen für unbewusste automatische semantische Prozesse (z.B. Marcel, 1983b).

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Bahnungsreize sowohl bewusst als auch unbewusst dargeboten. In der maskierten Bedingung könnte also eine automatische semantische Aktivierung ursächlich für den erwarteten Effekt sein (z.B. Kiefer, 2002). Es würde hier zu einer unwillkürlichen Aktivierung semantischer Assoziationen kommen. In der unmaskierten Bedingung könnte der Bahnungseffekt jedoch sowohl auf automatischer Aktivierungsausbreitung als auch auf kontrollierten semantischen Prozessen basieren. Die Erklärung von semantischer Bahnung allein durch Aktivierungsausbreitung ist jedoch nicht hinreichend, weil laut dieser, die unbewusste semantische Bahnung nicht von einer passenden Aufgabenrepräsentation abhängig sein sollte (Kiefer, 2002).

Es gibt Modelle, die einen konzeptgesteuerten (top-down) Einfluss von unbewusster (visueller) Wahrnehmung bei maskierter Bahnung annehmen. Dazu gehört die GNW (Dehaene & Changeux, 2011; Dehaene & Naccache, 2001), das Zwei-Phasenmodell visueller Verarbeitung (Lamme & Roelfsema, 2000) und das „Attentional-Sensitization“-Modell (Kiefer, 2012; Kiefer & Martens, 2010). Im letzteren wird die Möglichkeit von exekutiver Kontrolle bei unbewussten Kognitionen, zum Beispiel bei semantischer Wortverarbeitung, näher beschrieben. Wie auch die beiden anderen Modelle geht das „Attentional-Sensitization“-Modell davon aus, dass Aufgabenrepräsentationen für die Kontrolle unbewusster Prozesse verwendet werden können (Kiefer & Martens, 2010). Zentral im Modell der unbewussten Verarbeitung von Kiefer und Kollegen ist der Einfluss von Aufmerksamkeit, als eine Form der konzeptgesteuerten Auswahl, die auf den unbewussten Input wirkt (Lamme, 2003). Die kognitive Kontrolle über unbewusste Prozesse wird hier notwendigerweise als „präventiv“ angenommen, was bedeutet, dass der Aufbau von sogenannten „Attentional-Control-Settings“ vor der Präsentation des unbewusst dargebotenen Reizes erfolgen muss (z.B. Dehaene & Naccache,

2001). Laut dem „Attentional-Sensitization“-Modell, kann die Aufmerksamkeit auf eine bestimmte breitere Reizdimension, oder auf ein spezifisches sensorisches Reizmerkmal gelenkt werden (z.B. Adams & Kiefer, 2012). Es wird angenommen, dass Aufgabenrepräsentationen im präfrontalen Kortex ein top-down Signal erzeugen, welches die Sensitivität bestimmter Verarbeitungswege erhöht oder verringert, indem es die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Neuron feuert, beeinflusst. Folglich ist die unbewusste Verarbeitung der Reizdimension, der Aufmerksamkeit geschenkt wird verbessert, während die unbewusste Verarbeitung der unbeachteten Dimension abgeschwächt ist (Ansorge et al., 2014).

Das „Attentional-Sensitization“-Modell steht im Widerspruch zu den traditionellen Theorien, die Bewusstsein und Aufmerksamkeit als gleichgestellt betrachten (z.B. Posner & Snyder, 1975). Es ist aber im Einklang mit neueren Forschungsergebnissen, die zeigen konnten, dass Aufmerksamkeit auch unabhängig vom Bewusstsein auftreten kann (z.B. Lamme, 2003). Kiefer und Martens (2010; Kiefer 2012) behaupten, dass die Verlagerung der Aufmerksamkeit von einer auf eine andere Reizdimension vor der Präsentation des Bahnungsreizes, für einen maskierten Bahnungseffekt dieser Dimension erforderlich ist. Die relevante Dimension wird in den meisten Fällen in den Aufgabeninstruktionen festgelegt.

### **1.4. Aufmerksamkeitsverlagerung**

Es konnte bereits gezeigt werden, dass die Aufmerksamkeit konzeptgesteuert auf maskierte Reize hingelenkt werden kann (Ansorge et al., 2014). Zum Beispiel mussten die Versuchspersonen im Experiment von Woodman und Luck (2003) nach einer bestimmten Form (z.B. Dreieck) suchen und die anderen Formen ignorieren. Die Autoren stellten fest, dass die Versuchspersonen ihre Aufmerksamkeit, in Übereinstimmung mit der Aufgabenrepräsentation, auf die jeweilige Seite der relevanten Form verlagerten. Dieses und weitere Forschungsergebnisse sprechen dafür, dass eine wesentliche Voraussetzung des „Attentional-Sensitization“-Modells (Kiefer, 2012; Kiefer & Martens, 2010) Gültigkeit hat: Ein Reiz, den die Person nicht bewusst wahrnehmen kann (z.B. ein maskiertes Wort) ist in der Lage, die Aufmerksamkeit in Abhängigkeit von den Aufgabenrepräsentationen, auf sich zu ziehen. In diesen Repräsentationen läuft die Aufmerksamkeitsverlagerung, als Konsequenz eines passenden Inputs, konzeptgesteuert ab (Ansorge et al., 2014). Dennoch soll erwähnt werden, dass nicht für alle Formen von Bahnung eine Aufmerksamkeitsverlagerung zum maskierten Reiz erforderlich ist: Khalid, Finkbeiner, König und Ansorge (2013) konnten beispielsweise zeigen, dass ein maskierter Bahnungseffekt bei Gesichtern unabhängig davon auftrat, ob die räumliche Aufmerksamkeit der Versuchspersonen auf die Position des Bahnungsreizes, oder auf die Position des Zielreizes gelenkt wurde. Das könnte darauf zurückzuführen sein, dass Gesichter und andere

evolutionär relevante Merkmale die Aufmerksamkeit verstärkt auf sich ziehen, auch wenn die konzeptgesteuerte Aufmerksamkeit woanders hingelenkt wird (Ansorge et al., 2014).

### **1.5. Ergebnisse bisheriger Studien**

Im Folgenden werden einige Experimente vorgestellt, welche die für die vorliegende Arbeit relevanten Forschungsbereiche untersucht haben. Die Studien beschäftigen sich mit der multisensorischen Integration, der unbewussten Verarbeitung, oder mit der Kombination dieser beiden Prozesse.

Zu Beginn soll die Studie von Chen und Spence (2011) vorgestellt werden. Die Autoren haben sich mit dem intermodalen Einfluss von auditiven Reizen auf die visuelle Objektwahrnehmung, auf der bewussten Wahrnehmungsebene, beschäftigt. Sie untersuchten, ob lebensnahe Töne und gesprochene Wörter die Sensibilität für visuell präsentierte Bilder beeinflussen können. Dies sollte sich in Form eines semantischen Bahnungseffektes äußern. Die Ergebnisse zeigten, dass lebensnahe Geräusche die Sensibilität für die Bilder dann erhöhten, wenn sie lange genug vor den Bildern präsentiert wurden (346 ms). Gesprochene Wörter waren bei gleich langem SOA jedoch nicht dazu in der Lage. Bei Verwendung einer dualen Bildidentifikationsaufgabe führten beide Arten der auditiven Reize zu einem ähnlichen semantischen Bahnungseffekt.

Auch Mahr und Wentura (2014) stellten sich die Frage, ob gesprochene Wörter die Leistung in visuellen Aufgaben intermodal beeinflussen können. Durch das Auftreten eines Kongruenzeffektes konnte die Beeinflussung von auditiven Bahnungsreizen auf die Kategorisierung visueller Zielreize gezeigt werden. Außerdem fanden sie heraus, dass die Bearbeitung von anspruchsvolleren visuellen Aufgaben eher zu einer intermodalen Integration führte und hier die auditiven Reize einen größeren Einfluss auf die Verarbeitung hatten, als bei leichteren Aufgaben.

Kim, Porter und Goolkasian (2014) untersuchten einen konzeptionellen Bahnungseffekt mit Bildern und Tönen aus der Umwelt, sowohl innerhalb einer Sinnesmodalität als auch über verschiedene Sinnesmodalitäten hinweg. Bei der konzeptionellen Bahnung ist das Wahrnehmungsformat des originalen Reizes nicht wichtig, da die Bahnung indirekt abläuft und auf dem semantischen Gedächtnis basiert. Die erste Forschungsfrage bezog sich darauf, ob die Kategorisierung von Bildern und Tönen durch die vorhergehende Präsentation eines Bahnungsreizes, der vom gleichen Konzept wie der Zielreiz stammte, auf die gleiche Weise vereinfacht wird. Mit anderen Worten: Würde ein Ton eines bellenden Hundes die Kategorisierung eines Hundebildes als künstliches, oder als von der Natur geschaffenes Objekt, in gleicher Weise erleichtern, wie ein weiteres Bild eines Hundes? Und würde ein Hundebild die Kategorisierung eines Tones von einem bellenden Hund genauso

erleichtern, wie ein weiterer Ton eines Hundebellens? Außerdem interessierte der Vergleich zwischen den Bahnungseffekten, die aufgrund der Bilder und der Töne resultierten. Die Ergebnisse der durchgeführten Experimente deuteten auf eine Erleichterung der Zielkategorisierung durch die vorausgehende Präsentation konzeptuell verwandter Bahnungsreize hin. Es stellten sich auch Unterschiede in der Effektivität von Bildern und Tönen als Bahnungsreize heraus, auf die hier aber nicht weiter eingegangen werden kann (vgl. Kim et al., 2014).

Andere Studien konnten unbewusste Bahnungseffekte mit visuellen Bahnungs- und Zielreizen zeigen (z.B. Dehaene & Changeux, 2011; van Gaal et al., 2014). Van Gaal et al. (2014) untersuchten die Limitierungen unbewusster Sprachverarbeitung indem sie überprüften, ob einfache grammatikalische Konstruktionen unbewusst verarbeitet werden können und ob die Bedeutung von mehreren subliminalen Wörtern integriert werden kann. Die Ergebnisse konnten zeigen, dass multiple unbewusste Wörter schnell integriert werden können und erweiterten damit das Wissen über die Limitierungen unbewusster Verarbeitung. Zudem konnte mehr darüber in Erfahrung gebracht werden, wie das Bewusstsein die Integration von multiplen Wörtern moduliert (vgl. van Gaal et al., 2014.). Auch andere Studien konnten Einflüsse von subliminalen Wörtern auf die Verarbeitung eines visuellen Zielreizes zeigen und dadurch die relativ hohe Ebene semantischer Verarbeitung von unbewussten Wörtern demonstrieren (z.B. Dehaene et al., 1998). Dennoch ist bis heute relativ wenig darüber bekannt, wie unbewusste Bahnung zwischen unterschiedlichen Sinnesmodalitäten funktioniert. Meist beschränkt sich die Forschung im Bereich der intermodalen Bahnung nur auf die bewusste Verarbeitungsebene (z.B. Dehaene & Naccache, 2000).

Eine Ausnahme ist die unbewusste Bahnung von Wörtern (oder Zahlen). Es gibt einige Studien, die zeigen konnten, dass unbewusst dargebotene visuelle Wörter oder Zahlen dazu in der Lage sind, auditive Zielreize (Wörter oder Zahlen) zu bahnen (Diependaele, Sandra, & Grainger, 2005; Faivre et al., 2014; Grainger, Diependaele, Spinelli, Ferrand, & Farioli, 2003; Kiyonaga, Grainger, Midgley, & Holcomb, 2007; Kouider & Dehaene, 2009; Kouider & Dupoux, 2001; Nakamura et al., 2006).

Frühere Ergebnisse zu unbewusster intermodaler Bahnung basierten auf Prozeduren, in denen eine Kontamination durch bewusste Prozesse nicht ausgeschlossen werden konnte. Lamy, Mudrik und Deouell (2008) präsentierten die ersten Ergebnisse unbewusster intermodaler Bahnung, mit einem subliminalen auditiven Bahnungsreiz, einem supraliminalen visuellen Zielreiz und mit verbesserter Kontrolle der Kontamination durch bewusste Prozesse. Lamy et al. (2008) untersuchten, ob unbewusst wahrgenommene Information aus einer Modalität, die Verarbeitung von Information aus einer anderen Modalität beeinflussen kann. Sie verglichen unbewusste Bahnung innerhalb einer Modalität (visuell) und über verschiedene Modalitäten hinweg (auditiv-visuell). Die Ergebnisse zeigten sowohl intramodale, als auch intermodale unbewusste Bahnungseffekte, ohne signifikante

## Supraliminale und subliminale intermodale Bahnung

Unterschiede dieser Effekte. Daraus wurde geschlossen, dass unbewusst wahrgenommene Information dazu in der Lage ist, die Verarbeitung von darauffolgender Information, sowohl in derselben, als auch in einer anderen Modalität zu beeinflussen. Außerdem ist die intermodale Integration, zumindest zwischen visueller und auditiver Information, symmetrischer als bisher angenommen und benötigt keine bewusste Vermittlung.

Vor der Untersuchung von Lamy et al. (2008) gab es nur drei Studien, die sich mit dem Thema der unbewussten intermodalen Integration beschäftigt haben (Grainger et al., 2003; Kouider & Dupoux, 2001; Nakamura et al., 2006). In diesen wurde ein visuelles Bahnungswort kurz präsentiert und anschließend ein Wort oder Pseudowort visuell oder auditiv dargeboten. Die Versuchspersonen mussten daraufhin entscheiden, ob es sich um ein reales Wort handelte, oder nicht (lexikalische Entscheidungsaufgabe). Um sicherzugehen, dass der Bahnungsreiz nicht bewusst wahrgenommen werden konnte, wurde am Ende jedes Experimentes ein Test zur Sichtbarkeit der Bahnungsreize durchgeführt. In allen drei Untersuchungen konnten unbewusste, visuell-auditive intramodale und intermodale Bahnungseffekte gefunden werden. Bei Kouider und Dupoux (2001) korrelierte die intermodale Bahnung jedoch mit der Sichtbarkeit der Bahnungsreize.

Kouider und Dupoux (2004) legten nahe, dass unter bestimmten Bedingungen die Forschungsergebnisse zur unbewussten Wortwahrnehmung durch partielles Bewusstsein erklärt werden könnten. Wie auch bei allen anderen Studien, die sich bis zu dem Zeitpunkt mit unbewusster Bahnung beschäftigt haben, konnte auch bei Lamy et al. (2008) die alternative Erklärung durch partielles Bewusstsein nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Bei Lamy et al. (2008) war sie jedoch eher unwahrscheinlich und deswegen führten die Autoren ihre Ergebnisse auf unbewusste Wahrnehmung und nicht auf Gedächtniseffekte zurück. Wie Grainger et al. (2003) fanden auch Lamy et al. (2008) gleich große unbewusste Bahnungseffekte innerhalb einer Modalität und zwischen unterschiedlichen Modalitäten. Diese Ergebnisse zeigten sich sowohl bei einem auditiven unbewusst präsentierten Bahnungsreiz und einem visuellen Zielreiz (Lamy et al., 2008) als auch bei einem visuellen unbewusst präsentierten Bahnungsreiz und einem auditiven Zielreiz (Grainger et al., 2003).

Ein aktuelleres Beispiel für unbewusste intermodale Bahnung ist die Studie von Kouider und Dehaene (2009). Sie befasste sich mit zwei Kennzeichen subliminaler Bahnung von Zahlen. Zum einen, mit der Möglichkeit von subliminalem Transfer von der visuellen zur auditiven Modalität, mit der Annahme, dass sich subliminale Zahlenbahnung über die bewusste Wahrnehmungsebene hinaus erstrecken kann. Und zum anderen, mit der Generalisierung auf neue (ungeübte) Zahlen, mit der Annahme, dass subliminale Zahlenbahnung notwendigerweise semantische Merkmale beinhaltet. Kouider und Dehaene (2009) untersuchten in vier Experimenten, ob sich Wiederholungsbahnung

## Supraliminale und subliminale intermodale Bahnung

(engl. repetition priming) und Kongruenzbahnung (engl. congruency priming) von Zahlen zuverlässig auf neue (ungeübte) Reize ausdehnt und ob sich die Bahnung von einem visuellen Bahnungsreiz auf einen auditiven Zielreiz überträgt, wenn die Bewusstheit des Bahnungsreizes kontrolliert wird. Es konnten zwar konsequent intermodale Bahnungseffekte beobachtet werden, die Generalisierung auf neue Reize war aber schwächer und wurde nur signifikant, wenn alle Experimente berücksichtigt wurden. Kouider und Dehaene (2009) folgerten aus den Ergebnissen, dass sich die subliminale Bahnung von Zahlen auf ungeübte Reize ausbreitet, auch wenn der Effekt relativ klein ausfiel. Die Ergebnisse sprechen demzufolge dafür, dass semantische Informationen zur subliminalen Zahlenbahnung beitragen (Dehaene et al. 1998; Naccache & Dehaene, 2001). Sie zeigen aber auch, dass Bahnung zu einem Großteil durch die Entwicklung von Reiz-Reaktionsassoziationen beeinflusst wird (Abrams & Greenwald, 2000; Damian, 2001). Zusammengefasst demonstrieren die Experimente von Kouider und Dehaene (2009), dass sich die Bahnung von Zahlen auf verschiedene Modalitäten übertragen kann. Das lässt vermuten, dass Repräsentationen auf höherer Ebene, jenseits von bewusster Wahrnehmung und möglicherweise auch semantische Merkmale einbezogen werden. Trotzdem deutet der schwache Bahnungseffekt bei neuartigen Reizen darauf hin, dass die Aktivierung auf semantischer Ebene durch Maskierung stark reduziert wird und dass die Bahnungseffekte oft von Wahrnehmungseffekten auf niedrigeren Ebenen dominiert werden (Kouider & Dehaene, 2009).

Ein intermodaler subliminaler Bahnungseffekt sollte sich jedoch nicht nur, wie in den bisher erwähnten Studien, auf Interaktionen zwischen visuell und auditiv präsentierten Wörtern (oder Zahlen) beschränken, sondern sollte zum Beispiel auch zwischen Wörtern und Tönen möglich sein. Das semantische Gedächtnis ist nämlich dazu in der Lage, die Bedeutung von Wörtern mit sensorischer Information aus einer anderen Sinnesmodalität zu verbinden (Chen & Spence, 2011; Glaser & Glaser, 1989). Die Einheitsannahme (engl. unity-assumption) von Chen und Spence (2011) besagt, dass die Verbindung von Informationen durch das Vorliegen semantischer Kongruenz vereinfacht wird. Somit könnte diese einen regulierenden Faktor für intermodale Effekte darstellen. Im vorliegenden Experiment wies der Bahnungsreiz semantische Informationen auf, während der Zielreiz sensorische Informationen enthielt. Es wäre möglich, dass die semantische und sensorische Informationen miteinander in Verbindung treten und so zu einem Bahnungseffekt führen. Durch die Existenz gemeinsamer Repräsentationen von semantischer und sensorischer Informationen, könnte die Verarbeitung der Position des auditiven Zielreizes beeinflusst werden. Die Bedeutung des visuellen Bahnungsreizes und die Position des auditiven Zielreizes, könnten Einheiten in einem gemeinsamen semantischen Netzwerk aktivieren, welche das mentale Lexikon mit assoziierten sensorischen Eigenschaften anderer Sinnesmodalitäten verbinden (Chen & Spence, 2011). Gemäß

## Supraliminale und subliminale intermodale Bahnung

dieser Erklärungsmöglichkeit, würden kongruente räumliche Wörter, Einheiten voraktivieren, die anschließend zur Verarbeitung der auditiven Positionen benötigt werden. Aufgrund der Voraktivierung dieser Einheiten durch die Bahnungswörter, würde für eine erfolgreiche Verarbeitung der auditiven Positionen, im Falle von kongruenten Zielreizen (verglichen mit inkongruenten Zielreizen) folglich weniger zusätzliche Aktivierung benötigt werden. Das würde wiederum zu einer erleichterten Verarbeitung führen, die sich in Form eines Kongruenzeffektes zeigen würde. Außerdem wurde unbewusste semantische Bahnung durch visuelle Wörter bereits innerhalb einer Modalität demonstriert (z.B. Kiefer, 2002). Aus diesen beiden Gründen sollte die unbewusste intermodale Bahnung zwischen der Wortbedeutung eines Bahnungsreizes aus einer Modalität (hier: Sehen von Wörtern) und der Wahrnehmung sensorischer Informationen eines Zielreizes aus einer anderen Modalität (hier: Hören von Tönen) möglich sein, sobald eine semantische Verbindung zwischen der Bedeutung eines Wortes und der sensorischen Information eines Tones zustande gekommen ist.

## 2. Fragestellung und Experiment

Wie schon eingangs erwähnt, beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit der Integration von Information aus zwei unterschiedlichen Sinnesmodalitäten. Es sollte die intermodale Verarbeitung auditiver und visueller Reize (Wörter und Töne) untersucht werden. Es stellte sich die Frage, ob visuell dargebotene Wörter die Fähigkeit besitzen, die Leistung in auditiven Lokalisierungsaufgaben intermodal zu beeinflussen und wenn ja, ob sich dieser Einfluss auch bei subliminal dargebotenen Wörtern zeigt.

Bisherige Studien konnten noch nicht ausreichend darüber aufklären, in welcher Form bzw. unter welchen Umständen intermodale Einflüsse auftreten. Aus dem Grund wurde in diesem Experiment untersucht, ob ein unbewusster intermodaler Bahnungseffekt zwischen visuellen Wörtern und auditiven Tönen auftritt. Im ersten Teil des Experimentes mussten die Versuchspersonen in einer anstrengenden Lokalisierungsaufgabe einen auditiven Reiz als „von oben“ oder „von unten“ kommend bestimmen. Die Tonfolgen wurden über Kopfhörer abgespielt. Die Frequenz des Tones bestimmte die Richtung/Position, aus der der Ton gehört wurde. Die Tonfolgen basierten auf individuell erfassten, sogenannten HRTF-Reizen und die Personen mussten bei der Aufgabe relativ geringe Unterschiede in der Tonhöhe differenzieren. Die Richtungs-differenzierung von Schallquellen entlang der vertikalen Ebenen erfolgt auf Basis der durch die Ohrmuscheln verursachten spektralen Filterung und ist abhängig von individuellen anatomischen Unterschieden. Diese richtungsabhängige Filterung wird als individuelle kopfbezogene Übertragungsfunktion (engl. head-related transfer function, HRTF) bezeichnet (Blauert, 1997). Bei der Messung der HRTFs wird für jede Person individuell erfasst, wie Schallwellen aus verschiedensten Richtungen am Eingang des Gehörgangs eintreffen. Die Filterung einer Schallquelle mit individuellen HRTFs einer Person und die Darbietung der gefilterten Signale über Kopfhörer wird als virtuelle Akustik bezeichnet und ermöglicht eine realistische Wahrnehmung der räumlichen Position.

Vor der Differenzierung der auditiven Zielreize wurden den TeilnehmerInnen visuelle Wörter entweder bewusst oder unbewusst präsentiert. Die Begriffe hatten eine räumliche Bedeutung, die mit gleich großer Wahrscheinlichkeit mit der Richtung der Töne übereinstimmte (kongruenter Durchgang) oder nicht (inkongruenter Durchgang). Es handelte sich beispielsweise um einen kongruenten Durchgang, wenn das Wort „oben“ lautete und der darauffolgende Ton ebenfalls „von oben“ kam und um einen inkongruenten Durchgang, wenn das Wort „oben“ lautete, der Ton aber „von unten“ kam. Während des ersten Teiles des Experiments war lediglich die Tonlokalisierung relevant. Die visuellen Begriffe waren aufgabenirrelevant und die Versuchspersonen waren darüber informiert, dass diese nicht informativ waren. Trotzdem wurden die Bahnungswörter im Sichtfeld der TeilnehmerInnen präsentiert. Dieser Umstand könnte für einen semantischen Bahnungseffekt

von unbewussten aufgabenirrelevanten Bahnungswörtern suffizient sein (Naccache & Dehaene, 2001). Es wurde für das Experiment eine relativ schwierige Tonlokalisierungsaufgabe gewählt, um zu verhindern, dass die Leistungen der Testpersonen zu makellos sind und dadurch noch das Auftreten eines subliminalen Bahnungseffektes zu erlauben. Im zweiten Experimentteil wurde zusätzlich die Sichtbarkeit der Bahnungsreize untersucht (siehe 3.1. Untersuchungsablauf).

### **2.1. Hypothesen**

Es wurde ein intermodaler, auf die räumliche Ebene bezogener Kongruenzeffekt erwartet, der sowohl bei sichtbaren (supraliminalen) und nicht sichtbaren (subliminalen) Bahnungsreizen als auch bei einem kürzeren und längeren SOA auftritt. Die Antworten der Versuchspersonen sollten in kongruenten Bedingungen schneller sein, als in inkongruenten Bedingungen. Wenn die sensorische (hier: räumliche) Bedeutung der visuellen Bahnungswörter schnell und (bedingt) automatisch extrahiert werden kann, sollte ein intermodaler Kongruenzeffekt sowohl in der supraliminalen als auch in der subliminalen Bedingung gefunden werden. Er sollte also unabhängig von der Bewusstheit des Bahnungsreizes und der Länge des SOAs auftreten. Wenn eine Wort-Ton-Interaktion auch bei subliminalen Bahnungsreizen nachweisbar wäre (z.B. Ansorge, Kiefer, Khalid, Grassl & König 2010), dann könnte der Kongruenzeffekt den frühen und automatischen Einfluss von semantischer Verarbeitung auf sensorische Verarbeitungsprozesse widerspiegeln. Wenn die semantische Dimension der Wörter und die räumlichen Assoziationen der sensorischen Töne nicht schnell und automatisch verarbeitet werden, dann würden die Bahnungsreize nur in der bewussten Bedingung einen Einfluss auf die Zielreize haben. Der Kongruenzeffekt würde also nur in der supraliminalen Bedingung auftreten und es könnte folglich angenommen werden, dass eher eine strategische Verarbeitungsweise zugrunde liegt. Ein räumlicher Kongruenzeffekt, der unabhängig von der Länge des SOAs auftritt, würde auf eine schnelle Verfügbarkeit der visuellen Bahnungsreize und deren Interaktion mit den auditiven Zielreizen hindeuten. Auf der anderen Seite könnte ein vergleichsweise größerer Effekt beim längeren SOA bedeuten, dass die semantische Information der visuellen Reize nicht schnell genug verfügbar war, um mit den vergleichsweise schneller verarbeiteten auditiven Reizen zu interagieren (Anderson & Holcomb, 1995; Holcomb & Neville, 1990).

Außerdem kann die Manipulation des SOAs mehr Einsicht darüber liefern, ob die visuelle und die auditive Sinnesmodalität über einen gemeinsamen Zugang zu Repräsentationen von Handlungen verfügen, oder ob die Information aus einer Modalität (hier: die visuelle Information) zunächst in eine andere Modalität (hier: die auditive Information) transformiert werden muss, bevor sie miteinander in Verbindung treten und verarbeitet werden können. Ein Bahnungseffekt, der unabhängig von der Länge des SOAs auftritt, würde für gemeinsame Repräsentationen sprechen.

## Supraliminale und subliminale intermodale Bahnung

Kein, oder nur ein sehr kleiner Kongruenzeffekt in der kurzen SOA-Bedingung, verglichen mit der langen SOA-Bedingung, würde hingegen darauf hindeuten, dass eine vorausgehende Transformation der visuellen Bahnungsreize notwendig ist, um mit den auditiven Zielreizen interagieren zu können.

### 3. Methode

#### 3.1. Untersuchungsablauf

Das Experiment bestand aus zwei Aufgabenteilen, beginnend mit der Lokalisierungsaufgabe der Töne. Hier sollten die Versuchspersonen lediglich die Richtung des auditiven Zielreizes kategorisieren. Die supraliminalen und subliminalen Bahnungsreize wurden zwar präsentiert, waren aber aufgabenirrelevant. Im zweiten Experimentteil kam zusätzlich zur Tonlokalisierung die Beurteilung der Wort-Ton-Kongruenz hinzu. Hier waren die Bahnungsreize aufgabenrelevant. Die Versuchspersonen sollten zunächst den Ton richtig zuordnen und anschließend angeben, ob der Begriff, der vor dem Ton gezeigt wurde, kongruent oder inkongruent zum Ton war. Es gab insgesamt 40 Durchgänge in jeder Versuchsbedingung. Es handelte sich um ein  $2$  (Sichtbarkeit der Bahnungsreize: maskiert; unmaskiert)  $\times 2$  (SOA: kurz, 68 ms; lang, 136 ms)  $\times 2$  (Kongruenz: kongruent; inkongruent) Versuchsdesign. Jede der zwei Ausprägungen der Variable der Sichtbarkeit der Bahnungsreize (maskiert; unmaskiert) wurde mit jedem Bahnungsreiz-Zielreiz SOA (kurz, 68 ms; lang, 136 ms) und jeder Bedingung der Bahnungsreiz-Zielreiz-Kongruenz (kongruent; inkongruent) kombiniert. Daraus ergaben sich insgesamt acht Bedingungen. Die Bedingungen wurden den Versuchspersonen in komplett zufälliger Abfolge präsentiert. Die unabhängigen Variablen waren die Sichtbarkeit der Bahnungsreize (maskiert; unmaskiert), die SOAs (kurz; lang) und die Kongruenz (kongruent; inkongruent). Die abhängigen Variablen waren die Reaktionszeit und die Fehlerrate.

Vor Beginn der Testung erhielten die TeilnehmerInnen die Versuchspersonen-Information und Einverständniserklärung. Diese enthielt Informationen über ihre Rechte und den Zweck der Studie. Die Personen wurden ebenfalls über die Dauer der Testung informiert. Danach wurden die Versuchspersonen angewiesen, ihre Köpfe auf die Kinnstützen zu legen und den Sessel in eine angenehme Position zu bringen. Anschließend wurden sie gebeten, ihr Alter und ihre Händigkeit anzugeben und ob sie eine normale oder eine korrigierte Sehkraft hatten. Zu Beginn der Testung wurden die ProbandInnen zusätzlich zur schriftlichen Instruktion am Bildschirm verbal über den Ablauf der jeweiligen Aufgabe aufgeklärt und gegebenenfalls noch offene Fragen beantwortet. Die Versuchsleiterin war während der gesamten Testung im Labor anwesend und es war immer möglich, Fragen zu stellen. Die Versuchspersonen konnten durch Betätigung der Leertaste selbst bestimmen, wann sie das Experiment starten wollten und wann sie nach einer Pause fortfahren wollten, um den nächsten Durchgang zu beginnen. Zunächst fand eine Trainingseinheit, bestehend aus 32 Durchgängen statt, in der sich die Versuchspersonen mit der Aufgabenstellung und den Zielreizen vertraut machen konnten. Wenn die Personen es wollten, konnten sie zusätzlich noch eine weitere Übungseinheit, bestehend aus 20 Durchgängen, absolvieren. Vor der Lokalisierungsaufgabe der Töne

wurden die Versuchspersonen darüber aufgeklärt, dass die Bahnungsreize für die Zielreize nicht informativ waren.

Im ersten Aufgabenteil sollten die ProbandInnen den auditiven Zielreiz entweder als „von oben“ oder „von unten“ kommend kategorisieren. Es gab zwei Versuchsgruppen. Die eine Hälfte der Personen sollten die linke Taste für Töne „von oben“ und die rechte Taste für Töne „von unten“ drücken. Die andere Hälfte hatte die umgekehrte Reiz-Reaktionszuordnung. Die Antworten sollten so schnell und akkurat wie möglich erfolgen. Nach jeder inkorrekten Antwort und nach einer Überschreitung der Reaktionszeit von 1250 ms, erschien eine Rückmeldung bezüglich des Fehlers („falsche Taste“) oder der zu langsamen Antwort („schneller reagieren“) am Bildschirm. Die Rückmeldung war für 750 ms zu sehen. Eine hohe Antwortgenauigkeit und schnelle Reaktionen der Versuchspersonen wurden damit belohnt, dass sie sich durch das Ausbleiben der Rückmeldung 750 ms pro Durchgang sparen konnten. Der erste Teil des Experiments beinhaltete insgesamt 320 Durchgänge. Innerhalb dieses Blockes gab es zwei Pausen. Nach Beendigung des gesamten Blockes war der erste Aufgabenteil abgeschlossen und es konnte nochmals eine Pause eingelegt werden.

Der zweite Teil des Experimentes beinhaltete zusätzlich zur Tonlokalisierungsaufgabe eine Bahnungsreiz-Sichtbarkeitsaufgabe. Hier sollten die Versuchspersonen, nachdem sie den Ton richtig kategorisiert hatten, angeben, ob es sich um eine kongruente oder inkongruente Wort-Ton-Abfolge handelte. Dieser Aufgabenteil folgte jedoch nur, wenn die Richtung des Tones zuvor korrekt differenziert wurde. In kongruenten Fällen stimmte die Bedeutung des Wortes mit der Richtung des Tones überein. Der Begriff lautete dann zum Beispiel „oben“ und der Ton wurde ebenfalls „von oben“ präsentiert. In inkongruenten Bedingungen stimmte die Wortbedeutung nicht mit der Richtung, aus der der Ton dargeboten wurde, überein. Hier erschien zum Beispiel das Wort „oben“ und der präsentierte Ton kam „von unten“. Die Hälfte der Versuchspersonen sollte im kongruenten Fall die linke Taste und im inkongruenten Fall die rechte Taste betätigen. Die andere Hälfte hatte wiederum die umgekehrte Reiz-Reaktionszuordnung. Diese Sichtbarkeitsaufgabe der Bahnungsreize folgte in jedem Durchgang direkt nach der Tonlokalisierungsaufgabe, sodass die Verarbeitungsanforderungen der Zielreize dieselben waren, wie in der Lokalisierungsaufgabe. Als Sichtbarkeitstest der Bahnungsreize wird bei der Unterscheidungsaufgabe zwischen kongruenten und inkongruenten Durchgängen, die Verarbeitung von Bahnungsreiz und Zielreiz benötigt. So kann die Dimension, die für den Bahnungseffekt in der Tonlokalisierungsaufgabe verantwortlich ist, untersucht werden. Im Aufgabenteil zur Sichtbarkeit der Bahnungsreize wurde keine Rückmeldung bezüglich zu langsamer oder falscher Antworten gegeben. Der zweite Experimentteil bestand ebenfalls aus insgesamt 320 Durchgängen. Wieder gab es zwei Pausen. Nach Beendigung dieses

Blockes war das Experiment vollständig abgeschlossen und die ProbandInnen konnten es durch die Betätigung der Leertaste verlassen.

Alle Zielreize im Experiment wurden supraliminal präsentiert. Die Bahnungsreize wurden hingegen entweder supraliminal (unmaskierte Bedingung), oder subliminal (maskierte Bedingung) präsentiert. In diesem Zusammenhang wurde die Maskierung als spezielle experimentelle Methode verwendet, um die Sichtbarkeit eines Wortes durch einen vorangestellten und nachfolgenden visuellen Reiz zu unterdrücken (Marcel, 1983b). Das Bahnungswort wird in den maskierten Durchgängen unter der Wahrnehmungsschwelle präsentiert und kann aufgrund der kurzen Darbietungszeit von den meisten Menschen nicht bewusst wahrgenommen werden. Dennoch sind subliminale Reize wirksam und können registriert werden. Durch die maskierte Bedingung konnte festgestellt werden, ob die Versuchspersonen den Bahnungsreiz, so wie angenommen, nicht wahrnehmen konnten. Um sicher zu gehen, dass die maskierten Bahnungsreize für die TeilnehmerInnen tatsächlich subliminal waren, wurde die Sichtbarkeit der Bahnungsreize individuell getestet. Versuchspersonen, die während der Differenzierung der maskierten Bahnungswörter auffallend gut waren, wurden aus dem Experiment ausgeschlossen. Es wurde also davon ausgegangen, dass die ProbandInnen im Fall eines maskierten Durchganges raten mussten. Die Versuchspersonen wurden bei der Instruktion auch auf diesen Umstand hingewiesen.

Insgesamt dauerte das Experiment zirka 60 Minuten. Meistens fanden Einzeltestungen statt. In einigen Fällen wurden aber auch zwei oder drei Personen gleichzeitig an verschiedenen Computern im Laborraum getestet. In diesem Fall wurde besonders darauf geachtet, dass sich die ProbandInnen nicht gegenseitig störten. Es wurde zum Beispiel sichergestellt, dass alle TeilnehmerInnen gleichzeitig mit der Bearbeitung begannen. Personen, die schon früher fertig waren als andere, wurden gebeten ruhig auf ihrem Platz zu warten, bis auch die anderen das Experiment beendet hatten. Am Ende des Experiments bekamen alle Personen für ihre Teilnahme sieben Euro in bar ausbezahlt.

### **3.2. UntersuchungsteilnehmerInnen**

Insgesamt nahmen 17 Versuchspersonen an dem Experiment teil. Davon mussten sechs Personen ausgeschlossen werden. Eine Person musste aufgrund einer zu hohen Anzahl korrekter Bahnungsreiz-Zielreiz-Zuordnungen in der maskierten Bedingung ausgeschlossen werden. Fünf weitere Personen mussten aufgrund einer zu hohen Fehlerrate (über 50%) bei der Tonlokalisierung aus den Daten herausgenommen werden. Die hohe Anzahl an Fehlern deutet darauf hin, dass diese Personen nicht in der Lage waren, die Töne nach ihrer Richtung zu differenzieren bzw. deren vertikale Position zu erkennen. Die Unterscheidung von auditiven Reizen auf der vertikalen Achse ist

bei kleinen Winkelabweichungen (im vorliegenden Experiment wurden Winkel von +30° und -30° verwendet) relativ schwierig. Es wurde keine leichtere Tondifferenzierungsaufgabe gewählt um zu verhindern, dass die Leistung der Versuchspersonen zu makellos ist und um so das Auftreten von Deckeneffekten zu vermeiden. Außerdem hatten auf diese Weise förderliche oder hinderliche Einflussfaktoren noch die Möglichkeit, sich in Form eines subliminalen Bahnungseffektes zu zeigen. Die Daten der 11 verbliebenen Versuchspersonen wurden analysiert. Die Personen waren zwischen 24 und 42 Jahre alt. Das mittlere Alter betrug 29,4 Jahre. Acht TeilnehmerInnen waren weiblich und drei männlich. Alle ProbandInnen waren RechtshänderInnen, hatten Deutsch als Muttersprache und waren mit Computern vertraut. Zudem hatten alle eine normale oder korrigierte Sehkraft. Die TeilnehmerInnen wurden aus der Versuchspersonenliste des Instituts für Schallforschung und aus dem privaten Umfeld rekrutiert.

### **3.3. Instrument und Messgeräte**

Das Experiment fand an der Fakultät für Psychologie unter standardisierten Bedingungen statt. Es handelte sich um eine Computertestung, die im Testraum TR-K6, einem Labor der Grundlagenforschung durchgeführt wurde. Der Raum war während der gesamten Testung abgedunkelt und es herrschte nur eine indirekte Beleuchtung hinter dem Monitor. Erstellt wurde das Experiment mit Matlab 7.7.0 (The MathWorks Inc., Massachusetts, USA) und mit der Psychophysics Toolbox (Brainard, 1997), welche auf einem Rechner mit dem Betriebssystem Windows XP betrieben wurden.

Zur Präsentation der visuellen Reize wurden VGA-Monitore mit 17 Zoll, einer Bildwiederholungsrate von 59,1 Hz und einer NVIDIA GeForce GT220 (mit 1,024 MB) Grafikkarte verwendet. Der Blickabstand der Versuchspersonen zum Bildschirm betrug 57 cm und wurde durch die Verwendung von Kinnstützen sichergestellt. Sie dienten der optimalen Erkennung der dargestellten Wörter durch die Gewährleistung einer konstanten Kopfposition und einer geraden Blickrichtung. Die Antworteingabe erfolgte über eine Standardtastatur, durch das Drücken einer linken markierten Taste („C“) und einer rechten markierten Taste („M“). Die Versuchspersonen betätigten diese mit ihren linken und rechten Zeigefingern. Die im Experiment verwendeten auditiven Reize wurden über HD-Sennheiser 380 Pro Kopfhörer (<0,1% Klirrfaktor) und E-MU 0204 USB Soundkarten präsentiert. Die Lautstärke wurde beim Abspielen der Töne konstant gehalten.

### 3.4. Reizmaterial

Im Experiment sollten zwei Töne differenziert werden, die sich auf der vertikalen Achse befanden. Die zwei räumlichen Tonfolgen, die als Zielreize fungierten, bestanden aus breitbandigen, weißen Rauschen. Diese wurden in einem Vorexperiment am Institut für Schallforschung mittels Techniken der virtuellen Akustik generiert. Ein 300 ms langer Ton, bestehend aus weißem Rauschen (mit einer 10 ms langen An- und Ausklingsphase), wurde aus personenspezifischen DTFs (engl. directional transfer functions) gefiltert. Die DTFs stammten von den individuellen kopfbezogenen Übertragungsfunktionen beider Ohren jeder Versuchsperson (HRTFs), welche zuvor mit dem experimentellen Aufbau und den Nachbearbeitungstechniken erfasst wurden, wie sie von Majdak, Walder und Laback (2013) beschrieben wurden. Die HRTFs wurden gespeichert und für die auditive Richtungs-differenzierung aufbereitet. Die zunächst vier, für das Experiment relevanten Tonfolgen (Linkes Ohr, vertikaler Einfallswinkel  $-30^\circ$  auf der Medianebene; rechtes Ohr, vertikaler Einfallswinkel  $-30^\circ$  auf der Medianebene; linkes Ohr, vertikaler Einfallswinkel  $+30^\circ$  auf der Medianebene; rechtes Ohr, vertikaler Einfallswinkel  $+30^\circ$  auf der Medianebene) wurden für jede Versuchsperson in Audacity (Version 2.0.6), einem freien Programm zur Bearbeitung von Audiodateien, auf 300 ms gekürzt und zu zwei Stereo-Dateien zusammengefügt. Im Experiment wurden die Tonfolgen mit einem vertikalen Einfallswinkel von  $+30^\circ$  („von oben“ kommend) und  $-30^\circ$  („von unten“ kommend) verwendet.

Zur Illustration ist in Abbildung 1 ein Koordinatensystem für akustische Lokalisationen grafisch dargestellt. Es ist in diesem Zusammenhang noch einmal erwähnenswert, dass die Reizdifferenzierung entlang der vertikalen Achse schwierig ist und die Lokalisationsleistungen entlang der vertikalen Ebenen bei der virtuellen Akustik oft trainingsabhängig sind (Majdak, Groupell, & Laback, 2010; Middlebrooks, 1999). Zum einen können diese Schwierigkeiten auf das Fehlen visueller Schallquelleninformation und die daraus resultierende Diskrepanz mit der auditiven Information zurückgeführt werden. Zum anderen treten bei der Richtungs-differenzierung entlang der vertikalen Ebenen selbst bei Verwendung realer Schallquellen (Lautsprecher im Raum) Trainingseffekte auf (Carlile, Leong & Hyams, 1997). Während in realen Alltagssituationen Kopfbewegungen zur vertikalen Lokalisierung beitragen, werden im Laborversuch Kopfbewegungen zur besseren Kontrolle der Versuchsbedingungen ausgeschaltet.

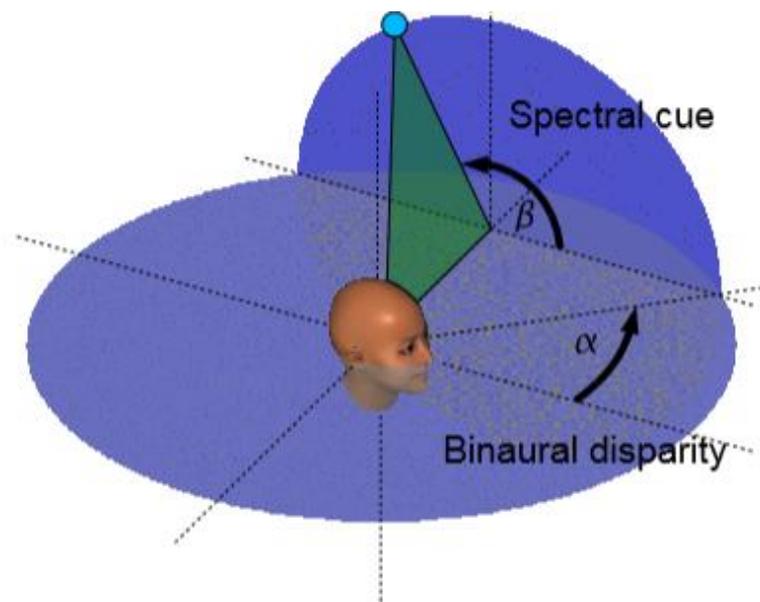


Abbildung 1. Koordinatensystem für akustische Lokalisationen:  $\alpha$ = lateraler Winkel,  $\beta$ = vertikaler Winkel (Schallquelle von vorne hat  $\alpha=0$  und  $\beta=0$ ; Majdak et al., 2013)

Als Bahnungsreize fungierten 20 deutsche räumliche Wörter, die sich auf Richtungsangaben oder Positionen auf der vertikalen Achse bezogen. Die Wörter wurden aus der Studie von Ansorge, Khalid und König (2013) übernommen. Es handelte sich dabei um Begriffe mit häufiger Verwendung im Sprachgebrauch, nämlich mit einem mehr als 60-maligen Auftreten innerhalb von 1 Millionen Wörtern (Jescheniak & Levelt, 1994). 10 Bahnungswörter konnten der Position „oben“ zugeordnet werden und hatten eine durchschnittliche Wortlänge von 6,6 Buchstaben (4-11 Buchstaben). 10 Bahnungswörter, waren der Position „unten“ zugehörig und hatten eine durchschnittliche Wortlänge von 6,3 Buchstaben (4-9 Buchstaben). Die beiden Wortgruppen wiesen eine vergleichbare Länge und Auftrittshäufigkeit auf. Außerdem wurde durch einen empirischen Vortest sichergestellt, dass sie anhand ihrer räumlichen Zugehörigkeit gleichermaßen leicht zu unterscheiden waren (Ansorge & Bohner, 2014). Tabelle 1 zeigt eine Auflistung der verwendeten Bahnungsreize.

Tabelle 1

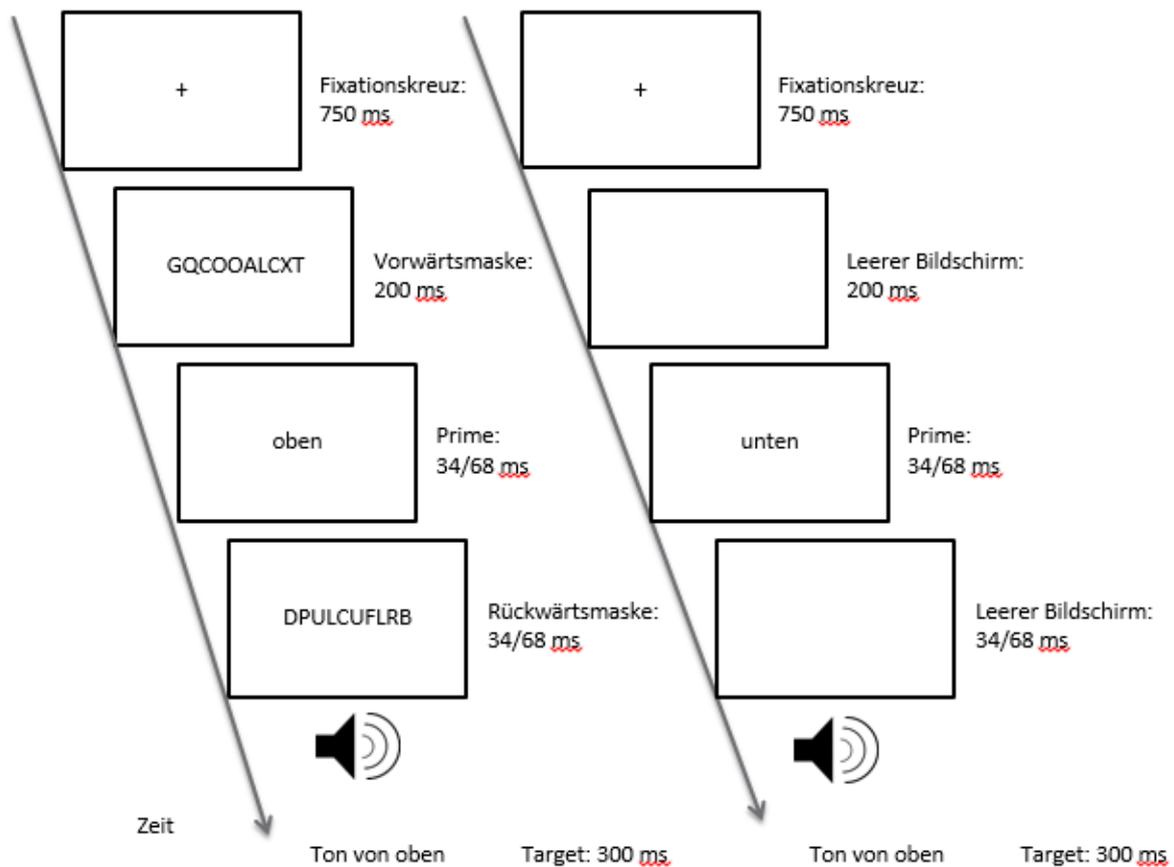
*Auflistung aller Bahnungswörter, unterteilt nach ihrer vertikalen Position*

<b>Bahnungswörter „oben“</b>	<b>Bahnungswörter „unten“</b>
oben	unten
darüber	darunter
hinauf	hinab
aufwärts	abwärts
empor	herab
hoch	niedrig
gehoben	gesenkt
erhöht	abfallend
aufsteigend	sinkend
steigend	tief

Jedes Bahnungswort wurde gleich oft präsentiert. Für die Erstellung der Bahnungsreiz-Zielreiz-Paare wurde jede der beiden gleich häufig auftretenden Tonfolgen mit jedem der 20 räumlichen Wörter kombiniert. Die resultierenden Wort-Ton-Paare waren gleich häufig kongruent oder inkongruent. Alle visuellen Reize wurden in der Mitte des Bildschirms, in schwarzer Schrift ( $<1 \text{ cd/m}^2$ ) und auf grauem Hintergrund ( $24 \text{ cd/m}^2$ ) präsentiert. Zu Beginn jedes Durchganges erschien für 750 ms ein Fixationskreuz. In den maskierten Durchgängen wurde anschließend für 200 ms eine Maske präsentiert, welche aus 10 zufällig aneinandergereihten Blockbuchstaben bestand. Im Experiment wurde das Zeitintervall zwischen Beginn des Bahnungsreizes und Beginn des Zielreizes (SOA) variiert. Nach der Vorwärtsmaske erschien das Bahnungswort entweder für 34 ms in der kurzen SOA-Bedingung, oder für 68 ms in der langen SOA-Bedingung. Aufgrund des Mangels an passenden vorhergehenden Studien war nicht klar, wie schnell der Bahnungseffekt auftritt und wieder verschwindet. Deswegen wurden zwei verschieden lange SOAs verwendet. Das Masken-Bahnungsreiz-Interstimulus-Intervall (ISI) betrug 0 ms. Die Bahnungswörter waren immer in Kleinbuchstaben geschrieben. Auf den Bahnungsreiz folgte in den maskierten Durchgängen eine Rückwärtsmaske, die ebenfalls aus 10 zufällig aneinandergereihten Großbuchstaben bestand und deren Anordnung unabhängig von der der Vorwärtsmaske war. Diese wurde entweder für 34 ms in der kurzen SOA-Bedingung, oder für 68 ms in der langen SOA-Bedingung präsentiert. Das ISI betrug wieder 0 ms. In den unmaskierten Durchgängen wurden die Vorwärts- und Rückwärtsmasken durch

## Supraliminale und subliminale intermodale Bahnung

einen leeren Bildschirmhintergrund ersetzt. Abschließend erfolgte die Präsentation des auditiven Zielreizes (Ton „von oben“ oder „von unten“) für 300 ms. Die Darbietungszeiten aller Reize wurden aus vorhergehenden Studien übernommen, da diese dort zu einer schlechten Sichtbarkeit der Bahnungsreize in maskierten und zu einer guten Sichtbarkeit der Bahnungsreize in unmaskierten Durchgängen führten (z.B. Ansorge et al., 2010; Ansorge et al., 2013; Kiefer & Brendel, 2006). Der Ablauf eines maskierten, kongruenten und eines unmaskierten, inkongruenten Durchganges ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt.



*Abbildung 2.* Die linke Seite zeigt ein Beispiel für einen maskierten, kongruenten Durchgang, in dem ein räumliches Bahnungswort (Prime), hier: „oben“, vor der Präsentation eines räumlichen Zieltones (Target), hier: Ton „von oben“, erscheint. Die rechte Seite zeigt ein Beispiel für einen unmaskierten, inkongruenten Durchgang, in dem ein räumliches Bahnungswort (Prime), hier: „unten“, vor der Präsentation eines räumlichen Zieltones (Target), hier: Ton „von oben“ erscheint. Der Pfeil zeigt den zeitlichen Verlauf an. Die Präsentationsdauer der Stimuli wurde nicht am Bildschirm angezeigt.

#### 4. Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden anhand einer Varianzanalyse mit Messwiederholung (ANOVA) ermittelt. In die Varianzanalyse gingen nur korrekte Reaktionen ein. Es wurden bedingungsspezifische und individuelle Mittelwerte gebildet. Die Standardabweichung (*SD*) und der Mittelwert (*M*) der Reaktionszeiten (*RZ*) wurden separat für jede Bedingung und jede Versuchsperson berechnet. Ausschlusskriterium bei den Reaktionszeiten war eine Abweichung vom bedingungsspezifischen und individuellen Mittelwert der korrekten Antworten um  $+ 2 SD$ , beziehungsweise  $- 2 SD$ . Aus allen korrekten Antworten mussten 3,8% ausgeschlossen werden, weil sie mehr als  $2 SD$  von diesen Mittelwerten abwichen. In Tabelle 2 sind die Mittelwerte der Reaktionszeiten und die Mittelwerte der Fehlerraten jeder Bedingung angeführt. Diese lässt erkennen, dass die Leistung der Versuchspersonen in kongruenten Durchgängen besser war, als in inkongruenten Durchgängen. Das war sowohl bei langer als auch bei kurzer SOA in der maskierten Bedingung und bei langer SOA in der unmaskierten Bedingung der Fall. Diese Ergebnisse wurden in der formalen Analyse bestätigt.

Tabelle 2

*Auflistung der Mittelwerte (M) von den Reaktionszeiten (RZ) und den Fehlerraten (FR)*

Bedingungen			Reaktionszeiten (ms)		Fehlerraten (%)	
Bahnungsreize	SOA	Kongruenz	M der RZ	Kongr.-Effekt	M der FR	Kongr.-Effekt
maskiert	kurz	kongr.	604	20	7,7	4,3
		inkongr.	624		12,0	
	lang	kongr.	603	15	11,8	0,5
		inkongr.	618		12,3	
unmaskiert	kurz	kongr.	626	0	14,8	0,9
		inkongr.	626		15,7	
	lang	kongr.	604	16	13,2	7,3
		inkongr.	620		20,5	

*Anmerkungen.* Der Kongruenzeffekt wurde als Differenz der mittleren Leistung in der inkongruenten Bedingung minus der mittleren Leistung in der kongruenten Bedingung berechnet. [SOA = Stimulus-Onset-Asynchrony; Kongr.-Effekt = Kongruenzeffekt; kongr. = kongruent; inkongr. = inkongruent].

Zu Beginn wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) mit dem Zwischensubjektfaktor Reiz-Reaktionszuordnung berechnet. Die Analyse zeigte weder einen signifikanten Haupteffekt, noch eine

## Supraliminale und subliminale intermodale Bahnung

signifikante Interaktion mit dieser Variable. Aus diesem Grund wurden die Daten aus beiden Reiz-Reaktionsgruppen für die Berechnung zusammengeführt.

Es wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung (ANOVA) der Mittelwerte der korrekten Antworten, mit den Innersubjektfaktoren Kongruenz (kongruent; inkongruent), Bahnungsreiz-Zielreiz SOA (kurz, 68 ms; lang, 136 ms) und Sichtbarkeit der Bahnungsreize (maskiert; unmaskiert) berechnet. Bei Verletzung der Sphärizität wurden die Ergebnisse nach Greenhouse-Geisser korrigiert. Im Folgenden wird das partielle  $\eta^2$  ( $\eta^2$ ) als Maß der Effektstärke angeführt, wenn der Mauchly-Test auf eine Verletzung der Sphärizität hindeutete. Außerdem wurden für die gesamten Berechnungen Bonferroni-Korrekturen für multiple Vergleiche und ein Alphafehlerlevel von 0,05 angewandt.

#### 4.1. Analyse der Reaktionszeiten

Es zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt der Kongruenz mit  $F(1, 10) = 5,03$ ,  $p < 0,04$  und partiellem  $\eta^2 = 0,34$ . Die Reaktionszeiten waren in kongruenten Bedingungen (609 ms) signifikant schneller als in inkongruenten Bedingungen (622 ms). Es wurde kein weiterer signifikanter Effekt oder Interaktion gefunden. Alle F-Werte waren  $< 1,0$ . In Abbildung 3 sind die durchschnittlichen Reaktionszeiten (RZ) der verschiedenen Versuchsbedingungen in Millisekunden (ms) ersichtlich.

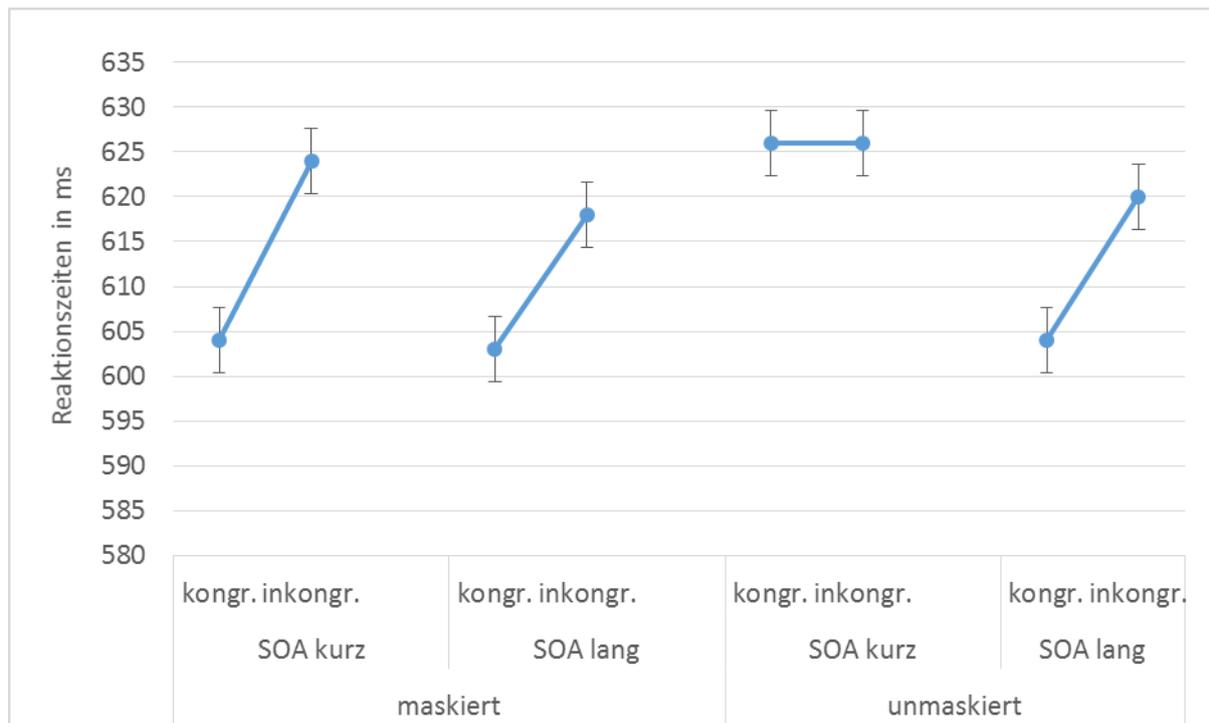


Abbildung 3. Die durchschnittlichen Reaktionszeiten in Millisekunden auf der y-Achse, dargestellt als Funktion der Kongruenz (kongruent, kongr. versus inkongruent, inkongr.), Stimulus-Onset Asynchrony (SOA: kurz versus lang) und der Maskierung (maskiert versus unmaskiert) auf der x-Achse. Die Standardfehler werden durch die dunklen Schranken angedeutet.

#### 4.2. Analyse der Fehlerraten

Es wurde des Weiteren eine Varianzanalyse (ANOVA) der Fehlerraten (FR), mit den Innersubjektfaktoren Kongruenz (kongruent; inkongruent), Bahnungsreiz-Zielreiz SOA (kurz, 68 ms; lang, 136 ms) und der Sichtbarkeit der Bahnungsreize (maskiert; unmaskiert) berechnet. Die Analyse konnte die Ergebnisse der ersten Berechnung bestätigen. Die langsameren mittleren Reaktionszeiten der korrekten Antworten in inkongruenten Bedingungen, im Vergleich zu kongruenten Bedingungen, gingen gleichzeitig mit einer niedrigeren mittleren Antwortgenauigkeit (FR = 15,1%) in inkongruenten Bedingungen, verglichen mit kongruenten Bedingungen (FR = 11,9%), einher. Das

## Supraliminale und subliminale intermodale Bahnung

zeigte sich in einem signifikanten Haupteffekt der Kongruenz mit einem  $F(1,10) = 4,89$ ,  $p < 0,05$  und partiellen  $\eta^2 = 0,33$ . Außerdem zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt der Sichtbarkeit der Bahnungsreize mit  $F(1, 10) = 16,71$ ,  $p < 0,001$  und partiellen  $\eta^2 = 0,63$ . Es zeigten sich höhere Fehlerraten in unmaskierten Bedingungen (FR = 16,0%), als in maskierten Bedingungen (FR = 11,0%). Es wurden keine weiteren signifikanten Effekte oder Interaktionen gefunden. Alle F-Werte waren  $< 1,0$ . Abbildung 4 zeigt die durchschnittlichen Fehlerraten (FR) der verschiedenen Versuchsbedingungen in Prozent (%).

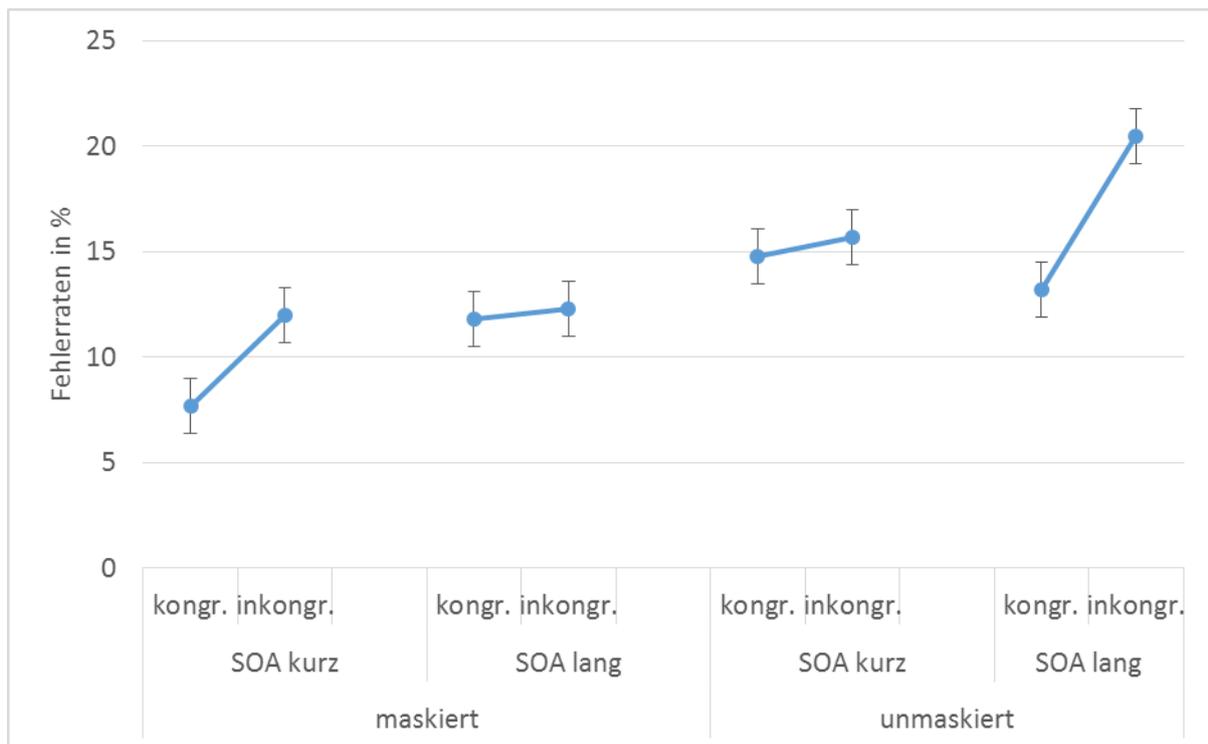


Abbildung 4. Die durchschnittlichen Fehlerraten in Prozent auf der y-Achse, dargestellt als Funktion der Kongruenz (kongruent, kongr. versus inkongruent, inkongr.), Stimulus-Onset-Asynchrony (SOA: kurz versus lang) und der Maskierung (maskiert versus unmaskiert) auf der x-Achse. Die Standardfehler werden durch die dunklen Schranken angedeutet.

### 4.3. Sichtbarkeitsanalyse der Bahnungsreize

Im zweiten Teil des Experiments wurden die Versuchspersonen am Ende jedes Durchganges nach der Kongruenz der Bahnungs- und Zielreize gefragt. Dies diente als objektives Maß der Sichtbarkeit der Bahnungsreize (vgl. Wiens, 2010). Um zu testen, ob die Versuchspersonen dazu in der Lage waren, die unmaskierten (supraliminalen) Bahnungsreize zu identifizieren, aber unfähig, die maskierten (subliminalen) Bahnungsreize zu erkennen, wurde ein sensitiver Index zur Stimulus-Sichtbarkeit ( $d'$ ) berechnet (Reingold & Merikle, 1988). Der Index  $d'$  wurde separat für maskierte und unmaskierte

## Supraliminale und subliminale intermodale Bahnung

Bahnungswörter kalkuliert, sowie für Bahnungsreize mit kurzer und langer SOA. Bei der Messung von  $d'$ , zählten kongruente Durchgänge als Signale und inkongruente Durchgänge als Störfaktoren. Demzufolge wurden korrekte Antworten (d.h. „kongruent“) in kongruenten Durchgängen als Treffer und inkorrekte Antworten (d.h. „kongruent“) in inkongruenten Durchgängen als „falscher Alarm“ (FA) gewertet.  $d'$  wird berechnet, indem von der z-transformierten Rate der richtigen Antworten, die z-transformierte Rate der „falschen Alarme“ abgezogen wird (Green & Swets, 1966; Macmillian & Creelman, 2005). Wenn  $d'$  sich nicht vom Wert Null unterscheidet, kann angenommen werden, dass die Versuchspersonen die maskierten Bahnungsreize nicht direkt unterscheiden konnten (vgl. Green & Swets, 1966; Wiens, 2010). Es wurde mittels  $t$ -Tests untersucht, ob sich die mittleren  $d'$ -Werte von Null unterschieden. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Sichtbarkeitsanalyse der Bahnungsreize aufgelistet.

Die Versuchspersonen waren in der vorliegenden Untersuchung nicht in der Lage, die maskierten Bahnungsreiz-Zielreiz-Paare mit einer höheren Genauigkeit als der Zufall zu differenzieren. Für die maskierten Bahnungswörter ergab sich bei kurzer SOA  $d' = 0,04$ ,  $t(10) = 0,30$ ,  $p = 0,77$ . Für die maskierten Bahnungswörter bei langer SOA ergab sich  $d' = 0,16$ ,  $t(10) = 1,93$ ,  $p = 0,08$ . Die unmaskierten Bahnungsreiz-Zielreiz-Paare konnten von den ProbandInnen sowohl bei kurzer SOA, mit  $d' = 1,67$ ,  $t(10) = 4,04$ ,  $p < 0,01$ , als auch bei langer SOA, mit  $d' = 1,94$ ,  $t(10) = 4,81$ ,  $p < 0,01$  erfolgreich unterschieden werden.

Tabelle 3

### *Ergebnisse der Sichtbarkeitsanalyse der Bahnungsreize*

<b>Bahnungsreize</b>	<b>SOA</b>	<b>M der <math>d'</math> (kongr. &amp; inkongr.)</b>	<b><math>t</math>-Test gegen 0</b>	<b>Sig. (2-seitig)</b>
maskiert	kurz	0,04	0,30	0,77
	lang	0,16	1,93	0,08
unmaskiert	kurz	1,67	4,04	0,00
	lang	1,94	4,81	0,00

*Anmerkungen.* Die Ergebnisse des  $t$ -Tests (gegen Null) und die Mittelwerte von  $d'$  wurden über kongruente und inkongruente Bedingungen gemittelt. Die Anzahl der Freiheitsgrade aller  $t$ -Tests der mittleren  $d'$ -Werte betrug 10. [Sig. = Signifikanz].

## 5. Diskussion

Ob Information, die unbewusst wahrgenommen wird, offenes Verhalten beeinflussen kann und ob solche Effekte sensorische Modalitäten überschreiten können, stand im Zentrum dieser Arbeit. Die Fähigkeit, Reize aus unterschiedlichen Modalitäten zu einer einheitlichen Wahrnehmung zu integrieren, ist eine fundamentale Komponente von perzeptuell gesteuerten Handlungen und Kognitionen.

Basierend auf Theorien, die semantische Repräsentationen mit den korrespondierenden sensorischen Repräsentationen innerhalb eines gemeinsamen Netzwerkes verknüpfen (Chen & Spence, 2011) wurde die Hypothese aufgestellt, dass supraliminal und subliminal dargebotene Bahnungsreize in der visuellen Modalität, die sensorische Differenzierung von auditiven Zielreizen beeinflussen. Im vorliegenden Experiment wurde diese Vorhersage mittels unmaskierten und maskierten visuellen Wörtern und auditiven Tonfolgen untersucht. In kongruenten Durchgängen passte die räumliche Bedeutung des (maskierten) Wortes zu der Position des auditiven Zielreizes. Zum Beispiel wurde das Wort „oben“ vor einem Ton präsentiert, der „von oben“ kam. In den inkongruenten Durchgängen passte die räumliche Bedeutung des (maskierten) Wortes nicht zu der Position des auditiven Zielreizes. Zum Beispiel wurde das Wort „oben“ vor einem Ton präsentiert, der „von unten“ kam.

Im Einklang mit den getätigten Vorhersagen, wurde ein intermodaler Bahnungseffekt (Kongruenzeffekt) gefunden. Die Versuchspersonen konnten die Position von Tönen besser bestimmen, wenn die visuellen Bahnungsreize kongruent waren und schlechter, wenn diese inkongruent zum Zielreiz waren. Die Antworten der Versuchspersonen waren also in kongruenten Bedingungen schneller als in inkongruenten Bedingungen. Dieser Effekt zeigte sich nicht nur bei den supraliminalen, sondern auch bei den subliminalen Bahnungsreizen, sowie bei langer als auch bei kurzer SOA in der maskierten Bedingung und bei langer SOA in der unmaskierten Bedingung. Das deutet darauf hin, dass die sensorische (hier: räumliche) Bedeutung der visuellen Bahnungswörter schnell und (bedingt) automatisch extrahiert werden konnte. Da die Wort-Ton-Interaktion auch bei subliminalen Bahnungsreizen nachweisbar war, könnte der Kongruenzeffekt also den frühen und automatischen Einfluss von semantischer Verarbeitung auf sensorische Verarbeitungsprozesse widerspiegeln. In der maskierten Bedingung zeigte sich ein Kongruenzeffekt, der sowohl beim kurzen als auch beim langen SOA auftrat. Das könnte auf eine schnelle Verfügbarkeit der visuellen Bahnungsreize und deren Interaktion mit den auditiven Zielreizen hindeuten. Da der Bahnungseffekt, in der maskierten Bedingung unabhängig von der Länge des SOAs auftrat, kann angenommen werden, dass die visuelle und die auditive Sinnesmodalität über einen gemeinsamen Zugang zu Handlungsrepräsentationen verfügen.

Es wurde eine Aufgabe zur Unterscheidung der Bahnungsreiz-Zielreiz-Kongruenz verwendet. Die Versuchspersonen erbrachten bei der Unterscheidung von maskierten Bahnungsreizen Leistungen auf Zufallsniveau. Sie waren aber gut dazu in der Lage, die unmaskierten Bahnungsreize in den Kontrollbedingungen zu unterscheiden. Die Ergebnisse sprechen also dafür, dass die Bedeutung eines unbewussten visuellen Wortes die Verarbeitung der Position eines Tones beeinflusst und dass die multimodale Erleichterung von sensorischer Verarbeitung durch einen kongruenten semantischen Bahnungsreiz nicht nur auf die bewusste Verarbeitungsebene beschränkt ist. Es ist wahrscheinlich, dass semantische Bahnung die Verarbeitung der Richtung des auditiven Zielreizes durch die Existenz gemeinsamer Repräsentationen von semantischer und sensorischer Information beeinflusst hat. Die Bedeutung des visuellen Bahnungsreizes und die Richtung des auditiven Zielreizes könnten Einheiten in einem gemeinsamen semantischen Netzwerk aktiviert haben, welche das mentale Lexikon mit assoziierten sensorischen Eigenschaften anderer Sinnesmodalitäten verbinden (Chen & Spence, 2011). Gemäß dieser Erklärungsmöglichkeit könnten kongruente räumliche Wörter, Einheiten voraktiviert haben, die anschließend zur Verarbeitung der auditiven Positionen benötigt wurden. Aufgrund der Voraktivierung dieser Einheiten durch die Bahnungswörter, würde die kritische Schwellenaktivität der Einheit, die auch für eine erfolgreiche Verarbeitung der auditiven Positionen erforderlich wäre, im Falle von kongruenten Zielreizen, verglichen mit inkongruenten Zielreizen, weniger zusätzliche Aktivierung erfordern.

Im vorliegenden Fall konnten etliche alternative Erklärungsmöglichkeiten für den Kongruenzeffekt ausgeschlossen werden. Gemäß einer potentiellen Erklärung, könnten die maskierten Bahnungswörter, die Antworten durch einen orthogonalen Simon-Effekt aktiviert haben (Proctor & Cho, 2006). Wenn ein orthogonaler Simon-Effekt für das Auftreten des Kongruenzeffektes verantwortlich wäre, dann wurde erwartet, dass ein maskierter Kongruenzeffekt nur in den Bedingungen, in denen die Reiz-Reaktionszuordnung kompatibel war (in denen Zielreize von „oben“ eine Reaktion der rechten Hand erforderten und Zielreize von „unten“ eine Reaktion der linken Hand erforderten), auftritt. In Bedingungen, in denen die Reiz-Reaktionszuordnung inkompatibel war (in denen Zielreize von „oben“ eine Reaktion der linken Hand erforderten und Zielreize von „unten“ eine Reaktion der rechten Hand erforderten), sollte kein Kongruenzeffekt auftreten. Es konnte keine signifikante Interaktion der Zwischensubjektvariable Reiz-Reaktionszuordnung mit dem Kongruenzeffekt gefunden werden. Das bedeutet, dass die Bahnungsreize nicht zu einem orthogonalen Simon-Effekt führten und er somit in der vorliegenden Untersuchung nicht für den Kongruenzeffekt verantwortlich gemacht werden kann.

Norris und Kinoshita (2008) behaupten, dass bei maskierter Bahnung das Wahrnehmungssystem dahingehend ausgetrickst wird, dass es den Bahnungsreiz und den Zielreiz als ein einzelnes Objekt

verarbeitet. Weil die Versuchspersonen den Bahnungsreiz nicht als separates Objekt wahrnehmen können, scheitern sie daran, den Hinweis vom Bahnungsreiz zu berücksichtigen und integrieren ihn gemeinsam mit dem Zielreiz.

Laut Damian (2001) können bewusst wahrnehmbare Reize, die eine bestimmte Antwort erfordern, die Fähigkeit erlangen, dieselbe Reaktion durch eine bestehende Gedächtnisspur dieser Reiz-Reaktionsepisode zu aktivieren, wenn sie später als subliminale Bahnungsreize präsentiert werden. Subliminale Reize führen in erster Linie zu Kongruenzeffekten, wenn sie auch als supraliminale Zielreize im selben Experiment für dieselben Versuchspersonen verwendet werden (d.h. wenn die Bahnungsreize ein Teil der verwendeten Zielreize sind). Somit besitzt ein Reiz nur dann die Fähigkeit eine unbewusste Reaktion zu aktivieren, wenn schon eine entsprechende bewusste Gedächtnisspur der Reiz-Reaktionszuordnung besteht. Bahnungsreize, die im Experiment nicht gleichzeitig auch als Zielreize verwendet werden, rufen Reaktionen nur in dem Ausmaß hervor, in dem sie den präsentierten Zielreizen physikalisch ähneln (Abrams & Greenwald, 2000). Außerdem haben subliminale Reize nicht sofort die Fähigkeit Antworten zu aktivieren, sondern erwerben diese erst durch Übung (Damian, 2001). Im vorliegenden Experiment waren die visuellen Bahnungsreize den auditiven Zielreizen jedoch sehr unähnlich, was eine Reaktionsbahnung auf Basis einer Verbindung (Fusion) der Bahnungs- und Zielreize (Norris & Kinoshita, 2008) oder auf Basis einer Konfusion der Bahnungs- und Zielreize (Damian, 2001; Kunde et al., 2003) eher unwahrscheinlich macht.

Eine weitere Möglichkeit wäre die Erklärung des Kongruenzeffektes durch motorische Antwortaktivierung, indem das maskierte Bahnungswort direkt eine Reaktion, welche auf der Passung der Wortbedeutung und dem „Action-Trigger“ basiert, auslöst (Kunde et al., 2003). Im Experiment mussten die Versuchspersonen eine Reaktion auf Zielreize „von oben“ und eine andere Reaktion auf Zielreize „von unten“ geben. Die alternative Erklärungsmöglichkeit durch „Action-Triggering“ könnte in zukünftigen Experimenten ausgeschlossen werden, indem Bahnungsreize verwendet werden würden, die nicht zu den „Action-Triggern“ passen. Das bedeutet Bahnungsreize, die keine Beziehung zu den Reaktionen aufweisen.

Abgesehen von der Erklärung durch intermodale Verbindungen zwischen den Repräsentationen der Wortbedeutung und den sensorischen Reizmerkmalen in einem gemeinsamen Netzwerk, wäre es auch noch möglich, dass die Bahnungsreize ihren Einfluss in Form einer Verlagerung der Aufmerksamkeit ausgeübt haben (Gibson & Kingstone, 2006; Logan, 1994). Laut dieser Annahme, können die maskierten Wörter eine Aufmerksamkeitsverlagerung in Richtung ihrer korrespondierenden räumlichen Bedeutung auslösen, sodass in kongruenten Durchgängen die Aufmerksamkeit auf die räumliche Position des Zielreizes gerichtet wird und in inkongruenten Durchgängen, die Aufmerksamkeit weg von der räumlichen Position des Zielreizes gelenkt wird. In

Übereinstimmung mit dieser Annahme, konnten vorhergehende Untersuchungen (1) intermodale Aufmerksamkeitseffekte von visuellen Hinweisreizen (engl. cues) während der Unterscheidung von auditiven Zielreizen (Driver & Spence, 1998; Eimer & Schröger, 1998) und (2) Aufmerksamkeitseffekte auf der Basis von subliminalen visuellen Hinweisreizen demonstrieren (Ansorge, Kiss & Eimer, 2009; McCormick, 1997). Auch wenn es theoretisch möglich wäre, dass die maskierten Bahnungsreize im vorliegenden Experiment zu einer Aufmerksamkeitsverlagerung geführt haben, müsste das in zukünftigen Studien noch genauer untersucht werden, weil es bisher noch keine Untersuchungen gibt, in denen Aufmerksamkeitsverlagerungen basierend auf maskierten visuellen Wörtern gefunden wurden.

Ein weiterer Punkt der hier noch angesprochen werden soll, ist die Größe des Kongruenzeffektes. Typischerweise unterscheiden sich Experimente mit sichtbaren Bahnungsreizen von Experimenten mit maskierten Bahnungsreizen hinsichtlich der Größe der resultierenden Effekte. Zum Beispiel sind semantische Bahnungseffekte sehr robust bei unmaskierten Reizen in lexikalischen Entscheidungsaufgaben und Benennungsaufgaben (z.B. Neely, 1991), aber klein oder unzuverlässig bei maskierten Reizen (Norris & Kinoshita, 2008). Maskierte Bahnung führt generell eher zu schwächeren Effekten, weil maskierte Reize vermutlich neuronale Informationen nur in einer bottom-up Art und Weise übertragen, wodurch jeglicher Beitrag von verstärkenden Rückmeldeschleifen verhindert wird (Lamme, 2003). Zudem konnten bildgebende Verfahren und neurophysiologische Daten zeigen, dass die Maskierung von Reizen auch die effiziente Übertragung der bottom-up Reizaktivierung in nachfolgenden Wahrnehmungsarealen verhindert und nur einen kurzen Aktivitätsimpuls hinterlässt, dessen Amplitude mit jedem synaptischen Schritt abnimmt (z.B. Dehaene et al., 2001; Lamme, 2003). Laut der GNW (Dehaene & Naccache, 2001) wird das Auftreten von subliminaler semantischer Bahnung auch durch die Verstärkung von semantisch vermittelten Pfaden während der Aufgabenausführung moduliert. Je mehr eine Aufgabe die Extrahierung semantischer Information routinemäßig umfasst, desto mehr wird dieser semantische Verarbeitungsfluss automatisiert und kann auf unbewusste Art und Weise operieren (vgl. Nakamura, Dehaene, Jobert, Le Bihan & Kouider, 2007).

Die Fragilität von semantischen Effekten bei verhaltensbezogenen Bahnungsmethoden, könnte auch auf eine mangelnde Sensitivität zurückzuführen sein. Tatsächlich spiegelt der einzelne Datenpunkt, der aus der RZ entnommen wird, nur eine partielle Auswahl des Verarbeitungsflusses wider, der durch den Reiz ausgelöst wird. So wäre es möglich, dass semantische Verarbeitung auftritt, ohne dass sie bemerkt wird, weil die Komponenten die zur Bahnung führen hauptsächlich durch andere (z.B. sensomotorische) Verarbeitungsphasen angetrieben werden. Aus diesem Grund scheinen bildgebende Verfahren, die im Prinzip den Ort jeder Verarbeitungsphase erfassen können,

subliminale semantische Einflüsse konsistenter zu beobachten, als verhaltensbezogene Methoden (vgl. Kouider & Dehaene, 2007).

Eine letzte generelle Erklärungsmöglichkeit für die Schwäche subliminaler Bahnungseffekte bei neuen Reizen (Zahlen oder Wörtern), bietet die Theorie des „Action-Triggering“ von Kunde et al. (2003). Laut dieser Theorie können sogar neuartige Bahnungsreize die angemessene Reaktion bahnen und zwar nicht, weil die Bedeutung dieser Reize extrahiert wurde, sondern weil die adäquate Reaktion auf diese Reize vorab bewusst vorbereitet wurde. Somit ist die Abwesenheit oder Anwesenheit eines Bahnungseffektes für neue Reize von der exakten Interpretation der Instruktionen durch die Versuchspersonen und von ihren Erwartungen, dass diese neuen Reize während des Experimentes präsentiert werden, abhängig.

Der Kongruenzeffekt (RZ der inkongruenten Durchgänge minus RZ der kongruenten Durchgänge) in der vorliegenden Untersuchung betrug 13 ms und war demnach nicht besonders groß. Dafür könnte es zwei Gründe geben, die miteinander in Verbindung stehen. Zum einen könnte die nicht informative Natur der Bahnungsreize für den kleinen Kongruenzeffekt verantwortlich sein. Zum anderen könnte die randomisierte Präsentation der maskierten und unmaskierten Bahnungsreize ursächlich sein. Weil die kongruenten und inkongruenten Bahnungsreize die gleiche Auftrittswahrscheinlichkeit hatten und deswegen nicht die wahrscheinlichste Zielreizidentität vorhersagten, waren die Versuchspersonen gut beraten, wenn sie die Bahnungsreize ignorierten. Es wäre auch möglich, dass die Versuchspersonen die zufällige Kombination der Bahnungs- und Zielreize in den maskierten Durchgängen nicht registrierten (z.B. Reuss, Desender, Kiesel & Kunde, 2014). Zumindest in den unmaskierten Durchgängen sollten sie aber die nicht informative Natur der Bahnungsreize bemerkt haben. Als Konsequenz könnten die Versuchspersonen aktiv versucht haben die Bahnungsreize so gut wie möglich zu unterdrücken. Die Personen hatten ja die Anweisung, den Blick stets auf den Bildschirm zu richten, der die Bahnungsreize präsentierte. Im Einklang mit dieser Annahme stehen die Ergebnisse von anderen Studien, die manchmal einen Kongruenzeffekt von Null bei unmaskierten, nicht informativen Bahnungsreizen beobachteten (z.B. Kinoshita, Mozer & Foster, 2011). In der vorliegenden Studie könnte sich die aktive Unterdrückung der unmaskierten Bahnungsreize auf die maskierten Bahnungsreize, die randomisiert und gemischt mit den unmaskierten Reizen präsentiert wurden, ausgebreitet haben. Trotz ihrer Unsichtbarkeit könnten die maskierten Bahnungsreize ihre Unterdrückung zumindest manchmal selbst ausgelöst haben, in gleicher Weise wie die Auslösung anderer inhibitorischer Prozesse (van Gaal, Ridderinkhoff, van den Wildenberg & Lamme, 2009). Darunter könnte der Kongruenzeffekt in gewissem Ausmaß gelitten haben und das würde auch erklären, warum er relativ gering ausfiel.

## 5.1. Schlussfolgerung und Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung sprechen für einen unbewussten intermodalen Bahnungseffekt von auditiv sensorischen Merkmalen durch die Bedeutung von (maskierten) visuellen Wörtern. Diese Erkenntnisse sind neu, da sich bisherige Untersuchungsergebnisse von unbewusster intermodaler Bahnung auf Bahnungsreize und Zielreize in Form von Wörtern oder Zahlen beschränkten. In dieser Arbeit wurden jedoch visuelle Wörter und auditive Tonfolgen verwendet.

In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass die Bedeutung eines (unbewusst) präsentierten visuellen Wortes, die Position eines auditiven Zielreizes intermodal bahnen kann. Dieser unbewusste intermodale Bahnungseffekt könnte möglicherweise auf semantische Verarbeitung zurückzuführen sein. Der im vorliegenden Fall relativ schwache intermodale Kongruenzeffekt, lässt jedoch keine uneingeschränkte semantische Interpretation von subliminaler intermodaler Bahnung zu. Deswegen wäre weitere Forschung in diesem Bereich durchaus sinnvoll. Es könnten zukünftig auch andere Modalitäten als Sehen und Hören untersucht werden, um das Verständnis für die ablaufenden Prozesse zu erweitern.

Bisher konnte nur gezeigt werden, dass die Verarbeitung eines unsichtbaren Reizes durch die Verarbeitung von kongruenten und inkongruenten bewusst wahrgenommenen Reizen beeinflusst wird (z.B. Chen & Spence, 2010; Palmer & Ramsey, 2012). Dies kann durch die „Global-Access“-Hypothese (Baars, 2002) erklärt werden: Informationen über den supraliminalen Reiz breiten sich auf alle Module aus, einschließlich auf das unbewusst aktivierte visuelle Modul, was den Vergleich mit dem unsichtbaren Reiz ermöglicht. Faivre et al. (2014) folgern daraus, dass unbewusste multimodale Integration also nur dann wirklich erfasst werden kann, wenn beide Reize unbewusst präsentiert werden. Die meisten Studien zur multisensorischen Integration, stützen sich auf Kongruenzeffekte, die der semantischen Integration sehr ähnlich sind. Wenn ein subliminaler Reiz inkongruent zu einem gleichzeitigen supraliminalen Reiz ist, dann wird der erstere entweder weniger leicht entdeckt (z.B. Chen & Spence, 2011), oder er verlangsamt die darauffolgende Reaktion der Versuchsperson (Palmer & Ramsey, 2012). Interessanterweise wurde herausgefunden, dass derselbe Reiz, der solch einen Kongruenzeffekt hervorbringt, nicht in eine neue perzeptuelle Erfahrung integriert wird. Bei bewussten Verarbeitungsprozessen entsteht bei inkongruenten Tönen und visuellen Lippenbewegungen typischerweise der McGurk-Effekt (McGurk & MacDonald, 1976), eine auditive Illusion, bei der die Versuchspersonen angeben, einen neuen Ton zu hören. Ein und derselbe Ton wird als unterschiedliche Phoneme wahrgenommen, je nachdem, welche Lippenbewegungen die Versuchspersonen sehen.

Selbst wenn also im vorliegenden Experiment gezeigt werden konnte, dass ein unsichtbarer visueller Reiz gemeinsam mit einem auditiven Reiz integriert werden kann, konnte vor der Studie von Faivre et al. (2014) noch kein Experiment die Integration von zwei subliminalen Reizen aus verschiedenen Sinnesmodalitäten demonstrieren. In der Untersuchung von Faivre et al. (2014) wurden Paare identischer oder unterschiedlicher audiovisueller Zielbuchstaben nach maskierten Paaren von identischen oder unterschiedlichen Bahnungszahlen präsentiert. Es wurde in drei Experimenten die Bewusstheit der Bahnungsreize unterschiedlich manipuliert, sodass entweder die visuellen Zahlen, die auditiven Zahlen, oder beide Bahnungsreize subliminal dargeboten wurden. Es konnte in allen drei Experimenten ein Bahnungseffekt der semantischen Beziehungen zwischen den auditiven und visuellen Bahnungsreizen gefunden werden. Das dritte Experiment machte deutlich, dass multisensorische Integration auch möglich ist, wenn beide Reize subliminal präsentiert werden. Dieses Ergebnis ist laut Autoren, möglicherweise der erste Nachweis für multisensorische Integration in völliger Abwesenheit von Bewusstsein. Fasst man die Ergebnisse der drei Experimente zusammen, kann daraus abgeleitet werden, dass multisensorische Integration stattfinden kann, auch wenn für die Versuchspersonen eine oder sogar beide der zu integrierenden Reize nicht bewusst wahrnehmbar sind. Die unbewussten Bahnungseffekte waren zwar relativ groß, im Vergleich zu den bewussten Effekten aber trotzdem viel geringer. Solche kleineren Effektstärken sind aber, wie bereits erwähnt, für unbewusste Verarbeitungsprozesse typisch. Laut Faivre et al. (2014) könnte es sein, dass die Zugänglichkeit zum Bewusstsein beim Absinken des Bahnungseffektes eine wesentliche Rolle gespielt hat, oder die reduzierte Stärke von maskierten Reizen dafür verantwortlich war. Ein viertes Experiment konnte zeigen, dass unbewusste multisensorische Integration nicht stattfand, wenn die Versuchspersonen zuvor kein Training in einer bewussten Bedingung absolvierten, sondern nur eine unbewusste Trainingseinheit durchliefen. Es konnte kein Kongruenzeffekt festgestellt werden. Das kann bedeuten, dass vorhergehendes bewusstes Lernen und anschließend unbewusste Verarbeitung multisensorische Integration ermöglicht.

Um also behaupten zu können, dass multisensorische Integration auch ohne Bewusstsein funktionieren kann, müsste wie bei Faivre et al. (2014) gezeigt werden, dass zwei subliminale Reize integriert werden können. Da in bisherigen Studien jedoch immer einer der beiden Reize supraliminal dargeboten wurde, konnte immer damit argumentiert werden, dass diese bewusste Wahrnehmung des Reizes die Integration des subliminalen Reizes ermöglicht hat.

## 6. Literatur

- Abrams, R. L. & Greenwald, A. G. (2000). Parts outweigh the whole (word) in unconscious analysis of meaning. *Psychological Science, 11*, 118–124.
- Adams, S. C. & Kiefer, M. (2012). Testing the boundary conditions of subliminal semantic priming: The influence of phonological task sets. *Frontiers in Human Neuroscience, 6*, 241.
- Anderson, J. E. & Holcomb, P. J. (1995). Auditory and visual semantic priming using different stimulusonset asynchronies: An event-related brain potential study. *Psychophysiology, 32*, 177-190.
- Ansorge, U. & Böhner, G. (2014). Investigating the association between valence and elevation with an implicit association task that requires upward and downward responses. *Universitas Psychologica, 12*, 1453-1471.
- Ansorge, U., Khalid, S., & König, P. (2013). Space-valence priming with subliminal and supraliminal words. *Frontiers in Psychology, 4*:81.
- Ansorge, U., Kiefer, M., Khalid, S., Grassl, S. & König, P. (2010). Testing the theory of embodied cognition with subliminal words. *Cognition, 116*, 303-320.
- Ansorge, U., Kiss, M. & Eimer, M. (2009). Goal-driven attentional capture by invisible colors: Evidence from event-related potentials. *Psychonomic Bulletin & Review, 16* (4), 648-653.
- Ansorge, U., Klotz, W. & Neumann, O. (1998). Manual and verbal responses to completely masked (unreportable) stimuli: Exploring some conditions for the metacontrast dissociation. *Perception, 27*, 1177–1189.
- Ansorge, U., Kunde, W. & Kiefer, M. (2014). Unconscious vision and executive control: How unconscious processing and conscious action control interact. *Consciousness and Cognition, 27*, 268-287.
- Ansorge, U. & Neumann, O. (2005). Intentions determine the effects of invisible metacontrast-masked primes: Evidence for top-down contingencies in a peripheral cueing task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 31*, 762–777.
- Atkinson, A. P., Thomas, M. S. & Cleeremans, A. (2000). Consciousness: Mapping the theoretical landscape. *Trends in Cognitive Sciences, 4* (10), 372-382.
- Baars, B. J. (2002). The conscious access hypothesis: Origins and recent evidence. *Trends in Cognitive Sciences, 6*, 47-52.
- Blauert, J. (1997). *Spatial Hearing. The Psychophysics of Human Sound Localization* (2. Aufl.). Cambridge, MA: MIT Press.

- Bermeitinger, C. (2014a). Maskierung. In M. A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch – Lexikon der Psychologie* (17. Aufl., S. 993). Bern: Verlag Hans Huber.
- Bermeitinger, C. (2014b). Priming. In M. A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch – Lexikon der Psychologie* (17. Aufl., S. 1216). Bern: Verlag Hans Huber.
- Bermeitinger, C. (2014c). Priming-Paradigma. In M. A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch – Lexikon der Psychologie* (17. Aufl., S. 1216). Bern: Verlag Hans Huber.
- Carlile, S., Leong, P. & Hyams, S. (1997). The Nature and Distribution of Errors in Sound Localization by Human Listeners. *Hearing Research*, 114 (1–2), 179–96.
- Cheesman, J. & Merikle, P. (1984). Priming with and without awareness. *Perception & Psychophysics*, 36, 387–395.
- Chen, Y. C. and Spence, C. (2010). When hearing the bark helps to identify the dog: semantically-congruent sounds modulate the identification of masked pictures. *Cognition* 114, 389–404.
- Chen, Y. C. & Spence, C. (2011). Crossmodal semantic priming by naturalistic sounds and spoken words enhances visual sensitivity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37, 1554-1568.
- Collins, A. M. & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82 (6), 407-428.
- Crick, F. & Koch, C. (2003). A framework for consciousness. *Nature Neuroscience*, 6, 119–126.
- Damian, M. F. (2001). Congruity effects evoked by subliminally presented primes: Automaticity rather than semantic processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37, 1554-1568.
- Deacon, D. & Shelley-Tremblay, J. (2000). How automatically is meaning accessed: a review of the effects of attention on semantic processing. *Frontiers in Bioscience*, 5, 82–94.
- Dehaene, S. & Changeux, J.P. (2011). Experimental and theoretical approaches to conscious processing. *Neuron*, 70, 200-227.
- Dehaene, S. & Naccache, L. (2001). Towards a cognitive neuroscience of consciousness: Basic evidence and a workspace framework. *Cognition*, 79, 1-37.
- Dehaene, S., Naccache, L., Cohen, L., Le Bihan, D., Mangin, J. F., Poline, J. B. et al. (2001). Cerebral mechanisms of word masking and unconscious repetition priming. *Nature Neuroscience*, 4, 752–758.
- Dehaene, S., Naccache, L., Le Clec', H. G., Koechlin, E., Müller, M., Dehaene-Lambertz, G. et al. (1998). Imaging unconscious semantic priming. *Nature*, 395, 597-600.

- Diependaele, K., Sandra, D. & Grainger, J. (2005). Masked cross-modal morphological priming: Unravelling morpho-orthographic and morpho-semantic influences in early word recognition. *Language and Cognitive Processes*, 20 (1-2), 75-114.
- Driver, J. & Noesselt, T. (2008) Multisensory interplay reveals crossmodal influences on “sensory-specific” brain regions, neural responses, and judgements. *Neuron*, 57, 11-23.
- Driver, J. & Spence, C. (1998). Cross-modal links in spatial attention. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 353 (1373), 1319-1331.
- Eimer, M. & Schröger, E. (1998). ERP effects of intermodal attention and cross-modal links in spatial attention. *Psychophysiology*, 35 (3), 313-327.
- Faivre, N., Mudrik, L., Schwartz, N. & Koch, C. (2014). Multisensory integration in complete unawareness: Evidence from audiovisual congruency priming. *Psychological Science*, 25 (11), 2006-2016.
- Fazio, R. & Olson, M. (2003). Implicit measures in social cognition research: their meaning and use. *Annual Review of Psychology*, 54, 297–327.
- Gibson, B. S. & Kingstone, A. (2006). Visual attention and the semantics of space: Beyond central and peripheral cues. *Psychological Science*, 17 (7), 622-627.
- Glaser, W. R. & Glaser, M. O. (1989). Context effects in Stroop-like word and picture processing. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118 (1), 13.
- Grainger, J., Diependaele, K., Spinelli, E., Ferrand, L. & Farioli, F. (2003). Masked repetition and phonological priming within and across modalities. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 1256–1269.
- Green, D. M. & Swets, J. A. (1966). *Signal detection theory and psychophysics*. New York, NY: Wiley.
- Haxby
- Greenwald, A. G., Draine, S. C. & Abrams, R. L. (1996). Three cognitive markers of unconscious semantic activation. *Science*, 273, 1699–1702.
- Holcomb, P. J. & Neville, H. J. (1990). Auditory and visual semantic priming in lexical decision: A comparison using event-related brain potentials. *Language and Cognitive Processes*, 5, 281-312.
- Hommel B. & Prinz W. (Hrsg.). (1997). *Theoretical issues in stimulus-response compatibility*. Amsterdam: North-Holland.
- Hubel, D. H. & Wiesel, T. N. (1962). Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat’s visual cortex. *Journal of Physiology*, 160, 106-154.
- Jacoby, L. L. (1991). A process dissociation framework: Separating automatic and intentional uses of memory. *Journal of Memory and Language*, 30, 513–541.

- Jescheniak, J. D. & Levelt, J. M. (1994). Word frequency effects in speech production: Retrieval of syntactic information and of phonological form. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 824-843.
- Kanwisher, N. (2001). Neural events and perceptual awareness. *Cognition* 79, 89–113.
- Khalid, S., Finkbeiner, M., König, P. & Ansorge, U. (2013). Subcortical human face processing? Evidence from masked priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 39, 989–1002.
- Kiefer, M. (2002). The N400 is modulated by unconsciously perceived masked words: Further evidence for a spreading activation account of N400 priming effects. *Cognitive Brain Research*, 13, 27-39.
- Kiefer, M. (2012). Executive control over unconscious cognition: Attentional sensitization of unconscious information processing. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 61.
- Kiefer, M. & Brendel, D. (2006). Attentional modulation of unconscious semantic processes: Evidence from event-related potentials in masked priming paradigm. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 1-15.
- Kiefer, M. & Martens, U. (2010). Attentional sensitization of unconscious cognition. Task sets modulate subsequent masked semantic priming. *Journal of Experimental Psychology: General*, 139, 464–489.
- Kim, Y., Porter, A. M. & Goolkasian, P. (2014). Conceptual priming with pictures and environmental sounds. *Acta Psychologica*, 146, 73-83.
- Kinoshita, S., Mozer, M. C. & Forster, K. I. (2011). Dynamic adaptation to history of trial difficulty explains the effect of congruency proportion on masked priming. *Journal of Experimental Psychology: General*, 140 (4), 622.
- Kiyonaga, K., Grainger, J., Midgley, K. & Holcomb, P. J. (2007). Masked cross-modal repetition priming: An event-related potential investigation. *Language and Cognitive Processes*, 22 (3), 337-376.
- Klauer, K. C., Eder, A. B., Greenwald, A. G. & Abrams, R. L. (2007). Priming of semantic classifications by novel subliminal prime words. *Consciousness and Cognition*, 16, 63-83.
- Klotz, W., & Neumann, O. (1999). Motor activation without conscious discrimination in metacontrast masking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 976-992.
- Klotz, W. & Wolff, P. (1995). The effect of a masked stimulus on the response to the masking stimulus. *Psychological Research Psychologische Forschung*, 58, 92-101.

- Kouider, S. & Dehaene, S. (2007). Levels of processing during non-conscious perception: A critical review. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 362, 857–875.
- Kouider, S. & Dehaene, S. (2009). Subliminal number priming within and across the visual and auditory modalities. *Experimental Psychology*, 56 (6), 418-433.
- Kouider, S. & Dupoux, E. (2001). A functional disconnection between spoken and visual word recognition: Evidence from unconscious priming. *Cognition*, 82, B35–B49.
- Kouider, S. & Dupoux, E. (2004). Partial awareness creates the “illusion” of subliminal semantic priming. *Psychological Science*, 15, 75–81.
- Kouider, S. & Dupoux, S. (2007). How “semantic” is response priming restricted to practiced items? A reply to Abrams & Grinspan. *Consciousness and Cognition*, 16, 954–956.
- Kunde, W., Kiesel, A. & Hoffmann, J. (2003). Conscious control over the content of unconscious cognition. *Cognition*, 88 (2), 223-242.
- Lamme, V. A. F. (2003). Why visual attention and awareness are different. *Trends in Cognitive Science*, 7, 12–18.
- Lamme, V. A. F. & Roelfsema, P. R. (2000). The distinct modes offered by feedforward and recurrent processing. *Trends in Neuroscience*, 23, 571–579.
- Lamy, D., Mudrik, L. & Deouell, L. Y. (2008). Unconscious auditory information can prime visual word processing: A process-dissociation procedure study. *Consciousness and Cognition*, 17 (3), 688-698.
- Logan G. D. (1994). Spatial attention and the apprehension of spatial relations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 1015–1036.
- Lu, C. H., & Proctor, R. W. (1995). The influence of irrelevant location information on performance: A review of the Simon and spatial Stroop effects. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2 (2), 174-207.
- Macmillian, N. A. & Creelman, C. D. (2005). *Detection Theory: A user’s guide* (2. Aufl.). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Inc. ISBN 0-8058-4230-6
- Mahr, A. & Wentura, D. (2014). Time-compressed spoken word primes crossmodally enhance processing of semantically congruent visual targets. *Attention, Perception & Psychophysics*, 76, 575-590.
- Majdak, P., Goupell, M. J. & Laback, B. (2010). 3-D Localization of Virtual Sound Sources: Effects of Visual Environment, Pointing Method, and Training. *Attention, Perception & Psychophysics*, 72 (2), 454–469.

- Majdak, P., Walder, T. & Laback, B. (2013). Effect of long-term training on sound localization performance with spectrally warped and band-limited head-related transfer functions. *Journal of the Acoustical Society of America*, *134*, 2148-2159.
- Marcel, A. J. (1983a). Conscious and unconscious perception: an approach to the relations between phenomenal experience and perceptual processes. *Cognitive Psychology*, *15*, 238–300.
- Marcel, A. J. (1983b). Conscious and unconscious perception: Experiments on visual masking and word recognition. *Cognitive Psychology*, *15*, 197-237.
- McCormick, P. A. (1997). Orienting attention without awareness. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *23* (1), 168.
- McGurk, H. & MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, *264*, 746-748.
- Meyer, D. E. & Schvaneveldt, R. W. (1971). Facilitation in recognizing pairs of words: Evidence of a dependence between retrieval operations. *Journal of Experimental Psychology*, *90*, 227-234.
- Middlebrooks, J. C. (1999). Virtual Localization Improved by Scaling Nonindividualized External-Ear Transfer Functions in Frequency. *Journal of the Acoustical Society of America*, *106* (3), 1493–1510.
- Mudrik, L., Faivre, N. & Koch, C. (2014). Information integration without awareness. *Trends in Cognitive Sciences*, *18* (9), 488-496.
- Musch, J., Elze, A. & Klauer, K. C. (1998). Gibt es Wortlängeneffekte in der evaluativen Entscheidungsaufgabe. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie*, *45*, 109-119.
- Naccache, L., & Dehaene, S. (2001). Unconscious semantic priming extends to novel unseen stimuli. *Cognition*, *80*, 215–229.
- Nakamura, K., Dehaene, S., Jobert, M., Le Bihan, D. & Kouider, S. (2007). Task-specific change of unconscious neural priming in the cerebral language network. *Proceedings of National Academy of Sciences USA*, *104*, 19643–19648.
- Nakamura, K., Hara, N., Kouider, S., Takayama, Y., Hanajima, R., Sakai, K. & Ugawa, Y. (2006). Task-guided selection of the dual neural pathways for reading. *Neuron*, *52*, 557–564.
- Neely, J. H. (1991). Semantic priming effects in visual word recognition: A selective review of current findings and theories. In D. Besner & G. W. Humphreys (Hrsg.), *Basic processes in reading: visual word recognition* (S. 265-336). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Neumann, O. (1990). Direct parameter specification and the concept of perception. *Psychological Research*, *52*, 207–215.
- Neumann, O. & Klotz, W. (1994). Motor responses to nonreportable, masked stimuli: Where is the limit of direct parameter specification? In C. Umiltà & M. Moskowitz (Hrsg.), *Attention and performance*, *15* (S. 123–150). Cambridge, MA: MIT Press.

- Norris, D. & Kinoshita, S. (2008). Perception as evidence accumulation and Bayesian inference: insights from masked priming. *Journal of Experimental Psychology: General*, *137*, 434.
- Palmer, T. D. & Ramsey, A. K. (2012). The function of consciousness in multisensory integration. *Cognition*, *125*, 353-364.
- Posner, M. I. & Snyder, C. R. R. (1975). Attention and cognitive control. In R. L. Solso (Hrsg.), *Information processing and cognition* (S. 55–85). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Proctor, R. W. & Cho, Y. S. (2006). Polarity correspondence: A general principle for performance of speeded binary classification tasks. *Psychological Bulletin*, *132* (3), 416–442.
- Reingold, E. M. & Merikle, P. M. (1988). Using direct and indirect measures to study perception without awareness. *Perception & Psychophysics*, *44*, 563-575.
- Reuss, H., Desender, K., Kiesel, A. & Kunde, W. (2014). Unconscious conflicts in unconscious contexts: The role of awareness and timing in flexible conflict adaptation. *Journal of Experimental Psychology: General*, *143*, 1701 – 1718.
- Schroeder, C. E. & Foxe, J. (2005). Multisensory contributions to low-level, unisensory processing. *Current Opinion in Neurobiology*, *15*, 454–458.
- Shiffrin, R. M. & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, *84*, 127-190.
- Stein, B. E. & Stanford, T. R. (2008). Multisensory integration: Current issues from the perspective of the single neuron. *Nature Reviews Neuroscience*, *9*, 255–266.
- Tipper, S. P. (1985). The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored objects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, *37*, 571-590.
- Tononi, G. (2013). Integrated information theory of consciousness: an updated account. *Archives Italiennes de Biologie*, *150*, 290-326.
- Treisman, A. M. (2003). Consciousness and perceptual binding. In A. Cleeremans (Hrsg.), *The Unity of Consciousness: Binding, Integration, and Dissociation* (S. 95-113). Oxford: University Press.
- van Gaal, S., Nacchache, L., Meuwese, J. D. I., van Loon, A. M., Leighton, A. H., Cohen, L. et al. (2014). Can the meaning of multiple words be integrated unconsciously? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, *369*: 20130212.
- van Gaal, S., Ridderinkhof, K. R., van den Wildenberg, W. P. & Lamme, V. A. (2009). Dissociating consciousness from inhibitory control: evidence for unconsciously triggered response inhibition in the stop-signal task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *35* (4), 1129.

## Supraliminale und subliminale intermodale Bahnung

- Virzi, R. A. & Egeth, H. E. (1985). Toward a translational model of Stroop interference. *Memory & Cognition*, *13* (4), 304-319.
- Vorberg, D., Mattler, U., Heinecke, A., Schmidt, T. & Schwarzbach (2003). Different time courses for visual perception and action priming. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, *100*, 6275–6280.
- Wiens, S. (2006). Current concerns in visual masking. *Emotion*, *6*, 675-680.
- Woodman, G. F. & Luck, S. J. (2003). Dissociations among attention, perception, and awareness during object-substitution masking. *Psychological Science*, *14*, 605–611.

## **Tabellen- und Abbildungsverzeichnis**

<i>Tabelle 1:</i> Auflistung aller Bahnungswörter.....	34
<i>Tabelle 2:</i> Auflistung der Mittelwerte (M) von den Reaktionszeiten (RZ) und den Fehlerraten (FR) .....	36
<i>Tabelle 3:</i> Ergebnisse der Sichtbarkeitsanalyse der Bahnungsreize.....	40
<i>Abbildung 1:</i> Koordinatensystem für akustische Lokalisationen.....	33
<i>Abbildung 2:</i> Schematische Darstellung eines maskierten, kongruenten und eines unmaskierten, inkongruenten Durchganges.....	35
<i>Abbildung 3:</i> Durchschnittliche Reaktionszeiten (RZ) der verschiedenen Versuchsbedingungen in Millisekunden (ms).....	38
<i>Abbildung 4:</i> Durchschnittliche Fehlerraten (FR) der verschiedenen Versuchsbedingungen in Prozent (%).....	39

# Lebenslauf

## Persönliche Daten

**Name:** Annabella Puhr  
**Geburtsdatum:** 24. Oktober 1989  
**Geburtsort:** Wiener Neustadt  
**Familienstand:** ledig  
**Adresse:** Pernerstorferstraße 38a, 2620 Neunkirchen  
**Mobiltelefonnummer:** 0699/19018051

## Schulbildung

**1996 - 2000:** Volksschule Steinfeld Neunkirchen  
**2000 - 2008:** Bundesgymnasium/Bundesrealgymnasium Neunkirchen  
(Wirtschaftskundlicher Zweig)  
**Juni 2008:** Reifeprüfung mit ausgezeichnetem Erfolg absolviert  
**ab 1.10. 2008:** Diplomstudium Psychologie an der Universität Wien

## Berufserfahrung

**Sommer 2008, 2009, 2010:** Ferialanstellung bei der Stadtgemeinde Neunkirchen im Schulbereich  
**ab 1.9.2010:** Individuelle Wohnassistenz – Behindertenbetreuung bei der Lebenshilfe Niederösterreich, Neunkirchen  
**ab 1.4.2011:** Teilbetreutes Wohnen Wiener Neustadt, Lebenshilfe Niederösterreich  
**ab 1.9.2011 - jetzt:** Individuelle Wohnassistenz – Behindertenbetreuung bei der Lebenshilfe Niederösterreich, Wiener Neustadt

## Zusatzqualifikationen

- sehr gute Anwenderkenntnisse im Betriebssystem Windows und MS Office
- sehr gute Englischkenntnisse in Wort und Schrift, sowie Grundkenntnisse in Spanisch
- Führerschein Klasse B