

**Schweigen ist Silber, Reden ist Gold?**  
**Die Rolle von Sprache als Determinante**  
**expliziten Wissens**

Inauguraldissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades  
der Humanwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität zu Köln

nach der Promotionsordnung vom 10.05.2010

vorgelegt von

Alexandra Eichler

aus

Köln

März 2011

**Diese Dissertation wurde von der Humanwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität zu Köln im Juni 2011 angenommen.**

## Zusammenfassung

Bewusstsein ist ein zentrales Phänomen menschlichen Erlebens, dennoch gibt es bislang nicht einmal eine einheitliche Definition von Bewusstsein, geschweige denn Übereinstimmung darüber, wie Bewusstsein eigentlich entsteht. Die vorliegende Arbeit untersuchte in einer inzidentellen Lernsituation eine mögliche Determinante für die Entstehung von Bewusstsein. Dazu wurde die Rolle von Sprache, operationalisiert über die Möglichkeit zur Bildung einer verbalen (Aufgaben-) Repräsentation, sowohl für die bewusste Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regularität als auch für die Nutzung erworbenen Regelwissens im Sinne einer Top-Down-Steuerung betrachtet. Während das erste Experiment die Sprachbeteiligung mithilfe des Stimulusmaterials manipulierte, replizierte Experiment 2 die Befunde des ersten Experiments unter Verwendung artikulatorischer Unterdrückung. Das dritte Experiment konnte zeigen, dass sich der Effekt artikulatorischer Unterdrückung auch in einer intentionalen Lernsituation findet, was nahelegt, dass der explizite Wissen generierende Integrationsprozess (Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005, 2009) sprachabhängig ist. Die letzten beiden Experimente konnten Hinweise darauf finden, dass die Wirkung artikulatorischer Unterdrückung nicht allein auf eine Störung des Response Timings (Burgess & Hitch, 1999; Henson, Hartley, Burgess, Hitch & Flude, 2003) oder einen Reaktionskonflikt (Pashler & Johnston, 1989; Tombu & Jolicoeur, 2002) zurückzuführen ist. Insofern sprechen die Ergebnisse der vorliegenden Experimente dafür, dass eine verbale Repräsentation die bewusste Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Regularität positiv beeinflusst und im Sinne der Verhaltenssteuerung (z. B. Cleeremans & Jiménez, 2002; Emerson & Miyake, 2003; Kray, Eber & Lindenberger, 2004) an der Nutzung expliziten Wissens im Rahmen einer Top-Down-Steuerung beteiligt ist.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Bewusstsein</b> .....	<b>8</b>
2.1 Funktionale Bewusstseinstheorien.....	13
2.1.1 Bewusstsein als quantitativer Repräsentationswechsel.....	14
2.1.2 Bewusstsein als Ausdruck neuronaler Kohärenz: Die Global-Workspace-Theorie.....	18
2.1.3 Bewusstsein als Konsequenz eines qualitativen Repräsentationswechsels: Higher-Order-Thought-Theorien (HOT) .....	21
2.1.4 Unerwartete Ereignisse als Auslöser eines qualitativen Repräsentationswechsels.....	25
<b>3 Implizites Lernen</b> .....	<b>29</b>
3.1 Paradigmen zur Untersuchung impliziten Lernens.....	31
3.1.1 Die Serielle Reaktionszeitaufgabe .....	35
3.2 Probleme der Untersuchung impliziten Lernens.....	38
<b>4 Die Annahme zweier Lernsysteme</b> .....	<b>41</b>
4.1 Qualitative Unterschiede zwischen implizitem und explizitem Lernen .....	43
4.2 Wissenserfassung.....	48
4.2.1 Bewusstheitsmaße im Rahmen der SRT-Aufgabe.....	50
<b>5 Mechanismen der bewussten Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regularität</b> .....	<b>58</b>
5.1 Arbeitsdefinition von Bewusstsein .....	58
5.2 Mögliche Determinanten von Bewusstsein .....	60
5.3 Zusammenfassung des theoretischen Teils und Ableitung der Fragestellung .....	67
<b>6 Empirischer Teil: Sprache als mögliche Determinante expliziten Wissens</b> .....	<b>74</b>
6.1 Analyse von Reaktionszeitdiskontinuitäten als Hinweis auf einen Strategiewechsel .....	75
6.2 Experiment 1: Manipulation der verbalen Repräsentation über das Stimulusmaterial.....	81
6.2.1 Methode Experiment 1.....	82
6.2.2 Ergebnisse Experiment 1 .....	85
6.2.3 Diskussion Experiment 1 .....	91
6.3 Experiment 2: Manipulation der verbalen Repräsentation über artikulatorische Unterdrückung.....	94
6.3.4 Methode Experiment 2.....	95
6.3.5 Ergebnisse Experiment 2 .....	96
6.3.6 Diskussion Experiment 2.....	100
6.4 Experiment 3: Effekte artikulatorischer Unterdrückung auf explizite Suchprozesse .....	102

---

6.4.1 Methode Experiment 3.....	103
6.4.2 Ergebnisse Experiment 3 .....	104
6.4.3 Diskussion Experiment 3.....	109
6.5 Experiment 4: Effekte irrelevanter Töne auf die bewusste Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Sequenz.....	111
6.5.1 Methode Experiment 4.....	112
6.5.2 Ergebnisse Experiment 4 .....	113
6.5.3 Diskussion Experiment 4.....	120
6.6 Experiment 5: Die Bedeutung des Zeitpunktes artikulatorischer Unterdrückung für die Entstehung von Bewusstsein.....	124
6.6.1 Methode Experiment 5.....	125
6.6.2 Ergebnisse Experiment 5 .....	126
6.6.3 Diskussion Experiment 5 .....	130
<b>7 Diskussion.....</b>	<b>133</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>140</b>

# 1 Einleitung

*The mind is one of the last unknown territories of this world.*

*Christoph Engel<sup>1</sup>*

Auch zehn Jahre später hat diese Aussage von Christoph Engel (2000) nichts von ihrer Aktualität eingebüßt. Trotz der technischen Möglichkeiten bildgebender Verfahren sowie einer Fülle an psychologischer Forschung wissen wir bislang immer noch nicht, *was* Bewusstsein eigentlich ist oder *wie* es entsteht. Besonders eindrucksvoll zeigt sich dies am Beispiel der Wachkomapatienten<sup>2</sup>. Wenn es darum geht, wann lebenserhaltende Geräte abgeschaltet werden sollen, stellt sich zu Recht die Frage, wie viel Mensch noch in dem Körper steckt, der an diese Maschine angeschlossen ist. Tötet man dadurch ein fühlendes, bewusstes Wesen oder ist dieses schon längst tot und man lässt nun lediglich die zugehörigen organischen Zellen absterben und die darin ablaufenden biochemischen Prozesse zum Erliegen kommen?

2005 hat der Fall der Wachkoma-Patientin Terri Schiavo (s. Dietrich, 2007 für eine kurze Zusammenfassung) amerikanische Gerichte mit dieser Frage konfrontiert und uns unsere Unwissenheit und Hilflosigkeit in diesem Fall dramatisch vor Augen geführt. Da die Familie zerstritten war, folgte ein Marathon durch verschiedene Instanzen der amerikanischen Gerichtsbarkeit, in dessen Verlauf die Frage nach der „richtigen“ Lösung zur Glaubensfrage mutierte. Denn letztlich fehlte eindeutige Evidenz, wie es im Inneren der Patientin tatsächlich aussah. So wurde im Laufe dieses Dramas zweimal die künstliche Ernährung eingestellt, nur um kurze Zeit später wieder aufgenommen zu werden. Im November 2009 ging in diesem Zusammenhang ein anderer Fall durch die Medien: Der Belgier Rom Houben (vgl. Dworschak, 2009) vegetierte 23 Jahre als – wie später bemerkt wurde fälschlicherweise diagnostizierter – „Wachkomapatient“ dahin, obwohl er die ganze Zeit bei vollem Bewusstsein war. Diese beiden Fälle bewegen die Menschen, da sie uns mit der Frage konfrontieren, wer wir sind und was uns ausmacht. Zudem machen sie deutlich, wie wichtig eindeutige Kriterien für die Identifizierung von Bewusstsein sind und welche ethischen und moralischen Konsequenzen bzw. Probleme in der Frage nach dem Bewusstsein liegen.

Eine gravierende Schwierigkeit in der wissenschaftlichen Erfassung von Bewusstsein liegt jedoch in der Tatsache, dass sich Bewusstsein im Inneren des Organismus abspielt und somit erst einmal etwas sehr Privates und nicht Beobachtbares darstellt. Gerade im Zuge philosophischer Betrachtungen wurde deshalb die Auffassung vertreten, dass sich das Bewusstsein einer genau-

---

<sup>1</sup> Engel (2000, S. 747)

<sup>2</sup> Wachkomapatienten befinden sich in einem sogenannten *vegetativen Zustand* (Stins, 2009). Sie verfügen über einen intakten Schlaf-Wach-Rhythmus und weisen gelegentlich Bewegungen ihrer Gliedmaßen oder der Gesichtsmuskulatur auf. Auch wenn dies den Anschein willkürlicher Bewegung erweckt, ist die gängige Expertenmeinung, dass diese Patienten nicht bei Bewusstsein sind.

ren Betrachtung entziehe. Um allerdings Bewusstsein dennoch einer wissenschaftlichen Untersuchung zugänglich machen zu können, liegt der erste Schritt dazu in der Operationalisierung und somit Sichtbarmachung von Bewusstsein. Bislang existiert jedoch keine allgemein akzeptierte Definition des Bewusstseins, sondern es gibt eine Vielzahl von Annahmen, Herangehensweisen und Operationalisierungsversuchen. So unterscheiden sich Bewusstseinstheorien danach, ob sie Bewusstsein als Abfallprodukt anderer Informationsverarbeitungsprozesse sehen oder ihm eine spezifische Funktion zugestehen. Zudem lassen sich Bewusstseinstheorien danach unterteilen, ob sie die Entstehung von Bewusstsein auf einen quantitativen oder einen qualitativen Repräsentationswechsel gründen. Kapitel 2 versucht eine Systematisierung des Themas sowie seiner Probleme, indem es verschiedene Bewusstseinstheorien gegenüberstellt.

Aufgrund dieser Schwierigkeiten bei der Erforschung von Bewusstsein begeben sich wissenschaftliche Annäherungen mitunter auf Umwege, indem sie auf implizite Wahrnehmungs-, Gedächtnis- oder Lernprozesse fokussieren. Dieses Vorgehen zieht allerdings weitere Probleme nach sich, da erst einmal der Nachweis erbracht werden muss, dass die postulierten impliziten Prozesse tatsächlich existieren. Kapitel 3 widmet sich der Vorstellung impliziter Lernprozesse sowie gängiger Forschungsparadigmen. Ein denkbarer Vorteil eines solchen impliziten Systems ist, dass es Menschen erlaubt, Informationen aus der Vielzahl von Eindrücken zu gewinnen, die wir tagtäglich wahrnehmen und die die bewusste Verarbeitungskapazität bei Weitem übersteigt. Denn für die menschliche Anpassungsfähigkeit ist es essentiell, systematische Strukturen in der Umwelt zu detektieren, um adäquat auf sie reagieren zu können (Deroost & Soetens, 2006). Inwieweit Menschen Regularitäten der Umwelt wahrnehmen und darauf reagieren, ohne sich dessen jedoch bewusst zu sein, liegt im Fokus der Forschung zum impliziten Lernen.

In einer Reihe verschiedenster Paradigmen (Broadbent & Aston, 1978; Nissen & Bullemer, 1987; Reber, 1967) konnte ebendies nachgewiesen werden: Versuchspersonen hatten eine aufgabenimmanente Regularität gelernt, welche sich auch in ihrem Verhalten niederschlug, ohne überhaupt bemerkt – geschweige denn intendiert – zu haben, etwas zu lernen. Während Untersuchungen, die auf implizite Lernprozesse fokussieren, Probanden aus der Analyse ausschließen (s. z. B. Marcus, Karatekin & Markiewicz, 2006; Schmidtke & Heuer, 1997), falls sie bewusstes Wissen über die zugrunde liegende Regelmäßigkeit erwerben, konzentriert sich ein anderer Ansatz (Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005, 2009; Haider & Rose, 2007; Rüniger & Frensch, 2008, 2010) gerade auf den Aspekt, wie bewusstes Wissen in einer nichtintentionalen – d. h. inzidentellen – Lernsituation entsteht. Hier wird explizites, verbalisierbares Wissen nicht mehr als Störgröße, sondern als zentrales Phänomen inzidenteller Lernsituationen wahrgenommen, dessen Entstehung und Verwendung es zu erforschen gilt. Diesen Weg schlägt auch die vorliegende Arbeit ein. Konkret geht es darum, spezifische Determinanten für die Entwicklung bewussten Wissens zu identifizieren und darüber Aufschluss über die zugrunde liegenden Mechanismen zu

gewinnen. Deshalb bediente sich die vorliegende Arbeit mit der Seriellen Reaktionszeitaufgabe (Nissen & Bullemer, 1987) eines typischen impliziten Lernparadigmas, das – folgt man den Arbeiten von Haider und Frensch (Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005, 2009; Haider & Rose, 2007; Rünger & Frensch, 2008, 2010) – erlaubt, die Entstehung von Bewusstsein analytisch nachzuvollziehen. Anschließend werden in Kapitel 4 die beiden angenommenen Lernsysteme (*implizites vs. explizites System*) gegenüberstellt und verschiedene Bewusstheitsmae zur Erfassung erworbenen Wissens hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile bewertet.

Ein Grundpfeiler der Detektion bewussten Wissens ist dabei nach wie vor die Fähigkeit zur Verbalisierung des erworbenen Wissens. So ist der verbale Report als eines der ältesten und einfachsten Bewusstheitsmae immer noch weit verbreitet. Auch die geschilderten Fallbeispiele weisen darauf hin, wie sehr wir auf den (sprachlichen) Ausdruck anderer angewiesen sind, um Bewusstsein erkennen zu können. Darüber hinaus gibt es Bewusstseinstheorien wie beispielsweise die Higher-Order-Thought-Theorie (Dienes & Perner, 1999; Rosenthal, 1993, 2004), die Sprache eine Sonderstellung einräumt. Somit ist Sprache als wichtigstes Kommunikationsmittel des Menschen ein bedeutsames Indiz bei der Suche nach Bewusstsein – wenn nicht gar eine hinreichende Bedingung für dessen Identifizierung. Fraglich ist allerdings, ob Sprache lediglich die Detektion von Bewusstsein erleichtert oder ob sie integraler Bestandteil bzw. gar eine Voraussetzung für die Entstehung von Bewusstsein ist. Ziel der vorliegenden Arbeit war es deshalb, zu untersuchen, welche Rolle Sprache für Bewusstsein und seine Entstehung spielt.

Kapitel 5 fasst dabei zunächst die in den vorherigen Kapiteln dargelegten theoretischen Annahmen zusammen und integriert sie zu einer Arbeitsdefinition von Bewusstsein, die der vorliegenden Arbeit als Grundlage diene. Dies kulminiert in der Forschungsfrage, inwieweit Sprache eine Determinante expliziten Wissens darstellt. Dieser Frage wurde mithilfe von fünf Experimenten nachgegangen, die in Kapitel 6 zunächst beschrieben und anschlieend in Kapitel 7 diskutiert werden.

## 2 Bewusstsein

Bewusstsein ist zwar ein Wort, das wir tagtäglich benutzen, von dessen Bedeutung wir auch eine Vorstellung haben, aber das schwer eindeutig zu definieren ist. Im Brockhaus (Hogen, 2001, S. 77) wird Bewusstsein folgendermaßen erklärt:

[Bewusstsein ist ein] geistiger Prozess der Vergegenwärtigung der Außenwelt und innerer Erlebnisse (Gefühle, Gedanken, Erwartungen). [...] In der Psychologie wird unter Bewusstsein hauptsächlich die rationale, bewusste (im Gegensatz zur unbewussten oder nicht bewussten) Verhaltenssteuerung verstanden. [...] Physiologie und Neurophysiologie begreifen Bewusstsein hingegen eher als Wachheit.

Einerseits beinhaltet der Begriff also den Grad der Wachheit im Gegensatz zu Schlaf- oder komatösen Zuständen wie im Einleitungsbeispiel, andererseits wird er besonders zur Beschreibung unseres Innenlebens genutzt: wie wir uns selbst (Selbst-Bewusstsein) sehen, wie wir innere oder äußere Reize wahrnehmen und erleben, die Steuerung von Handlungen oder Gedanken oder welche (z. B. moralischen) Einstellungen wir besitzen (Kiefer, 2002). Teilweise wird Bewusstsein auch mit dem Begriff *Geist (mind)* gleichgesetzt, wobei der Geist jedoch laut Dietrich (2007) alle mentalen Prozesse mit einschließt – also bewusste sowie unbewusste – und somit breiter angelegt ist als der Bewusstseinsbegriff.

Diese Erläuterungen zeigen bereits auf, wie heterogen, facettenreich sowie ambig und wie gleichzeitig basal und global Bewusstsein ist. Denn Bewusstsein als „grundlegendes Moment der menschlichen Erfahrung“ (Pauen, 2006, S. 39) ist für viele eines der Alleinstellungsmerkmale des Menschen und menschliches Leben ist ohne Bewusstsein kaum denkbar. Trotzdem ist die systematische und besonders die empirische Erforschung von Bewusstsein relativ jung (Dietrich, 2007). Aufgrund seiner universellen Bedeutung befindet sich das Forschungsfeld Bewusstsein zudem im Schnittpunkt verschiedener Disziplinen wie der Psychologie, den Neurowissenschaften, aber auch der Philosophie, der Erforschung Künstlicher Intelligenz, der (Evolutions-) Biologie oder gar der (Quanten-) Physik. Nichtsdestotrotz gibt es bislang keine eindeutige, wissenschaftlich anerkannte Definition von Bewusstsein, sondern allenfalls Definitionsversuche, beispielsweise anhand verschiedener Operationalisierungen oder einzelner Merkmale von Bewusstsein (Dietrich, 2007; Pauen, 2006; Stadler, 1997).

Ein solches Merkmal könnte beispielsweise die in diversen Bewusstseinsmaßen operationalisierte *Intentionalität* sein, wobei hierunter nicht das Vorhandensein einer Intention, sondern der Gehalt, der Bezug auf andere Sachverhalte, Inhalte bzw. die Realität, verstanden wird (Dienes & Perner, 2009; Dietrich, 2007; Metzinger, 1999; Pauen, 2006). Dies firmiert in der Literatur teilweise auch unter dem Begriff des transitiven Bewusstseins. Allerdings müssen nicht alle bewussten



Zustände zwangsläufig transitiv sein – gerade die Erfahrungskomponente von Bewusstsein wird häufig als intransitiv beschrieben. Diese Erfahrungskomponente verweist zudem darauf, dass sich Bewusstsein durch einen *privilegierten Zugang* auszeichnet, da es auf subjektiven Empfindungen wie Sinneseindrücken, Schmerz, Emotionen oder Gedanken basiert und so letztlich nur in der Ich-Perspektive, also durch Introspektion, erfahren werden kann. In der Philosophie trägt der Begriff der *Qualia* als inhärentes Merkmal von Erfahrungen diesem Phänomen Rechnung. Qualia beschreiben die subjektiven Aspekte mentaler Zustände oder sensorischer Wahrnehmung, d. h. wie es sich *anfühlt*, eine bestimmte Sinnesempfindung zu besitzen (Chalmers, 1995; Crick & Koch, 1995, 1998; Dietrich, 2007)<sup>3</sup>. Dieses Gefühl (z. B. die Rotheit von Rot oder die Schmerzhaftigkeit von Schmerz) ist nicht objektiv fassbar, da letztlich nicht überprüft werden kann, ob der Zusammenhang zwischen Reiz und subjektiver Reizempfindung für alle Menschen gleich ist – also ob beispielsweise zwei Personen, die die gleiche Farbe sehen, dabei tatsächlich das Gleiche empfinden oder anders gesagt: "whether the red I see is the same as the red you see" (Crick & Koch, 1990, S. 264)<sup>4</sup>.

Block (1995) unterscheidet in diesem Zusammenhang zwischen *phänomenalem Bewusstsein* (*phenomenal consciousness*) und *Zugangsbewusstsein* (*access consciousness*). Alleinstellungsmerkmal des phänomenalen Bewusstseins ist eben diese subjektive Erfahrungskomponente, die sich von kognitiven, intentionalen (im Sinne einer Bezogenheit auf etwas) oder funktionalen (im Sinne von programmierbaren) Eigenschaften abgrenzen lässt. Zwar kann phänomenal bewusster Inhalt durchaus intentionale Aspekte aufweisen, er lässt sich jedoch nicht auf den intentionalen Inhalt reduzieren. Vielmehr können Unterschiede in der Intentionalität mit Unterschieden in der Erlebnisqualität (der phänomenalen Bewusstheit) einhergehen. Das Zugangsbewusstsein ist hingegen per definitionem transitiv, d. h. dass sich zugangsbewusste Zustände wie Gedanken, Überzeugungen oder Wünsche immer auf *etwas* beziehen. Somit repräsentiert das Zugangsbewusstsein den *Inhalt* des Bewusstseins, um ihn so für Schlussfolgerungen, exekutive Kontrollprozesse sowie eine Verbalisi-

---

<sup>3</sup> Die Wichtigkeit eines solchen Gefühls von Beschaffenheit wird auch von Nagel (1974) betont, der in seinem berühmten Aufsatz „What Is It Like to Be a Bat?“ Bewusstsein mit subjektiver Erfahrung gleichsetzt. Dabei geht es nicht um die eigene Imaginationsfähigkeit oder das Wissen um die physiologischen Gegebenheiten eines Organismus, denn solange man sich nur *vorstellt*, wie es für einen selbst *wäre*, beispielsweise eine Fledermaus zu sein, bleibt man nichtsdestotrotz in seiner eigenen Erfahrungswelt gefangen

<sup>4</sup> Wenn man bedenkt, dass wir Farbwörter mit Farbwahrnehmungen dadurch assoziieren, dass uns beides parallel präsentiert wird, so lässt sich durchaus annehmen, dass zwei Personen als Reaktion auf einen Reiz das gleiche Farbwort verwenden. Dies erlaubt jedoch immer noch keine Rückschlüsse bezüglich der Übereinstimmung der Beschaffenheit der zugrunde liegenden Empfindung (Dennett, 1988).

sierung<sup>5</sup> zugänglich zu machen – also Verhaltensweisen, welche beobachtbar sind und in der impliziten Lernforschung bereits als Grundlage von Bewusstseinsmaßen eingesetzt werden.

Nach Block (1995) handelt es sich bei beiden Bewusstseinsformen um unabhängige Entitäten, die jedoch interagieren können. So kann der Inhalt einer Erfahrung sowohl phänomenal (das mit dieser Erfahrung verbundene Gefühl) als auch zugänglich bewusst (bezogen auf den Gegenstand der Erfahrung) sein, prinzipiell kann nach Blocks Vorstellungen jedoch auch jede der beiden Bewusstseinsformen allein existieren. Relativ unstrittig ist die Annahme, dass Zugangsbewusstsein auch ohne phänomenales Bewusstsein existieren kann (Carruthers, 2007). Umstritten ist hingegen, inwieweit phänomenales Bewusstsein außerhalb des Zugangsbewusstseins existieren kann. Aus empirischer Sicht ist in diesem Zusammenhang zudem mehr als fraglich, ob bzw. wie phänomenales Bewusstsein ohne verbale oder exekutive Zugänglichkeit erfasst und somit nachgewiesen werden kann.

Crick und Koch (1995; 1998) erklären den privilegierten Zugang von Bewusstsein hingegen dadurch, dass eine bewusste Wahrnehmung, um Dritten zugänglich gemacht werden zu können, erst rekodiert werden muss, um einen motorischen Output (wie beispielsweise eine Verbalisierung) zu produzieren. In dem Sinne ist das, was eine Person ausdrückt, nie identisch mit der ursprünglichen bewussten perzeptuellen Repräsentation (z. B. auf Ebene neuronaler Feuerraten), die ausgedrückt werden soll, sondern immer nur eine Transformation dieser Repräsentation. Somit kann die Qualität einer Erfahrung nie exakt beschrieben werden. Andererseits ist es möglich, Unterschiede zwischen subjektiven Empfindungen mitzuteilen, da diese Unterschiede sich auch auf der motorischen Ausdrucksebene widerspiegeln können.

Unabhängig von der theoretischen Ausrichtung stellt sich in diesem Zusammenhang letztlich die Frage, wie die subjektive Empfindung aus den physiologischen Prozessen des Gehirns entsteht. Dies bezeichnet Levine (1983) als *Erklärungslücke (explanatory gap)*, David Chalmers (1995) spricht vom sogenannten „schweren“ Problem. Als „einfach“ bezeichnet er hingegen diejenigen Probleme, welche sich mit kognitiven Fertigkeiten und Funktionen beschäftigen. „Einfach“ bedeutet nicht, dass diese Probleme bereits vollständig gelöst wären, sondern die Einfachheit bezieht sich darauf, dass es wohldefinierte Probleme in dem Sinne sind, dass die notwendigen Operatoren (wissenschaftliche Methoden) prinzipiell sowohl bekannt als auch verfügbar sind. Zwar mag es zur Lösung aller dieser Probleme noch lange dauern und wir mögen noch längst nicht alle notwendigen Verfahren und Methoden entwickelt haben, um die „einfachen“ Probleme tatsäch-

---

<sup>5</sup> Block (1995) selbst erachtet diese drei Merkmale als hinreichende, nicht jedoch als notwendige Bedingungen für Zugangsbewusstsein, da für ihn gerade die Verbalisierbarkeit zwar ein weit verbreiteter, aber dennoch schwacher Indikator für Zugangsbewusstsein ist. Zudem würde die Notwendigkeit einer Verbalisierung die Fähigkeit zur Entwicklung eines Zugangsbewusstseins unnötig auf den Menschen beschränken. Auch gibt es nicht „die“ Zugänglichkeit einer Repräsentation, sondern in seinen Augen existieren unterschiedliche Abstufungen und Arten der Zugänglichkeit von Informationen.

lich lösen zu können, aber es liegt zumindest im Bereich des Möglichen. So sind „einfache“ Probleme prinzipiell lösbar (Chalmers, 1995; Dietrich, 2007), indem die kognitiven Fertigkeiten und Funktionen zugrunde liegenden Mechanismen spezifiziert werden.

Im Gegensatz dazu besteht die Schwierigkeit des „schweren“ Problems nicht darin, diese Mechanismen zu untersuchen oder zu erklären, sondern in der mit wissenschaftlichen Mitteln nicht so einfach zu lösenden Frage, *warum* und *wie* subjektive Erfahrungen entstehen<sup>6</sup>. Problematisch ist zudem, dass einige Autoren (z. B. Block, 1995; Chalmers, 1995; Levine, 1983; Nagel, 1974) davon ausgehen, dass diese Erfahrungskomponente von Bewusstsein nicht durch funktionale Beschreibungen fassbar oder auf physiologische Prozesse reduzierbar – und somit letztlich nicht mit wissenschaftlichen Mitteln untersuchbar – ist. Dennoch werden Qualia von vielen als essentielle Eigenschaft von Bewusstsein gewertet. Allerdings müssen sich Anhänger des Qualia-Ansatzes fragen lassen, welcher Erkenntnisgewinn in einem Phänomen steckt, das sich einer wissenschaftlichen Annäherung entzieht. In dem Sinne ist eine Suche nach objektivierbaren und beobachtbaren Evidenzen für die Existenz von Qualia bislang die beste Möglichkeit, valides Wissen über dieses Phänomen zu sammeln. Bisher ist allerdings nicht erklärbar, wie physikalische oder physiologische Vorgänge mentale, also geistige und dadurch immaterielle, Zustände hervorrufen können – oder anders gesagt: “How is meaning generated by the brain“ (Crick & Koch, 1998, S. 104)?

Trotz aller Probleme sollte diese Abhandlung über die subjektive Komponente von Bewusstsein deutlich gemacht haben, dass *Erfahrung* untrennbar mit dem Bewusstsein verwoben ist; denn Bewusstsein ohne Erfahrung oder Erfahrung bei gleichzeitiger Bewusstlosigkeit sind nur schwer vorstellbar. Dementsprechend resümiert Dietrich (2007, S. 7), dass “[s]ubjectivity [...] should be one – if not *the* – essential component of any definition of consciousness“. Ein vielversprechender Ansatz, sich der obigen Frage zu nähern, könnte in der Beschäftigung mit dem *Bindungsproblem* (*binding problem*) liegen. Das Bindungsproblem kommt klassischerweise in der Wahrnehmungstheorie zum Tragen (s. z. B. Dietrich, 2007; Müsseler, 2002; Revonsuo & Newman, 1999, für einen Überblick), da die dortigen Befunde nahelegen, dass die verschiedenen Merkmale eines Reizes (z. B. Form, Farbe, Position, Bewegung eines Objektes bei der visuellen Wahrnehmung) nicht zusammen, sondern in getrennten Modulen bzw. Hirnarealen verarbeitet werden. Da wir einen Reiz dennoch als Einheit empfinden, muss auf späterer Ebene eine Reintegration der verschiedenen Merkmale erfolgen. Das Bindungsproblem besteht nun darin, wie die unterschiedlichen Merkmale eines Objektes in einen kohärenten Zusammenhang gebracht und von den Ei-

---

<sup>6</sup> Die Kognitionsforschung ist beispielsweise in der Lage, mittels funktionaler Theorien zu erklären, wie Menschen einen physikalischen Reiz (z. B. die Farbe Blau) wahrnehmen, und kann damit das „einfache“ Problem der Farbwahrnehmung lösen, aber das Wissen um die zugrunde liegenden physiologischen und kognitiven Prozesse erklärt nicht, warum diese Wahrnehmung mit der Erfahrung bzw. dem Gefühl des Blausehens einhergeht (Dietrich, 2007).

genschaften eines anderen Objektes unterschieden werden können. In einer breiter gefassten Sichtweise ergibt sich die Bindungsproblematik immer dann, wenn "information computed in separate areas of the brain must be combined" (Dietrich, 2007, S. 68), so dass sich eine globale Kohärenz ergibt. In diesem Sinne lässt sich das Bindungsproblem auch auf Bewusstsein (und spezifischer auf phänomenales Bewusstsein) ausweiten, da "consciousness requires some kind of integration, or coherence, of mental contents" (Engel, Fries, König, Brecht & Singer, 1999b, S. 129).

Aus neurowissenschaftlicher Sicht lässt sich „Bindung“ bzw. globale Kohärenz dabei auf neuronaler Ebene als das zeitlich überlappende Feuern der beteiligten Neurone interpretieren (z. B. Crick & Koch, 1990; Engel, Fries, König, Brecht & Singer, 1999a; Engel et al., 1999b; Singer, 1994; von der Malsburg, 1995; von der Malsburg & Schneider, 1986). Empirische Befunde legen nahe, dass die Phasensynchronisation auf einer Frequenz um 40 Hz (Crick & Koch, 1990; Eckhorn et al., 1988; Engel, König, Gray & Singer, 1990; Freeman, 1978; Freeman & Dijk, 1987; Gray, König, Engel & Singer, 1989; Gray & Singer, 1989; Wilson & Bower, 1992) erfolgt<sup>7</sup>, welche im  $\gamma$ -Band des EEGs liegt. Dies unterstützt die Annahme einer modulübergreifenden Abstimmung von Nervenzellen insofern, als dass  $\gamma$ -Band-Aktivität in der Regel in Hirnbereichen gefunden wird, welche an der Verarbeitung von Informationen beteiligt sind. Problematisch ist allerdings, dass unklar bleibt, welche Rolle die Phasensynchronisation spielt: Während Crick und Koch die Phasensynchronisation 1990 noch sowohl als notwendig als auch als hinreichend für die Entstehung von Bewusstsein ansahen, wird sie heute vornehmlich als notwendige Voraussetzung gesehen (z. B. Crick & Koch, 2003; Engel et al., 1999b). Unabhängig von ihrer genauen Ausgestaltung kann die Idee der Phasensynchronisation jedoch fruchtbare Impulse liefern. Zudem steht sie mit der Idee neuronaler Kohärenz der Global-Workspace-Theorie sehr nahe, die in Kapitel 2.1.2 näher beleuchtet wird.

Wie unschwer zu erkennen ist, gibt es verschiedenste konkurrierende und einander ausschließende Vorstellungen, was Bewusstsein ist, wodurch die Etablierung einer weithin akzeptierten Definition erschwert wird. Im Rahmen wissenschaftlicher Auseinandersetzung ist es jedoch unerlässlich, die eigene Auffassung dieses Begriffs zu explizieren und die eigene Operationalisierung von Bewusstsein zu erläutern, um die Nachvollziehbarkeit der eigenen Forschung zu gewährleisten. Darüber hinaus sollte sich eine solche Arbeitsdefinition von Bewusstsein damit auseinandersetzen, inwieweit andere Lebewesen Merkmale oder Teilprozesse von Bewusstsein besitzen (Crick & Koch, 1998; Nagel, 1974) und wie sich solche eventuellen Merkmale oder Teilprozesse

---

<sup>7</sup> Die Angabe 40 Hz wird vor allem der Einfachheit halber genannt; denn es lassen sich bei der Synchronisierung der Aktivitätsmuster Oszillationen zwischen 30 und 80 Hz finden. Allerdings ist dies tatsächlich eher eine empirische Frage, wobei sich einige Theoretiker (Engel et al., 1999a) nicht auf eine spezifische Form der Synchronisierung festlegen wollen, sondern vielmehr das Vorhandensein eben dieser in den Vordergrund stellen.

abgrenzen lassen. Wichtig ist dabei auch die Frage, welche Rolle Sprache als rein menschliche Fertigkeit für Bewusstsein spielt (s. dazu auch die Higher-Order-Thought-Theorien in Kapitel 2.1.3). Eine Arbeitsdefinition von Bewusstsein sollte zudem spezifizieren, inwieweit Bewusstsein transitiv ist oder auch intransitiv sein kann. Dieser in der Frage nach der Transitivität von Bewusstsein enthaltene Realitätsbezug mag auch als Erklärung dienen, warum sich die Fähigkeit des Bewusstseins überhaupt entwickelt hat. Denn die Interaktion mit der Umwelt muss mit steigender Komplexität der Umwelt zwangsläufig flexibler werden (Crick & Koch, 1998), wobei Bewusstsein eine Möglichkeit ist, die notwendige Flexibilität zu erzeugen.

Die wissenschaftliche Beschäftigung mit dem Bewusstsein hat allerdings mit verschiedenen Problemen zu kämpfen, welche nicht nur methodischer, sondern auch ideologischer Natur sind. Während die methodischen Probleme in der Subjektivität sowie der damit verbundenen Nichtbeobachtbarkeit des Untersuchungsgegenstands begründet liegen und im Zuge des technologischen Fortschritts (z. B. Einsatz von Computern, bildgebende Verfahren in den Neurowissenschaften) zumindest teilweise ausgeräumt werden können, bestehen die ideologischen Probleme eher darin, dass sie eine wissenschaftliche Untersuchung von Bewusstsein als unmöglich oder nicht zielführend ausschließen. Gerade die mit Bewusstsein einhergehende subjektive Erfahrung lässt sich, wie weiter oben bereits beschrieben, bislang nur schwerlich auf physiologische Prozesse reduzieren. Andererseits spricht gegen eine dualistische Sichtweise, die Bewusstsein und Gehirn als isolierte Entitäten betrachtet, dass sie in Erklärungsnöte gerät, wenn es um die physikalischen Auswirkungen von Hirnläsionen oder Drogen auf Bewusstseinsprozesse geht (s. Dietrich, 2007, für eine ausführlichere Darstellung). Zudem sollte der Dualismus zumindest die Entstehung und Funktionsweise eines von physiologischen Prozessen losgelösten Bewusstseins erklären können. Im Gegensatz dazu finden sich in der Forschungslandschaft Bewusstseinstheorien, die einerseits versuchen, Bewusstsein mit physiologischen Gegebenheiten zu verknüpfen, und andererseits empirisch überprüfbare Vorhersagen zu machen. Im Folgenden werden mit Cleeremans konnektionistischem Rahmenmodell, der Higher-Order-Thought-Theorie sowie der Global-Workspace-Theorie drei Bewusstseinstheorien vorgestellt werden, die auch Eingang in die implizite Lernforschung gefunden haben.

## 2.1 Funktionale Bewusstseinstheorien

Im vorigen Unterkapitel wurden bereits einige Probleme angerissen, die mit der Erforschung von Bewusstsein einhergehen. Während einige Ansätze daraus die Konsequenz ziehen, dass Bewusstsein (oder zumindest seine subjektive Komponente) nicht erforscht werden kann, versuchen andere Ansätze zumindest empirisch überprüfbare Bewusstseinstheorien aufzustellen. Dabei lassen sich Bewusstseinstheorien danach unterscheiden, ob sie dem Bewusstsein eine spezifische Funktion zuweisen: Während *funktionale Bewusstseinstheorien* Bewusstsein in einen Ursache-Wirkungs-

Zusammenhang stellen, indem sie Bewusstsein als mögliche Ursache für mentale Zustände oder Verhalten ansehen, geht der *Epiphänomenalismus* davon aus, dass Bewusstsein letztlich überflüssig ist, da es als bloßes Nebenprodukt physiologischer Einflussfaktoren selbst weder physiologische Vorgänge noch Verhalten beeinflussen kann (z. B. Bieri, 1992; Metzinger, 1999; Pauen, 2006; Robinson, 2007)<sup>8</sup>.

Problematisch für den Epiphänomenalismus ist nicht nur, dass er unserem ganzen Erleben widerspricht, denn es ist “just plain obvious that our pains, our thoughts, and our feelings make a difference to our (evidently physical) behavior; it is impossible to believe that all our behavior could be just as it is even if there were no pains, thoughts, or feelings” (Robinson, 2007), sondern auch, dass er nicht erklären kann, wie bzw. warum Bewusstsein evolutionär entstehen konnte, wenn es doch anscheinend keine Wirkung – und somit keinen Nutzen – besitzt (Pauen, 2006; Robinson, 2007). Mit dieser Frage beschäftigen sich in der Kognitionspsychologie funktionale Bewusstseinstheorien, welche beispielsweise die Rolle des Bewusstseins für die Verhaltensadaptation hervorheben. So stellt Cleeremans (Boyer, Destrebecqz & Cleeremans, 2005; Cleeremans, 2002; Cleeremans & Jiménez, 2002) ein konnektionistisches Rahmenmodell vor, welches im Folgenden näher erläutert werden soll, bevor ihm weitere funktionale Bewusstseinstheorien gegenübergestellt werden.

### 2.1.1 Bewusstsein als quantitativer Repräsentationswechsel

Cleeremans Modell (2002; Cleeremans & Jiménez, 2002) nimmt eine dynamische Beziehung zwischen Lernen und Bewusstsein an, so dass Bewusstsein zum einen Lernprozesse initiiert und zum anderen selbst (z. B. im Sinne von phänomenalem Bewusstsein) durch Lernprozesse verändert werden kann. Lernen ergibt sich dadurch zwangsläufig aus jeglicher Art neuronaler Informationsverarbeitung, da diese jeweils Anpassungsvorgänge in den Verbindungen des Systems nach sich zieht.

Das kognitive System wird in diesem Zusammenhang als Menge von Verarbeitungsmodulen bzw. neuronalen Netzen verstanden, die in loser Hierarchie miteinander verbunden sind und selbst jeweils aus mehreren einfachen, miteinander verwobenen Untereinheiten bestehen (Cleeremans & Jiménez, 2002). Längerfristig verfügbares Wissen ergibt sich dabei aus der Konnektivität innerhalb und zwischen diesen Modulen, wobei sich miteinander verbundene Module in Abhängigkeit der Stärke ihrer Verknüpfung sowie der Stärke ihrer Aktivierungsmuster gegenseitig beeinflussen. Repräsentationen als Ergebnis der bisherigen Informationsverarbeitung wer-

---

<sup>8</sup> Allerdings lassen sich zwei Arten von Epiphänomenalismus unterscheiden; während die starke Form des Epiphänomenalismus mentalen Zuständen jedwede Wirkung abspricht, räumt die schwache Form mentalen Zuständen zwar eine Wirkung auf andere mentale Zustände ein, jedoch keinerlei direkten oder indirekten Einfluss auf physikalische Ereignisse (Robinson, 2007).

den durch verteilte Aktivierungsmuster in neuronalen Netzen innerhalb der Module reflektiert, wobei sie auf den Dimensionen *zeitliche Stabilität* (Dauer der Aufrechterhaltung neuronaler Aktivierung), *Repräsentationsstärke* (Anzahl und Aktivierung der an der Repräsentation beteiligten Verarbeitungseinheiten) sowie *Unterscheidbarkeit* (Ausmaß der Überlappung zwischen Repräsentationen) variieren können. Aus diesen drei Dimensionen ergibt sich die *Repräsentationsqualität*, welche bedingt, ob und in welcher Form eine Repräsentation bewusst wird.

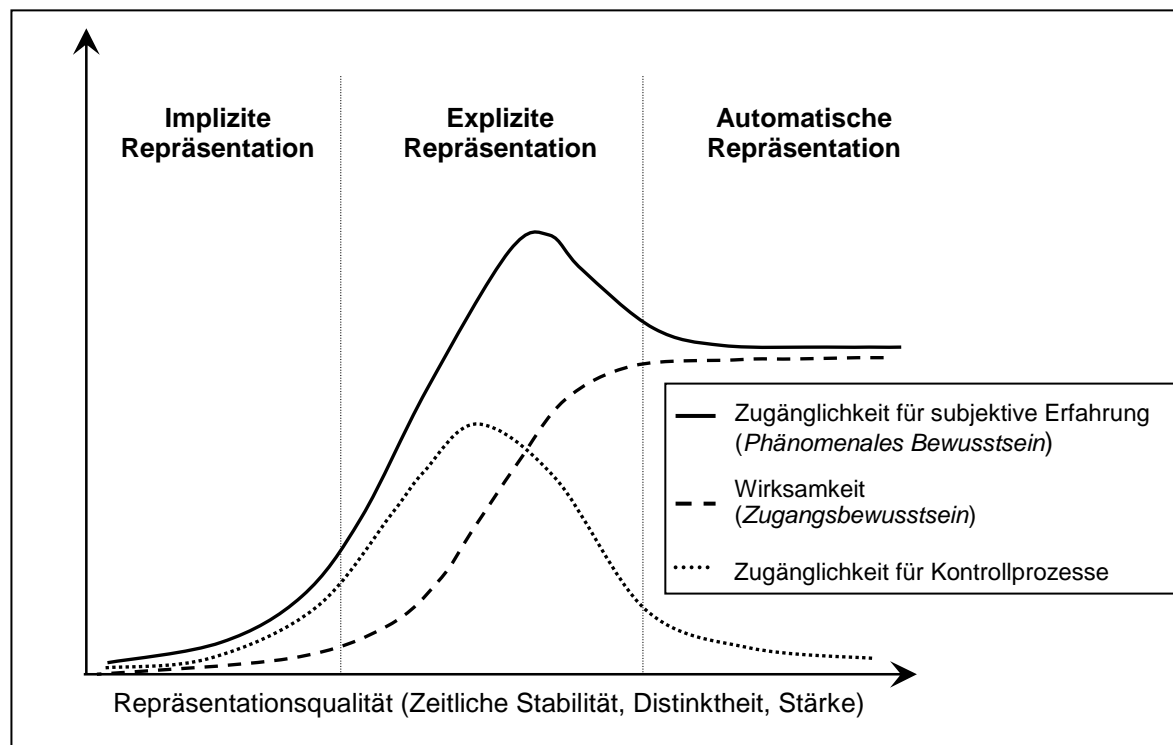
Das Bewusstsein unterteilt Cleeremans (2002; Cleeremans & Jiménez, 2002) dabei in drei Komponenten, welche durch die Repräsentationsqualität beeinflusst werden und eng miteinander verknüpft sind: Wirksamkeit, Zugänglichkeit für subjektive Erfahrungen sowie Zugänglichkeit für Kontrollprozesse (s. Abbildung 1). Unter *Wirksamkeit* versteht Cleeremans die Verhaltenswirksamkeit, d. h. inwieweit eine Repräsentation sich auf das offene Verhalten auswirken kann, und integriert damit das Zugangsbewusstsein (Block, 1995) in seine Sicht von Bewusstsein. Die nächste Komponente ist die *Zugänglichkeit für subjektive Erfahrungen*, welche phänomenalem Bewusstsein bzw. Qualia (s. z. B. Block, 1995; Chalmers, 1995; Levine, 1983; Nagel, 1974, bzw. Kapitel 4.1) entspricht und die subjektive Erlebnisqualität beinhaltet. Zu guter letzt bezieht er mit der *Zugänglichkeit für Kontrollprozesse* die exekutive Handlungssteuerung in sein Bewusstseinskonzept ein. Anders als beispielsweise Block (1995) begreift Cleeremans (2002; Cleeremans & Jiménez, 2002) phänomenales und Zugangsbewusstsein also nicht als unabhängige Entitäten, sondern er sieht phänomenales Bewusstsein als Funktion der Wirksamkeit (bzw. des Zugangsbewusstseins) und der Zugänglichkeit für Kontrollprozesse.

Eine Grundannahme seines Modells (Cleeremans, 2002; Cleeremans & Jiménez, 2002) besteht darin, dass Repräsentationen gestuft sind, so dass sie die jeweilige Stärke des Stimulus abbilden. In Abhängigkeit der Repräsentationsqualität, die als Kontinuum gesehen wird, kann eine Repräsentation dementsprechend *implizit*, *explizit* oder *automatisch*<sup>9</sup> sein, was einer niedrigen, mittleren bzw. hohen Repräsentationsqualität entspricht. Dadurch lässt sich anhand des Modells gleichermaßen die dynamische Entwicklung von Repräsentationen in drei Phasen nachvollziehen, da Cleeremans (2002; Cleeremans & Jiménez, 2002) annimmt, dass zu Beginn der Verarbeitung eines Stimulus zunächst relativ schwache, instabile und wenig unterscheidbare Repräsentationen schlechter Qualität entstehen (*implizite Repräsentation*). Dennoch ist bereits auf dieser Stufe eine Beeinflussung des Verhaltens in Verbindung mit anderen Prozessen (wie z. B. Priming) möglich, wenngleich diese Beziehung zwischen Repräsentation und Verhalten keiner bewussten Kontrolle unterliegt, da die Repräsentationsqualität zu schlecht ist, um beispielsweise eine spezifische Repräsentation von anderen Repräsentationen zu unterscheiden. Da Lernen nach Cleeremans (Boyer

---

<sup>9</sup> Der Begriff der *automatischen Repräsentation* ist grundsätzlich problematisch, da letztlich nicht die Repräsentation an sich automatisch ist, sondern vielmehr die auf dieser Repräsentation basierende Reaktion. Insofern findet zwischen der zweiten und der dritten Repräsentationsstufe eine Prozeduralisierung der betreffenden Reaktion statt.

et al., 2005; Cleeremans, 2002; Cleeremans & Jiménez, 2002) eine obligatorische Konsequenz jeglicher Informationsverarbeitung ist, verändert sich die Repräsentationsstärke als Funktion des voranschreitenden Lernprozesses, so dass die Repräsentationen zunehmend stärker, stabiler und distinkter werden. Eine Repräsentation mittlerer Qualität (*explizite Repräsentation*) kann im Gegensatz zu impliziten Repräsentationen auch ohne zusätzliche Prozesse verhaltenswirksam werden; sie ist bewusstseinsfähig und dadurch zugänglich für exekutive Kontrollprozesse, Metakognitionen oder phänomenales Bewusstsein. Steigt die Repräsentationsqualität im Lernverlauf weiter an, dann wird aus der expliziten Repräsentation irgendwann eine *automatische Repräsentation*. Dies bedeutet, dass sie relativ autonom Verhalten initiieren und steuern kann. Dabei unterliegt ihr Einfluss auf das Verhalten nicht mehr exekutiven Steuerungs- oder Inhibitionsprozessen. Allerdings kann bewusste Kontrolle mittels Aufmerksamkeitsverschiebung etabliert werden, falls der automatische Ablauf gestört wird. Insofern ist eine solche Repräsentation grundsätzlich phänomenal bewusst und für Metawissen verfügbar – d. h. auch wenn der Einfluss automatischer Repräsentationen auf das Verhalten nicht direkt kontrollierbar ist, so ist man sich dennoch der Existenz der Repräsentation sowie ihrer Auswirkungen auf das eigene Verhalten bewusst.



**Abbildung 1:** Zusammenhang zwischen Repräsentationsqualität und Bewusstsein (nach Cleeremans, 2002). Auf der Abszisse ist die Repräsentationsqualität abgetragen, die von zeitlicher Stabilität, Distinktheit und Stärke der Repräsentation abhängt. Auf der Ordinate lassen sich die Höhe der Zugänglichkeit für subjektive Erfahrungen (durchgehende Linie), der Wirksamkeit (gestrichelte Linie) sowie der Zugänglichkeit für Kontrollprozesse (gepunktete Linie) in Abhängigkeit der Repräsentationsqualität ablesen. Je nach Stärke dieser Faktoren kann die Repräsentation dann als implizit, explizit oder automatisch gewertet werden.

Bewusstsein ermöglicht also letztlich, den Einfluss von Repräsentationen auf das offene Verhalten zu kontrollieren, solange diese Repräsentationen einerseits stark genug sind, das offene



Verhalten auch beeinflussen zu können, und andererseits noch nicht so stark automatisiert sind, dass eine Kontrolle nicht mehr möglich wäre. Kontrolle bezieht sich somit ausschließlich auf *explizite Repräsentationen* bzw. eine mittlere Repräsentationsqualität. In dem Sinne ist Bewusstsein für Cleeremans (2002; Cleeremans & Jiménez, 2002) zentral für die Informationsverarbeitung, da es die Verhaltenssteuerung flexibilisieren *kann*, wenngleich es aus seiner Sicht weder für Informationsverarbeitungs- noch für Adaptationsprozesse zwingend notwendig ist.

Nach Cleeremans (2002; Cleeremans & Jiménez, 2002) geht die Bewusstwerdung einer Repräsentation somit nicht mit einem qualitativen Wechsel einher – auch wenn die Verwendung des Begriffs *Repräsentationsqualität* hier ein wenig irreführend ist – sondern es ergeben sich lediglich *quantitative* Veränderungen hinsichtlich der Stärke, Distinktheit und Stabilität von Repräsentationen, welche obligatorisch aus der Dauer des Lernprozesses folgen. Dabei ist die Repräsentationsqualität zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für Bewusstsein (Cleeremans & Jiménez, 2002). Damit bleibt allerdings offen, welche zusätzlichen Faktoren die Bewusstwerdung einer Repräsentation bedingen. Denn letztlich geht aus seinem Rahmenmodell nicht klar hervor, wie genau eine Repräsentation für das Bewusstsein zugänglich wird oder was mit Repräsentationen hoher Qualität geschieht, die prinzipiell bewusstseinsfähig sind. Cleeremans und Jiménez (2002) nehmen zwar an, dass gerade Aufmerksamkeits- und Integrationsprozesse neben der Repräsentationsqualität eine wichtige Rolle für die Entstehung von Bewusstsein spielen, wobei gerade die Integrationsprozesse zur Idee des Global Workspace (s. Kapitel 2.1.2) passen, dennoch fehlt letztlich ein Erklärungsmechanismus für die Entstehung von Bewusstsein.

Demgegenüber bietet die Hypothese der unerwarteten Ereignisse (Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005, 2009; Rüniger & Frensch, 2008), die in Kapitel 2.1.4 beschrieben wird, einen Ansatz wie sich die Entstehung bewussten Wissens durch einen zugrunde liegenden Mechanismus erklären lässt. Dabei nimmt sie einen hypothesengeleiteten expliziten Prozess an, wodurch sich ein qualitativer Unterschied zwischen bewusstem und nichtbewusstem Wissen ergibt. Auch in diesem Fall wird Bewusstsein als funktional für die Verhaltensoptimierung angenommen, da im expliziten Prozess etabliertes Regelwissen aktiv zur Verhaltensanpassung (z. B. durch Antizipation notwendiger Reaktionen) genutzt werden kann. Dienes und Perner (1999; 2002a; 2002b; 2003) siedeln die Funktion von Bewusstsein hingegen eher im metakognitiven Bereich an. Ihre Vorstellungen werden in Kapitel 2.1.3 im Rahmen der Higher-Order-Thought-Theorien näher beleuchtet.

### 2.1.2 Bewusstsein als Ausdruck neuronaler Kohärenz: Die Global-Workspace-Theorie

Eine eher neurophysiologisch ausgerichtete Theorie firmiert unter dem Begriff des *Global Workspace* (Baars, 1988, 1997, 2002, 2003; Baars & Franklin, 2003)<sup>10</sup>. Dahinter steht die Kernannahme, dass dem Bewusstsein eine globale Kohärenz auf neuronaler Ebene zugrunde liegt. Notwendig wird diese Kohärenz durch die Annahme einer spezialisierten parallelen Informationsverarbeitung in enkapsulierten Modulen (z. B. Fodor, 1983, bzw. s. Farah, 1994, für eine Kritik), wobei Kohärenz nach Ansicht einiger Autoren (Baars, 2003; Baars & Franklin, 2003; Dehaene & Changeux, 2004; Dehaene & Naccache, 2001; Kanwisher, 2001) durch die Verknüpfung dieser enkapsuliert arbeitenden Module bzw. Hirnareale entsteht, so dass diese füreinander zugänglich werden. Dabei legt Baars (1988) der globalen Zugänglichkeit innerhalb des Global Workspace eine flüchtige Gedächtnisleistung zugrunde und vergleicht ihn mit einer Art Tafel, deren Information die verschiedenen Module einsehen können und um deren Präsentationsfläche die einzelnen Module konkurrieren, da nur das jeweils aktivationsstärkste Modul seine Informationen dort verbreiten darf.

Varela, Lachaux, Rodriguez und Martinerie (2001) sprechen in diesem Zusammenhang von einem *Brainweb*, wobei sie die zugehörigen neuronalen Zellverbände als distribuierte lokale Netzwerke von Neuronen definieren, die kurzzeitig reziprok verknüpft werden. Diese Verknüpfungen können sowohl innerhalb des gleichen kortikalen Areals bzw. zwischen verschiedenen Bereichen der gleichen Netzwerkebene als auch zwischen verschiedenen Ebenen des Netzwerkes, die in unterschiedlichen Hirnregionen lokalisiert sind, aufgebaut werden. Verbindungen zwischen verschiedenen Netzwerkebenen werden dabei typischerweise in Form von Bottom-up- und Top-down-Prozessen beschrieben (je nach Richtung der Verbindung). Dabei sind diese neuronalen Zellverbände dynamisch, da sie nur solange existieren bis der jeweilige kognitive Vorgang abgeschlossen ist. Als eminent für eine solche Verknüpfung von Neuronen sehen Varela und Kollegen die bereits erwähnte *Phasensynchronisation* an. Zwar gibt es auch die Annahme, dass die Informationen der einzelnen Areale an eine zentrale Hirnregion als Kontrollinstanz gesandt werden (s. z. B. Jack & Shallice, 2001)<sup>11</sup>, allerdings hat ein solcher Ansatz mit dem Vorwurf der Beschwörung eines Homunkulus zu kämpfen (Dennett, 2001), so dass er einiges an Attraktivität verliert. Neurophysiologische Befunde legen zudem eher eine verteilte

---

<sup>10</sup>Allerdings hat Baars der neuronalen Basis des psychologischen Konstrukts des Workspace weniger Beachtung geschenkt als Dehaene und Mitarbeiter (Dehaene & Changeux, 1989, 1991, 1997; Dehaene & Changeux, 2004; Dehaene, Kerszberg & Changeux, 1998; Dehaene & Naccache, 2001) das in ihrer Konzeption des neuronalen Workspace tun.

<sup>11</sup>Jack und Shallice (2001) gehen zur Erklärung von Bewusstsein von sogenannten *C-Prozessen* aus, die mit Informationen operieren, die grundsätzlich verbal zugänglich sind und intentionales Handeln unterstützen. Als Zentrale, der die informationsverarbeitenden Subsysteme zuarbeiten, postulieren sie ein übergeordnetes Aufmerksamkeitssystem, das *Supervisory Attentional System* (SAS), welches die Informationsverarbeitung koordiniert und kontrolliert.

Informationsverarbeitung bzw- repräsentation nahe und unterstützen somit die Annahme eines dezentralisierten Workspace (s. z. B. Baars, 2002; Kanwisher, 2001, für einen Überblick).

Dabei impliziert nach Baars (1988) die Bewusstwerdung einer Repräsentation lediglich einen quantitativen Wechsel, da er wie Cleeremans (z. B. Boyer et al., 2005; Cleeremans, 2002; Cleeremans & Jiménez, 2002) annimmt, dass Bewusstsein von der Aktivationsstärke abhängt. Kanwisher (2001) postuliert hingegen, dass die Aktivationsstärke alleine nicht ausreichend für Bewusstsein ist, sondern dass es der Top-Down-Aktivierung spezifischer Verknüpfungen bedarf. Sie bezieht sich dabei auf den von Dehaene (Dehaene & Changeux, 2004; Dehaene, Kerszberg et al., 1998; Dehaene & Naccache, 2001) vorgeschlagenen *Global Neuronal Workspace*, der eine Weiterentwicklung des ursprünglichen Global Workspace-Modells von Baars (1988) darstellt und in dem – im Gegensatz zu einem datengetriebenen Bottom-Up-Prozess, der auf einem unspezifischen Verstärkungsmechanismus beruht – ein top-down gesteuerter Aufmerksamkeitsprozess implementiert ist, der zur Bewusstwerdung einer Repräsentation führt. Dieser Aufmerksamkeitsprozess sorgt dafür, dass die Aktivierung der Repräsentation so sehr verstärkt und so lange aufrecht erhalten wird, dass sie im Global Neuronal Workspace verbreitet und somit für andere Prozesse zugänglich wird. Ohne diesen spezifischen Verstärkungsprozess können Prozesse zwar zur Performanz des Individuums beitragen – allerdings tun sie dies dann ohne gleichzeitige bewusste Gewährleistung der Information oder des Verhaltensflusses. Dehaene und Naccache distanzieren sich jedoch ausdrücklich von der Annahme eines Homunkulus, der entscheidet, welche Information verstärkt wird, sondern postulieren, dass die in den zum Workspace gehörenden Neuronen spontan generierten, stochastischen Aktivitätsmuster je nach Passung zum aktuellen Kontext in einem Winner-Take-All-Prozess<sup>12</sup> ausgewählt und verstärkt werden. (Jack & Shallice, 2001)

In dem Sinne gibt es nach Dehaene und Kollegen (Dehaene & Changeux, 2004; Dehaene & Naccache, 2001) auch nicht „den“ Workspace, der sich einer spezifischen Hirnregion zuordnen ließe, sondern die Lokation des Workspace ändert sich jeweils mit den gerade aktivierten und somit aktuell zum Workspace gehörenden Neuronen. Denn es gibt mehrere Hirnregionen, die die erforderlichen Neuronen mit langen und weit verästelten Verbindungen besitzen, um den Global Neuronal Workspace aufzubauen. Zu jedem Zeitpunkt stellt jedoch jeweils nur ein Bruchteil dieser Neurone den momentan aktivierten Workspace dar. Dennoch vermuten Dehaene und Kollegen (Dehaene & Changeux, 2004; Dehaene & Naccache, 2001) gerade im

---

<sup>12</sup>Eine solche Annahme schließt allerdings die Vorstellung einer Abstufung von Bewusstsein im Sinne Cleeremans aus; denn eine Repräsentation kann nach dieser Sichtweise entweder über den Global Workspace verbreitet werden und somit global zugänglich sein oder nicht. Es gibt jedoch keine teilweise Zugänglichkeit. Dies hat die Konsequenz, dass zu einem spezifischen Zeitpunkt immer nur eine Information über den Global Workspace verbreitet wird und bewusst zugänglich ist. Unterstützung findet diese Hypothese durch das *Attentional-Blink-Paradigma* sowie durch das Phänomen der *Binokularen Rivalität*, da in beiden Fällen konkurrierende Information nicht ins Bewusstsein gelangt (vgl. Ringer & Frensch, 2010).

Präfrontalkortex sowie im anterioren Gyrus cinguli (*anterior cingulate cortex*, ACC) besonders viele Workspace-fähige Nervenzellen.

Aus dem Global-Neuronal-Workspace-Modell lassen sich zudem zwei Kriterien ableiten (Dehaene & Changeux, 2004; Dehaene & Naccache, 2001), die für die Entstehung von Bewusstsein erfüllt sein müssen: Zunächst einmal muss die entsprechende Information im Aktivitätsmuster mindestens eines neuronalen Zellverbandes repräsentiert werden. Darüber hinaus müssen bidirektionale Beziehungen zwischen diesem Zellverband und den Workspace-fähigen Neuronen bestehen, damit eine aufmerksamkeitsbasierte Verstärkungsschleife aufgebaut werden kann. Das Fehlen beider Kriterien schliesst nach Ansicht von Dehaene und Kollegen hingegen die Entstehung von Bewusstsein aus.

Davon ausgehend lassen sich drei Ebenen der Zugänglichkeit unterscheiden: So kann eine Information entweder dauerhaft unzugänglich<sup>13</sup>, potentiell zugänglich oder aktuell zugänglich sein. *Dauerhaft unzugängliche* Information hat keinerlei Verbindung zum Workspace und kann so auch nicht modulübergreifend verbreitet werden. *Potentiell zugänglich* ist eine Information hingegen dann, wenn sie prinzipiell mit dem Workspace verbunden ist, aber momentan keine Aktivierung vorliegt. Erst wenn Aufmerksamkeitsprozesse hinzukommen oder wenn das entsprechende Subset von Workspaceneuronen verstärkt aktiviert wird, kann aus der potentiell zugänglichen die *aktuell zugängliche* Information werden, welche infolgedessen bewusst ist. Dabei sehen Dehaene und Naccache (2001) den Global Neuronal Workspace als Kommunikationsprotokoll der Verschaltung der verschiedenen Hirnmodule. Die Aktivierung des Global Neuronal Workspace wird allerdings nicht als Ursache des Bewusstseins, sondern als das Bewusstsein selbst interpretiert, welches sowohl Aspekte des phänomenalen als auch des Zugangsbewusstseins umfasst (Dennett, 2001).

Unabhängig von der konkreten Ausgestaltung lässt sich das Global-Workspace-Modell zu den funktionalen Bewusstseinstheorien rechnen. Bewusstsein wird hier mit der Integration verschiedenster Informationen gleichgesetzt, wodurch Koordinations- und Kontrollprozesse unterstützt werden. Spezifische kognitive Prozesse, die auf Bewusstsein zurückgreifen, liegen in den Bereichen (Arbeits-)Gedächtnis, Problemlösen, Interaktion mit dem Selbst, intentionales Verhalten, Entscheiden, Lernen, Fehlerdetektion und -behebung, Reflexion und Monitoring, Rekombination mentaler Operationen oder Vermittlung zwischen Organisation und Flexibilität (Baars, 1988, 1996, 1997, 2003; Dehaene & Naccache, 2001; Jack & Shallice, 2001).

---

<sup>13</sup>Dies findet sich beispielsweise bei subliminalem Priming oder bei Patienten mit Hirnläsionen (Dehaene, Naccache et al., 1998; Driver & Mattingley, 1998; Weiskrantz, 1996), wo das entsprechende Wissen zwar das offene Verhalten beeinflussen kann, jedoch – da es nicht in Verbindung mit dem Workspace steht – nicht bewusst zugänglich ist.

Während die ursprüngliche Idee des Global Workspace (Baars, 1988, 1997, 2002, 2003; Baars & Franklin, 2003) den Wechsel auf eine bewusste Repräsentationsebene im Rahmen einer quantitativen Veränderung im Sinne Cleeremans (Boyer et al., 2005; Cleeremans, 2002; Cleeremans & Jiménez, 2002) interpretiert, führten Dehaene und Kollegen (Dehaene & Changeux, 2004; Dehaene & Naccache, 2001) die Idee eines *qualitativen* Wechsels innerhalb des Global-Workspace-Modells ein. Grundlage dieses qualitativen Wechsels ist ein Aufmerksamkeitsprozess, wobei allerdings unklar bleibt, wie genau dieser Prozess funktioniert bzw. welche weiteren Mechanismen der Verschiebung der Aufmerksamkeit zugrunde liegen (s. Wilbert, 2006). Eine weitere Theorie, die einen qualitativen Wechsel zwischen unbewussten und bewussten Repräsentationen postuliert, ist die Higher-Order-Thought-Theorie, die im folgenden Unterkapitel beschrieben wird.

### 2.1.3 Bewusstsein als Konsequenz eines qualitativen Repräsentationswechsels: Higher-Order-Thought-Theorien (HOT)

Higher-Order-Thought-Theorien fokussieren besonders auf die metakognitiven Aspekte bewusster Informationsverarbeitung, wodurch Bewusstsein wiederum letztlich nur durch das jeweilige Individuum selbst fassbar wird. Der wichtigste Vertreter dieser Theorierichtung, David Rosenthal (1993; 1997; Rosenthal, 2000a, 2000b, 2004; 2005), nimmt an, dass ein mentaler Zustand, ein Gedanke oder ein Gefühl gerade dadurch bewusst wird, dass sich das Individuum der Tatsache bewusst ist, dass es *selbst* sich in diesem Zustand befindet oder diesen Gedanken bzw. dieses Gefühl besitzt. Es bedarf also eines übergeordneten Gedankens (*higher order thought, HOT*)<sup>14</sup>, dessen Inhalt der mentale Zustand (bzw. der Gedanke oder das Gefühl) ist, der (bzw. das) bewusst zugänglich wird.

In diesem Sinne geht es bei HOT-Theorien um transitives Bewusstsein bzw. den intentionalen Aspekt von Bewusstheit. Rosenthal (1997, S. 741) formuliert diese Kernaussage seiner Theorie folgendermaßen:

We are conscious of something [...] when we have a thought about it. So a mental state will be conscious if it is accompanied by a thought about that states. The occurrence of such a higher order thought (HOT) makes us conscious of the mental state; so the state we are conscious of is a conscious state. Similarly, when no such HOT occurs, we are unaware of being in the mental state in question, and the state is then

---

<sup>14</sup>Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal ist hier, dass genau spezifiziert wird, dass die übergeordnete Metarepräsentation ein Gedanke ist und nicht etwa eine Wahrnehmung, Erfahrung oder Teil eines Monitoringprozesses, wie dies beispielsweise Higher-Order-Perception-(HOP)-Theorien (z. B. Lycan, 2004) annehmen.

not a conscious state. The core of the theory, then, is that a mental state is a conscious state when, and only when, it is accompanied by a suitable HOT

Das bedeutet, dass der Gedanke, was ich noch für das Abendessen im Supermarkt einkaufen muss, genau dann bewusst ist, wenn ich daran denke, dass ich über den Abendeinkauf nachdenke. Wenn ich mir dessen hingegen nicht bewusst bin, kann auch der Gedanke an den Abendeinkauf nicht bewusst werden. Insofern erachtet Rosenthal (1997) die Existenz eines HOTs sowohl als notwendig als auch als hinreichend für Bewusstsein<sup>15</sup>. Bezogen auf die von Block (1995) postulierte Unterscheidung zwischen Zugangs- und phänomenalem Bewusstsein sieht die Higher-Order-Thought-Theorie den HOT dabei als Grundvoraussetzung für das Zugangsbewusstsein. Darüber hinaus versucht sie, phänomenales Bewusstsein als zugehörige sensorische Eigenschaft des metakognitiven Inhalts von HOTs zu beschreiben und so das Problem der Qualia auf kognitive Prozesse zu reduzieren (s. Carruthers, 2007). Dabei muss der HOT selbst allerdings nicht zwangsläufig bewusst werden – dies ist zwar möglich, falls es zum ursprünglichen HOT einen übergeordneten HOT gibt – allerdings bezieht sich dies eher auf den Bereich der Selbst-Bewusstheit und ist nicht der Regelfall, da es sonst zu einem infiniten Regress nicht endender immer höher stehender HOTs käme (Dietrich, 2007; Lycan, 2004; Rosenthal, 2000a, 2005).

Kritik an Rosenthals Higher-Order-Thought-Theorie fokussiert vor allem darauf, dass sie für die Existenz von Bewusstsein die Fähigkeit zur Metakognition voraussetzt. Fraglich ist in diesem Zusammenhang, inwieweit dazu Sprachfähigkeit vorhanden sein muss. Was aber bedeutet dies für das Bewusstsein von Lebewesen, denen wir nicht beide Fähigkeiten mit Sicherheit zuschreiben können? Bedeutet dies, dass Tiere, kleine Kinder oder aber Personen mit mentaler Retardierung kein Bewusstsein besitzen? Zudem können veränderte Bewusstseinszustände (z. B. Meditation), welche nicht mit HOTs einhergehen, sich aber dennoch durch Bewusstheit auszeichnen, nicht erklärt werden (s. Dietrich, 2007, für eine Zusammenfassung). Dieser Kritik begegnet Rosenthal (1997; 2005), indem er darauf hinweist, dass HOTs nicht notwendigerweise Sprache voraussetzen und dass für HOTs ein minimales, nichtsprachliches Selbstkonzept als Referenz ausreicht, so dass “nonlinguistic beings, including human infants, might well have HOTs, and thereby be in mental states that are conscious. [Although] the HOTs of such beings would not result in their being conscious of their mental states in the rich way in which we ‘re typically conscious of ours“ (Rosenthal, 2005, S. 6). Positiv zu werten ist jedoch, dass die HOT-Theorie die Möglichkeit bietet, Qualia als sensorisches Merkmal eines HOTs zu interpretieren und so wissen-

---

<sup>15</sup>Dietrich (2007) weist allerdings darauf hin, dass empirische Befunde vielmehr nahelegen, dass ein HOT alleine noch nicht ausreichend ist für Bewusstsein, sondern dass gleichzeitig auch die ursprüngliche Repräsentation erster Ordnung, auf die sich das HOT bezieht, aktiviert sein muss.

schaftlich zu fassen. Darüber hinaus ist die Theorie erfreulich sparsam, da sie lediglich das Vorhandensein einer Metakognition als Notwendigkeit für Bewusstsein postuliert, ohne einen genauen Ort der Informationsverarbeitung oder eine kritische Schwelle spezifizieren zu müssen.

Eine Higher-Order-Thought-Theorie, die in der impliziten Lernforschung verbreitet ist, wurde von Dienes und Perner (1999; 2002a; 2002b; 2003; 2004) vorgestellt. Basierend auf dem Ansatz der *Representational Theory of Mind* (RTM, s. z. B. Aydede, 2004; Field, 1978; Pitt, 2008), gehen Dienes und Perner davon aus, dass Denken auf den Einstellungen gegenüber sprachlichen Propositionen beruht<sup>16</sup>. Repräsentationen liegt nach den Annahmen der RTM eine mentale Sprache (*Mentalesisch*) zugrunde, welche syntaktische und semantische Regelmäßigkeiten beinhaltet. Aufgrund dieser Analogie werden Anstrengungen unternommen, durch Sprachanalysen Erkenntnisse über Denken und Bewusstsein zu gewinnen.

Dabei lässt sich Bewusstsein in Dienes und Perner (1999; 2002a; 2002b; 2003; 2004) Ansatz, ähnlich wie bei Cleeremans Rahmenmodell (Boyer et al., 2005; Cleeremans, 2002; Cleeremans & Jiménez, 2002), anhand der unterschiedlichen vorhandenen Repräsentationsqualitäten abstufen. Im Gegensatz zu Cleeremans gehen Dienes und Perner jedoch bei der Bewusstwerdung nicht von einem reinen Verstärkungsmechanismus aus, sondern postulieren einen qualitativen Wechsel, da Bewusstsein das Vorhandensein von Metakognitionen voraussetzt. Denn Repräsentationen lassen sich danach unterscheiden, *was* repräsentiert wird und *welche Funktion* eine spezifische Repräsentation innehat. Daraus ergibt sich, welche Wissensstrukturen explizit repräsentiert werden und welche Teile des Wissens implizit in der Funktion oder der konzeptuellen Struktur der expliziten Repräsentation enthalten sind. Das bedeutet, “a fact is explicitly represented if there is an expression (mental or otherwise) whose meaning is just that fact; in other words, if there is an internal state whose function is to indicate that fact. Supporting facts that are not explicitly represented but must hold for the explicitly known fact to be known are implicitly represented” (Dienes & Perner, 1999, S. 736).

Darüber hinaus umfassen Repräsentationen nach Dienes und Perner (1999; 2002a; 2002b; 2003) drei Komponenten: die *Proposition* als Faktum oder (Wissens-)Inhalt, die *Einstellung* der Person zur Proposition und die *Person* selbst. Für den Satz „Ich weiß, dass die amtierende Bundeskanzlerin Angela Merkel heißt“ bedeutet dies, dass auf der Personenebene *Ich* die Person bin, die zu der Tatsache, dass *die amtierende Bundeskanzlerin Angela Merkel heißt*, eine Einstellung hat, genauer gesagt, ich *weiß* diese Tatsache. Dabei wird angenommen, dass die Proposition das ist, was repräsentiert wird, während die Einstellung sich funktional aus der Nutzung dieser Repräsentation durch die Person ergibt. Typischerweise ist nun der Inhalt des Wissens, also das bloße Faktum,

---

<sup>16</sup>Solche propositionalen Einstellungen werden durch Verben wie glauben, hoffen, wünschen, denken etc. ausgedrückt, die sich jeweils auf eine spezifische Proposition beziehen. Propositionen werden dabei als Prämissen interpretiert, denen ein Wahrheitswert zukommen kann und die zu weiteren Inferenzen herangezogen werden können.

explizit verfügbar, während das Selbst als Besitzer dieses Wissens nicht zwangsläufig explizit repräsentiert werden muss, sondern auch implizit bleiben kann.

Aus der Kombination dieser drei Komponenten der propositionalen Einstellung ergeben sich drei Fälle, in denen Wissen explizit repräsentiert werden kann: a) allein der Inhalt ist explizit repräsentiert, während Person und Einstellung implizit bleiben (*inhaltsexplizit*), b) Inhalt und Einstellung sind explizit, jedoch die Person als Besitzer der Einstellung bleibt implizit (*einstellungsexplizit*) oder c) sowohl *Inhalt* als auch *Einstellung* als auch die *Person* als Besitzer der Einstellung sind explizit (*vollständig explizit*). Diese drei Komponenten lassen sich hierarchisch anordnen, wobei der Inhalt auf der niedrigsten Stufe, die Person auf der höchsten Stufe der Bewusstheit steht. Darüber hinaus lässt sich jede der drei Komponenten noch einmal in Unterkategorien einteilen, welche ebenfalls hierarchisch geordnet sind. Ist nun eine Komponente explizit repräsentiert, dann trifft dies auch auf alle untergeordneten Komponenten zu. So bedarf es im Rahmen der Theorie der Einbindung der *Person*, um vollständig explizites Wissen zu erlangen.

Setzt man nun Bewusstsein mit vollständig explizitem Wissen gleich (Dienes & Perner, 1999, 2002a, 2002b, 2003; Wilbert, 2006), so folgt daraus, dass Bewusstsein dann resultiert, wenn Inhalt, Einstellung und das Selbst als Besitzer der Einstellung gleichzeitig explizit repräsentiert werden können. Für Bewusstsein im Rahmen des Satzes „Die amtierende Bundeskanzlerin heißt Angela Merkel“ reicht es also nicht, explizit den Sachverhalt zu repräsentieren, dass die amtierende Bundeskanzlerin Angela Merkel heißt, sondern es bedarf darüber hinaus der Repräsentation, dass dies ein Faktum ist, welches gewusst wird, und dass das Selbst Besitzer dieses Wissens ist. *Ich* (Selbst) muss also wissen, dass ich *weiß* (Einstellung), dass *die amtierende Bundeskanzlerin Angela Merkel heißt* (Faktum). Hier zeigt sich der Brückenschlag zu den HOT-Theorien, da Einstellung und Selbst letztlich metakognitives Beiwerk des repräsentierten Inhalts sind; vollständig explizites Wissen ist somit das, was Rosenthal (1993; Rosenthal, 2004; 2005) als Higher-Order-Thought bezeichnet (vgl. Dienes & Perner, 2003). Dabei nehmen Dienes und Perner sowie Carruthers (1996) an, dass es für die Entstehung von Bewusstsein letztlich ausreicht, wenn ein HOT *potenziell* explizit verfügbar ist.

Der sprachanalytische Ansatz von Dienes und Perner (1999; 2002a; 2002b; 2003; 2004) verdeutlicht so einerseits die Wichtigkeit von Sprache in Bezug auf Metarepräsentationen und Bewusstsein und mag andererseits erklären, warum die Fähigkeit zur Verbalisierung ein so weit verbreitetes Bewusstseinsmaß darstellt. Nachdem mit dem im vorherigen Kapitel vorgestellten Global-Neuronal-Workspace-Modell und den gerade beschriebenen HOT-Theorien bereits die Idee eines qualitativen Repräsentationswechsel im Zuge der Entstehung von Bewusstsein eingeführt wurde, soll nun mit der Hypothese der unerwarteten Ereignisse ein weiterer Ansatz vorgestellt werden, der einen qualitativen Repräsentationswechsel annimmt und Bewusstsein auf einer verbalen Ebene operationalisiert.



### 2.1.4 Unerwartete Ereignisse als Auslöser eines qualitativen Repräsentationswechsels

Viele der bisher beschriebenen Bewusstseinstheorien bieten zwar eine Annäherung an Bewusstsein als kognitives Phänomen, häufig gehen sie jedoch zu wenig auf die konkreten, der Bewusstwerdung einer Repräsentation zugrunde liegenden Mechanismen ein. Um eine Aussage darüber machen zu können, was Bewusstsein eigentlich ist und welche Funktion es hat, ist es allerdings essenziell, etwas über seine Entstehung und die daran beteiligten Prozesse zu wissen. Empirisch lassen sich dabei Faktoren, die möglicherweise begünstigend oder beeinträchtigend auf die Bewusstwerdung wirken, gut experimentell manipulieren, was den Erkenntnisgewinn hinsichtlich der grundlegenden Mechanismen erhöhen kann. Ein Ansatz, der stärker auf eben diese Mechanismen der bewussten Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regularität fokussiert, ist die *Hypothese der Unerwarteten Ereignisse* (UE-Hypothese, Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005, 2009; Rüniger & Frensch, 2008).

Im Mittelpunkt der UE-Hypothese stehen während der Informationsverarbeitung auftretende Konflikte (die sich beispielsweise in Form eines Reaktionskonflikts äußern können und auf Erwartungsverletzung beruhen) sowie daraus resultierende Such- und Attributionsprozesse als Ursache eines qualitativen Repräsentationswechsels. Angesiedelt ist die UE-Hypothese im Bereich impliziten Lernens (für eine ausführlichere Darstellung impliziter Lernprozesse s. Kapitel 3), welcher sich auf den Erwerb aufgabenimmanenter Regularitäten in inzidentellen Lernsituationen bezieht. Solche Regularitäten sind letztlich nichts anderes als systematische Strukturen in der Umwelt, an die der Organismus – beispielsweise durch implizites Lernen – adaptieren kann. Dabei postuliert die UE-Hypothese für inzidentelle Lernsituationen zunächst einen datengetriebenen, impliziten Lernprozess, der Einfluss auf die offene Verhaltensäußerung nehmen kann. Ein Monitoringprozess überwacht kontinuierlich das Verhalten und kann so – beispielsweise durch den impliziten Lernprozess bedingte – Veränderungen im Verhaltensfluss detektieren. Kommt es nun infolge des Einflusses impliziten Lernens auf das offene Verhalten zu einer Abweichung zwischen erwartetem und ausgeführtem Verhalten, so wird diese Diskrepanz als unerwartetes Ereignis gewertet. Konsequenz der Detektion eines unerwarteten Ereignisses ist die Initiierung eines zweiten, in diesem Fall expliziten, Prozesses, der über Hypothesentesten dem unerwarteten Ereignis eine Ursache zuschreibt (s. a. Whittlesea & Williams, 1998, 2000) und so bewusstes, verbalisierbares Wissen generiert. Dadurch kommt es zu einem qualitativen Repräsentationswechsel, da die Aufgabenrepräsentation restrukturiert werden muss.

Allerdings ist zunächst einmal nicht genauer spezifiziert, wie ein solches unerwartetes Ereignis überhaupt beschaffen ist; es genügt, dass es vom bisherigen Erleben der Person und somit von ihren Erwartungen bezüglich der Aufgabenbearbeitung abweicht. Dies kann irgendein Ereignis in der Umwelt sein, das nichts mit der gerade bearbeiteten Aufgabe zu tun hat (z. B. das Schlagen einer Tür), oder es kann mit der zugrunde liegenden Regularität zusammenhängen (z. B. ein Ge-

fühl von Vertrautheit, eine besonders schnelle Reaktion). Je nach Beschaffenheit des unerwarteten Ereignisses liegen nun manche Ursachenzuschreibungen näher als andere, d. h. unerwartete Ereignisse, die mit der aufgabenimmanenten Regularität zusammenhängen, schränken den Fokus der Hypothesentestung auf diesen Bereich ein und erhöhen somit die Wahrscheinlichkeit, dass die enthaltene Regularität auch entdeckt wird (Frensch et al., 2003). Leicht verfügbare Alternativ-erklärungen können hingegen die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung der Regularität verringern, wenn durch ihre Anwesenheit der Suchprozess gar nicht erst gestartet (da bereits eine Ursache zugeschrieben wurde) oder vorschnell (d. h. vor dem Finden der Regularität als der tatsächlichen Ursache des unerwarteten Ereignisses) beendet wird (Haider & Frensch, 2005). So konnten Haider und Frensch die Wichtigkeit des Attributionsprozesses für den Repräsentationswechsel empirisch untermauern, indem sie den Versuchspersonen entweder eine Erklärungsmöglichkeit für die unerwarteten Ereignisse nahe legten oder keinerlei Erklärung anboten. Durch diese Manipulation bestand für die Versuchspersonen, die eine Erklärung für die unerwarteten Ereignisse präsentiert bekamen, keine Notwendigkeit mehr, einen Suchprozess zu initiieren, wodurch sie signifikant weniger Verbalwissen erwarben als Versuchspersonen, denen eine Erklärungsmöglichkeit fehlte.

Ist die Regularität einmal entdeckt, so kann sie nicht nur berichtet, sondern auch intentional zur Verhaltensorientierung eingesetzt werden. Konsequenz daraus ist ein Strategiewechsel (Haider & Frensch, 1999), der sich – sofern die Regularität eine Vorhersage zukünftiger Reaktionen erlaubt und somit einen echten Performanzvorteil bietet – in einem abrupten Abfall der Reaktionszeiten (*Reaktionszeitdiskontinuität*) zeigt und als Online-Indikator für den Zeitpunkt der bewussten Gewährleistung der Regularität genutzt werden kann (Frensch et al., 2003; Haider, Eichler & Lange, im Druck; Haider & Frensch, 2005, 2009; Haider, Frensch & Joram, 2005; Haider & Rose, 2007). Dabei ist gerade diese Reaktionszeitdiskontinuität eine Besonderheit der UE-Hypothese, da Lernverläufe und eine damit einhergehende Übungsverbesserung typischerweise mit dem *Potenzgesetz der Übung* (*power law of practice*; z. B. Newell & Rosenbloom, 1981) in Verbindung gebracht werden. Das Potenzgesetz der Übung geht davon aus, dass die mit der Übung einhergehende Performanzverbesserung einer negativ beschleunigten Potenzfunktion folgt. Dies impliziert, dass die Übungsverbesserung einerseits kontinuierlich ist und andererseits zu Lernbeginn sehr viel stärker ausfällt als gegen Ende des Lernprozesses, wo sie sich irgendwann einer Asymptote nähert. Insofern werden hier die Vorstellung eines abrupten Wechsels in der Aufgabenbearbeitung (Reaktionszeitdiskontinuität im Sinne der UE-Hypothese) und einer kontinuierlichen Veränderung über die Zeit hinweg gegenübergestellt. Dies muss jedoch kein Widerspruch sein, da Haider und Frensch (2002) zeigen konnten, dass die postulierte Potenzfunktion eine Konsequenz der Datenaggregation ist, während auf Einzelpersonenebene gleichzeitig diskontinuierliche Lernverläufe gefunden werden. Die Potenzfunktion ergibt sich in diesem Fall dadurch, dass Reaktionszeitdiskontinuitäten bei verschiedenen Versuchspersonen in der Regel zu unter-

schiedlichen Zeitpunkten auftreten, so dass einzelne Diskontinuitäten durch die Mittelung über mehrere Versuchsdurchgänge sowie Versuchspersonen nicht mehr sichtbar sind. Insofern lassen sich beide Sichtweisen vereinbaren, wenngleich die Suche nach Diskontinuitäten auf Individual-ebene ein Novum darstellt.

Dass diese Reaktionszeitdiskontinuität tatsächlich etwas mit der bewussten Gewährleistung der aufgabenimmanenten Regularität zu tun hat, zeigt sich darin, dass Versuchspersonen, die direkt nach ihrem Auftreten abgebrochen und befragt werden, die Regelmäßigkeit frei verbalisieren können, während Versuchspersonen, die keine Reaktionszeitdiskontinuität aufweisen, selbst nach längerem Training nicht in der Lage sind die Regularität zu berichten (vgl. Haider & Rose, 2007). Zudem lässt sich eine Erhöhung der Reaktionszeitvarianz kurz vor der Reaktionszeitdiskontinuität als Indikator für Suchprozesse interpretieren (Frensch et al., 2003). Für einen qualitativen Strategiewechsel im Sinne einer Abkehr von einer rein stimulusbasierten Aufgabenbearbeitung zu einer Top-Down-Steuerung finden sich darüber hinaus Hinweise in Untersuchungen, die Kompatibilitätseffekte im Rahmen des Sequenzlernens verwenden. In einer Version der SRT-Aufgabe, in der auf die Bedeutung von Farbwörtern reagiert werden sollte (Haider et al., im Druck), zeigte sich unter stimulusbasierter Aufgabenbearbeitung beispielsweise ein Stroop-Effekt in Form einer Verlangsamung der Reaktionszeiten für inkongruenten Durchgänge, in denen sich das dargebotene Farbwort von seiner Druckfarbe unterschied. Im Rahmen einer räumlichen SRT-Aufgabe fand Koch (2007) einen Simoneffekt, der sich vor allem durch eine Beschleunigung der Reaktionen auf räumlich kompatible Stimuli ausdrückte. Tubau et al. (2007) konnten in einer Sequenzlernaufgabe mit nur zwei Reaktionsalternativen einen Frequenzeffekt nachweisen. Dieser Frequenzeffekt bestand darin, dass Reaktionswechsel mit deutlich schnelleren Reaktionszeiten verbunden waren als Reaktionswiederholungen, da sie häufiger in der motorischen Sequenz enthalten waren. Für Versuchspersonen mit explizitem Wissen reduzierten sich jeweils die Auswirkungen des Stroop-, Simon- bzw. Frequenzeffektes auf die Performanz im Trainingsverlauf, was nahelegt, dass diese Versuchspersonen gegen Trainingsende nicht mehr alle Eigenschaften des imperativen Stimulus berücksichtigten.

Eingebettet ist die UE-Hypothese somit in die Paradigmen des impliziten Lernens, da sie die Annahme vertritt, dass Bewusstsein typischerweise auf einem vorangegangenen impliziten Lernprozess aufsetzt. Zudem lässt sich in impliziten Lernaufgaben nicht nur implizites Lernen abbilden, sondern in solchen inzidentellen Lernsituationen sind, je nach Aufgabe, 10-70% der Versuchspersonen in der Lage, die aufgabenimmanente Regularität zu entdecken und anschließend frei zu verbalisieren (Haider & Rose, 2007). Infolgedessen stellt die UE-Hypothese die Probanden, welche in der inzidentellen Lernsituation bewusstes Regelwissen erwerben – die sogenannten *Verbalisierer* – in den Mittelpunkt ihrer Betrachtungen. Als Verbalisierer werden dabei diejenigen Versuchspersonen klassifiziert, die *spontan* die vollständige Regularität korrekt wiedergeben

können (Haider & Rose, 2007). Spontaneität ist in diesem Zusammenhang deshalb wichtig, weil allein schon die Frage nach einer Regularität die Versuchspersonen animieren könnte, Wissen über die Regularität im Nachhinein zu rekonstruieren, wodurch nicht mehr nachvollziehbar wäre, welches Wissen sie für die Steuerung ihres Verhaltens während des Trainings mit der impliziten Lernaufgabe genutzt haben. Der Anteil an Versuchspersonen, die verbalisierbares Regelwissen erwerben – die sogenannte *Verbalisiererrate* – lässt sich von der jeweiligen Aufgabenmanipulation beeinflussen. Dabei sagt die UE-Hypothese voraus, dass der Anteil an Verbalisierern durch das Auftreten unerwarteter Ereignisse erhöht werden kann. In Anbetracht dieses Befundes ist es das Ziel der UE-Hypothese, Bewusstsein und seine Entstehung mithilfe inzidenteller Lernsituationen zu untersuchen, da sich hier der Repräsentationswechsel von unbewusst nach bewusst isoliert und vor allem feinschrittig betrachten lässt. So lässt sich die Frage klären, ob es sich bei der bewussten Gewährleistung einer inhärenten Regelmäßigkeit um einen quantitativen oder einen qualitativen Repräsentationswechsel handelt, und inwieweit sich Faktoren identifizieren lassen, die die bewusste Gewährleistung einer Information begünstigen. Denn solche Determinanten von Bewusstsein lassen wiederum Rückschlüsse auf die dem Bewusstsein zugrunde liegenden Mechanismen zu.

Festzuhalten bleibt jedoch, dass es bislang keine breit akzeptierte Theorie gibt, die Bewusstsein erklären kann und konkrete Vorhersagen hinsichtlich der grundlegenden Mechanismen der Bewusstwerdung einer Repräsentation erlaubt, anstatt lediglich Bewusstsein als Phänomen zu beschreiben. Zudem ist die Erforschung des Bewusstseins – nicht zuletzt wegen seiner Subjektivität – mit diversen Schwierigkeiten behaftet. Eine Möglichkeit, sich diesem Problem anzunähern, liegt, wie eben beschrieben, in der impliziten Lernforschung. Diese möchte genau das Gegenteil, nämlich Lernen *ohne Bewusstsein*, untersuchen. Dazu muss jedoch implizites Wissen von explizitem Wissen unterschieden werden können. In diesem Zuge wurden verschiedenste Maße entwickelt, um bewusstes Wissen möglichst genau erfassen zu können. Darüber hinaus werden implizite und explizite Prozesse einander gegenübergestellt und verglichen, so dass über diesen Weg durchaus auch neue Erkenntnisse über Bewusstsein gewonnen werden können. In eine andere Kerbe schlagen Haider und Rose (2007), die implizite Lernaufgaben aufgrund ihres inzidentellen Charakters als ideale Situation sehen, um die Dynamik der bewussten Gewährleistung einer aufgabenimmanenten Regelmäßigkeit nachvollziehen zu können. Da der Bereich des impliziten Lernens einige Vorteile für die Erforschung des Bewusstseins bietet und infolgedessen die Experimente der vorliegenden Arbeit auf einer impliziten Lernaufgabe basieren, soll zunächst das Gebiet der impliziten Lernforschung vorgestellt werden. Dazu wird zum einen implizites Lernen definiert und näher beschrieben, anschließend werden gängige Forschungsparadigmen erläutert und zu guter letzt Schwierigkeiten genannt, die sich bei der Untersuchung impliziten Lernens ergeben.

### 3 Implizites Lernen

Ende der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts tauchte der Begriff des impliziten Lernens erstmals in der Literatur auf, um den Prozess des Erwerbs intuitiven Wissens über eine komplexe Stimulusumgebung zu charakterisieren (Reber, 1989). Dabei postuliert Reber implizite Prozesse als generelle und universelle Basisprozesse, die jeglicher Form abstrakten automatischen Wissens zugrunde liegen und die ohne den Einsatz bewusster oder reflektiver Lernstrategien auskommen.

So ist implizites Lernen per definitionem *inzidentell* (z. B. Dienes & Berry, 1997) und lässt sich zudem als Prozess beschreiben, “whereby a complex, rule-governed knowledge base is acquired largely independently of awareness of both the process and the product of the acquisition.” (Reber, Walkenfeld & Hernstadt, 1991, S. 888). Diese Definition beinhaltet, dass Probanden etwas lernen, ohne a) die Intention zu haben, dies zu tun, und b) ohne dass sie sich dessen bewusst wären – sie haben weder Wissen über den Erwerb noch den Inhalt des Gelernten (s. a. Jiménez & Méndez, 2001). Dennoch lässt sich in typischen Experimenten zum impliziten Lernen (z. B. Berry & Broadbent, 1984; Lewicki, 1986; Nissen & Bullemer, 1987; Reber, 1967) nachweisen, dass das Verhalten der Versuchspersonen von dem Gelernten beeinflusst wird; beispielsweise indem sich Performanzvorteile oder Präferenzen für regelhaftes Material gegenüber regelwidrigem Material ergeben. Diese Definition zeigt jedoch, dass der Begriff *implizit* für zwei verschiedene Fälle verwendet wird: Zum einen bezeichnet er die Art der *Gedächtnisrepräsentation*, die durch den Lernprozess gebildet wird, zum anderen charakterisiert er den Lernprozess selbst im Sinne eines *automatischen* Prozesses (Perruchet & Amorim, 1992; Perruchet & Pacteau, 1991). Der Begriff „automatisch“ impliziert dabei, dass der entsprechende Prozess wenig bis keine Aufmerksamkeitsressourcen beansprucht und nicht intentionaler Kontrolle unterliegt, während die Beschreibung einer Gedächtnisrepräsentation als implizit eher an der Frage nach der *bewussten Zugänglichkeit* dieser Repräsentation rührt (Perruchet & Pacteau, 1991). Diese Doppeldeutigkeit erfordert jedoch eine Trennung beider Fälle, da fraglich ist, inwieweit automatisches Wissen bewusst ist. Beispielsweise kann es durchaus vorkommen, dass eine Fertigkeit (z. B. Auto fahren) zunächst intentional gelernt wird, das erworbene Wissen jedoch, nachdem es automatisiert wurde, nicht (mehr) bewusst abgerufen werden kann, da es in prozeduralisierter Form vorliegt (s. hierzu z. B. Anderson, 2001). Darüber hinaus geht auch Cleeremans (2002; Cleeremans & Jiménez, 2002) in seinem Netzwerkmodell davon aus, dass sich automatische Repräsentationen einer bewussten Kontrolle entziehen, weil ihre Repräsentationsqualität so stark ist, dass sie außerhalb des Bewusstseins existieren können. Allerdings impliziert dies, dass die Repräsentationen vorher einmal bewusst waren, bevor sie zu stark wurden, während implizite Repräsentationen im Rahmen dieses Modell zu schwach sind, um bewusst zugänglich zu werden. In jedem Fall erschwert

die mangelnde Abgrenzung des Begriffs „automatisch“ eine präzise Definition impliziten Lernens und mag Anlass für die Fülle unterschiedlicher Annahmen in diesem Bereich sein.

Auch wenn bislang Uneinigkeit bezüglich der spezifischen Eigenschaften impliziter Lernprozesse herrscht, so gibt es doch einige Gemeinsamkeiten verschiedener Ansätze. So zählt Koch (2002) mit den Faktoren Inzidentalität, Aufmerksamkeit und potentielle Unbewusstheit drei einstimmig genannte Merkmale impliziten Lernens auf. Wie bereits angemerkt ergibt sich die *Inzidentalität* zwangsläufig aus der Definition impliziten Lernens, da jeder Hinweis darauf, dass die Versuchsperson sich in einer Lernsituation befindet, natürlich dazu führt, dass sich die Versuchsperson des Lernprozesses bzw. des Lernproduktes bewusst ist. Damit wäre aber ein wichtiges Kriterium für die Existenz impliziten Lernens (nämlich die Nichtbewusstheit dieser Tatsache) nicht mehr erfüllbar. Bezüglich inzidenteller Lernsituationen ist jedoch umstritten, inwieweit sich implizites und explizites Lernen qualitativ unterscheiden. Whittlesea und Dorken (1993) führen in diesem Zusammenhang vier mögliche Fälle an, in denen inzidentelles Lernen implizit bleiben kann, ohne einen qualitativ differenzierbaren impliziten Lernprozess annehmen zu müssen. Dabei wird Wissen 1) dann bewusst, wenn die Aufmerksamkeit einer Person beispielsweise durch den Aufgabenkontext auf dieses Wissen gelenkt wird. Inzidentelle Lernsituationen begünstigen implizites Lernen dadurch, dass sie die Aufmerksamkeit nicht auf dieses Wissen ausrichten. Darüber hinaus ist 2) die Anwendbarkeit inzidentellen Lernens außerhalb des Labors begrenzt, da eine Person zum Lernzeitpunkt nicht weiss, dass dieses Wissen Relevanz für spätere Situationen besitzt, und weil Oberflächenunterschiede oder scheinbare Zusammenhanglosigkeit eine Übertragung des Wissens auf andere Situationen erschweren. Zudem muss 3) auch bei bewusstem Wissen erst erkannt werden, dass dieses für die aktuelle Situation bedeutsam ist, um sich darüber bewusst sein zu können, aufgabenrelevantes Wissen zu besitzen. Ist der Zusammenhang zwischen vorhandenem Wissen und Aufgabenanforderung nicht klar, kann in diesem Fall das Ausmaß an bewusstem Wissen unterschätzt werden. Zu guter letzt mag es sein, dass 4) der Einfluss bewussten Wissens auf weitere Aktivitäten unbewusst (z. B. im Sinne eines Erleichterungseffekts) ist.

Neben der Inzidentalität geht man gemeinhin davon aus, dass implizites Lernen *weniger Aufmerksamkeitsressourcen* erfordert als explizites Lernen (s. Hsiao & Reber, 1998 für eine Übersicht), wobei jedoch unterschiedliche Ansichten darüber existieren, ob bzw. in welchem Maße Aufmerksamkeit an impliziten Lernprozessen beteiligt ist. So konnten Jiménez und Méndez (1999) zeigen, dass Stimuluseigenschaften im Rahmen der Aufgabenbearbeitung zumindest mit Aufmerksamkeit bedacht werden müssen, um implizit gelernt werden zu können. Andererseits weisen die Arbeiten von Frensch, Lin und Buchner (1998) darauf hin, dass durch die Zweitaufgabe vornehmlich die *Nutzung* des Wissens beeinträchtigt wird und nicht Sequenzlernen per se, was für die Möglichkeit eines aufmerksamkeitsunabhängigen Lernprozesses spricht. Vereinbaren lassen sich beide Sicht-

weisen durch das Rahmenmodell von Curran und Keele (1993), welches zwei Lernsysteme anhand ihrer Arbeitsweise unterscheidet. Während das modalitätsübergreifende System attentional arbeitet und nur dann zur Verfügung steht, wenn genügend Aufmerksamkeitsressourcen zur Verfügung stehen, kann das unidimensionale System auch bei verringerter Aufmerksamkeit (z. B. durch eine Zweitaufgabe) weiterarbeiten, indem es einfache Assoziationen zwischen ähnlichen Reizen bildet.

Ein Punkt, der relativ umstritten ist, ist die Frage, inwieweit das Lernen tatsächlich *unbewusst* bleibt. Während einige Autoren (z. B. Haider & Frensch, 2005; Keele, Ivry, Mayr, Hazeltine & Heuer, 2003; Reber, 1989) zumindest die Möglichkeit einräumen, dass dies möglich ist, lehnen andere Autoren (z. B. Perruchet & Vinter, 2002; Shanks & St. John, 1994) diese Idee konsequent ab. Kapitel 4 gibt einen Überblick über diese gegensätzlichen Positionen. Reber (1989) versucht beide Sichtweisen zu versöhnen, indem er darauf hinweist, dass „although much of what is acquired may eventually be made available to conscious expression, what is held or stored exceeds what can be expressed“ (S. 231). Das bedeutet, er postuliert eine Diskrepanz zwischen erworbenem und verbalisierbarem bzw. bewusst zugänglichem Wissen, so dass zumindest ein Teil des Wissens als unbewusst deklariert werden kann.

Im Folgenden sollen nun zum einen die üblicherweise verwendeten Paradigmen, typische Befunde sowie ihre Implikationen (Kapitel 3.1) beschrieben werden, wobei die in der vorliegenden Arbeit verwendete Serielle Reaktionszeitaufgabe eine prominente Stellung einnimmt (s. Kapitel 3.1.1). Anschließend werden Spezifika impliziter Lernprozesse aus Sicht unterschiedlicher Forschungsansätze dargestellt, wobei auch die Dissoziierung impliziter und expliziter Lernprozesse eine wesentliche Rolle spielt.

### 3.1 Paradigmen zur Untersuchung impliziten Lernens

Da Reber (1967) der erste war, der den Begriff des impliziten Lernens in die moderne Bewusstseinsforschung einbrachte, stammt das erste Forschungsparadigma in diesem Bereich aus seiner Feder. Er erachtete die Verwendung neuartiger synthetischer Systeme, die aus willkürlich geformten Stimuli bestehen und komplexe, idiosynkratische Strukturen besitzen, als essentiell, um die Fähigkeit der Probanden, tieferes Wissen über eben diese Strukturen zu erwerben, zu erfassen. Untersucht wurden implizite Lernprozesse deshalb zunächst im Rahmen des Erwerbs *künstlicher Grammatiken* (z. B. Dienes, Broadbent & Berry, 1991; Reber, 1967, 1969, 1976; bzw. s. Reber, 1989 für einen Überblick; Reber & Allen, 1978; Reber, Kassin, Lewis & Cantor, 1980; Reber et al., 1991). In den entsprechenden Experimenten erhalten die Versuchspersonen in einer Akquisitionphase Gelegenheit, inzidentell Wissen über die zugrunde liegende Struktur einer künstlichen Grammatik zu erwerben. Dazu werden ihnen – beispielsweise im Rahmen einer Gedächtnisaufgabe – Buchstabenketten dargeboten, die nach den Regeln der zu erlernenden Grammatik gene-

riert wurden. Wichtig ist, dass sich die Probanden in einer inzidentellen Lernsituation befinden und somit *nicht wissen*, dass eine solche Struktur überhaupt existiert. So werden sie beispielsweise nur instruiert, sich die einzelnen Buchstabenfolgen für einen späteren Gedächtnistest einzuprägen.

Häufig werden in diesem Zusammenhang sogenannte *Finite-State*-Grammatiken verwendet, um die Buchstabenfolgen zu konstruieren. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass Anfangs- und Endpunkt klar definiert sind, während der Rest der Buchstabenkette weitgehend variabel ist, wobei jedoch die erlaubten Übergänge zwischen den Buchstaben durch die Grammatik reguliert werden. Dadurch lassen sich Buchstabenketten unterschiedlicher Länge erstellen. Vorteil dieses Vorgehens ist, dass sich mithilfe solcher Grammatiken eine Vielzahl mathematisch nachvollziehbarer Buchstabenfolgen generieren lässt, die einer klaren probabilistischen Struktur folgen und ausreichend komplex sind, um gleichzeitig implizites Lernen zu begünstigen und den expliziten Erwerb der Grammatik zu unterbinden<sup>17</sup> (vgl. Reber, 1989). Das inzidentell erworbene Wissen über die zugrunde liegende Grammatik wird in der Regel in einer anschließenden Testphase erfasst. Dabei sind Probanden beispielsweise in der Lage, neue Buchstabenfolgen, die jedoch der Grammatik entsprechen, und solche, die mindestens eine grammatikimmanente Regel verletzen, zu diskriminieren (Reber, 1967), ohne dass sie die der Grammatik zugrunde liegenden Regeln korrekt angeben könnten.

Eine ähnliche Dissoziation zwischen Performanz und explizit verbalisierbarem Wissen findet sich in den Untersuchungen von Broadbent und Kollegen (Berry & Broadbent, 1984, 1987, 1988; Broadbent & Aston, 1978; Broadbent, Fitzgerald & Broadbent, 1986), die sich mit der *Kontrolle komplexer Systeme* befassen. In den einschlägigen Studien agieren die Versuchspersonen beispielsweise in einer Simulation des Britischen Wirtschaftssystems, indem sie Inputvariablen wie Regierungsausgaben, Eingangssteuersatz und Erhöhung des Aktienkapitals manipulieren, um einen vorgegebenen Wert auf einer Outputvariablen zu erzielen. Als Indikatoren dienen ihnen die Rückmeldungen über Inflationsrate, Bruttosozialprodukt, Import- und Exportbilanz sowie die Arbeitslosenquote. In einer anderen Aufgabe finden die Probanden sich in der Rolle des Managers einer Zuckerfabrik wieder, wobei über die Beeinflussung der Löhne, der Anzahl der Arbeiter etc. ein bestimmter Produktionsstandard gehalten werden soll. Unabhängig von der verwendeten Aufgabe zeigt sich übereinstimmend, dass die Versuchspersonen, obschon sie in der Lage sind, das System adäquat zu handhaben, nur ein geringes Ausmaß verbalisierbaren Wissens besitzen.

Neben diesen beiden klassischen Aufgaben impliziten Lernens existieren noch weitere Paradigmen, die einer ähnlichen Logik folgen, auf die an dieser Stelle jedoch nicht näher eingegangen

---

<sup>17</sup>Dies zeigt sich auch darin, dass Probanden, die vor der Trainingsphase explizit instruiert wurden (Reber, 1976) nach einer entsprechenden grammatikalischen Struktur zu suchen, im anschließenden Test schlechter abschnitten als nicht informierte Probanden.



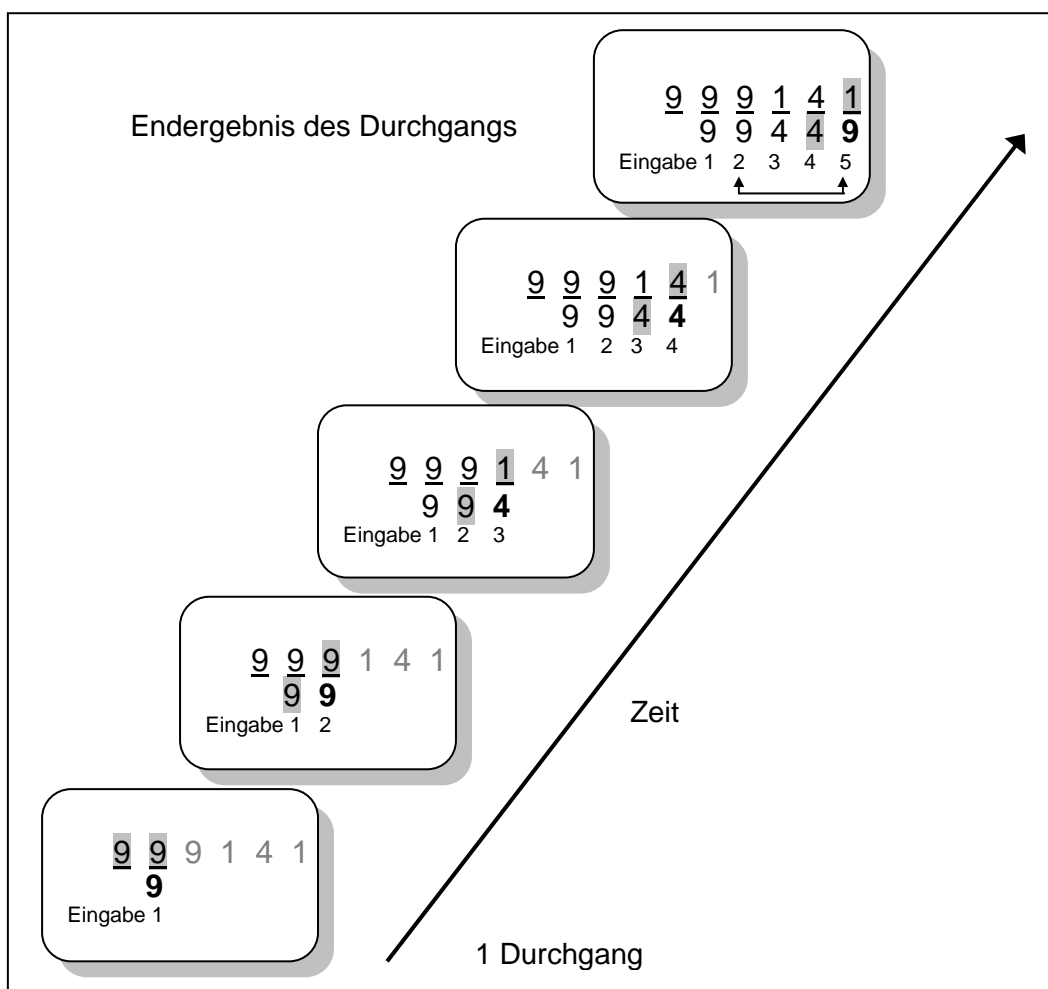
werden kann. Stattdessen soll mit der *Zahlenreduktionsaufgabe* (*number reduction task*, NRT; z. B. Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005, 2009; Haider & Rose, 2007; Rose et al., 2002; Rose, Haider, Weiller, & Büchel, 2004) eine inzidentelle – und somit prinzipiell implizite – Lernaufgabe vorgestellt werden, die jedoch primär zur Untersuchung der Entstehung expliziten Wissens eingesetzt wird. In dieser Aufgabe erhalten die Versuchspersonen sechsstellige Zahlenketten, die aus den Ziffern 1, 4 und 9 gebildet werden (z. B. 999141). Diese sollen paarweise mittels einer von zwei Produktionsregeln kombiniert werden, so dass sich eine zweite fünfstellige Zahlenkette als Antwort ergibt. Abbildung 2 stellt einen typischen Versuchsdurchgang der NRT dar.

Relevant ist für jeden Durchgang das Endergebnis der Antwortkette, welches mit der ENTER-Taste bestätigt werden soll. Die Produktionsregeln unterscheiden sich danach, welche Ziffern in das aktuelle Ziffern paar eingehen; die *Gleichheitsregel* legt fest, dass zwei gleiche Ziffern diese (doppelt) eingehende Ziffer als Ergebnis ergeben (d. h. 11 ergibt 1, 44 ergibt 4 und 99 ergibt 9), während die *Unterschiedsregel* besagt, dass das Ergebnis zweier unterschiedlicher Ziffern der dritten verbleibenden Ziffer entspricht (z. B. 14 ergibt 9, 49 ergibt 1 oder 91 ergibt 4). Dabei wird das erste Paar aus den ersten beiden Ziffern der Stimuluskette gebildet, während alle übrigen Vergleiche zwischen dem letzten berechneten Ergebnis und der jeweils nächsten Ziffer aus der Stimuluskette stattfinden. Dabei kann je nach Fragestellung variiert werden, ob den Versuchspersonen die gesamte Zahlenkette oder jeweils nur das aktuelle Paar präsentiert wird. Diesem Umstand wird in der Abbildung dadurch Rechnung getragen, dass die Ziffern der Stimuluskette, die bislang noch nicht präsentiert wurden, grau gedruckt sind, während das jeweils aktuelle Ziffern paar grau hinterlegt ist.

In dem in Abbildung 2 enthaltenen Beispiel sollen zunächst die ersten beiden Ziffern der Stimuluskette, also 99, verglichen werden, die nach der Gleichheitsregel 9 ergeben. Im Folgenden wird diese erste Eingabe (9) mit der dritten Ziffer der Stimuluskette (9) kombiniert, was wiederum 9 ergibt. Dieses Ergebnis (9) wird dann mit der vierten Ziffer der Stimuluskette (1) verrechnet, was nach der Unterschiedsregel 4 ergibt. Dieses Ergebnis (4) wird dann mit der fünften Ziffer der Stimuluskette (4) verglichen und das Ergebnis dieses Vergleichs (4) ergibt zusammen mit der letzten Ziffer der Stimuluskette (1) das fünfte und letzte Ergebnis des aktuellen Durchgangs – in diesem Fall 9.

Die Versuchspersonen werden instruiert, das Ergebnis, welches sie für das Endergebnis halten, mit der ENTER-Taste zu bestätigen. Inzidentell ist diese Aufgabe deshalb, weil die Versuchspersonen nicht wissen, dass die vorgegebenen Zahlenketten regelhaft konstruiert sind, so dass die zu tätigen Eingaben immer derselben abstrakten Struktur XYZZY folgen. Das bedeutet, dass die ersten drei Eingaben jeweils zufällig variieren können, während die vierte und fünfte Eingabe jeweils determiniert sind, da sie die dritte bzw. die zweite Antwort spiegeln. Das bedeutet, dass die vierte Antwort immer mit der dritten Antwort identisch ist und die fünfte

Antwort immer der zweiten Antwort entspricht. Da die Aufgabe der Versuchsperson darin besteht, das jeweilige Endergebnis mit der ENTER-Taste zu bestätigen, besteht hier prinzipiell die Möglichkeit, die Aufgabenbearbeitung abzukürzen, indem die Versuchsperson bereits die zweite Eingabe mit ENTER bestätigt, sofern sie die zugrunde liegende Regularität erkannt hat. Andererseits können Probanden, die die Regularität entdeckt haben, ihre Reaktionen auf die beiden determinierten Eingaben erheblich beschleunigen. D. h. die Beschleunigung geht über einen reinen Übungseffekt, der sich auch für nichtdeterminierte Eingaben im Trainingsverlauf zeigt, hinaus. Hier findet sich auch die von der UE-Hypothese postulierte Reaktionszeitdiskontinuität, die einen Strategiewechsel – in diesem Fall die Nutzung des Regelwissens zur Antizipation der determinierten Eingaben – indiziert.



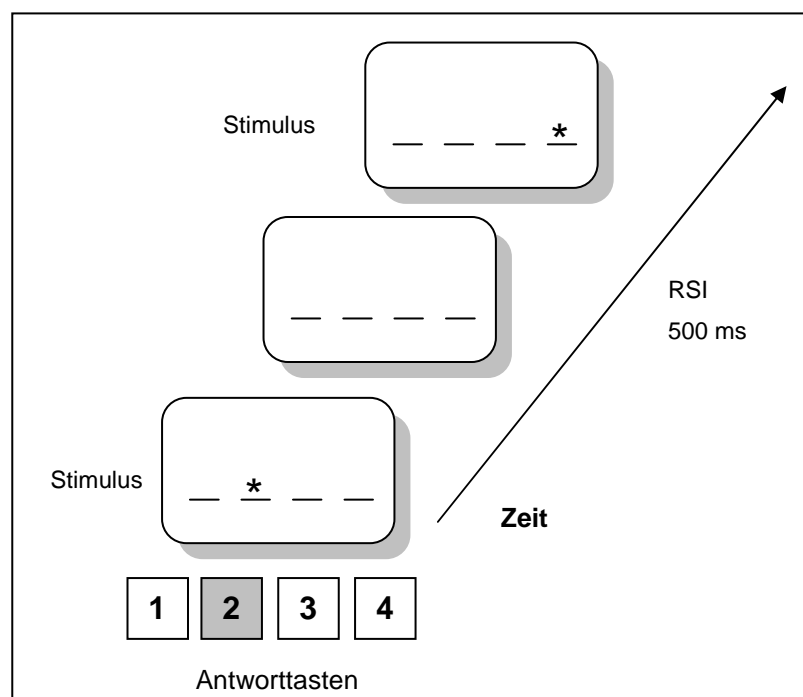
**Abbildung 2:** Ein Durchgang der Zahlenreduktionsaufgabe (NRT). Eine sechsstelligen Zahlenkette wird im Verlauf eines Durchgangs paarweise (grau unterlegt) sukzessiv bearbeitet, woraus sich eine Ergebniskette aus fünf Eingaben (jeweils fett gedruckt) ergibt. Der Durchgang ist beendet, wenn das Endergebnis mit der ENTER-Taste bestätigt wurde. Die aufgabenimmanente Regularität führt dazu, dass sich zweite und fünfte Eingabe immer entsprechen.

Nachdem nun einige implizite bzw. inzidentelle Lernparadigmen vorgestellt wurden, widmet sich das folgende Unterkapitel der Seriellen Reaktionszeitaufgabe. Diese zählt mittlerweile neben

den künstlichen Grammatiken zu den am weitesten verbreiteten Paradigmen in der impliziten Lernforschung und bildet auch die Grundlage der vorliegenden Arbeit.

### 3.1.1 Die Serielle Reaktionszeitaufgabe

Heutzutage existiert die 1987 von Nissen und Bullemer erstmals vorgestellte Serielle Reaktionszeitaufgabe (serial reaction time task, SRT-Aufgabe) in verschiedenen Abwandlungen und ist aus der Erforschung impliziten Lernens kaum noch wegzudenken. In der Originalversion handelt es sich bei der SRT-Aufgabe um eine räumlich-visuelle Aufgabe, bei der in jedem Durchgang ein Stimulus (z. B. ein Sternchen) an einer von vier horizontal angeordneten Positionen erscheint (s. Abbildung 3). Diese vier Positionen sind vier jeweils räumlich korrespondierenden Antworttasten zugeordnet. Aufgabe der Versuchsperson ist es nun, möglichst schnell per Tastendruck anzugeben, an welcher Position sich der Stimulus im jeweiligen Durchgang befindet. Erst wenn die korrekte Antwort gegeben wurde, wird der Stimulus ausgeblendet. Nach einem *Response-Stimulus-Intervall (RSI)* von 500 ms erscheint jeweils der nächste Stimulus.



**Abbildung 3:** Die Serielle Reaktionszeitaufgabe. Darstellung des Versuchsablaufs in der räumlich-visuellen Originalversion der Aufgabe. Aufgabe der Versuchsperson ist es, per Tastendruck anzugeben, an welcher Position sich der aktuelle Stimulus befindet. Nach Ablauf des RSIs (Response-Stimulus-Intervall) erscheint jeweils der nächste Stimulus.

Was die Versuchsperson jedoch nicht weiß, ist, dass der Stimulus nicht willkürlich an den verschiedenen Positionen erscheint, sondern einer festen Sequenz folgt. Bezeichnet man die Positionen von links nach rechts mit den Ziffern von 1 bis 4, so ergibt sich die folgende zehnstellige, von Nissen und Bullemer (1987) verwendete Positionssequenz 4-2-3-1-3-2-4-3-2-1. Da Antwort-

positionen und Antworttasten einander fest zugeordnet sind, spiegelt sich diese Sequenz auch in den motorischen Antworten der Versuchsperson wider. Dabei bietet das (implizite oder explizite) Wissen um diese Sequenz einen Performanzvorteil, da die Versuchsperson die jeweils nächste Stimulusposition bzw. die jeweils erforderliche Antworttaste antizipieren und dadurch ihre Reaktionen beschleunigen kann.

Zur Beantwortung der Frage, inwieweit Probanden in einer inzidentellen Lernsituation überhaupt Wissen über die versteckte Sequenz erwerben, macht man sich diese Tatsache zunutze. Als Indikator für erworbenes Sequenzwissen dienen dabei Reaktionszeitunterschiede zwischen Aufgabenmaterial, das eine Sequenz enthält, und Zufallsmaterial<sup>18</sup>. Dies kann beispielsweise über verschiedene Versuchsbedingungen realisiert werden, indem eine Bedingung mit Sequenz-, die andere mit Zufallsmaterial trainiert wird. Sequenzwissen äußert sich hierbei darin, dass mit Sequenzmaterial trainierte Versuchspersonen deutlich schneller reagieren als Versuchspersonen, die mit Zufallsmaterial trainiert werden, obwohl sich auch bei letzteren ein Übungseffekt im Umgang mit dem Aufgabenmaterial einstellt (z. B. Nissen & Bullemer, 1987; Willingham, Nissen & Bullemer, 1989). Häufig wird Sequenzwissen jedoch erfasst, indem die Versuchspersonen gegen Ende des SRT-Trainings von der regulären Sequenz auf eine Zufallssequenz transferiert werden. In diesem Fall zeigt sich vorhandenes Sequenzwissen in einer Verlangsamung der Reaktionszeiten auf das Zufallsmaterial (z. B. Hartman, Knopman & Nissen, 1989; Nissen & Bullemer, 1987).

Bei letzterem Vorgehen wird das Zufallsmaterial in der Regel im vorletzten Trainingsblock präsentiert, während der letzte Block wiederum die ursprüngliche Sequenz enthält. Typischerweise ist der bereits erwähnte Anstieg in den Reaktionszeiten lokal begrenzt auf den Zufallsblock und verschwindet im letzten Block mit Wiedereinsetzen der regulären Sequenz wieder. Zur Wissenserfassung wird häufig die Reaktionszeitdifferenz zwischen dem Sequenzblock direkt vor Einführung des Zufallsblocks und dem Zufallsblock bzw. zwischen dem Mittelwert der beiden umschließenden Sequenzblöcke und dem Zufallsblock als Punktzahl interpretiert, um den so attestierten Lernerfolg zu quantifizieren. Als implizit wird das in diesem Performanzmaß erfasste Sequenzwissen dann gewertet, wenn in einem nachfolgenden Bewusstheitsmaß kein explizites Wissen generiert werden kann.

Prinzipiell lässt sich die SRT-Aufgabe in unterschiedlichen Formen realisieren, wobei variiert werden kann, ob die Sequenz in den Stimuli oder den erforderlichen Reaktionen liegt, welche Sinnesmodalität angesprochen wird oder wie komplex die aufgabenimmanente Sequenz ist. So lassen sich Sequenzen danach klassifizieren, wie viele Elemente notwendig sind, um ein zukünftiges Element vorhersagen zu können (Heuer & Schmidtke, 1996; Reed & Johnson, 1994). Bei

---

<sup>18</sup>Zur Erstellung des Zufallsmaterials werden die Stimuli allerdings nicht vollkommen zufällig generiert, sondern ihre Abfolge unterliegt gewissen Beschränkungen, beispielsweise der Bedingung, dass ein Stimulus im nachfolgenden Durchgang nicht wiederholt werden darf. In diesem Zusammenhang spricht man auch von *Pseudozufallsmaterial*.

eindeutigen bzw. Sequenzen erster Ordnung (*first-order conditional*, FOC) lässt sich jedes Element auf Basis seines unmittelbaren Vorgängers antizipieren, während in ambigen Sequenzen für jedes Element zwei (Sequenzen zweiter Ordnung, *second-order conditional*, SOC) oder mehr (Sequenzen höherer Ordnung) mögliche Nachfolger existieren, so dass mindestens zwei (oder mehr) Elemente bekannt sein müssen, um eine Vorhersage treffen zu können. Als *Hybridsequenzen* bezeichnet man solche Sequenzen, die sowohl eindeutige als auch ambige Sequenzübergänge enthalten, so dass es mindestens einen Übergang erster und mindestens einen Übergang zweiter (oder höherer) Ordnung gibt.

Auch wenn die serielle Reaktionszeitaufgabe mittlerweile zum Standardrepertoire der impliziten Lernforschung gehört, so hat sie dennoch mit einigen Kritikpunkten zu kämpfen, die gerade die verwendeten Sequenzen betreffen. So wurde in früheren Arbeiten (Nissen & Bullemer, 1987; Willingham et al., 1989) häufig eine zehnstellige Sequenz (4-2-3-1-3-2-4-3-2-1) verwendet, in der die vier Stimuli unterschiedlich häufig vorkommen. Verbunden mit dem Befund, dass die Performanz in der SRT-Aufgabe sensitiv ist für die statistischen Zusammenhänge zwischen aufeinanderfolgenden Durchgängen (Reed & Johnson, 1994), kann ein gefundener Reaktionszeitvorteil für sequenzhaftes gegenüber Zufallsmaterial nicht per se als Hinweis auf Sequenzwissen gedeutet werden. Genauso gut lässt sich ein solcher Reaktionszeitvorteil durch die verzerrte Häufigkeitsverteilung der einzelnen Stimuli erklären, da diese auch ohne konkretes Sequenzwissen eine Vorhersage der häufigsten und somit wahrscheinlichsten Stimuli erlaubt (Jackson & Jackson, 1995; Shanks & St. John, 1994). Um dieser Verzerrung Rechnung zu tragen, bietet sich die Verwendung einer Pseudozufallssequenz an, die die Häufigkeitsverteilung der originären Sequenz abbildet, so dass eine adäquate Häufigkeitskontrolle gewährleistet ist. Shanks, Green und Kolodny (1994) setzten in ihrer Untersuchung eine solche Pseudozufallssequenz ein und fanden für Probanden ohne bewusstes Wissen keinen Unterschied zwischen einer Pseudozufallsbedingung und einer Sequenzbedingung. Probanden, die mit einer Zufallssequenz ohne Häufigkeitskontrolle trainiert worden waren, reagierten hingegen deutlich langsamer. Shanks und St. John (1994) werten dies als Hinweis darauf, dass bisher gefundene Reaktionszeitunterschiede zwischen sequenzhaftem und Zufallsmaterial eher einen auf den Stimulushäufigkeiten basierenden Antwortbias als tatsächliches Sequenzwissen reflektieren. Bei Verwendung einer zwölfstelligen Sequenz (z. B. Destrebecqz & Cleeremans, 2001; Fu, Fu & Dienes, 2008; Wilkinson & Shanks, 2004), die eine Gleichverteilung der vier Stimuli ermöglicht, wird dieses Argument jedoch obsolet.

Neben der Kritik an den einzelnen Paradigmen der impliziten Lernforschung, finden sich jedoch noch weitere Kritikpunkte, die sich auf den Forschungsbereich impliziten Lernens als Ganzes beziehen. Diese betreffen hauptsächlich die Frage, inwieweit sich implizites Wissen überhaupt nachweisen lässt. Typischerweise wird dieser Nachweis über die Dissoziierung impliziten und expliziten Wissens versucht; die damit einhergehenden Schwierigkeiten werden im folgenden

Unterkapitel beschrieben. Voraussetzung für eine solche Dissoziierung impliziten und expliziten Wissens ist die Annahme (mindestens zweier) distinkter Lernsysteme, die den jeweiligen Wissensformen zugrunde liegen. Kapitel 4 stellt in diesem Zusammenhang verschiedene Ansätze vor, die diese Lernsysteme charakterisieren und zueinander in Beziehung setzen. Fernerhin hängt der Erfolg der Dissoziierung von der jeweiligen Operationalisierung der Messung expliziten Wissens ab, weshalb die spezifischen Vor- und Nachteile der einzelnen Testverfahren genauer in Kapitel 4.2.1 behandelt werden.

### 3.2 Probleme der Untersuchung impliziten Lernens

Um die Existenz impliziten Wissens nachzuweisen, muss gezeigt werden können, dass die Probanden dieses Wissen einerseits erworben haben bzw. in der Lage sind, es zu nutzen, sich andererseits jedoch nicht bewusst sind, dass sie dieses Wissen überhaupt besitzen. Es geht also letztlich um eine Dissoziierung von Lernen und Bewusstheit (oder implizitem und explizitem Wissen), wobei häufig verschiedene Maße zur Erfassung beider Konstrukte verwendet werden. Das Problem dieses Vorgehens besteht nach Shanks und St. John (1994) darin, dass es eine recht enge Definition impliziten Lernens zugrunde legt, da sie zwingend nahelegt, dass Lernen und Bewusstheit auch trennscharf erfasst werden können.

Deshalb schlagen Shanks und St. John (1994) zwei Kriterien vor, um Lernen (z. B. die Performanz zu einem früheren Zeitpunkt) und die Erfassung von Bewusstheit (z. B. die freie Verbalisierbarkeit des Gelernten zu einem späteren Zeitpunkt) dissoziieren zu können. Dabei wird mit dem *Informationskriterium* die Übereinstimmung zwischen der Information, welche die Veränderung in der Performanz bedingt, und derjenigen Information, die durch das Bewusstheitsmaß erfasst wird, berücksichtigt. Nichtbewusstheit der gelernten Information, welche das Verhalten nachweislich beeinflusst, kann nur dann angenommen werden, wenn gewährleistet ist, dass die im Bewusstheitsmaß erfasste Information *genau dieselbe* Information ist, die auch für die Verhaltensänderung verantwortlich ist. Somit geht es hierbei um die Validität der Dissoziierung. Das zweite Kriterium ist das *Sensitivitätskriterium*, welches bereits früher in der Literatur (s. z. B. Eriksen, 1960; Reingold & Merikle, 1988) Erwähnung fand. Dieses Kriterium soll der Tatsache Rechnung tragen, dass unbewusstes Wissen nur dann angenommen werden darf, wenn der zur Erfassung bewussten Wissens verwendete Test dieses Wissen auch (vollständig) erfassen kann (Shanks & St. John, 1994). Andernfalls ließe sich ein gefundener Wissensunterschied zwischen Performanz und Bewusstheitstest auch auf die unterschiedliche Sensitivität beider Instrumente zurückführen und könnte dann nicht als Beleg für zwei dissoziierbare Lernsysteme interpretiert werden. Die Frage ist also nicht nur, ob Unterschiede in Performanz und Bewusstheitsmaß zu finden sind, sondern auch worauf dieser Unterschied zurückgeführt werden kann. Letztlich geht es dabei um die Teststärke des Bewusstheitsmaßes. Bewusstheitsmaße sollten im Sinne dieser beiden Kriterien also so

gestaltet sein, dass einerseits eine Kontaminierung des Bewusstseitsmaßes durch unbewusste Informationen vermieden (oder zumindest kontrolliert) wird und sie andererseits hinreichend sensitiv sind, um bewusste Informationen möglichst exhaustiv detektieren zu können.

Shanks und St. John (1994) resümieren in diesem Zusammenhang, dass bislang kein eindeutiger Nachweis eines impliziten Lernprozesses gefunden werden konnte, da in der Regel obige Kriterien nicht erfüllt waren. So weisen einige Befunde (z. B. Dienes et al., 1991; Mathews et al., 1989; Perruchet & Pacteau, 1990; Servan-Schreiber & Anderson, 1990) im Bereich des Erwerbs künstlicher Grammatiken darauf hin, dass die Grammatikalitätsurteile nicht zwangsläufig auf eine zugrunde liegende abstrakten Regularität hinweisen müssen, sondern prinzipiell auch auf Basis einzelner memorierter Buchstabenketten (bzw. Kettenteile) gefällt werden können. Diese memorierten Buchstabenketten sind jedoch genau die Informationen, die zwar in den Bewusstseitsmaßen erfasst, aber nicht als bewusstes Wissen gewertet werden, da sie die abstrakte Regularität nicht explizieren. In diesem Fall ist das *Informationskriterium* verletzt, da das Wissen, welches anscheinend die Performanz beeinflusst (abrufbare Ketten(teile)), im Bewusstseitsmaß nicht als bewusstes Wissen definiert wird. Insofern kann die gefundene Dissoziation zwischen korrekten Grammatikalitätsurteilen und fehlendem Regelwissen im Bewusstseitsmaß nicht als Beleg für implizites Wissen gewertet werden, da Regelwissen in beiden Fällen nicht zum Tragen kommt.

Ein Nachweis für den Erwerb abstrakten Regelwissens bestünde hingegen dann, wenn dieses unabhängig von Oberflächenmerkmalen angewendet werden kann. Whittlesea und Dorken (1993) fanden jedoch im Rahmen des Erlernens künstlicher Grammatiken Hinweise darauf, dass Grammatikalitätsurteile durchaus von Oberflächenmerkmalen beeinflusst werden. Dies deutet darauf hin, dass die Urteile nicht auf abstraktem Regelwissen, sondern eher auf enkodierten Buchstabenketten (oder Kettenteilen) basieren. Andererseits finden sich aber auch Belege für die Verwendung abstrakter Regeln (z. B. Reber & Lewis, 1977), insbesondere wenn die Probanden in der Lage sind, ihr Wissen auf neue Subsets von Stimuli (Reber, 1969) oder andere Domänen bzw. Modalitäten (Altmann, Dienes & Goode, 1995) zu transferieren, wenngleich jeder Transfer nichtsdestotrotz mit Kosten versehen ist (Mathews et al., 1989). Grundsätzlich finden sich also durchaus Indikatoren dafür, dass mehr Wissen erworben werden *kann* als das Bewusstseitsmaß widerspiegelt.

Auflösen lässt sich das Problem der Dissoziation zwischen Performanz und bewusstem Wissen nach Shanks und St. John (1994) entweder durch die Bedingung, dass der verwendete Bewusstheitstest das gesuchte Wissen exhaustiv erfasst oder dass beide Verfahren zumindest gleich sensitiv für die relevante Information sind. Während die erste Bedingung nur schwerlich zu erfüllen sein dürfte (vgl. a. Reingold & Merikle, 1988), kann die zweite dadurch realisiert werden, dass Performanz und Bewusstheit möglichst im gleichen (Abruf-)Kontext erfasst werden, so dass sich allenfalls die vorgegebene Aufgabeninstruktion unterscheidet. Aufgrund dieser Schwierigkeiten

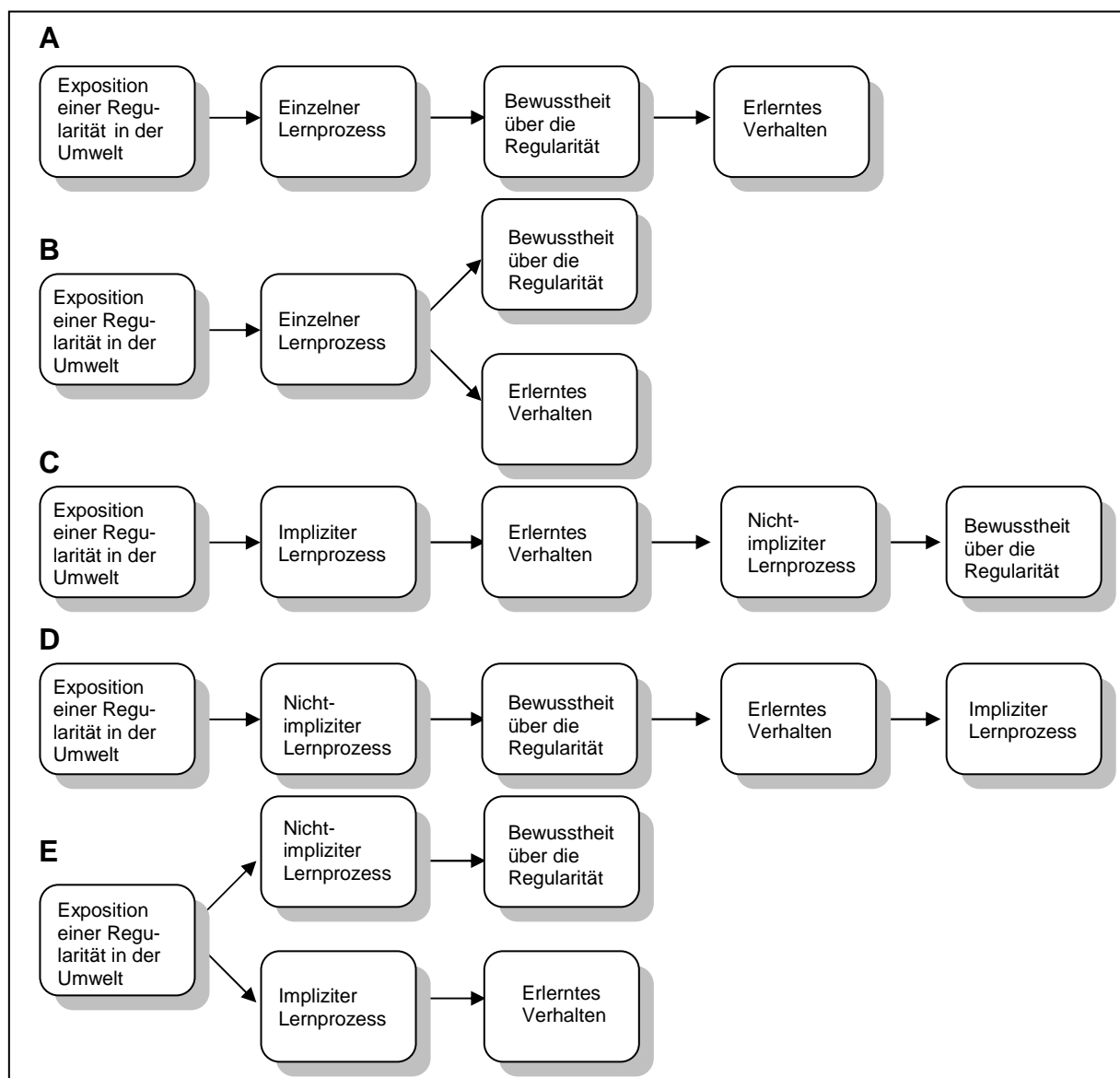
hat sich infolgedessen zunächst in der Erforschung unbewusster Wahrnehmung (Reingold & Merikle, 1988), zunehmend aber auch im Kontext impliziten Lernens (Dienes & Berry, 1997; Neal & Hesketh, 1997a; Stadler, 1997) die Untersuchung *qualitativer Unterschiede* zwischen impliziten und expliziten (Lern-)Prozessen als akzeptable Alternative herauskristallisiert. Notwendige Voraussetzung für ein derartiges Unterfangen ist jedoch eine brauchbare Definition impliziten Lernens (Stadler, 1997) sowie eine entsprechende Theorie, aus der sich überprüfbare Vorhersagen hinsichtlich messbarer qualitativer Unterschiede zwischen implizitem und explizitem Wissen ableiten lassen.

Grundlage qualitativer Unterschiede in der Wissensrepräsentation ist jedoch, dass diese Repräsentationen auf unterschiedlichen Wissenssystemen basieren. Deshalb ist es an dieser Stelle eminent, Erklärungsansätze danach zu unterscheiden, ob sie ein oder mehrere Lernsysteme als existent annehmen. Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit dieser Frage, während Kapitel 4.1 einige Multiple-Systems-Ansätze und die darin postulierten qualitativen Unterschiede zwischen implizitem und explizitem Lernen beleuchtet.



## 4 Die Annahme zweier Lernsysteme

Neben einigen Autoren (s. z. B. Kinder & Shanks, 2003; Perruchet, Bigand & Benoit-Gonin, 1997; Perruchet & Vinter, 2002; Shanks, 2003; Shanks & Perruchet, 2002; Shanks, Wilkinson & Channon, 2003; Wilkinson & Shanks, 2004), die die Existenz impliziten Lernens generell verneinen und unter dem Begriff des *Single-System-Ansatzes* (vgl. Frensch & Rünger, 2003; Haider & Frensch, 2005) subsumiert werden können, gibt es eine Vielzahl von Theoretikern, die mindestens zwei dissoziierbare Lernmechanismen annehmen (*Multiple-Systems-Ansatz*). Frensch und Rünger (2003) haben unter Beruckichtigung beider Ansätze zusammengefasst, in welcher Beziehung Lernen und Bewusstsein zueinander stehen können (s. Abbildung 4).



**Abbildung 4:** Mögliche Beziehungen zwischen Lernen und Bewusstsein (nach Frensch & Rünger, 2003). Ausgangspunkt ist jeweils die Exposition einer Regularität in der Umwelt. Die einzelnen Beziehungsformen lassen sich danach unterscheiden, ob sie einen oder mehrere Lernprozesse annehmen und welchen Zusammenhang sie zwischen Lernen und Verhaltensänderung oder der Bewusstheit der Regularität postulieren.

Dabei reflektieren die ersten beiden Möglichkeiten (A und B) die Annahmen der verschiedenen Single-System-Ansätze (s. a. Haider & Frensch, 2005 für einen Überblick). Gemeinsam ist ihnen, dass sie von einem einzigen Lernsystem ausgehen. Daraus ergibt sich, dass auch nur ein Lernprozess und dementsprechend eine einzige Wissensrepräsentation existiert. Diese Wissensrepräsentation, deren Stärke in Abhängigkeit der Übungsdauer wächst, liegt nach der Annahme der Single-System-Ansätze sowohl der Verhaltensäußerung als auch dem verbalen Report als Maß für Bewusstsein zugrunde. Infolgedessen werden alle abhängigen Maße als gleichrangig behandelt; die einzelnen Single-System-Ansätze unterscheiden sich allenfalls in der Frage, ob verbale (z. B. Bewusstheitsmaße wie freier Report) und nonverbale Ausdrucksformen (Verhaltensmaße) des erlernten Wissens soweit korrelieren, dass verhaltensrelevantes Wissen zwangsläufig auch immer verbal verfügbar (A) ist (z. B. Perruchet et al., 1997; Perruchet & Vinter, 2002) oder ob sie lediglich unterschiedliche Transformationen derselben Wissensrepräsentation (B) darstellen (Kinder & Shanks, 2003; Shanks, 2003; Shanks & Perruchet, 2002; Shanks et al., 2003; Wilkinson & Shanks, 2004). Wichtig ist in letzterem Fall, dass sowohl das Verhalten als auch der verbale Report auf dieselbe Wissensrepräsentation zurückgreifen; empirisch gefundene Unterschiede in den abhängigen Maßen werden durch den jeweils notwendigen Transformationsprozess oder die Charakteristika des jeweiligen Maßes erklärt. Allerdings räumen Frensch und Rüniger (2003) unter Möglichkeit B ein, dass es neben den dem Bewusstsein zugänglichen Gedächtnisrepräsentationen auch solche geben kann, die nicht mit Bewusstsein einhergehen.

Die übrigen Möglichkeiten (C bis E) illustrieren verschiedene Sichtweisen eines Multiple-Systems-Ansatzes, wobei unabhängig von der konkreten Ausformung in der Regel zwei (Lern-) Systeme gegenübergestellt werden. Diese umfassen zwei Arten von (Lern-) Prozessen (implizit vs. nicht-implizit bzw. explizit), aus denen sich zwei unterschiedliche Wissensrepräsentationen ergeben. Im Gegensatz zum Single-System-Ansatz werden verbale und nonverbale Maße hier nicht als gleichwertig betrachtet, sondern als Ausdruck verschiedener Gedächtnisrepräsentationen gewertet, wobei der Wissensverbalisierung eine besondere Stellung zukommt. Die verschiedenen Sichtweisen dieses Ansatzes unterscheiden sich jedoch darin, ob sie eine Interaktion zwischen den Lernsystemen annehmen und wie sie die postulierten Ereignisse chronologisch einordnen. Eine Möglichkeit (C) beide Lernsysteme zu integrieren, besteht beispielsweise in der Annahme, dass zunächst ein impliziter Lernprozess stattfindet, der auch verhaltenswirksam wird und daraufhin einen nachfolgenden nicht-impliziten Lernprozess triggert, dessen Ergebnis bewusstes, verbalisierbares Wissen bildet (s. z. B. Dienes & Perner, 1999, 2002a; Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005; Rüniger & Frensch, 2008). Neben der Vorstellung, dass der implizite Lernprozess dem nicht-impliziten vorangeht, gibt es jedoch auch Befürworter einer konträren chronologischen Anordnung der beteiligten Prozesse. Dies wird in Möglichkeit D veranschaulicht. Dabei wird angenommen, dass zunächst ein strategischer, expliziter Lernprozess stattfindet, der mit

bewusstem Wissen einhergeht. Dieser kann dann zur Verhaltenskontrolle genutzt werden und bietet so letztlich die Grundlage für einen impliziten Lernprozess. Diese Annahme findet sich beispielsweise im Bereich des Fertigkeitserwerbs, wo ein Wechsel von einer eher algorithmusbasierten Strategie hin zu einer Automatisierung (oder Prozeduralisierung des motorischen Ablaufs) postuliert wird (s. z. B. Logan, 1988; Logan, 1990, 1992; Logan, Taylor & Etherton, 1999 bezüglich des Strategiewechsels von algorithmusbasierter Aufgabenbearbeitung zum Gedächtnisabruf; oder s. Willingham, 1998 zum motorischen Sequenzlernen). Eine weitere Möglichkeit (E) wäre die Annahme zweier distinkter Lernsysteme, die nicht interagieren, sondern enkapsuliert arbeiten und zu distinkten Gedächtnisrepräsentationen führen (z. B. Reber & Squire, 1994, 1998).

In welcher Beziehung Lernen und Bewusstheit tatsächlich zueinander stehen, konnte bislang nicht geklärt werden; vielmehr konzentriert sich die Forschung auf die Entscheidung zwischen beiden Theorieklassen, d. h. auf die Frage, ob Lernen ohne Bewusstheit stattfinden kann und ob distinkte Lernsysteme existieren oder nicht (vgl. Frensch & Rüniger, 2003). Ein empirischer Befund, den ein reiner Verstärkungsmechanismus, wie ihn Single-System-Ansätze propagieren, nur schwer erklären kann, besteht darin, dass eine reine Verlängerung der Trainingszeit und somit eine Stärkung der Gedächtnisrepräsentation sich nicht in einer entsprechenden Erhöhung des Anteils expliziten Wissens niederschlägt. So führte die Verdreifachung der Trainingsdauer (s. Haider & Rose, 2007) gerade einmal zu 10% mehr Versuchsteilnehmern, die sich der Regularität bewusst wurden. Dies ist für Single-System-Ansätze, die explizites Wissen als obligatorische Konsequenz der Übung ansehen, insofern problematisch, als dass es der Zusatzannahme bedarf, dass der Verstärkungsmechanismus nicht zu einem linearen Anstieg, sondern mit zunehmender Übungsdauer zu einer Abflachung des Ausmaßes verbalisierbaren Wissens führt, bis er sich zu guter Letzt einer Asymptote nähert. Dementsprechend ist es legitim, sich genauer mit dem Phänomen impliziten Lernens zu beschäftigen. Dazu sollen qualitative Unterschiede zwischen den Lernsystemen sowie diverse Verfahren zur Erfassung expliziten Wissens näher beleuchtet werden.

#### **4.1 Qualitative Unterschiede zwischen implizitem und explizitem Lernen**

Da sich, wie bereits beschrieben, implizites und explizites Lernen nicht trennscharf dissoziieren lassen, gibt es Bestrebungen, eine Unterscheidung beider Prozesse über qualitative Unterschiede (Dienes & Berry, 1997; Neal & Hesketh, 1997a, 1997b; Stadler, 1997) herbeizuführen und nicht über die Fähigkeit zu verbalem Report allein. Eng verbunden mit der unterschiedlichen Verbalisierbarkeit impliziten und expliziten Wissens ist das Ausmaß, in dem dieses Wissen für Kontrollprozesse zugänglich ist (Boyer et al., 2005; Cleeremans, 2002; Cleeremans & Jiménez, 2002; Haider et al., 2005). Dienes und Berry (1997) haben in ihrer Überblicksarbeit die drei Kriterien *Flexibilität* (Transfer), *Itemfokus* (datengetriebene vs. regelbasierte Verarbeitung) und *Robustheit* (z. B. die

Anfälligkeit gegenüber Zweitaufgaben (s. Dienes & Berry, 1997 für einen Überblick) oder psychologischen und organischen Störungen (s. Knowlton, Ramus & Squire, 1992; Knowlton & Squire, 1994, für die Untersuchung impliziter Lernprozesse bei Amnestikern)) vorgeschlagen, um implizites und explizites Lernen zu unterscheiden. Allerdings sind diese Kriterien sowohl theoretisch als auch empirisch umstritten (s. z. B. Stadler, 1997, für eine ausführliche Kritik). So gibt es beispielsweise hinsichtlich der Transferierbarkeit impliziten und expliziten Wissens nach Stadler für jede der beiden Wissensformen sowohl Evidenz für als auch gegen das Vorhandensein von Flexibilität. Vielmehr scheint es so zu sein, dass implizites und explizites Wissen jeweils unter verschiedenen Umständen flexibel einsetzbar sind: Während implizites Wissen bei der Konstanthaltung von Oberflächenmerkmalen besser transferierbar zu sein scheint, kann explizites Wissen vor allem dann transferiert werden, wenn die abstrakte Struktur unabhängig von der jeweiligen Aufgabenoberfläche erhalten bleibt (Jiménez, Vaquero & Lupianez, 2006; Willingham et al., 1989).

Insofern bleibt festzuhalten, dass die von Dienes & Berry (1997) vorgeschlagenen Unterscheidungskriterien nicht ausreichend zu sein scheinen, um beide Lernprozesse zuverlässig voneinander abzugrenzen und implizites Lernen als Faktum etablieren zu können. Zudem lassen sich qualitative Unterschiede im Rahmen eines Single-System-Ansatzes auch durch eine unterschiedlich starke Transformation der Wissensbasis in den unterschiedlichen Wissensmaßen (z. B. Performanzmaß vs. verbaler Report) erklären (Shanks & St. John, 1994). Andererseits sollten sich qualitative Unterschiede zwischen implizitem und explizitem Lernen direkt aus den Annahmen des Multiple-Systems-Ansatzes ergeben, so dass es lohnenswert erscheint, einzelne Vertreter dieses Ansatzes einer genaueren Betrachtung zu unterziehen. Immerhin sollten sich Annahmen hinsichtlich qualitativer Unterschiede insofern ergeben, als dass hier per definitionem distinkte Prozesse mit unterschiedlichen Wissensrepräsentationen, Gedächtnissystemen (s. Dietrich, 2007 für einen Überblick) oder Verarbeitungsmodulen im Gehirn in Verbindung gebracht werden (z. B. Curran & Keele, 1993; Keele et al., 2003; Reber & Squire, 1994; 1998; Willingham, 1998).

So schlägt Stadler (1997) vor, dass sich qualitative Unterschiede zwischen implizitem und explizitem Lernen aus der *Art der gebildeten Assoziationen* ergeben. Dabei nimmt er an, dass implizites Lernen auf horizontalen Assoziationen basiert, während explizitem Lernen vertikale Assoziationen zugrunde liegen. Horizontale Assoziationen entstehen, wenn benachbarte Gedächtnisknoten gleichzeitig aktiviert werden (z. B. Verknüpfung aufeinanderfolgender Ereignisse in einer impliziten Lernaufgabe). Dadurch sind diese Assoziationen seiner Ansicht nach jedoch wenig komplex und nichtkognitiv, da sie automatisch und nicht durch eine tiefere kognitive Verarbeitung erworben werden. Vertikale Assoziationen beruhen hingegen auf Chunking im Sinne einer aktiven Verknüpfung von Elementen, welche durch die Verwendung von Gedächtnisstrategien (z. B. Eselsbrücken) unterstützt werden kann. Daraus resultieren hierarchische Gedächtnisrepräsentati-

onen, bei denen mehrere Unterknoten einem Hauptknoten zugeordnet werden können. Diese Repräsentationen sind kognitiv, da sie einer intentionalen Verarbeitung der zu assoziierenden Elemente bedürfen, und somit abhängig von Aufmerksamkeitsprozessen oder dem Bemühen des Individuums sind. Unterscheidet man implizites und explizites Lernen auf diese Weise hinsichtlich der Verarbeitungstiefe, so drängt sich die Schlussfolgerung auf, dass sich der implizite Lernprozess schneller vollziehen müsste als der explizite. Entsprechend findet sich in der SRT-Aufgabe eine Reaktionszeitbeschleunigung der Sequenz- gegenüber der Zufallsbedingung bereits nach sechs bzw. zehn Sequenzdurchläufen (Nissen & Bullemer, 1987; Willingham et al., 1989), während explizites Wissen erst nach 300 bis 400 Durchgängen nachgewiesen werden kann. Dies korrespondiert beispielsweise mit denjenigen Multiple-Systems-Ansätzen, welche den impliziten Lernprozess als dem expliziten zeitlich vorgeschaltet sehen (Dienes & Perner, 1999, 2002a; Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005).

Die von Stadler (1997) vorgeschlagene Unterteilung in horizontale und vertikale Assoziationen ähnelt der Idee von Keele und Kollegen (Cohen, Ivry & Keele, 1990; Curran & Keele, 1993; Keele et al., 2003), die ihr Hauptaugenmerk jedoch auf die Beteiligung der Aufmerksamkeit an den verschiedenen Lernprozessen legen, indem sie ein attentionales und ein nichtattentionales Verarbeitungssystem annehmen. Diese unterscheiden sich nicht nur bezüglich der benötigten attentionalen Ressourcen, sondern auch hinsichtlich der Hirnareale, auf die sie zugreifen (Keele et al., 2003): Während das *nichtattentionale System* auf dem sogenannten dorsalen Pfad liegt, welcher den Parietallappen, den supplementär-motorischen Kortex sowie den primären motorischen Kortex umfasst, lässt sich das *attentionale System* auf den sogenannten ventralen Pfad eingrenzen, welcher Okzipitallappen, Temporallappen, Präfrontallappen und den lateralen prämotorischen Kortex einschließt<sup>19</sup>.

Dabei arbeitet das nichtattentionale System *unidimensional*, d. h. es besteht aus verschiedenen enkapsuliert arbeitenden Modulen, welche jeweils automatisch Ereignisse, die alle auf derselben Dimension<sup>20</sup> liegen, miteinander assoziieren. Auf diese Art können Stimuli miteinander assoziiert werden, ohne vorher in besonderer Weise interpretiert werden zu müssen. Das attentionale bzw. *multidimensionale System* arbeitet hingegen dimensionsübergreifend und kann somit auch Assoziationen zwischen Ereignissen unterschiedlicher Dimensionen bilden. Es ermöglicht so den Erwerb komplexerer Sequenzen oder die Integration von Sequenzen unterschiedlicher Dimensionen.

---

<sup>19</sup>Ähnliche Unterscheidungen, die jedoch stärker die zugrunde liegenden Repräsentationen betonen, finden sich unter den Begriffen eines ventralen „Was“- vs. eines dorsalen „Wo“- (s. z. B. Mishkin, Ungerleider & Macko, 1983 zur Objektidentifikation vs. Objektlokalisierung) bzw. „Wie“-Pfades (s. z. B. Goodale, Milner, Jakobson & Carey, 1991 zur Unterscheidung von Objektidentifikation und visuell gesteuertem Handeln). Der Keele'sche Ansatz trennt beide Systeme hingegen weniger über die Art der Repräsentation, sondern fragt vielmehr, inwiefern solche Repräsentationen modulspezifisch oder modulübergreifend sind.

<sup>20</sup>Der Begriff der Dimension kann sich in diesem Zusammenhang sowohl auf verschiedene Modalitäten als auch auf spezifische Domänen innerhalb einer Modalität beziehen.

Allerdings verläuft auch dieser Lernprozess automatisch, wenngleich ein zusätzlicher Filtermechanismus angenommen wird, der selektiert, welche Ereignisse aus der Fülle unkorrelierter Informationen in unserer Umgebung potentiell relevant sind. Die Relevanz ergibt sich dabei aus der jeweiligen Aufgabenstellung und der daraus resultierenden Aufmerksamkeitsausrichtung. Durch diese Filterung werden die Informationen letztlich kategorisiert, so dass sich im multidimensionalen System ausschließlich bereits in irgendeiner Form verarbeitete Stimuli befinden.

Während die Assoziationen im unidimensionalen System außerhalb des Aufmerksamkeitsfokus liegen und somit ausschließlich implizit bleiben, kann das Lernen im multidimensionalen System zwar auch implizit sein, es ist aufgrund der Belegung mit Aufmerksamkeit jedoch prinzipiell bewusstseinsfähig. Hierin zeigt sich eine Besonderheit dieses Ansatzes, die ihn von ähnlichen Zugangsweisen wie beispielsweise dem Modell von Stadler (1997) unterscheidet: Während der Keele'sche Ansatz implizites Lernen auch im multidimensionalen System zulässt und somit die Ausbildung hierarchischer Assoziationen im impliziten Lernprozess nicht ausschließt, geht Stadler von einem impliziten Lernprozess aus, der ausschließlich auf horizontalen Assoziationen basiert. Auch Willingham (1998) stellt in seinem COBALT-Modell (*Control-Based Learning Theory*) zum motorischen Fertigkeitserwerb ähnlich wie Keele und Kollegen ein aufmerksamkeitsabhängiges und ein aufmerksamkeitsunabhängiges Lernsystem gegenüber. Allerdings begrenzt er im Gegensatz zu ihnen das aufmerksamkeitsabhängige System auf explizites Lernen.

Belege für die von Keele und Kollegen postulierten Systeme finden sich beispielsweise in einer Untersuchung von Curran und Keele (1993), in der sie zeigen konnten, dass Probanden mit bewusstem Wissen (erfasst in einem postexperimentellen Fragebogen) während des Einzelaufgabentrainings eine höhere Lernrate (operationalisiert als Reaktionszeitdifferenz zwischen Zufallsblock und den anliegenden Sequenzblöcken) erzielen als Probanden ohne bewusstes Wissen, während die Lernrate unter Dual-Task-Bedingungen generell absinkt und nicht mehr vom Bewusstseitsgrad moderiert wird. Dieses Ergebnis unterstützt insofern die Annahmen von Keele et al. (2003), als dass sich hier in der Tat zwei parallel ablaufende Lernprozesse dissoziieren lassen: Ein Prozess, der auf Aufmerksamkeitsressourcen zugreift und höhere Lernraten bedingt, welche zusätzlich durch den Grad der Bewusstheit beeinflusst werden, und einen Prozess, der auch unter Belastung der Aufmerksamkeitskapazität robust bleibt, dafür jedoch deutlich geringere Lernraten erzielt, die allerdings nicht vom Grad der Bewusstheit abhängen. Im Keele'schen Ansatz wäre der erste Prozess dem multidimensionalen System zuzuordnen, wobei die Beeinträchtigung durch die Zweitaufgabe weniger auf eine generelle Kapazitätsbelastung, sondern vielmehr darauf zurückgeführt wird, dass sowohl die Ereignisse der Primäraufgabe als auch die der Zweitaufgabe gleichermaßen Zugang zum System finden. Dadurch werden in den Fluss sukzessiver Ereignisse der Primäraufgabe irrelevante Ereignisse aus der Zweitaufgabe eingeschoben, so dass die Elemente der Primäraufgabe nicht mehr in einen kohärenten Zusammenhang gebracht werden können.

Der zweite Prozess lässt sich hingegen mit dem unidimensionalen System vereinbaren. Dieses kann zwar nur implizites Wissen aufbauen, wird dafür jedoch bei der Assoziation der Ereignisse der Primäraufgabe nicht durch Informationen der Zweitaufgabe gestört, da diese auf einer anderen (und somit nicht zugänglichen) Dimension liegen.

Eine weiteres Modell, welches weniger neuropsychologisch geleitet ist, sondern vor allem auf die Spezifizierung der beteiligten Prozesse abhebt, wurde bereits in Kapitel 2.1.4 unter dem Schlagwort der UE-Hypothese eingeführt. Hierbei ergeben sich qualitative Unterschiede zwischen implizitem und explizitem Wissen daraus, dass zur bewussten Gewährleistung einer aufgabenimmanenten Regularität eine Restrukturierung der Aufgabenrepräsentation stattfinden muss. Dabei wird zunächst ein datengetriebener impliziter Lernprozess angenommen, der Ereignisse ähnlich wie Keeles unidimensionales System automatisch miteinander assoziiert, wobei diese Assoziationen mit zunehmender Übungsdauer an Stärke gewinnen (s. a. Cleeremans, 2002; Cleeremans & Jiménez, 2002). Konsequenz des impliziten Lernprozesses kann eine Verhaltensänderung sein, die zu einer Erwartungsverletzung führt. Laut der UE-Hypothese birgt jedoch jedwede Erwartungsverletzung das Potenzial, einen expliziten Suchprozess zu initiieren, der über Hypothesentesten bewusstes Wissen akquiriert. Diese Annahme impliziert also, dass sich implizite und explizite Repräsentationen zwangsläufig in ihrer Qualität unterscheiden, da sie durch vollkommen unterschiedlich geartete Prozesse entstehen. Zwar sind in der UE-Hypothese genaue Lokalisation und Ausgestaltung der zugrunde liegenden impliziten und expliziten Repräsentationen bislang unterspezifiziert, andererseits macht der Begriff *UE-Hypothese* deutlich, dass es sich hierbei noch nicht um eine fertig ausgereifte Theorie handelt, die bereits alle Fragen befriedigend erklären könnte. Darüber hinaus fanden Rose, Haider und Büchel (im Druck) zumindest erste Hinweise auf neuronale Korrelate des von der UE-Hypothese postulierten qualitativen Strategiewechsels. So fällt die als Indikator des Strategiewechsels gewertete Reaktionszeitdiskontinuität zeitlich mit einer erhöhten Aktivierung in verschiedenen Hirnarealen wie dem ventralen Striatum sowie dem präfrontalen, cingulären, parietalen und temporalen Kortex zusammen. Zudem zeigt sich im EEG eine zeitliche Überlappung zwischen der Reaktionszeitdiskontinuität und einer Aktivierung im  $\gamma$ -Band, die gemeinhin als neuronale Synchronisation interpretiert und im Rahmen der Phasensynchronisation (vgl. Kapitel 2.1.2) mit Bewusstsein im Sinne globaler Kohärenz in Verbindung gebracht wird. Und während Hazeltine, Grafton und Ivry (1997) implizites Lernen im Rahmen der SRT-Aufgabe in den Basalganglien sowie dem Cerebellum ansiedeln, konnten Rose, Haider, Weiller und Büchel (2002) im Rahmen der NRT zeigen, dass die Basalganglien auch an der Nutzung explizit vorgegebener Regeln beteiligt sein können. Stattdessen fanden sie Hinweise auf implizites Lernen im medialen Temporallappen (*medial temporal lobe*, MTL). Infolgedessen kommen sie zu dem Schluss, dass "the functional segregation of the MTL and the basal ganglia can depend on the type of material that is learned and not necessarily on the participants' aware-

ness for stimulus contingencies” (Rose et al., 2002, S. 1228). Somit plädieren sie dafür, spezifische Hirnareale nicht fest einer Lernform zuzuordnen. So gibt es zwar gewisse Berührungspunkte zwischen der UE-Hypothese und neuronalen (oder anderen physiologischen) Korrelaten von Bewusstsein, doch stehen diese oder Bezüge auf konkrete Gedächtnisstrukturen innerhalb dieses Ansatzes zunächst nicht im Vordergrund der Betrachtung.

In diesem Zusammenhang haben Shanks und St. John bereits 1994 (s. hierzu a. Berry & Dienes, 1991; Reber, 1989) darauf hingewiesen, dass sich – obwohl Lernen und Gedächtnis letztlich untrennbar miteinander verwoben sind – in der Erforschung impliziter Prozesse in beiden Bereichen unabhängige Forschungsstränge entwickelt haben, so dass nicht jede Theorie impliziten Lernens zwangsläufig auf die dem Lernen zugrunde liegende(n) Gedächtnisstruktur(en) rekurrieren muss. Wenngleich also nicht alle Modelle impliziten Lernens ausdrücklich Bezug auf die Gedächtnisforschung nehmen, so lassen sich implizite und explizite (Lern-)Prozesse dennoch mit distinkten zugrunde liegenden Gedächtnissystemen verbinden (s. Dietrich, 2007; Gabrieli, 1998; Rünger, Nagy & Frensch, 2009, für einen Überblick). Generell wird zwischen einem deklarativen (expliziten) und einem nondeklarativen (impliziten) Gedächtnissystem unterschieden. Das *deklarative* System zeichnet sich durch bewusstes bzw. intentionales Erinnern und die Fähigkeit zur Verbalisierung zuvor enkodierter Informationen wie Fakten oder Ereignisse aus. Hingegen kann das *nondeklarative* System zwar das (automatische) Verhalten beeinflussen, aber es ermöglicht keinen bewussten Gedächtnisabruf, sondern liegt vielmehr prozeduralem Lernen, Primings- und Konditionierungseffekten sowie der Assoziierung unterschiedlicher Stimuluseigenschaften zugrunde (Gabrieli, 1998; Kinder & Shanks, 2001; Knowlton et al., 1992; Schacter & Buckner, 1998; Squire, 1992). Diese unterschiedlichen Eigenschaften beider Gedächtnissysteme korrespondieren mit den Leistungen in direkten (expliziten) bzw. indirekten (impliziten) Gedächtnistests. Und obschon der theoretische Austausch zwischen Gedächtnis- und impliziter Lernforschung begrenzt ist, so haben zumindest Derivate der gängigen Gedächtnistests Einzug in die implizite Lernforschung gehalten, indem sie die Entwicklung von direkten bzw. indirekten Bewusstheitsmaßen befruchtet haben. Diese Maße zur Erfassung bewussten Wissens werden im folgenden Kapitel näher erläutert.

## 4.2 Wissenserfassung

Herzstück der Erforschung impliziten Lernens ist die Erfassung potentiellen bewussten Wissens, um dessen Vorhandensein entweder vollständig ausschließen zu können bzw. zumindest qualitative Unterschiede zu einem Performanzmaß, welches implizites Wissen reflektiert, aufzudecken. Die einfachste Möglichkeit zu erfahren, über welches bewusste Wissen ein Proband verfügt, ist sicherlich, ihn direkt zu fragen (vgl. Gaillard, Vandenberghe, Destrebecqz & Cleeremans, 2006). Ein solcher *verbaler Report* bzw. eine freie Erinnerung durch den Probanden hat freilich den Vor-



teil, dass das erfasste Wissen kaum durch implizites Wissen kontaminiert ist, andererseits ist er jedoch zu wenig sensitiv, um bewusstes Wissen vollständig abbilden zu können (Dienes & Berry, 1997; Stadler, 1997), so dass häufig alternativ verschiedene andere objektive bzw. direkte Tests zur Wissenserfassung herangezogen werden.

Nach Reingold und Merikle (1988) ist ein Test dann als direktes Maß<sup>21</sup> zu werten, wenn die relevante Reaktion Teil der Aufgabeninstruktion ist – ist sie es hingegen nicht, so handelt es sich um ein indirektes Maß (s. a. Jiménez, Méndez & Cleeremans, 1996). In diesem Sinne ist die Unterscheidung zwischen direktem und indirektem Test zunächst einmal eine methodische, ohne Festlegung auf die der Testperformanz zugrunde liegenden Prozesse. Allerdings bestehen entsprechende Annahmen über die Beziehung zwischen Testart und bewussten vs. unbewussten Prozessen durchaus, wenngleich sie nicht immer ausreichend expliziert werden. Relevant sind in diesem Zusammenhang die Exklusivitäts- sowie die Exhaustivitätsannahme (s. hierzu auch das Sensitivitätskriterium nach Shanks und St. John (1994), welches bereits in Kapitel 3.2 beschrieben wurde).

Die *Exklusivitätsannahme* wird beispielsweise von Holender (1986, S. 51) vertreten, indem er postuliert, dass „one property common to all [...] indicators of awareness is that subjects make their responses intentionally. It is fundamental that an indicator of awareness must be intentional“. Diese Forderung beinhaltet, dass jeder direkte Test per definitionem intentionales – und somit bewusstes – Verhalten erfasst. Dazu müssen direkte Maße bewusstes Wissen *exklusiv* – d. h. ohne Kontamination durch nichtbewusste Einflüsse – erfassen. Ein hinreichendes Kriterium für die Demonstration von Bewusstheit liegt dann darin, dass ein direktes Maß zudem auch sensitiv für bewusstes Wissen ist (s. dazu auch Reingold & Merikle, 1988). Die Abwesenheit von Bewusstheit sollte nach dieser Logik hingegen dadurch nachgewiesen werden können, dass ein direkter Test keinerlei Wissen detektiert. Dazu bedarf es zusätzlich der Annahme der *Exhaustivität*, d. h. dass ein direktes Maß auch in der Lage ist, bewusste Erfahrungen in ihrer ganzen Breite zu erfassen, da andernfalls nichtdetektiertes Wissen nicht als Hinweis auf die Abwesenheit von Bewusstheit interpretiert werden darf, sondern allenfalls die Mängel des Testverfahrens aufdeckt. Ein kritisches Problem bei diesem Vorgehen ist jedoch die Frage, inwieweit direkte Tests bewusstes Wissen tatsächlich sowohl exklusiv als auch exhaustiv erfassen *können*. Außerdem lässt sich aus der Tatsache, dass eine Versuchsperson in einem direkten Test ein gewisses Maß an explizi-

---

<sup>21</sup>Stadler (1997) definiert diejenigen Tests als *objektiv*, welche von den Probanden Forced-Choice-Urteile fordern. Wenn nun die Richtigkeit dieser Urteile die Zufallserwartung übertrifft, dann wird das Wissen der Probanden als bewusst klassifiziert. Darüber hinaus können subjektive Tests eine sinnvolle Ergänzung für objektive Tests darstellen. Wenn Probanden im subjektiven Maß ihre Leistung im objektiven Test beispielsweise auf Raten zurückführen, dann können sie ihr Wissen nicht wie von Holender (1986) gefordert intentional einsetzen – unabhängig von der Korrektheit ihrer Performanz im objektiven Test – und somit würde ihr Wissen als nichtbewusst klassifiziert werden.

tem Wissen ausdrücken kann, noch keinerlei Rückschluss bezüglich der Bewusstheit des Erwerbs oder der Nutzung dieses Wissens ziehen (Cleeremans, 1997).

Alternativ schlagen Reingold und Merikle (1988) deshalb vor, die *relative Sensitivität* direkter und indirekter Maße zu berücksichtigen. Dadurch muss ein direkter Test bewusstes Wissen nicht exklusiv erfassen – vielmehr besteht die Annahme, dass er mindestens genauso viel (bewusstes) Wissen finden sollte wie ein vergleichbarer indirekter Test. Schließlich ist ein direkter Test dadurch definiert, dass explizit zur Nutzung vorhandenen Wissens aufgefordert wird, deshalb sollte dieses Wissen hier stärker genutzt werden als in einem indirekten Test, der nicht auf dieses Wissen verweist. Allerdings impliziert ein höheres Maß an detektiertem Wissen im direkten Tests keine Aussage über die Natur dieses Wissens, da nicht mehr getrennt werden kann, ob im Test ausschließlich unbewusstes, ausschließlich bewusstes oder sowohl bewusstes als auch unbewusstes Wissen erfasst wurde. Hingegen deutet ein höheres Ausmaß an Wissen im indirekten Test im Rahmen dieser Logik darauf hin, dass kein bewusstes Wissen vorliegt. Dieses Vorgehen erfordert allerdings vergleichbare Maße, d. h. direkter und indirekter Test sollten einander hinsichtlich der Diskriminationsleistung, der Anforderungen sowie des Aufgabenkontextes möglichst ähnlich sein (Jiménez et al., 1996), da andernfalls unterschiedliche Testleistungen auch darauf zurückgeführt werden können, dass die Versuchsperson aufgrund der jeweiligen Aufgabenstellung unterschiedliche Informationen abrufen. So käme zwar eine Dissoziation zweier Testleistungen zustande, die jedoch nichts mit der Unterscheidung bewussten und nichtbewussten Wissens zu tun hätte.

All diese Probleme der verschiedenen Zugangsweisen machen deutlich, dass die möglichst exakte Identifizierung bewussten Wissens der Kernpunkt der Erforschung impliziten Lernens ist. Um dies leisten zu können, bedarf es jedoch entsprechend ausgefeilter Messinstrumente. Im Folgenden sollen deshalb nun gängige Maße zur Erfassung bewussten Wissens kritisch betrachtet werden, wobei der Fokus auf der Detektion bewussten Sequenzwissens liegt, welches in der Seriellen Reaktionszeitaufgabe erworben wurde.

#### 4.2.1 Bewusstheitsmaße im Rahmen der SRT-Aufgabe

Da der verbale Bericht der Versuchspersonen nicht sensitiv genug ist, explizites Wissen exhaustiv oder zumindest ausreichend sensitiv zu erfassen, wurden verschiedene alternative Bewusstheitsmaße entwickelt. Allerdings betrifft die Sensitivitätsproblematik jegliches Bewusstheitsmaß, da es unmöglich scheint „to ascertain whether participants use all of their relevant explicit knowledge when responding to a given verbal or discriminative test, even if the experimenter selects the most sensitive measure available“ (Jiménez et al., 1996, S. 949). Darüber hinaus sollte das entsprechende Maß nicht nur sensitiv sein, sondern explizites Wissen möglichst in Reinform erfassen können, da eine Kontaminierung der Bewusstheitsmaße durch unbewusstes Wissen die Aus-

sagekraft impliziter Lernexperimente gefährdet (Shanks & St. John, 1994). Dabei lassen sich die vorhandenen Bewusstheitsmaße zunächst einmal danach unterscheiden, ob es sich um objektive oder subjektive Maße handelt. Objektive Maße sind beispielsweise die Generierungsaufgabe oder der aus der Gedächtnispsychologie entlehnte Rekognitionstest, unter den subjektiven Maßen finden sich Verfahren wie Konfidenzurteile sowie der verbale Report.

In der *Generierungsaufgabe* (Nissen & Bullemer, 1987) wird das Sequenzwissen der Versuchsperson über ihre Prädiktionsleistung erfasst, indem sie zukünftige Sequenzelemente (z. B. Stimuli, Reaktionen) vorhersagt. Eine schlechte Vorhersageleistung sollte in diesem Fall die Unfähigkeit eines bewussten Gedächtnisabrufs der benötigten Sequenzinformation reflektieren. Die Vorteile der Generierungsaufgabe liegen zum einen darin, dass explizites Wissen nicht über die Verbalisierbarkeit, sondern über die Performanz in einer zweiten Aufgabe erfasst wird (vgl. Shanks & St. John, 1994; Willingham et al., 1989), und zum anderen in der dadurch entstehenden Vergleichbarkeit zwischen Lern- und Testphase, wodurch sowohl das Informations- als auch das Sensitivitätskriterium erfüllt wird. Problematisch ist allerdings, dass die Probanden prinzipiell über das Antwortfeedback die Sequenz innerhalb der Testphase lernen können<sup>22</sup> oder dass der Rateprozess mit dem vorhandenen Wissen interferieren kann (Jiménez et al., 1996; Perruchet & Amorim, 1992). Zudem bleibt unklar, inwieweit die erfasste Prädiktionsleistung ausschließlich bewusstes Wissen widerspiegelt oder durch unbewusstes Wissen kontaminiert ist (vgl. Gaillard et al., 2006; Jiménez et al., 1996; Shanks & St. John, 1994).

Der *Rekognitionstest* konfrontiert Probanden klassischerweise mit gelernten sowie Distraktoriems, welche als bekannt oder neu klassifiziert werden sollen. Im Rahmen der Detektion von Sequenzwissen werden häufig Teilsequenzen von drei bis sechs zusammenhängenden Elementen vorgegeben (Perruchet & Amorim, 1992; Perruchet et al., 1997; Reed & Johnson, 1994; Stadler, 1995). Problematisch an der Verwendung von Sequenzfragmenten ist jedoch, dass man annimmt, dass das Sequenzwissen gemeinhin in Form selbst generierter Chunks repräsentiert wird, so dass kurze Teilsequenzen eventuell nicht als mit der erinnerten Sequenz übereinstimmend empfunden werden und vorhandenes Wissen unterschätzt wird (Buchner, Steffens, Erdfelder & Rothkegel, 1997). Um dem entgegenzuwirken, empfehlen Buchner et al. (1997), Sequenzen zu verwenden, die mindestens der Länge der Trainingssequenz entsprechen (s. a. Willingham, Greeley & Bardone, 1993 für die Verwendung einer vollständigen Sequenz im Rekognitionstest). Ein weiteres Problem des Rekognitionstests besteht darin, dass die Rekognitionsleistung nicht ausschließlich bewusstes Erinnern reflektiert, sondern auch Einflüsse wie Vertrautheit oder Verarbeitungsflüssigkeit (*fluency*) eine Rolle spielen können (s. z. B. Buchner et al., 1997; Buchner, Stef-

---

<sup>22</sup>Alternativ lässt sich die sogenannte *freie Generierungsaufgabe* (Perruchet & Amorim, 1992) einsetzen, welche auf Feedback verzichtet. Dadurch wird die Generierungsaufgabe jedoch zu einem *Free-Recall*-Test und hat so mit ähnlichen Problemen zu kämpfen wie der verbale Report.

fens & Rothkegel, 1998; Johnston, Dark & Jacoby, 1985; Mandler, 1980; Rünger & Frensch, 2010; Shanks & St. John, 1994), so dass die Gefahr der Kontamination des Wissens besteht. Jedoch konnten Tamayo und Frensch (2007) für den Erwerb künstlicher Grammatiken Evidenz dafür finden, dass der Rekognitionstest vornehmlich explizites Wissen misst. Insofern lässt sich der Rekognitionstest bezüglich der Sensitivität zwischen Generierungsaufgabe und verbalem Report ansiedeln. Auch die Forderung des Informationskriteriums wird nur teilweise befriedigt: Einerseits entspricht die Präsentation der zu beurteilenden (Teil-) Sequenz dem vorangegangenen SRT-Training, andererseits wird mit dem Rekognitionsurteil eine andere Reaktion als im Training gefordert, so dass nicht vollständig ausgeschlossen werden kann, dass hier eine andere Wissensbasis erfasst wird als bei der genuinen Bearbeitung der SRT-Aufgabe (Jiménez et al., 1996).

Eine Möglichkeit, Generierungsaufgabe und Rekognitionstest hinsichtlich der Trennung impliziter und expliziter Einflüsse zu optimieren, bietet die aus der Gedächtnispsychologie entlehnte *Prozess-Dissoziations-Prozedur* (PDP, Jacoby, 1991). Diese trennt automatische (implizite) und kontrollierte (explizite) Prozesse, ohne sie mit bestimmten Aufgaben gleichsetzen oder die verwendeten Mae als prozesspur bzw. -exklusiv behandeln zu müssen, da sich allein die *Aufgabeninstruktion* differentiell auf beide Prozesse auswirkt. So soll im Inklusionstest vorher Gelerntes eingesetzt, im Exklusionstest hingegen unterdrückt werden. Da der auf implizitem Wissen basierende automatische Prozess jedoch nicht der willkürlichen Kontrolle unterliegt, sollte er unter beiden Instruktionen zur gleichen Reaktion führen und dadurch im *Inklusionstest* einen Faszilitations-, im *Exklusionstest* hingegen einen Interferenzeffekt erzeugen. Denn im ersten Fall entspricht er der Instruktion, während er ihr im zweiten Fall zuwider läuft. Der kontrollierte (explizite) Prozess ist indes in der Lage, spezifisch auf die jeweilige Instruktion zu reagieren und so die geeignete Reaktion zu selektieren. Dadurch lässt sich aus dem Performanzunterschied zwischen Inklusions- und Exklusionstest der jeweilige Beitrag des kontrollierten Prozesses ablesen.

Der Vorteil der PDP liegt in der Tatsache, dass sie, da sie lediglich in der Manipulation der Aufgabeninstruktion besteht, flexibel mit verschiedenen Bewusstheitsmaen (s. Buchner et al., 1997 für die Integration in den Rekognitionstest bzw. Destrebecqz & Cleeremans, 2001; Haider, Eichler, & Lange, 2009 für die Verwendung in der Generierungsaufgabe) kombiniert werden kann, um die Trennschärfe dieser Mae zu verbessern. Denn da die PDP letztlich nur aus einer Instruktion besteht, erhöhet sie die Vergleichbarkeit zwischen implizitem und explizitem Wissensma, was im Sinne des Informationskriteriums als positiv zu werten ist.

Objektive Tests wie die Generierungsaufgabe oder der Rekognitionstest erfassen jedoch nur die Diskriminationsfähigkeit der Probanden, woraus sich lediglich Rückschlüsse hinsichtlich der Existenz von Aufgabenwissen, nicht jedoch hinsichtlich der Natur dieses Wissens ziehen lassen (Dienes, 2004). Im Rahmen von HOT-Theorien (Dienes & Perner, 1999, 2002b, 2003; Rosenthal, 1993, 2004, 2005) bedarf es hingegen einer übergeordneten mentalen Repräsentation im

Sinne einer Metakognition, damit eine einfache Repräsentation wie das Aufgabenwissen bewusst werden kann. Diskriminationsfähigkeit allein bedeutet dabei weder, dass sich die Versuchsperson ihres Wissens *bewusst* ist noch dass sie es *kontrollieren* kann (wie z. B. in der PDP notwendig). Um dem Rechnung zu tragen, können ergänzend *Konfidenzurteile* zur Erfassung bewussten Wissens eingesetzt werden. Konfidenzurteile reflektieren, wie sicher sich die Versuchsperson der Korrektheit der von ihr abgegebenen Entscheidungen ist, und können entsprechend mit verschiedenen objektiven Maßen kombiniert werden.

Zur Abgrenzung impliziten und expliziten Wissens dienen in diesem Fall zwei Kriterien (z. B. Dienes, Altmann, Kwan & Goode, 1995; Dienes & Berry, 1997; Dienes & Scott, 2005): das Ratekriterium (*guessing criterion*) sowie das Null-Korrelations-Kriterium (*zero correlation criterion*). Dabei geht das *Ratekriterium* davon aus, dass als „geraten“ klassifizierte Information grundsätzlich unbewusst ist, wobei (unbewusstes) Regelwissen nur dann vorhanden ist, wenn die Diskriminationsperformanz über Zufallsniveau liegt. Das *Null-Korrelations-Kriterium* hingegen fokussiert auf den Zusammenhang zwischen der Entscheidungsgenauigkeit und der Konfidenz in eben diese Entscheidung. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass Versuchspersonen mit bewusstem Wissen korrekt einschätzen können, wann sie etwas wissen und wann sie raten, und dies in ihren Konfidenzurteilen abbilden. Gibt es hingegen keinen Zusammenhang zwischen Genauigkeit und Konfidenz, so weist dies darauf hin, dass die Versuchsperson sich der Korrektheit ihrer Entscheidungen und letztlich des Wissens, das sie besitzt, nicht bewusst ist. Insofern kann nach dem Null-Korrelations-Kriterium auch Wissen als unbewusst bewertet werden, welches hohe Konfidenzurteile erhält, falls diese in keiner Relation zur Entscheidungsgenauigkeit stehen. Dies setzt jedoch voraus, dass metakognitive und strukturelle Bewusstheit Hand in Hand gehen; es kann also kein bewusstes Strukturwissen ohne Metakognition und keine Metakognition geben, die auf unbewusstem Strukturwissen basiert. Allerdings scheint das im Konfidenzurteil ausgedrückte Vertrauen nicht immer auf bewusstem Aufgaben- oder Regelwissen zu basieren, da wir beispielsweise bei der Nutzung von Intuition (Dienes & Scott, 2005) oder beim Sprachgefühl (Rünger & Frensch, 2010) zwar wissen, *dass* etwas richtig ist, aber nicht immer wissen, *warum* dies so ist. Dies ist jedoch kritisch für die Validität des Konfidenzurteils, da das Konfidenzurteil – zumindest in diesem Spezialfall – eben keinen Aufschluss über die Bewusstheit des eigentlich interessierenden (und der Entscheidung zugrunde liegenden) strukturellen Wissens geben kann. Andererseits führen Konfidenzurteile so eher zu einer Überschätzung bewussten Wissens, was bei einer Fokussierung auf implizites Lernen weniger dramatisch ist als eine Unterschätzung. Dennoch stellt sich im Sinne des Informationskriteriums die Frage, ob Entscheidung und Konfidenzurteil die gleiche Wissensbasis erfassen. Denn falls das Konfidenzurteil etwas anderes erfasst als das vorangehende Entscheidungsmaß, ist eine gefundene Dissoziation zwischen beiden Maßen trivial, aber keine Evidenz für das Vorhandensein impliziten Wissens.

Zudem beinhaltet jedes subjektive Maß gerade aufgrund dieser Subjektivität immer auch einen Bias (Eriksen, 1960)<sup>23</sup>. Ein solcher Antwortbias kann unter anderem durch die Instruktion beeinflusst werden, wobei sich nicht die Bewusstheit der zugrunde liegenden mentalen Repräsentation ändert, sondern im Sinne einer Verschiebung des Antwortkriteriums lediglich das abzugebende Urteil an die Instruktion angepasst wird, so dass der tatsächliche Bewusstheitsgrad über- oder unterschätzt wird. Wichtiger als perfekte Messgenauigkeit ist nach Dienes (2004) allerdings, dass subjektiver Maße hilfreich bei der Überprüfung von Theorien sein können. Zudem konnten Dienes und Scott (2005) Hinweise darauf finden, dass strukturelles und Urteilswissen stark korrespondieren, weshalb sie Konfidenzurteile für ein valides Maß zur Erfassung von Aufgabenwissen halten.

Da übliche Konfidenzurteile bewusstes Wissen über- oder – was in den meisten Fällen kritischer ist – unterschätzen können, haben Persaud und Kollegen (Persaud & McLeod, 2008; Persaud, McLeod & Cowey, 2007) die *Wettaufgabe* als modifiziertes Konfidenzurteil eingeführt. Kern dieser Modifikation ist, dass das Sicherheitsurteil nun in Form einer Wette abgegeben wird. Dabei kann die Versuchsperson je nach Konfidenz einen hohen oder niedrigen Wetteinsatz wählen. War die Entscheidung korrekt, so wird der eingesetzte Betrag ihrem Konto gutgeschrieben, war die Entscheidung hingegen nicht korrekt, verliert die Versuchsperson den eingesetzten Betrag. Durch strategisch geschicktes Wetten ist es der Versuchsperson so möglich, ihren (später ausgezahlten) Gewinn zu maximieren und ihre Verluste zu minimieren, indem sie die Einsatzhöhe an ihre Entscheidungssicherheit anpasst. Insofern sollten die Probanden maximal motiviert sein, ihr Wissen zu nutzen und (im Gegensatz zu traditionellen Konfidenzurteilen) präzise einzuschätzen. Zudem ist die Aufgabe für die Versuchspersonen deutlich intuitiver und alltagsnäher (Persaud et al., 2007) als typische Konfidenzurteile.

Das wohl bekannteste subjektive Maß ist jedoch der *verbale Report*. Beim verbalen Report handelt es sich um eine Befragung der Versuchsperson zur vorangegangenen Trainingsphase, welche immer spezifischer wird. So beginnt die Befragung mit relativ allgemeinen Fragen darüber, ob der Versuchsperson irgendetwas aufgefallen sei. Falls sie daraufhin nicht spontan auf die Regularität verweist, wird sie gefragt, ob die Aufgabe ihrer Meinung nach irgendeine Form von Systematik enthalte. Wenn sie auch dies verneint, wird die Versuchsperson zu guter Letzt über die Existenz der Regularität aufgeklärt und aufgefordert, diese zu benennen oder – falls sie dies nicht kann –

---

<sup>23</sup>Nach Dienes (2004) müssen Verzerrungen allerdings danach unterschieden werden, ob sie im Sinne der HOT-Theorie den Gedanken zweiter Ordnung betreffen oder erst im Zuge der Übersetzung des HOTs in ein Konfidenzurteil auftreten. Dabei ist ersterer Fall wenig problematisch, da die Verzerrung hier Teil der Wahrnehmung des Probanden ist. Der übergeordnete Gedanke repräsentiert in diesem Fall lediglich die Realität oder die zugrunde liegende mentale Repräsentation erster Ordnung verzerrt. Nichtsdestotrotz existiert diese Metakognition, so dass das Konfidenzurteil letztlich keinen Messfehler beinhaltet. Problematisch ist vielmehr der zweite Fall, d. h. wenn die Verzerrung während der Transformation des HOTs in ein Konfidenzurteil auftritt, da in diesem Fall ein Messfehler vorliegt.

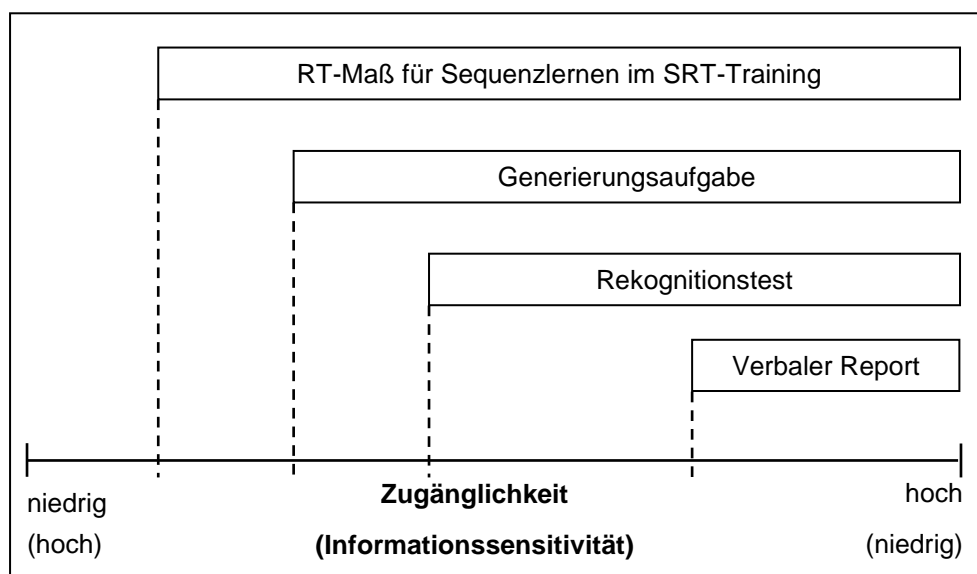
zu raten (Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005, 2009; Haider & Rose, 2007; Heuer & Schmidtke, 1996; Jackson & Jackson, 1995; Rünger & Frensch, 2008; Schmidtke & Heuer, 1997; Willingham et al., 1989). Für die SRT-Aufgabe wird in der Regel das längste zusammenhängend produzierte Sequenzfragment oder die Anzahl der Sequenzteile einer bestimmten Länge bewertet, woraus sich dann für jeden Versuchsteilnehmer ein Punktwert ergibt. Da die üblicherweise verwendeten Sequenzen jedoch verschiedene strukturelle Ebenen besitzen, erfasst eine bloe Betrachtung der Länge reproduzierter Sequenzfragmente vorhandenes Wissen unter Umständen nicht genau genug. Deshalb schlagen Rünger und Frensch (2008) eine neue Form der Punktwertung vor, die verschiedene Ebenen von Strukturwissen (z. B. hinsichtlich Länge der Sequenz oder Art der Verbindung der erinnerten Sequenzfragmente) einbezieht und darüber hinaus die Wahrscheinlichkeit berücksichtigt, mit der ein Sequenzsegment durch zufälliges Raten konstruiert werden kann. Unabhängig von der Art der Bewertung des berichteten Wissens lässt sich dieses dann anhand der erreichten Punktzahl als bewusst oder unbewusst klassifizieren.

Kritisiert wird hingegen, dass der verbale Report mit seinen relativ allgemeinen Fragen weder dem Informations- noch dem Sensitivitätskriterium (Shanks & St. John, 1994) genügt und somit die Gefahr besteht, bewusstes Wissen massiv zu unterschätzen (Hayes & Broadbent, 1988). Denn er erfasst lediglich "what is reported, not what is reportable" (Hannula, Simons & Cohen, 2005, S. 249), da der Erfolg des verbalen Reports nicht zuletzt von der individuellen Fähigkeit zur Introspektion und Verbalisierung sowie dem Antwortkriterium einer Versuchsperson abhängt (Ericsson & Simon, 1980; Eriksen, 1960; Hannula et al., 2005; Rünger & Frensch, 2010). Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass zwischen Experiment und Befragung das für die Aufgabenbearbeitung relevante Wissen vergessen oder nur noch ungenau erinnert wird (Gaillard et al., 2006). Andererseits ist er das Ma, das am besten gegen die *Überschätzung* expliziten Wissens gefeit ist.

Der Reiz des verbalen Reports besteht sicherlich in seiner Schlichtheit und der daraus resultierenden einfachen Anwendbarkeit. Zudem geht ein Groteil an Theorien (z. B. Dienes & Perner, 1999, 2002a; Eriksen, 1960; Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005; Reber & Squire, 1998; Rünger & Frensch, 2008, 2010; Willingham, 1998) davon aus, dass bewusstes Wissen grundsätzlich verbalisierbar ist und sich gerade durch diese Eigenschaft von implizitem Wissen abgrenzen lässt. Dadurch bedingt hat der verbale Report den Vorteil, dass er ohne Kontextcues auskommt und so bewusstes Wissen frei von kontaminierenden unbewussten Einflüssen wie beispielsweise der Fluency-Heuristik erfassen kann (Jimenez et al., 1996; Rünger & Frensch, 2008, 2010). Darüber hinaus lässt sich im Rahmen des Sequenzlernens unterscheiden, inwieweit Versuchspersonen über eine bewusste Repräsentation der Gesamtsequenz oder nur über fragmentarisches Wissen verfügen bzw. welche Sequenzteile sie benennen können.

Nachdem nun die gängigen Verfahren zur Messung bewussten Wissens vorgestellt wurden, zeigt sich, dass diese sich hinsichtlich ihrer Ausgestaltung sowie ihrer Operationalisierung von

Bewusstsein unterscheiden. Dabei besitzt jedes Maß spezifische Vorteile, hat allerdings auch jeweils mit einigen Nachteilen zu kämpfen. Problematisch hinsichtlich der existierenden Bewusstseitsmaße ist vor allem, dass verschiedene Messverfahren zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. So kann es vorkommen, dass die gleiche Wissensbasis von einem Maß als explizit, von einem anderen Maß hingegen als implizit gewertet wird, so dass bei einem Ausschluss expliziter Lerner gegebenenfalls je nach verwendetem Maß unterschiedliche Subpopulationen aus der Analyse eliminiert werden (s. Jackson & Jackson, 1995; bzw. Rünger & Frensch, 2010, für eine kritische Auseinandersetzung). Darüber hinaus bleibt festzustellen, dass es letztlich nicht *ein Ma* gibt, das allen Anforderungen gerecht wird oder werden könnte. Vielmehr gilt es abzuwägen, welches Ma im aktuellen Forschungskontext hinsichtlich Fragestellung, Untersuchungsgegenstand, möglicher Fehlerquellen, Untersuchungsparadigma, Oberflächen- sowie Kontextmerkmalen die meisten Vorteile bietet. Dabei lassen sich nach Rünger und Frensch (2010) die verschiedenen Mae zur Erfassung von Sequenzwissen auf einem Kontinuum hinsichtlich der bewussten Zugänglichkeit des Wissens und der damit negativ korrelierten Informationssensitivitat anordnen (s. Abbildung 5).



**Abbildung 5:** Bewertung der verschiedenen Bewusstseitsmae (nach Rünger & Frensch, 2010). Die verschiedenen Mae zur Erfassung von Sequenzwissen sind in Abhängigkeit ihrer Sensitivität, also ihrer Fähigkeit, bewusst zugängliches Wissen möglichst erschöpfend zu messen, angeordnet. Der Schnittpunkt mit der Abszisse gibt jeweils den Grad der mindestens erforderlichen bewussten Zugänglichkeit des Wissens an, damit das jeweilige Ma es als bewusst identifizieren kann.

Innerhalb dieser Anordnung gibt der Schnittpunkt mit der Abszisse jeweils an, welches Mindestma an bewusster Zugänglichkeit Wissen besitzen muss, um vom entsprechenden Bewusstseitsma detektiert werden zu können. Die Extrempunkte dieses Kontinuums bilden das Reaktionszeit basierte Lernma (RT-Ma) in der SRT-Aufgabe auf der einen Seite und der verbale Report auf der anderen Seite. Dabei reagiert das Reaktionszeit-Ma sehr sensitiv auf jegliche Form



von Sequenzwissen, während die bewusste Zugänglichkeit des Wissens extrem niedrig sein kann. Nicht umsonst wird dieses Maß unter anderem dazu verwendet, implizites Sequenzwissen zu detektieren. Der verbale Report ist hingegen das Maß mit der geringsten Sensitivität. Allerdings ist das vom verbalen Report erfasste Wissen in hohem Maße bewusst verfügbar und sollte somit vielseitig einsetzbar und deshalb durch alle anderen Verfahren gleichermaßen messbar sein. Die anderen Maße sind zwar sensitiver, doch erfassen sie nicht notwendigerweise vollständig *verbalisierbares* Sequenzwissen, sondern unter Umständen bewusstes Wissen einer anderen Qualität wie beispielsweise Wissen über Sequenzfragmente, Häufigkeiten oder (bewusst) wahrgenommene Fluency.

Wie bereits angemerkt hängt die Brauchbarkeit eines Bewusstheitsmaßes immer von der Fragestellung der jeweiligen Untersuchung und in diesem Zusammenhang von der Art des tolerierbaren Messfehlers ab. Soll primär *implizites Wissen* untersucht und deshalb die Existenz bewussten Wissens ausgeschlossen werden, so empfiehlt sich ein möglichst liberales und somit sensitives Maß. In diesem Fall wird fälschlicherweise als explizit gewertetes Wissen in Kauf genommen, um die Gefahr einer Unterschätzung bewussten Wissens zu minimieren. Geht es hingegen um Fragen des *Bewusstseins*, so soll vor allem eine irrtümliche Detektion expliziten Wissens vermieden werden. Dadurch muss jedoch gegebenenfalls eine – in diesem Fall jedoch weniger gravierende – Unterschätzung expliziten Wissens hingenommen werden. Somit wäre in diesem Fall ein eher konservatives und somit weniger sensitives Maß wie beispielsweise der verbale Report das Mittel der Wahl. So stellte Seth (2008, S. 987) erst kürzlich fest, dass "subjective reports currently remain the most reliable source of evidence about conscious contents". Da die vorliegende Arbeit auf die Entstehung expliziten Wissens fokussiert und dementsprechend eine Überschätzung bewussten Wissens schwerwiegendere Konsequenzen hat als eine Unterschätzung, wurde aus diesem Grund der verbale Report verwendet, um explizites Wissen zu erfassen.

Nachdem nun mit den verschiedenen Bewusstseinstheorien sowie dem SRT-Paradigma nebst Hintergründen und Schwierigkeiten die wichtigsten theoretischen Grundpfeiler der vorliegenden Arbeit herausgearbeitet wurden und auch das verwendete Bewusstseismaß ausführlich dargestellt wurde, sollen nun die Arbeitsdefinition von Bewusstsein, auf die sich die vorliegende Arbeit stützt, sowie das Ziel der durchgeführten Experimente expliziert werden. Dazu ist es notwendig, auch mögliche Determinanten von Bewusstsein in die Betrachtung einzubeziehen.

## 5 Mechanismen der bewussten Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regularität

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, grundlegende Mechanismen, die zur Entstehung von Bewusstsein führen, zu untersuchen. Darüber hinaus sollen weitere Eigenschaften und Konsequenzen von Bewusstsein erforscht werden. Denn trotz des seit einigen Jahrzehnten wieder stark erwachten Forschungsinteresses, ist das wissenschaftlich fundierte Wissen über Bewusstsein noch recht lückenhaft. Zudem gibt es vielfältige Möglichkeiten, sich dem Untersuchungsgegenstand zu nähern: Neben neurophysiologischen Untersuchungen, die sich auf EEG-Messungen oder bildgebende Verfahren stützen, hat Bewusstsein auch in die Erforschung von Gedächtnis, Wahrnehmung oder Lernen Eingang gefunden (s. a. Dietrich, 2007, für einen Überblick über verschiedene Untersuchungsthemen sowie -methoden im Bereich der Bewusstseinsforschung). In letzterem Fall werden üblicherweise implizite und explizite Prozesse gegenübergestellt, wobei gerade die implizite Lernforschung – wie der Name schon sagt – exklusiv auf die impliziten Prozesse fokussiert. Nichtsdestotrotz eignen sich – wie Haider und Rose (2007) aufgezeigt haben – gerade Paradigmen der impliziten Lernforschung aufgrund der Inzidentalität der Lernsituation, um die Entstehung von Bewusstsein, quasi den Moment der Einsicht, zu untersuchen.

Aufgrund dieses Vorteils bedient sich auch die vorliegende Arbeit mit der SRT-Aufgabe einer klassischen Aufgabe der impliziten Lernforschung, um Bewusstsein und seine Entstehung zu untersuchen. Dazu ist es jedoch notwendig, Bewusstsein, respektive bewusstes Wissen, identifizieren zu können. Eine solche Identifizierung muss auf einer wie auch immer gearteten (zumindest vorläufigen) Definition von Bewusstsein fußen, aus der sich mögliche Operationalisierungen ableiten lassen. Deshalb soll zunächst die Arbeitsdefinition von Bewusstsein skizziert werden, auf die sich die vorliegende Arbeit stützt. Da es in der vorliegenden Arbeit jedoch auch um die Bestimmung potentieller Determinanten von Bewusstsein geht, sollen anschließend an die Arbeitsdefinition bereits untersuchte mögliche Einflussfaktoren vorgestellt werden. Anschließend werden Hinweise darauf zusammen getragen, inwieweit Sprache für Bewusstsein bzw. seine Entstehung eine Sonderrolle spielen könnte und sich somit als mögliche Determinante von Bewusstsein anbietet. Zu guter Letzt werden die bisherigen Erkenntnisse zusammengefasst und die sich daraus ergebenden Forschungsfragen extrahiert, um den Nährboden für die Umsetzung der durchgeführten Experimente zu bereiten.

### 5.1 Arbeitsdefinition von Bewusstsein

Grundlage des in dieser Arbeit als Bewusstsein bezeichneten Phänomens bildet die UE-Hypothese (Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005, 2009; Rüniger & Frensch, 2008, 2010).

Dementsprechend lässt sich bewusstes Wissen zwar einerseits von implizitem Wissen abgrenzen, andererseits sind beide Wissensstrukturen jedoch nicht unabhängig voneinander zu betrachten, da im Rahmen der UE-Hypothese angenommen wird, dass implizites Wissen eine Voraussetzung für den Erwerb expliziten Wissens darstellt und somit dem Erwerb bewussten Wissens voran geht. Während der Prozess, der zum Erwerb impliziten Wissens führt, hierbei als automatische Assoziation von Ereignissen (vgl. Keele et al., 2003) verstanden wird, wird der explizite Prozess als hypothesengenerierender und -testender Such- bzw. Attributionsprozess (Whittlesea & Williams, 1998, 2000) gewertet. In diesem Sinne basiert bewusstes Wissen auf einer Metakognition, wie dies auch HOT-Theorien (z. B. Dienes & Perner, 1999, 2002a) annehmen würden.

Der mit der bewussten Gewährwerdung einer inhärenten Regularität einhergehende Repräsentationswechsel wird dabei als qualitativ gesehen, da implizite und explizite Repräsentationen auf unterschiedlichen Prozessen basieren und sich differentiell auf das Verhalten auswirken. Verbunden mit dem Repräsentationswechsel ist zudem ein Wechsel in der Bearbeitungsstrategie, der sich – falls eine Antizipation spezifischer Reaktionen möglich ist – auch in einer abrupten Beschleunigung der Reaktionszeiten, der sogenannten Reaktionszeitdiskontinuität (Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005, 2009; Haider & Rose, 2007), niederschlägt. Ermöglicht wird dieser Strategiewechsel dadurch, dass bewusste Repräsentationen im Gegensatz zu impliziten Repräsentationen exekutiven Kontrollprozessen zugänglich sind (z. B. Boyer et al., 2005; Cleeremans, 2002; Cleeremans & Jiménez, 2002). Dieser Wechsel von einer bottom-up gesteuerten zu einer top-down gesteuerten Aufgabenbearbeitung nimmt in den Experimenten der vorliegenden Arbeit eine prominente Stellung ein.

Da die UE-Hypothese stärker auf die grundlegenden Mechanismen fokussiert, macht sie allerdings keine Angaben darüber, wie spezifische Repräsentationen beschaffen sein müssen, damit sie bewusst werden (können). Ein in dieser Beziehung relativ fruchtbarer Ansatz besteht in der Idee, dass Bewusstsein mit globaler Verfügbarkeit im Sinne des Global Workspace (z. B. Baars, 1988, 1997, 2003; Dehaene & Changeux, 2004; Dehaene, Kerszberg et al., 1998; Dehaene & Naccache, 2001) einhergeht. Diese Vorstellung lässt sich relativ problemlos in andere Ansätze wie beispielsweise die UE-Hypothese integrieren (vgl. Rüniger & Frensch, 2010). Globale Verfügbarkeit bedeutet in diesem Zusammenhang, dass eine spezifische Information über die Grenzen eines Verarbeitungsmoduls hinaus auch anderen Modulen (oder Hirnarealen) zugänglich gemacht wird, so dass diese Information für exekutive Prozesse genutzt oder in irgendeiner Form ausgedrückt werden kann. Insofern lässt sich von der Idee der globalen Verfügbarkeit gleichzeitig eine Möglichkeit zur Operationalisierung bewussten Wissens ableiten, da global verfügbares Wissen auch einer Verbalisierung zur Verfügung stehen und somit vom verbalen Report erfasst werden sollte. Zudem liegt der Fokus der vorliegenden Arbeit auf dem Nachweis bewussten Wissens, so

dass sich der verbale Report als Bewusstheitsmaß geradezu anbietet, weil er die Gefahr der Überschätzung bewussten Wissens minimiert (vgl. Kapitel 4.2.1).

Da die vorliegende Arbeit sich mit der Frage der bewussten Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regularität (in diesem Fall eine Sequenz) beschäftigt, sollte auch der Begriff der bewussten Gewährwerdung näher erläutert werden. *Bewusste Gewährwerdung* beinhaltet hier das Bemerken der Existenz einer verborgenen Regularität sowie die Suche und Integration der einzelnen Sequenzelemente, so dass die Sequenz als Ganzes explizit verfügbar wird. Bewusstsein wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit als Produkt eines (metakognitiven) Suchprozesses definiert. Angestoßen werden kann ein solcher Suchprozess nicht nur durch eine explizite Instruktion oder in der Person liegende Prädispositionen (z. B. ihre Einstellung), sondern auch durch sogenannte unerwartete Ereignisse, die beispielsweise aus einem impliziten Lernprozess erwachsen können. Dieser implizite Lernprozess kumuliert (implizites) Wissen, indem er aufeinanderfolgende Ereignisse assoziiert, wodurch er sensitiv wird für regelhafte Strukturen der Umwelt. So trennt die vorliegende Arbeit zwischen einem impliziten und einem expliziten Prozess bzw. System und ist somit dem Multiple-Systems-Ansatz verhaftet. Dabei zeichnet sich Bewusstsein vor allem durch seine globale Verfügbarkeit aus, was beinhaltet, dass bewusstes Wissen kontrolliert eingesetzt werden kann, um sich sowohl im verbalen als auch nonverbalen Verhalten (z. B. im Sinne einer mit einem Strategiewechsel einhergehenden Leistungsoptimierung) einer Person zu manifestieren. Infolgedessen sollte sich bewusstes Wissen in der Verbalisierbarkeit von Sequenzwissen oder einer top-down gesteuerten optimalen Nutzung dieses Wissens niederschlagen.

Diese Definition nennt bereits einige Faktoren, die über einen Suchprozess zur Entstehung bewussten Wissens führen können. Zentral für die vorliegende Arbeit ist jedoch die Frage, welche weiteren Einflussfaktoren existieren, die die Entstehung von Bewusstsein fördern oder beeinträchtigen können. Dazu sollen im Folgenden mögliche Determinanten von Bewusstsein näher betrachtet werden, wobei vor allem empirische Befunde zur UE-Hypothese eine prominente Stellung einnehmen. Daneben werden auch Hinweise darauf gesucht, inwiefern Sprache die bewusste Gewährwerdung einer verborgenen Regularität determinieren könnte. Anschließend werden die wichtigsten Punkte des theoretischen Teils zusammengefasst, um die Fragestellung der vorliegenden Arbeit abzuleiten und einen kurzen Überblick über die durchgeführten Experimente zu geben.

## 5.2 Mögliche Determinanten von Bewusstsein

Da gerade im Bereich der impliziten Lernforschung häufig einseitig auf den impliziten Lernprozess fokussiert wird, basieren in diesem Bereich die empirischen Befunde zu möglichen Determinanten von Bewusstsein hauptsächlich auf Untersuchungen zur Überprüfung der UE-Hypothese. Insofern gibt es einige Hinweise darauf, dass unerwartete Ereignisse in der Tat die Wahrschein-

lichkeit der bewussten Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regularität erhöhen können. Deshalb sollen zunächst einige Untersuchungen zur Überprüfung der UE-Hypothese berichtet werden, bevor weitere potentielle Einflussfaktoren betrachtet werden.

Die empirische Überprüfung der aus der UE-Hypothese abgeleiteten Annahmen bezieht sich vor allem auf die Funktion unerwarteter Ereignisse. Eine Möglichkeit, das Erleben unerwarteter Ereignisse zu forcieren, um diesbezügliche Hypothesen zu prüfen, besteht in der Verlängerung des RSIs. Allerdings werden längere RSIs im Rahmen von Verstärkungstheorien (z. B. Kinder & Shanks, 2003; Perruchet et al., 1997; Perruchet & Vinter, 2002; Shanks et al., 2003) aufgrund des möglichen Spurenerfalls im Gedächtnis eher als lernkritisch bewertet und auch die bisherigen Befunde aus der impliziten Lernforschung (z. B. Frensch, Buchner & Lin, 1994; Frensch & Miner, 1994, aber s. a. Destrebecqz & Cleeremans, 2003, für Sequenzlernene bei längerem RSI) deuten eher auf eine beeinträchtigenden Wirkung einer solche Manipulation hin. Haider und Frensch (Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2009) konnten für den Erwerb expliziten Wissen hingegen zeigen, dass dieser im NRT-Training durch ein längeres RSI massiv befördert wird.

Zumindest ist dies der Fall, wenn die Probanden die Möglichkeit haben, auch innerhalb des RSIs – d. h. verfrüht – zu antworten. Im Rahmen der UE-Hypothese kann dieser Befund damit erklärt werden, dass zunächst implizites Regelwissen erworben wird, welches eine Antizipation und somit eine spezifische Präparation der jeweils nächsten erforderlichen Antwort erlaubt. Bei einem längeren RSI sollte diese Antwortvorbereitung bereits weiter fortgeschritten sein als bei einem kürzeren RSI (Haider & Frensch, 2009, s. a. Grosjean, Rosenbaum, & Elsinger, 2001, für unspezifische Präparationseffekte), so dass mit steigender Länge des RSIs auch die Wahrscheinlichkeit wächst, dass eine Versuchsperson versehentlich verfrüht, d. h. vor Einsetzen des nächsten imperativen Stimulus, antwortet. Da diese verfrühte Antwort vom impliziten Lernprozess getriggert wird, ist sich die Versuchsperson dessen nicht bewusst, und somit stellt eine solche extrem schnelle, aber dennoch korrekte Antwort ein unerwartetes Ereignis für die Versuchsperson dar. Nach der UE-Hypothese sollte nun eine Ursache für das unerwartete Ereignis gesucht werden, wodurch letztlich die Regularität gefunden werden kann. Wird das Auftreten unerwarteter Ereignisse bzw. verfrühter Eingaben hingegen durch ein kurzes oder gesperrtes RSI (keine Eingabe innerhalb dieses Zeitintervalls möglich) unterbunden, kann auf diese Weise kein expliziter Suchprozess getriggert und somit sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass bewusstes Regelwissen erworben wird.

Da bei einer RSI-Manipulation nicht sichergestellt werden kann, dass alle Versuchspersonen eine ähnlich hohe Zahl an verfrühten Eingaben produzieren und somit unterschiedlich häufig unerwarteten Ereignissen ausgesetzt sind, haben Haider und Frensch (2009) in einem weiteren Experiment den Versuchspersonen künstliche – d. h. computergenerierte – verfrühte Eingaben auf die determinierten Antwortpositionen eingespielt, um so die Anzahl an unerwarteten Ereig-

nissen zwischen den Versuchspersonen konstant zu halten. Variiert wurde dabei, ob die unerwarteten Ereignisse im ersten, zweiten oder fünften Trainingsblock eingespielt wurden. Die Überlegung dahinter war, dass die eingespielten verfrühten Antworten zu Trainingsbeginn aufgrund der mangelnden Erfahrung mit der Aufgabe und der dadurch bedingten hohen Variabilität der Reaktionszeiten nicht bemerkt oder zumindest nicht auf die eigene Person zurückgeführt werden, sondern eher auf externe Faktoren (wie beispielsweise Computerfehler). Im Trainingsverlauf etabliert sich hingegen mit zunehmender Gewöhnung an die Aufgabe ein Übungseffekt, so dass die Varianz der Reaktionszeiten sinkt und verfrühte Eingaben eher bemerkt werden können. Darüber hinaus steigt mit zunehmender Übung auch die Wahrscheinlichkeit, dass die Versuchsperson selbst verfrühte Eingaben produziert und die künstlichen Eingaben deshalb eher als selbst verursacht interpretiert. Damit wären ab einem gewissen Übungsfortschritt die Voraussetzungen erfüllt, dass eingespielte verfrühte Eingaben als unerwartete Ereignisse wirken können und einen Suchprozess in Gang setzen, der die Verbalisiererrate positiv beeinflusst. Der angenommene Anstieg der Verbalisiererrate konnte für diejenigen Versuchspersonen, die erst relativ spät im Training (im fünften Block) mit den unerwarteten Ereignissen konfrontiert wurden, experimentell bestätigt werden. Dieser Befund, dass die Wirksamkeit unerwarteter Ereignisse mit der Trainingsdauer zunimmt, spricht für eine Wechselwirkung zwischen implizitem und explizitem Prozess, wobei der explizite Prozess dem impliziten Lernprozess zeitlich nachgeordnet ist und erst erfolgreich arbeiten kann, wenn der implizite Prozess bereits ein gewisses Niveau erreicht hat.

Unerwartete Ereignisse könnten auch als Erklärung für die zunächst paradox klingenden Befunde von Buchner, Steffens, Erdfelder und Rothkegel (1997) dienen. Dort bearbeiteten Versuchspersonen eine SRT-Aufgabe entweder unter inzidenteller oder intentionaler Lerninstruktion; das Sequenzwissen wurde anschließend mittels eines Rekognitionstests erfasst und multinomial modelliert. Dabei ergab sich erwartungsgemäß bezüglich des Erinnerungsparameters für die intentionalen Lerner ein höherer Schätzwert als für die inzidentellen. Wurden hingegen kurz vor Trainingsende zwei Zufallsblöcke eingespielt, unterschieden sich inzidentelle und intentionale Lerner wider Erwarten nicht mehr hinsichtlich des Erinnerungsparameters. Rünger und Frensch (2008) argumentieren, dass die beiden Zufallsblöcke bzw. die dadurch veränderte Performanz von den inzidentellen Lernern als *unerwartetes Ereignis* interpretiert werden können und als Trigger für einen Suchprozess dienen können, der die Entdeckung der Sequenz erleichtert. Allerdings konnten Rünger und Frensch dieses Ergebnis mit einer abgewandelten SRT-Version und anschließendem verbalen Report zur Erfassung des bewussten Wissens nicht replizieren, fanden jedoch Hinweise darauf, dass zumindest beim Transfer auf eine regelhafte Alternativsequenz ein expliziter Suchprozess getriggert wird. Problematisch ist ihrer Ansicht nach der Einschub von Zufallsmaterial deshalb, weil dies zwar grundsätzlich unerwartete Ereignisse produziert, die dadurch getriggerte Suche jedoch aufgrund der fehlenden Systematik ins Leere läuft.

Außerdem vermögen unerwartete Ereignisse die bewusste Gewährwerdung einer verborgenen Regularität lediglich bis zu einem gewissen Grad zu befördern, da es immer auch Versuchspersonen gibt, die keinen Repräsentationswechsel vollziehen. Eine potentielle Ursache sehen Hoyndorf und Haider (2009) in der prädispositionalen Ausrichtung der Versuchspersonen. So erwerben Personen, die ein extremes *Genauigkeitsmotiv* besitzen, in inzidentellen Lernsituationen seltener explizites Wissen und wechseln seltener ihre Bearbeitungsstrategie (s. Haider & Frensch, 1999, zur Wirkung einer Genauigkeitsinstruktion auf die Informationsreduktion; s. Rogers, Hertzog & Fisk, 2000, zur Bevorzugung kontrollierter Bearbeitungsstrategien gegenüber automatisierten Strategien bei älteren Probanden) als Personen, die eher auf *Geschwindigkeit* ausgerichtet sind. Dies führen Hoyndorf und Haider darauf zurück, dass eine Betonung der Genauigkeit nicht nur zu einem Speed-Accuracy-Tradeoff führt, sondern dass zusätzlich das Verhalten dahingehend kontrolliert wird, dass automatische oder implizite Prozesse das offene Verhalten nicht mehr beeinflussen können (s. a. Beilock, Bertenthal, McCoy & Carr, 2004; Beilock & Carr, 2001, 2005; Beilock, Kulp, Holt & Carr, 2004). Diese Verhaltenskontrolle erfolgt ihrer Ansicht nach durch die Setzung konservativerer Antwortkriterien, wodurch eher langsamere Reaktionen erwartet werden, so dass schnelle Reaktionen per se als fehlerhaft interpretiert und folglich inhibiert werden. Somit wird laut Haider und Hoyndorfs Argumentation durch eine Genauigkeitsausrichtung nicht der implizite Lernprozess selbst beeinträchtigt, sondern nur sein Einfluss auf die Performanz. Dadurch können allerdings keine verfrühten Reaktionen und damit auch keine unerwarteten Ereignisse auftreten, die den zur bewussten Gewährwerdung der Regularität notwendigen Suchprozess initiieren könnten. Dies zeigt sich daran, dass auf Genauigkeit instruierte Versuchspersonen, wenngleich sie weder verbalisierbares Wissen erwerben noch einen Performanzvorteil zeigen, dennoch eine Präferenz für regelhaftes Material gegenüber regelwidrigem Material ausbilden können.

Nachdem die wichtigsten Befunde zu den Möglichkeiten und Grenzen unerwarteter Ereignisse zusammengetragen worden sind, sollen nun Hinweise auf weitere potentielle Einflussfaktoren der bewussten Gewährwerdung einer verborgenen Regularität näher betrachtet werden. Da der Fokus der Forschung zumeist auf implizitem Lernen liegt, gestaltet sich dies als nicht ganz einfach. Doch können Erkenntnisse über die bewusste Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regelmäßigkeit auch aus den Bemühungen, die zu ihrer Vermeidung unternommen wurden, gezogen werden. So wurden vielfach Überlegungen angestellt, wie die aufgabenimmanente Regularität so komplex gestaltet werden kann, dass sichergestellt ist, dass das erworbene Regelwissen implizit bleibt. Davon ausgehend lässt sich allenfalls schließen, dass bei der SRT-Aufgabe kurze, deterministische Sequenzen erster Ordnung (FOCs) die Wahrscheinlichkeit des Erwerbs expliziten Wissens erhöhen. Auch besonders saliente Sequenzübergänge wie Läufe (*runs*) aus benachbar-

ten Positionen bzw. Tasten (z. B. 1 2 3 oder 6 5 4, s. Rünger & Frensch, 2008) sollten das Sequenzlernen erleichtern.

Ein Forschungsstrang, aus dem sich auch im Bereich der impliziten Lernforschung potentielle Begünstigungsfaktoren für die bewusste Gewährwerdung aufgabenimmanenter Regularitäten ableiten lassen, beschäftigt sich mit dem Einfluss von Handlungseffekten – oder spezifischer – mit der Bedeutung von Tönen für das Sequenzlernen. So konnten beispielsweise Schmidtke und Heuer (1997) unter Dual-Task-Bedingungen einen Faszilitationseffekt für das Erlernen einer visuellen Sequenz finden, wenn die Zweitaufgabe in die Sequenzlernaufgabe integriert werden konnte. Dabei bestand die Zweitaufgabe in einer auditiven Go/No-Go-Aufgabe, bei der auf Töne, die innerhalb des RSIs präsentiert wurden, je nach Tonhöhe mit einem Fußpedaldruck reagiert werden sollte oder nicht. Folgten die Töne dieser Zweitaufgabe nun einer mit der Primärsequenz korrelierten Sequenz<sup>24</sup>, so erwarben die Versuchspersonen mehr explizites Wissen über die visuelle Sequenz als wenn sie einer unkorrelierten Tonsequenz ausgesetzt waren, wohingegen sich das Wissen über die akustische Sequenz nicht unterschied. Darüber hinaus zeigte sich bei korrelierten Sequenzen ein Zusammenhang bezüglich des expliziten Sequenzwissens beider Sequenzen, während dies bei unkorrelierten Sequenzen nicht der Fall war. Dies spricht im ersteren Fall für eine Integration beider Sequenzen, wohingegen im letzteren Fall eine Integration beider Sequenzen aufgrund der Länge zum einen zu komplex wäre und zum anderen durch die Daten auch nicht unterstützt wird. Allerdings kann dieser Effekt allenfalls den negativen Einfluss der Zweitaufgabe kompensieren, da eine korrelierte Tonsequenz im Vergleich zur Kontrollgruppe im Einzelaufgabentraining keinen Wissens- oder Performanzvorteil für die visuelle Sequenz aufweist.

Zudem können Töne das Sequenzlernen unterstützen, wenn sie als Handlungseffekt wahrgenommen werden. So erleichterten Handlungseffekte in einer Studie von Hoffmann, Sebald und Stöcker (2001) das Sequenzlernen, wenn sie kontingent den verschiedenen Antworttasten zugeordnet waren. Dieser Effekt spiegelte sich auch im Bewusstheitsmaß wider. Leider blieb die Analyse der expliziten Lernprozesse jedoch relativ grob, so dass sich nur begrenzt Rückschlüsse auf grundlegende Mechanismen der bewussten Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Sequenz ziehen lassen. In diesem Zusammenhang konnten Stöcker und Hoffmann (2004) spezifizieren, dass dieser Effekt in der Tat distinkte, tasten-kontingente Handlungseffekte voraussetzt, da er

---

<sup>24</sup>Korreliert sind diese beiden Sequenzen, dann, wenn sie gleich lang sind. Dadurch kann jedem Element der einen Sequenz eindeutig ein Element der jeweils anderen Sequenz zugeordnet werden. Bei unkorrelierten Sequenzen sind die Sequenzen hingegen unterschiedlich lang, so dass diese eindeutige Zuordnung nicht gegeben ist, sondern jedes Element der ersten Sequenz mit jedem Element der zweiten Sequenz auftreten kann. Integriert man beide Sequenzen in eine übergeordnete Sequenz, so entspricht für korrelierte Sequenzen die Anzahl der Elemente der integrierten Sequenz der doppelten Sequenzlänge einer Sequenz. Bei zwei sechsstelligen Sequenzen resultiert somit eine übergeordnete Sequenz mit 12 Elementen. Bei unkorrelierten Sequenzen wird die integrierte Sequenz hingegen deutlich länger, da sich die Anzahl der Elemente dieser Sequenz aus dem doppelten Produkt beider Sequenzlängen ergibt. Kombiniert man also eine fünf- mit einer sechsstelligen Sequenz, so erhält man eine übergeordnete Sequenz, die aus 60 Elementen besteht.



sich bei stimulus-kontingenten Tönen nicht zeigt. Dabei erleichtern Handlungseffekte vor allem die motorischen Bewegungen, wodurch nicht nur die Reaktionszeiten beschleunigt, sondern auch die Initiierungszeiten der Reaktionen drastisch gesenkt werden. Allerdings haben Stöcker und Hoffmann gänzlich auf eine Klassifizierung des Sequenzwissens verzichtet, so dass unklar bleibt, inwieweit implizite oder explizite Lernprozesse von solchen Handlungseffekten profitieren.

Zirngibl und Koch (2002) fanden zudem Hinweise darauf, dass in diesem Zusammenhang auch die Distinktheit der Handlungseffekte (s. dazu auch Hoffmann et al., 2001) eine Rolle spielt. Manipuliert wurde die Distinktheit der Handlungseffekte über die Antwortmodalität; so sollten manuelle Antworten (Tastendruck) weniger distinkte Handlungseffekte produzieren als verbale Antworten. Hypothesenkonform zeigte sich ein Lernvorteil für verbale Antworten – allerdings nur für den expliziten Lernprozess. So erzielte die verbale Antwortgruppe einen höheren Wert im Lern-Maß und produzierte in der Wissensabfrage mehr korrekte Sequenzübergänge, wohingegen die manuelle Antwortgruppe nur selten mehr als die Hälfte der Sequenzübergänge benennen konnten. Das explizite Wissen wurde jedoch nicht sonderlich genau erfasst, da Versuchspersonen bereits dann als explizite Lerner klassifiziert wurden, wenn sie knapp die Hälfte der Sequenz (5 von 12 Übergängen) frei reproduzieren konnten.

Allerdings lässt sich die Untersuchung von Zirngibl und Koch (2002) nicht allein in Hinblick auf die Distinktheit von Handlungseffekten interpretieren, sondern die Antwortmodi unterscheiden sich auch hinsichtlich der Beteiligung von Sprache. Möglicherweise war hier also nicht die Beschaffenheit des Handlungseffekts ausschlaggebend, sondern eher, dass verbale Antworten aufgrund ihrer Sprachhaftigkeit und der damit verbundenen Semantik per se eher mit Bewusstsein verknüpft sind als manuelle Reaktionen und so der verbalen Antwortgruppe einen Vorteil hinsichtlich des Erwerbs expliziten Wissens verschafft haben. Immerhin gibt es einige Theoretiker (z. B. Carruthers, 2002; Dienes & Perner, 1999; Rosenthal, 1997), die annehmen, dass Sprache eine bedeutende Rolle für Bewusstsein spielt; so wird subvokale innere Sprache (*inner speech*; s. z. B. Heavey & Hurlburt, 2008) häufig mit Selbst-Bewusstheit (Morin, 2009; Neuman & Nave, 2010) in Verbindung gebracht. Außerdem wird im Sinne der Global-Workspace-Annahme (z. B. Baars, 1988, 1997; Dehaene & Naccache, 2001) die Fähigkeit zur Verbalisierung einer Information als Indikator für die globale Verfügbarkeit eben dieser Information gewertet. Darüber hinaus besitzt innere Sprache neben ihrer Bedeutungshaltigkeit auch eine auditive Qualität, obgleich sie nicht ausgesprochen wird, was nach Machery (2008) für eine globale Verbreitung im Rahmen des Global Workspace spricht, da hier Informationen verschiedener Verarbeitungsmodule zusammengefügt werden. Ein weiterer Hinweis für die Verknüpfung von Sprache und Bewusstheit im Sinne des Global Workspace findet sich in einer Untersuchung von Kray und Mitarbeitern (Kray, Eenshuistra, Kerstner, Weidema & Hommel, 2006), die zeigen konnten, dass Sprache im Sinne einer verbalen Etikettierung bei der Verknüpfung von Handlungen und (Handlungs-) Effekten –

und somit bei der Integration (s. a. Hermer-Vazquez, Spelke & Katsnelson, 1999; Zelazo, 1999) sowie dem schnellen Aufbau neuer Repräsentationen (Hermer-Vazquez, Moffet & Munkholm, 2001) – eine entscheidende Rolle spielt.

Im Bereich der impliziten Lernforschung nimmt die Verbalisierung von Wissen für Vertreter des Multiple-Systems-Ansatzes (vgl. Kapitel 4) zudem eine Sonderstellung gegenüber anderen Verhaltensmaßen ein. Beispielsweise räumen Hayes und Broadbent (1988) Sprache hinsichtlich des Bewusstseins eine Sonderrolle ein, da sie annehmen, dass sich ihr selektiver und ihr unselektiver Lernmodus gerade bezüglich der Beteiligung von Sprache unterscheiden. Außerdem ist sprachliche Information, da sie untrennbar mit einer ihr innewohnenden Bedeutung verbunden ist, immer bereits in irgendeiner Form kategorisiert. Kategorisierung wiederum wird häufig als Voraussetzung für die Entwicklung von Bewusstsein gesehen (z. B. Keele et al., 2003; Stadler, 1997). In diesem Zusammenhang vertreten Tubau, Hommel und Lopez-Moliner (2007) die Vorstellung, dass explizites Lernen auf der Anlage eines Handlungsplans basiert, welcher fortan das Handeln der Person bestimmt, so dass ein Wechsel von einer stimulusbasierten zu einer regel- bzw. planbasierten Aufgabenbearbeitung stattfindet. Eine durch entsprechende Stimuli angeregte verbale Enkodierung fördert dabei einerseits den Aufbau eines Handlungsplans und unterstützt andererseits auch die Ausführung des Handlungsplans.

Hier kommt auch der Nutzen von Sprache für eine wesentliche Funktion des Bewusstseins zum Tragen, da dem Bewusstsein vielfach eine Beteiligung bei der Steuerung exekutiver Prozesse zugeschrieben wird (z. B. Cleeremans, 2002; Cleeremans & Jiménez, 2002). So wird innere Sprache gerade im Bereich des Aufgabenwechsels (*task switching*) als Möglichkeit gesehen, selbst Hinweisreize zu generieren, um so das eigene Verhalten im Sinne einer Selbstinstruktion effektiv steuern zu können (z. B. Emerson & Miyake, 2003; Goschke, 2000; Karbach & Kray, 2007; Kray, Eber & Karbach, 2008; Kray et al., 2004; Kray, Kipp & Karbach, 2009; Miyake, Emerson, Padilla & Ahn, 2004). Dabei hilft Sprache beispielsweise, die (phonologische) Repräsentation zukünftiger Aufgabenziele abzurufen und zu aktivieren oder – da sie selbst sequenziell ist – Informationen zu sequenzieren<sup>25</sup> und damit zeitlich zu ordnen (Emerson & Miyake, 2003). Da Sprache in besonderem Maße dem Bewusstsein zugänglich ist, ist sie geeignet, die längerfristige Fokussierung auf aufgabenrelevante Aspekte zu unterstützen. Durch die Aktivierung phonologischer Repräsentationen kann darüber hinaus automatisch die Aktivierung weiterer Repräsentationen (z. B. semantische Repräsentationen oder solche, die Aufgabenzielen oder Intentionen zugrunde liegen) getriggert werden. Auch ist innere Sprache nach Emerson und Miyake zumindest bei Erwachsenen

---

<sup>25</sup>Hier lässt sich wiederum der Bogen zu impliziten Lernaufgaben schlagen, wo es bei der Entdeckung der versteckten Regularität – und dabei besonders im Rahmen der SRT-Aufgabe – um die Sequenzierung von Information geht.

relativ gut trainiert, so dass sie gegenüber Störungen durch andere kognitive Prozesse relativ robust ist.

Unter diesem Aspekt wäre es sicherlich interessant, die Untersuchung von Zirngibl und Koch (2002) unter einem anderen Blickwinkel zu betrachten, der nicht auf die Distinktheit der Handlungseffekte, sondern auf die Unterschiede in der Sprachbezogenheit der geforderten Antworten fokussiert. Eine Untersuchung, die in diesem Zusammenhang weitere Denkanstöße liefert, da sie die Unterscheidung sprachbezogen vs. nicht sprachbezogen von der Antwort- auf die Stimulusebene verlagert, ist eine Untersuchung von Hoffmann und Koch (1997). In dieser Untersuchung wurden in einer inzidentellen SRT-Aufgabe neben den klassischen räumlich-visuellen Stimuli Ziffern als sprachbezogene bzw. symbolische Stimuli verwendet. Allerdings lag auch in dieser Untersuchung das Hauptaugenmerk nicht auf der Rolle, die Sprache für das Bewusstsein spielt, sondern es ging vielmehr um die räumliche Kompatibilität zwischen den Stimuli und den zugehörigen Antworten (*S-R-Kompatibilität*). Entsprechend ihrer Hypothese fanden Hoffmann und Koch im Sinne eines Simoneffekts einen Geschwindigkeitsvorteil für räumlich-visuelle Stimuli. Dieser bezog sich jedoch vor allem auf den impliziten Lernprozess, da sich die Stimulusmanipulation zum einen nicht auf das Ausmaß an erworbenem expliziten Wissen auswirkte und sich zum anderen die expliziten Lerner beider Bedingungen gegen Trainingsende nicht mehr hinsichtlich ihrer Bearbeitungsgeschwindigkeit unterschieden. Auch hier wäre es interessant, die unterschiedliche sprachliche Zugänglichkeit der Stimuli in Hinblick auf die bewusste Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Sequenz in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit zu rücken, denn: Ist bewusstes Wissen vorhanden, dann geht dies in der Regel mit der Fähigkeit zur Verbalisierung dieses Wissens einher. Oder anders ausgedrückt: Die Fähigkeit zur Verbalisierung ist ein hinreichender Grund, das verbalisierte Wissen als bewusst zu klassifizieren.

Doch kann die Verwendung sprachlicher oder sprachnaher (symbolischer) Reize bzw. Reaktionen die Wahrscheinlichkeit der bewussten Gewährwerdung der Regularität erhöhen? Und inwieweit kann wiederum dieses sprachlich repräsentierte Wissen zur Verhaltenssteuerung genutzt werden? Leider erschweren die von Hoffmann und Koch (1997) verwendete Sequenz sowie die relativ grobe Auswertung des expliziten Wissens eine dezidierte Analyse hinsichtlich dieser Fragen. Deshalb soll in der vorliegenden Arbeit eben diesen Fragen genauer nachgegangen werden.

### **5.3 Zusammenfassung des theoretischen Teils und Ableitung der Fragestellung**

Die bisherigen Kapitel haben einen Einblick vermittelt, wie grundlegend Bewusstsein für menschliches Erleben und Verhalten ist: Es ist das, was unser Erleben ausmacht, wenn man beispielsweise den Qualia-Begriff zugrunde legt. Es ist das, was uns hilft, uns unserer Selbst bewusst

zu sein. Es ist das, was unseren Gedanken zugrunde liegt – zumindest denen, die wir wahrnehmen. Es ist das, was uns befähigt, mit unseren Mitmenschen zu kommunizieren, da Verbalisierbarkeit vielfach als Ausdruck einer globalen – und somit bewussten – Verfügbarkeit von Informationen aufgefasst wird. Und Bewusstsein ist das, was uns erlaubt, unser Verhalten strategisch zu kontrollieren.

Gerade wenn man die Bedeutung des Bewusstseins für die Steuerung des eigenen Verhaltens hervorhebt – wie dies funktionale Bewusstseinstheorien (z. B. Cleeremans & Jiménez, 2002) oder Bewusstheitsmaßen wie die in Kapitel 4.2.1 beschriebene PDP (Buchner et al., 1997; Destrebecqz & Cleeremans, 2001; Haider et al., im Druck; Jacoby, 1991) oder die Wettaufgabe (Haider et al., im Druck; Persaud et al., 2007), die sich dies zunutze machen, um kontrollierbares explizites Wissen von nicht kontrollierbarem implizitem Wissen zu trennen, tun – so wird klar, dass Bewusstsein eine unverzichtbare Komponente der menschlichen Informationsverarbeitung darstellt und somit essenzieller Bestandteil der Kognitionspsychologie sein sollte. Allerdings hat die Erforschung des Bewusstseins mit verschiedensten Problemen zu kämpfen: Dies beginnt bei der Schwierigkeit einer einheitlichen Definition des Untersuchungsgegenstandes und endet bei der subjektiven Qualität des Bewusstseins, die sich einer objektiven Erfassung zu entziehen scheint. In Ermangelung einer akzeptierten Bewusstseinsdefinition fußen deshalb viele Definitionsversuche auf einer Operationalisierung von Bewusstsein. Eine häufig herangezogene Operationalisierung findet sich in der (verbalen) Zugänglichkeit bewusster Information, wie dies beispielsweise im Rahmen des Global Workspace (Baars, 1988, 1997; Dehaene & Naccache, 2001) propagiert wird. Auch die in dieser Arbeit verwendete Arbeitsdefinition (vgl. Kapitel 5.1) basiert auf der Verbalisierbarkeit bewussten Wissens, welches im postexperimentellen Interview erfasst werden kann. Nichtsdestotrotz liegen gerade in der Operationalisierung von Bewusstsein beträchtliche Schwierigkeiten, die vor allem durch den subjektiven Zugang des Untersuchungsgegenstandes befeuert werden und im Rahmen der Qualia-Debatte dazu geführt haben, dass einige Theoretiker Bewusstsein für nicht erforschbar halten – zumindest nicht mit den gängigen Methoden der (Natur-)Wissenschaft (vgl. Kapitel 2).

Dennoch gibt es wissenschaftliche Annäherungen an das Thema, wobei sich ein vielversprechender Forschungsstrang im Bereich des inzidentellen Lernens findet, da hier der Prozess der bewussten Gewährwerdung einer verborgenen Regularität besonders feinschrittig beobachtet werden kann (vgl. hierzu Haider & Rose, 2007). Allerdings fokussiert die Forschung im Bereich inzidentellen Lernens in der Regel auf implizites Lernen und sieht die Entstehung bewussten Wissens eher als Störgröße. Aus diesem Grund werden inzidentelle bzw. implizite Lernparadigmen nur selten eingesetzt, um zu untersuchen, wie sich die bewusste Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Regularität fördern lässt. Denn die Logik hinter der impliziten Lernforschung basiert darauf, die Existenz impliziten Lernens darüber nachzuweisen, dass es sich von bewuss-

tem Wissen dissoziieren lässt. Zu diesem Zweck wurden diverse Maße zur Erfassung bewussten Wissens entwickelt, die sich in ihrer Sensitivität unterscheiden und so letztlich neue Probleme mit sich bringen, da sie zu unterschiedlichen Ergebnissen hinsichtlich der Bewusstheit des erfassten Wissens kommen (Rünger & Frensch, 2010).

Ohne eine Theorie, von der sich ein solches Bewusstheitsmaß ableiten und begründen ließe, lassen sich die verschiedenen Testverfahren jedoch nur unzulänglich hinsichtlich ihrer Qualität differenzieren. Allerdings fehlt bislang eine akzeptierte Theorie, die Bewusstsein erklären kann. Selbst bekanntere Ansätze wie Global-Workspace- oder Higher-Order-Thought-Theorien geben sich in diesem Zusammenhang eher mit einer deskriptiven Annäherung an das Thema zufrieden, ohne Bewusstsein tatsächlich erklären zu können. So liefert die Ursprungsversion des Global Workspace (s. Baars, 1988, bzw. Kapitel 2.1.2) nur einen begrenzten Erklärungsansatz für die Entstehung von Bewusstsein. Hier wird angenommen, dass der Global Workspace enkapsuliert arbeitenden Modulen eine Plattform bietet, Informationen mit anderen Modulen zu teilen. Die Information wird dadurch global zugänglich und so bewusst. Jedoch wird kein Erklärungsansatz geboten, wie dies genau vonstatten geht. Vertreter von Higher-Order-Thought-Theorien (z. B. Dienes & Perner, 1999; Rosenthal, 1997, bzw. Kapitel 2.1.3) nehmen hingegen an, dass Bewusstsein des Vorhandenseins einer Metakognition bedarf, ohne genauer zu explizieren, auf der Basis welcher Mechanismen eine solche Metakognition entsteht oder wie genau ein Sachverhalt dadurch bewusst wird. Aufgrund der fehlenden Spezifizierung der dem Bewusstsein zugrunde liegenden Mechanismen innerhalb beider Theorien ist es nicht verwunderlich, dass diese Mechanismen auch empirisch bislang unzureichend untersucht sind.

Allerdings reicht es nicht allen Theoretikern aus, Bewusstsein deskriptiv zu erfassen, sondern es gibt durchaus Bestrebungen, stärker auf potentielle Mechanismen zu fokussieren. So bemühen sich im Rahmen der Global-Workspace-Theorie neuere theoretische Ansätze (Baars, 2003; Baars & Franklin, 2003; Dehaene & Changeux, 2004; Dehaene & Naccache, 2001; Kanwisher, 2001), die Idee des Global Workspace neurophysiologisch zu unterfüttern, indem der Workspace mit neuronalen Zellverbänden in Verbindung gebracht wird. Zudem nimmt der Ansatz des Global Neuronal Workspace (Dehaene & Naccache, 2001) einen Aufmerksamkeitsprozess an, der an der Selektion der Information, die über den Global Workspace verbreitet wird, beteiligt ist.

Im Bereich des impliziten Lernens postuliert beispielsweise Cleeremans (2002; Cleeremans & Jiménez, 2002, s. a. Kapitel 2.1.1) in seinem konnektionistischen Netzwerkmodell einen datengetriebenen Verstärkungsmechanismus, um Bewusstsein zu erklären. Dabei hängt die Bewusstheit einer Repräsentation von ihrer Qualität ab, welche sich wiederum aus der Stärke, Distinktheit und Stabilität dieser Repräsentation ergibt. Im Rahmen des Verstärkungsmechanismus resultiert eine Erhöhung der Repräsentationsqualität obligatorisch aus der wiederholten Bearbeitung einer Aufgabe. Konsequenz einer mittleren Repräsentationsqualität ist dann die Bewusstheit eben dieser

Repräsentation, wodurch Bewusstsein allein durch einen quantitativen Repräsentationswechsel charakterisiert wird. Allerdings schränkt Cleeremans selbst ein, dass der angenommene Verstärkungsmechanismus zwar notwendig jedoch keinesfalls hinreichend für Bewusstsein ist. Als mögliche weitere Einflussfaktoren für Bewusstsein nennt er Aufmerksamkeits- und Integrationsprozesse, jedoch sind diese zu wenig präzisiert, um die Entstehung von Bewusstsein dezidiert erklären zu können.

Haider und Kollegen (Frensch et al., 2003; Haider et al., im Druck; Haider & Frensch, 2005, 2009; Haider & Rose, 2007; Rüniger & Frensch, 2008; 2010, s. a. Kapitel 2.1.4) propagieren im Bereich der impliziten Lernforschung mit der UE-Hypothese hingegen nicht einen quantitativen, sondern einen qualitativen Repräsentationswechsel, indem sie neben einem datengetriebenen impliziten Lernprozess einen expliziten Prozess annehmen, der sich als Such- oder Attributionsprozess charakterisieren lässt und durch unerwartete Ereignisse getriggert wird. Ziel des Suchprozesses ist es, dem jeweiligen unerwarteten Ereignis eine Ursache zuzuschreiben. Ist der Suchprozess erfolgreich, so wird die aufgabenimmanente Regularität bewusst. In dem Sinne ist die UE-Hypothese einer der wenigen Erklärungsansätze für Bewusstsein bzw. die Bewusstwerdung einer Repräsentation. Zudem konnten, wie im vorherigen Unterkapitel beschrieben, diverse Untersuchungen die Annahmen der UE-Hypothese untermauern und so unerwartete Ereignisse als Determinanten der bewussten Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regularität etablieren. Allerdings konnten, vor allem aufgrund der Fokussierung auf *implizite* Lernprozesse, im Rahmen inzidenteller Lernsituationen neben unerwarteten Ereignissen bislang kaum weitere Determinanten der bewussten Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regularität identifiziert werden. Auf der Hand liegt natürlich, dass die Komplexität bzw. Salienz der aufgabenimmanenten Regularität das Auffinden eben dieser beeinflusst – diese Erkenntnis ist jedoch eher trivial. Ein Faktor, der die bewusste Gewährwerdung der Regularität zusätzlich beeinflussen kann, ist sicherlich die Einstellung, mit der die Person an die Aufgabenbearbeitung herangeht. So können Persönlichkeitsdispositionen wie ein Geschwindigkeits- oder Genauigkeitsmotiv die Aufgabenbearbeitung und damit die Wahrscheinlichkeit der bewussten Gewährwerdung einer verborgenen Regularität beeinflussen (s. Hoyndorf & Haider, 2009, für die Effekte einer experimentell induzierten Geschwindigkeits- bzw. Genauigkeitsausrichtung auf den Erwerb expliziten Wissens). Darüber hinaus scheinen Töne, die als distinkte Handlungseffekte wahrgenommen werden können, das Ausmaß expliziten Wissens zu erhöhen (Hoffmann et al., 2001; Stöcker & Hoffmann, 2004; Zirngibl & Koch, 2002). Allerdings lassen sich solche Handlungseffekte auch im Rahmen der UE-Hypothese als unerwartete Ereignisse interpretieren, beispielsweise wenn die Versuchsperson sich fragt, warum sie einen Handlungseffekt bereits antizipiert hat.

Alles in allem gibt es bislang somit nur wenig Hinweise auf mögliche Einflussfaktoren der bewussten Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regularität. Es finden sich jedoch ver-

schiedenste Hinweise darauf, dass Sprache für das menschliche Bewusstsein eine besondere Rolle spielen könnte. So gilt der verbale Report als weit verbreitete Möglichkeit, bewusstes Wissen möglichst objektiv zu erfassen. Dies lässt sich theoretisch auf verschiedene in Kapitel 4 vorgestellte Vertreter des Multiple-Systems-Ansatzes zurückführen, die Sprache aufgrund ihrer qualitativ anderen Wissensrepräsentation einen Sonderstatus gegenüber den übrigen Ausdrucksformen von Regelwissen zugestehen. So charakterisieren Hayes und Broadbent (1988) in ihrer Unterscheidung den bewussten Prozess als sprachlichen Prozess. Dies passt darüber hinaus zur Idee des Global Workspace (Baars, 1988; Dehaene & Naccache, 2001), wo Bewusstsein mit globaler Verfügbarkeit gleichgesetzt wird. Dabei erlaubt globale Verfügbarkeit einerseits eine Verbalisierung der verfügbaren Information, andererseits besitzen sprachliche Informationen aufgrund ihrer Semantik bereits eine gewisse Verarbeitungstiefe. Verarbeitungstiefe wird als eine Voraussetzung für die Bewusstwerdung einer Repräsentation (Stadler, 1997) und den damit verbundenen modulübergreifenden Informationsaustausch gesehen. In eine ähnliche Richtung geht die Vorstellung von Keele und Kollegen (2003), die dimensionsübergreifende Informationen (und damit kategorisierte Informationen wie beispielsweise Sprache) als zumindest bewusstseinsfähig verorten. Insofern sollte sprachliche Information von vornherein potentiell eher global verfügbar sein als nichtsprachliche Information.

In diesem Zusammenhang sollte auch erwähnt werden, dass Sprache an der Integration von Repräsentationen beteiligt zu sein scheint (Hermer-Vazquez et al., 2001; Hermer-Vazquez et al., 1999; Kray et al., 2006; Zelazo, 1999), was zur Vorstellung der globalen Verfügbarkeit von Informationen im Global Workspace passt. Zudem konnten einige Untersuchungen Sprache als ein Instrument identifizieren, mit dem Verhalten aktiv gesteuert werden kann (z. B. Emerson & Miyake, 2003; Goschke, 2000; Karbach & Kray, 2007; Kray et al., 2008; Kray et al., 2004; Miyake et al., 2004). Betrachtet man Sprache im Rahmen des Aufgabenkontextes, so zeigt sich beispielsweise für die geforderten Antworten, dass ein verbaler Antwortmodus manuellen Antworten hinsichtlich des expliziten Lernerfolgs überlegen ist (Zirngibl & Koch, 2002). Für sprachliche Stimuli findet sich bislang zwar kein Lernvorteil, allerdings nivellierten sich bei symbolischen Stimuli für Probanden mit explizitem Wissen die Vorteile der räumlichen S-R-Kompatibilität manueller Antworten (Hoffmann & Koch, 1997).

Es gibt also bereits einige Hinweise darauf, dass Sprache eine nicht unerhebliche Rolle für menschliches Bewusstsein spielt. Die vorliegende Arbeit versucht, diese Rolle genauer herauszuarbeiten. Da inzidentelle Lernsituationen ideale Voraussetzungen bieten, die bewusste Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regularität isoliert zu betrachten, beschäftigte sich die vorliegende Arbeit spezifischer mit der Frage, inwieweit Sprache die bewusste Gewährwerdung der verborgenen Regularität beeinflusst. Mit der bewussten Gewährwerdung dieser Regularität geht, wie in der Arbeitsdefinition von Bewusstsein beschrieben, ein qualitativer Repräsentationswech-

sel einher. Im Rahmen der UE-Hypothese (Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005, 2009) wird dieser Repräsentationswechsel als Restrukturierung der Aufgabenrepräsentation gesehen, die sich aus einem erfolgreichen Suchprozess ergibt. Dieser Repräsentationswechsel erlaubt, einen Strategiewechsel in der Aufgabenbearbeitung hin zu einer top-down gesteuerten Verhaltenskontrolle zu vollziehen. Voraussetzung dafür ist, dass ein Handlungsplan vorliegt, der zur (sprachlichen) Selbstinstruktion dienen kann (z. B. Emerson & Miyake, 2003; Karbach & Kray, 2007; Kray et al., 2008; Kray et al., 2004; Miyake et al., 2004; Tubau et al., 2007). In diesem Handlungsplan werden Handlungen und Effekte über Sprache miteinander verknüpft, so dass verschiedene Handlungseffekte miteinander assoziiert werden können (Kray et al., 2006; Tubau et al., 2007). Darüber hinaus ist Sprache wichtig für die Integration verschiedener Repräsentationen (Hermer-Vazquez et al., 1999; Zelazo, 1999). In diesem Sinne lässt sich der mit der bewussten Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Regularität einhergehende Repräsentationswechsel als Transformation der (z. B. räumlich-visuellen oder motorischen) Aufgabenrepräsentation in eine integrierte verbale Repräsentation der Regularität begreifen. Durch diese Integration unterscheiden sich Ausgangsrepräsentation und transformierte Repräsentation in ihrer Qualität.

Daraus folgt, dass Sprache im Rahmen der verwendeten SRT-Aufgabe a) an der Integration der Sequenz und somit dem Erwerb expliziten Wissens beteiligt sein sollte und b) einer top-down gesteuerten Verhaltenskontrolle zugrunde liegen sollte. Insofern sollte ein Aufgabenkontext, der die Bildung einer verbalen Repräsentation erlaubt oder anregt, das Ausmaß expliziten Wissens erhöhen, da eine Transformation der Aufgabenrepräsentation in eine integrierte verbale Repräsentation erleichtert sein sollte. Genauso sollte ein Aufgabenkontext, der die Transformation der Aufgabenrepräsentation in eine verbale Repräsentation erschwert, das Ausmaß expliziten Wissens reduzieren. Eine verbale Integration des Sequenzwissens sollte dann effektiv für eine Top-Down-Steuerung des Verhaltens genutzt werden können und so zu Performanzvorteilen (z. B. Reaktionszeitbeschleunigung, Reaktionszeitdiskontinuität) führen. Wird hingegen die Möglichkeit einer verbalen Top-Down-Steuerung blockiert, sollte dies die Nutzung des Sequenzwissens zur Beschleunigung der Reaktionszeiten beeinträchtigen.

Die hier präsentierten Experimente untersuchten, inwiefern eine verbale Aufgabenrepräsentation die Integration und somit die bewussten Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Regularität fördert und ob sich anschließend Hinweise bezüglich eines Strategiewechsels auf eine top-down gesteuerte Verhaltenskontrolle finden lassen. Ausgangspunkt war die Frage, inwieweit der Aufgabenkontext dies moderiert. Um den Aufgabenkontext zu manipulieren, wurde der Stimulustyp in der SRT-Aufgabe variiert. Verwendet wurden wie bei Hoffmann und Koch (1997) räumliche (Lokationen) oder symbolische Stimuli (Ziffern). Anders als bei Hoffmann und Koch sollte dadurch jedoch nicht die S-R-Kompatibilität, sondern die Möglichkeit zur Bildung einer



verbalen Repräsentation manipuliert werden, da symbolische Stimuli leichter in eine verbale Repräsentation transformierbar sein sollten als räumliche Stimuli.

Im zweiten Experiment wurde überprüft, ob die Manipulation des Stimulustyps tatsächlich als Operationalisierung der Sprachbeteiligung gewertet werden kann und ob sich die Ergebnisse des ersten Experiments auf den Einfluss von Sprache zurückführen lassen. Zu diesem Zweck wurden die Ergebnisse des ersten Experiments mithilfe einer Alternativmanipulation repliziert. Als alternative Manipulation der Sprachbeteiligung wurde artikulatorische Unterdrückung (Baddeley, 1997; Baddeley, Chincotta & Adlam, 2001; Baddeley & Larsen, 2007a, 2007b) verwendet, welche – ähnlich wie nichtsymbolische Stimuli – die Möglichkeit zur Bildung einer verbalen Repräsentation reduzieren und so selektiv die bewusste Gewährwerdung der verborgenen Sequenz beeinträchtigen sollte. Darüber hinaus sollte artikulatorische Unterdrückung mit einer top-down gesteuerten Verhaltenskontrolle interferieren, falls diese auf einer verbalen Wissensrepräsentation basiert.

Im dritten Experiment wurde untersucht, wo die Wirkung artikulatorischer Unterdrückung ansetzt. Spezifisch wurde überprüft, inwieweit artikulatorische Unterdrückung die Integration der Sequenz stört. Dazu wurde eine intentionale Lernsituation verwendet, um unabhängig vom Bemerkens eines unerwarteten Ereignisses (z. B. Haider & Frensch, 2005, 2009), das die bewusste Gewährwerdung der Sequenz initiieren kann, selektiv die Wirkung artikulatorischer Unterdrückung auf die Repräsentationsintegration betrachten zu können.

Im vierten Experiment ging es um die Frage, ob der gefundene Effekt artikulatorischer Unterdrückung sprachspezifisch oder auf andere akustische Reize generalisierbar ist (vgl. Tubau et al., 2007). Um zu untersuchen, inwieweit bereits unspezifische akustische Reize durch die Störung des Response Timings zu einer Beeinträchtigung der bewussten Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Sequenz führen, wurden Töne analog zur Implementierung akustischer Unterdrückung in den bisherigen Experimenten während der Aufgabenbearbeitung dargeboten.

Um diese Frage weiter zu vertiefen wurde im letzten Experiment überprüft, inwieweit der Implementierungszeitpunkt artikulatorischer Unterdrückung eine Rolle hinsichtlich ihrer Wirkung spielt. Da die störende Wirkung von Tönen in erster Linie auf einen Reaktionskonflikt (z. B. Burgess & Hitch, 1999; Henson et al., 2003; s. a. Pashler & Johnston, 1989) zurückgeführt wird, sollte artikulatorische Unterdrückung, wenn ihre beeinträchtigende Wirkung auf den gleichen Wirkmechanismen beruht, analog zu Tönen (Hoffmann et al., 2001; Schmidtke & Heuer, 1997; Stöcker & Hoffmann, 2004; Tubau et al., 2007) ihre beeinträchtigende Wirkung verlieren, wenn sie erst *nach* Abgabe der Reaktion implementiert wird. Das folgende Kapitel stellt die durchgeführten Experimente sowie ihre Ergebnisse detaillierter vor. Anschließend werden die Ergebnisse aller Experimente in Kapitel 7 zusammengetragen und diskutiert.

## 6 Empirischer Teil: Sprache als mögliche Determinante expliziten Wissens

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, eine mögliche Determinante der bewussten Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regularität zu untersuchen. Genauer gesagt handelte es sich bei dieser Regularität um eine in der SRT-Aufgabe (Nissen & Bullemer, 1987) verborgene Sequenz. Da, wie bereits beschrieben, einerseits verschiedene Befunde auf eine Sonderstellung von Sprache für (menschliches) Bewusstsein hindeuten (Emerson & Miyake, 2003; Karbach & Kray, 2007; Kray et al., 2008; Kray et al., 2004; Kray et al., 2006; Miyake et al., 2004; Zirngibl & Koch, 2002) und andererseits verschiedene Theorien eine solche postulieren (Baars, 1988; Carruthers, 2002; Dienes & Perner, 1999, 2002a; Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005; Haider & Rose, 2007; Hayes & Broadbent, 1988; Morin, 2009; Rosenthal, 1997; Rüniger & Frensch, 2010), sollte in diesem Zusammenhang untersucht werden, inwieweit Sprache, operationalisiert über die Möglichkeit zur Bildung einer verbalen Repräsentation, die Wahrscheinlichkeit der bewussten Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Sequenz erhöhen kann.

In Anlehnung an Arbeiten von Koch und Kollegen (Hoffmann & Koch, 1997; Zirngibl & Koch, 2002), die letztlich die Effekte von Sprache (enthalten in der Antwortmodalität oder den verwendeten Stimuli) auf Sequenzlernen untersuchten, wurde deshalb die Variation des Stimulustyps verwendet, um die Entstehung einer verbalen Repräsentation zu manipulieren. Anders als bei Hoffmann und Koch (1997) lag der Fokus dabei jedoch nicht auf Sequenzlernen per se, sondern auf der Rolle, die eine durch das Aufgabenmaterial begünstigte verbale Repräsentation für die bewusste Gewährwerdung der inhärenten Sequenz und einen nachfolgenden Wechsel auf eine Top-Down-Steuerung spielt. Dazu wurde zum einen die in der Aufgabe verborgene Sequenz modifiziert, um ihre Erlernbarkeit zu steigern, und zum anderen die Auswertung des postexperimentellen Interviews strenger gehandhabt, um die Gefahr einer Kontaminierung detektierten expliziten Wissens durch implizites Wissen zu minimieren. So wurden in der vorliegenden Arbeit Versuchspersonen nur dann als Verbalisierer klassifiziert, wenn sie spontan die *vollständige* Sequenz benennen konnten, während Hoffmann und Koch Sequenzwissen bereits dann als explizit werteten, wenn mehr als die Hälfte der Sequenzübergänge korrekt wiedergegeben werden konnten. Darüber hinaus wurden die Reaktionszeiten genauer hinsichtlich Indikatoren eines Strategiewechsels analysiert (s. Haider & Rose, 2007). Dieser Strategiewechsel, der sich in einer drastischen Reaktionszeitbeschleunigung äußert, hängt nach Annahme der UE-Hypothese (Frensch et al., 2003; Haider et al., im Druck; Haider & Frensch, 2009; Haider & Rose, 2007; Rose et al., im Druck) eng mit der bewussten Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Regularität zusammen und kann deshalb Aufschluss über ihren zeitlichen Verlauf geben. So sollte die Analyse der Reak-

tionszeiten spezifizieren helfen, inwiefern sich die Art der verwendeten Stimuli generell auf einen Wechsel in der Bearbeitungsstrategie sowie auf den Zeitpunkt dieses Wechsels auswirkt. Im Folgenden wird zunächst die Prozedur der durchgeführten Reaktionszeitanalyse erläutert, bevor die Methode des ersten Experiments genauer beschrieben wird.

## 6.1 Analyse von Reaktionszeitdiskontinuitäten als Hinweis auf einen Strategiewechsel

Ein Anliegen dieser Arbeit ist es, den Prozess der bewussten Gewährwerdung nachzuvollziehen. Allerdings liegt es in der Natur der Sache, dass die postexperimentelle Befragung bewusstes Wissen erst posthoc erfassen kann, wodurch nicht mehr exakt nachvollzogen werden kann, *wann*, *wie* und *wodurch* dieses Wissen entstanden ist. Deshalb wurde in der vorliegenden Arbeit zusätzlich innerhalb der Trainingsperformanz nach Hinweisen auf die bewusste Gewährwerdung der Sequenz gesucht. Dazu wurden die erhobenen Reaktionszeitdaten auf Einzelversuchspersonenebene betrachtet, indem für jeden Sequenzübergang getrennt analysiert wurde, inwieweit eine signifikante Beschleunigung der Reaktionszeiten selektiv für diesen Sequenzübergang stattgefunden hat. Dieses Vorgehen wurde vor dem Hintergrund der UE-Hypothese gewählt, die davon ausgeht, dass die bewusste Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regularität mit einem qualitativen Strategiewechsel einhergeht. Besonders bei motorischen Sequenzen findet sich in diesem Zusammenhang eine drastische, diskontinuierliche Beschleunigung der Reaktionszeiten, die den postulierten Wechsel in der Bearbeitungsstrategie indiziert.

Mittels der Reaktionszeitdiskontinuitätsanalyse lässt sich dann auf Basis der Latenzzeiten der Zeitpunkt im Trainingsverlauf bestimmen, zu dem die Versuchsperson ihre Bearbeitungsstrategie gewechselt hat, um so den Zeitpunkt der bewussten Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Regularität genauer einkreisen zu können. Da die Reaktionszeitanalyse auf Ebene einzelner Trainingsdurchgänge erfolgt, lässt sich eine relativ feine Auflösung der Dynamik des Prozesses der bewussten Gewährwerdung der Regularität erzielen. Basierend auf einem Verfahren, welches Haider und Rose 2007 für die NRT entwickelten, wurde bereits von Wessel (2008) sowie von Haider et al. (im Druck) eine Anpassung des Verfahrens für die SRT-Aufgabe vorgenommen. Während die NRT den Vorteil hat, dass sich hier determinierte und nichtdeterminierte Eingaben gegenüberstellen lassen und somit im gesamten Trainingsverlauf stets eine Basisrate der Reaktionszeit als Referenzwert zur Verfügung steht, sind in der SRT-Aufgabe alle Eingaben regelhaft und dadurch determiniert. Zudem ist die in der SRT-Aufgabe enthaltene Regularität eine mehrstellige Sequenz und damit etwas komplexer und vielschichtiger als das Antwortschema der NRT. So lässt sich in der NRT der Strategiewechsel im Sinne eines *Alles-oder-Nichts-Prozesses* abbilden, während in der SRT-Aufgabe in einem stärkeren Maße die Möglichkeit besteht, fragmen-

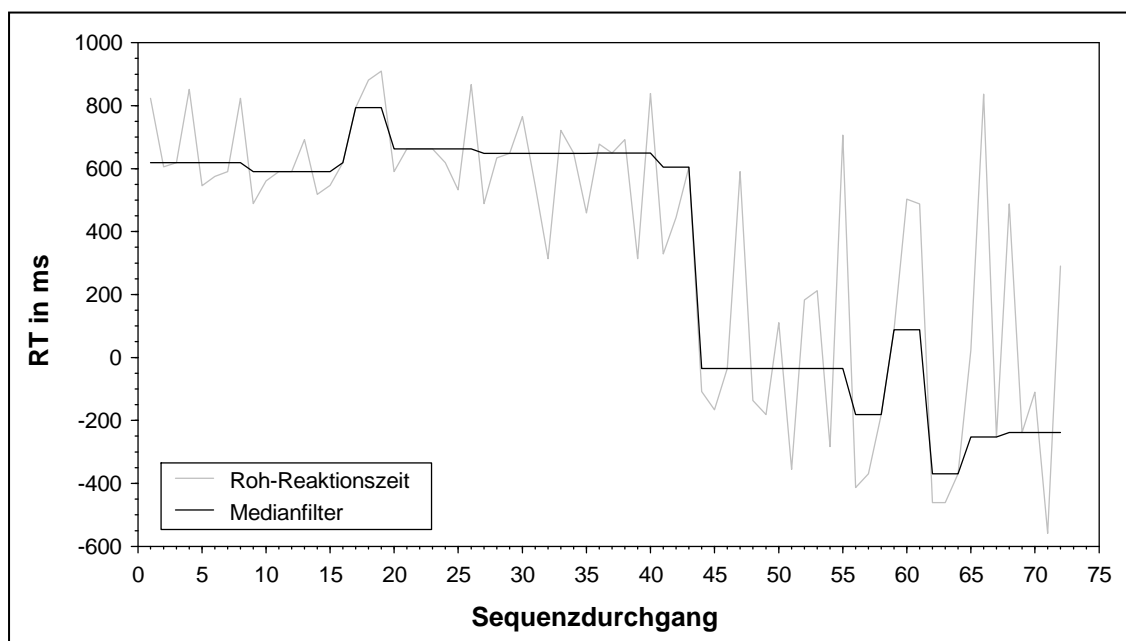
tarisches Sequenzwissen zu erwerben und dadurch nur für einen Teil der Sequenzübergänge auf eine kontrollierte Bearbeitungsstrategie zu wechseln (z. B. wenn sich eine Versuchsperson bewusst ist, dass nach der Eingabe #2 die Eingabe #3 folgt, sie jedoch keinerlei andere Sequenzübergänge verfügbar hat).

Diesem Charakteristikum der SRT-Aufgabe wird dadurch Rechnung getragen, dass für jeden Sequenzübergang separat eine Reaktionszeitdiskontinuitätsanalyse durchgeführt wird. Die bisher entwickelten Verfahren haben jedoch nicht den Fokus auf eine saubere Trennung zwischen vollständigem und fragmentarischem Wissen gelegt, da nicht für alle Sequenzübergänge Diskontinuitäten berechnet wurden. So hat Wessel (2008) beispielsweise nur den jeweils ersten und letzten Sequenzübergang im Training, der eine Reaktionszeitdiskontinuität aufwies, identifiziert, ohne zu quantifizieren, wie viele Sequenzübergänge darüber hinaus eine Diskontinuität aufwiesen. Dadurch sollte das Verfahren für eine Versuchsperson, die explizites Wissen über zwei Sequenzübergänge erworben und strategisch eingesetzt hat, das gleiche Ergebnis liefern wie für eine Versuchsperson, die die Sequenz vollständig integriert und dieses Wissen im Sinne einer Top-Down-Steuerung verwendet hat, da die dazwischen liegenden Diskontinuitäten nicht analysiert wurden. In der Untersuchung von Haider et al (im Druck) ging es hingegen um die Übereinstimmung verschiedener Bewusstheitsmaß, wobei die Bestimmung von vier Sequenzübergängen<sup>26</sup> mit Reaktionszeitdiskontinuität ausreichte, um zwischen Versuchspersonen, die ihr Wissen in einem späteren Bewusstheitsmaß strategisch kontrollieren konnten, und solchen, die dazu nicht in der Lage waren, zu trennen. Sowohl in der Arbeit von Wessel (2008) als auch der von Haider und Kollegen (im Druck) wurde jedoch nicht die genaue Anzahl an Sequenzübergängen berechnet, die eine Reaktionszeitdiskontinuität aufwiesen, wodurch Versuchspersonen mit vollständigem Sequenzwissen allein auf Basis der Reaktionszeitanalyse nicht von solchen mit fragmentarischem Wissen unterschieden werden konnten. Deshalb wurde in der vorliegenden Arbeit die Analyse dahingehend angepasst, dass für alle – in diesem Fall acht – Sequenzübergänge nach einer Diskontinuität gesucht wurde. So sollten Versuchspersonen mit vollständigem Sequenzwissen von Versuchspersonen mit Teilwissen voneinander abgegrenzt werden können, da für Erstere mehr Diskontinuitäten gefunden werden sollten. Zudem sollte die achte und letzte Diskontinuität, wenn sie als Indikator für einen Wechsel auf eine top-down-gesteuerte Bearbeitungsstrategie interpretiert wird, anzeigen, wann die Versuchsperson explizites Sequenzwissen über alle acht Übergänge strategisch einsetzt. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass sie sich dieser acht Sequenzübergänge bewusst ist (z. B. Cleeremans & Jiménez, 2002). Insofern sollte die letzte detektierte Diskontinuität angeben, ab wann die Versuchsperson definitiv eine integrierte und damit bewusste Repräsentation der Sequenz besitzt.

---

<sup>26</sup>Da es sich in diesem Fall um eine sechsstellige Sequenz handelte, basierte die Klassifizierung bewussten Wissens also darauf, dass zumindest mehr als die Hälfte der Sequenzübergänge eine Reaktionszeitdiskontinuität aufwiesen.

Dazu wurden zunächst für jede Versuchsperson die Reaktionszeiten nach Sequenzübergängen geordnet und fehlerhafte Reaktionszeiten durch den Mittelwert der neun nachfolgenden Werte des gleichen Sequenzübergangs ersetzt. Anschließend wurden die Reaktionszeiten für jeden Sequenzübergang separat im Sinne eines *Moving Averages* der Größe fünf mediangefiltert<sup>27</sup> (vgl. a. Haider & Rose, 2007; Wessel, 2008). Der Median hat in diesem Fall gegenüber dem arithmetischen Mittel nicht nur den Vorteil, dass Ausreißerwerte weniger stark ins Gewicht fallen, sondern es reichen bereits drei schnelle Reaktionszeiten aus, um den Medianwert nach unten zu verändern. Dadurch können Reaktionszeitdiskontinuitäten adäquat durch den Medianwert abgebildet werden. Abbildung 6 illustriert diese Wirkung des Medianfilters für die Reaktionszeiten eines Sequenzübergangs beispielhaft für eine Versuchsperson.



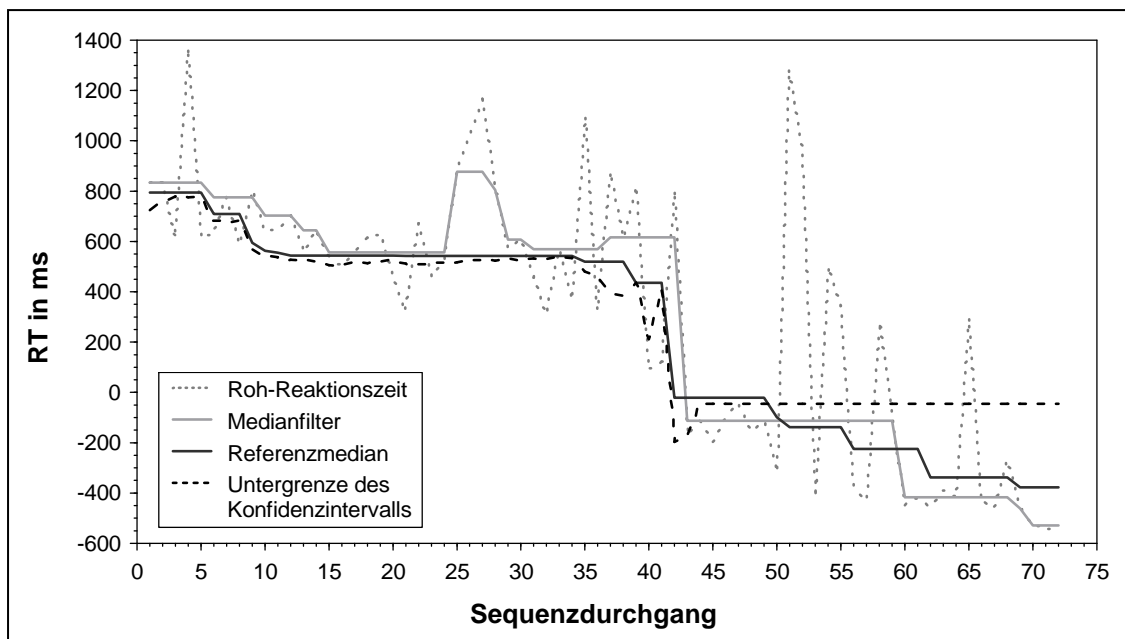
**Abbildung 6:** Illustration der Medianfilterung. Dargestellt sind die Roh-Reaktionszeiten sowie die zugehörigen mediangefilterten Werte über alle Sequenzdurchläufe eines Sequenzübergangs bei einer Versuchsperson.

Nach der Bereinigung der Reaktionszeiten mithilfe des Medianfilters wurde für jeden Sequenzübergang in jedem Sequenzdurchlauf ein Referenzwert gebildet. Dieser Referenzwert entsprach jeweils dem Mittelwert der Roh-Reaktionszeiten für die restlichen sieben Sequenzübergänge im aktuellen Sequenzdurchlauf. Über die verschiedenen Sequenzdurchläufe wurde der Referenzwert mediangefiltert, um die Werte weiter zu glätten. Anschließend wurde ein 99%-iges

---

<sup>27</sup>Dazu wurde ein bewegliches Fenster der Größe fünf sukzessiv über die Daten geschoben, so dass für jeden Sequenzdurchgang jeweils die beiden vorherigen sowie die beiden nachfolgenden Durchgänge zusätzlich zum aktuellen Wert in die Medianberechnung eingingen. Allerdings wurde nur für den aktuellen und die nachfolgenden Durchgänge auf die Roh-Reaktionszeiten zurückgegriffen, wohingegen für die Vorgängertrials die bereits berechneten Medianwerte verwendet wurden. Durch dieses Vorgehen wurden die Roh-Reaktionszeiten, die eine sehr hohe Varianz aufweisen, einerseits geglättet und andererseits darin liegende Trends verstärkt.

Konfidenzintervall um den Referenzmedian gelegt, um den Bereich zu bestimmen, in dem Reaktionszeiten erwartungsgemäß variieren können. Dieser Vertrauensbereich sollte als Vergleichsmaßstab für die einzelnen Sequenzübergänge dienen, um zu entscheiden, zu welchem Zeitpunkt die Reaktionsgeschwindigkeit für einen Sequenzübergang das Reaktionszeitlevel unterschreitet, das auf Grundlage der Reaktionen auf die übrigen Sequenzübergänge zu erwarten wäre. Abbildung 7 veranschaulicht die Unterschreitung der Untergrenze des Konfidenzintervalls für einen Sequenzübergang.



**Abbildung 7:** Das Prinzip der Reaktionszeitanalyse. Aus den Roh-Reaktionszeiten (hellgraue Linie) eines Sequenzüberganges wird für jeden Sequenzdurchlauf der Median (schwarze Linie) bestimmt. Aus den übrigen Sequenzübergängen wird ein Referenzmedian (dunkelgraue Linie) ermittelt, um den das auf Basis der Regressionsresiduen berechnete 99%-Konfidenzintervall (gestrichelte Linie) gelegt wird. Um eine Reaktionszeitdiskontinuität zu detektieren, wird der Medianfilter des aktuellen Sequenzüberganges mit der Untergrenze des Referenz-Konfidenzintervalls verglichen.

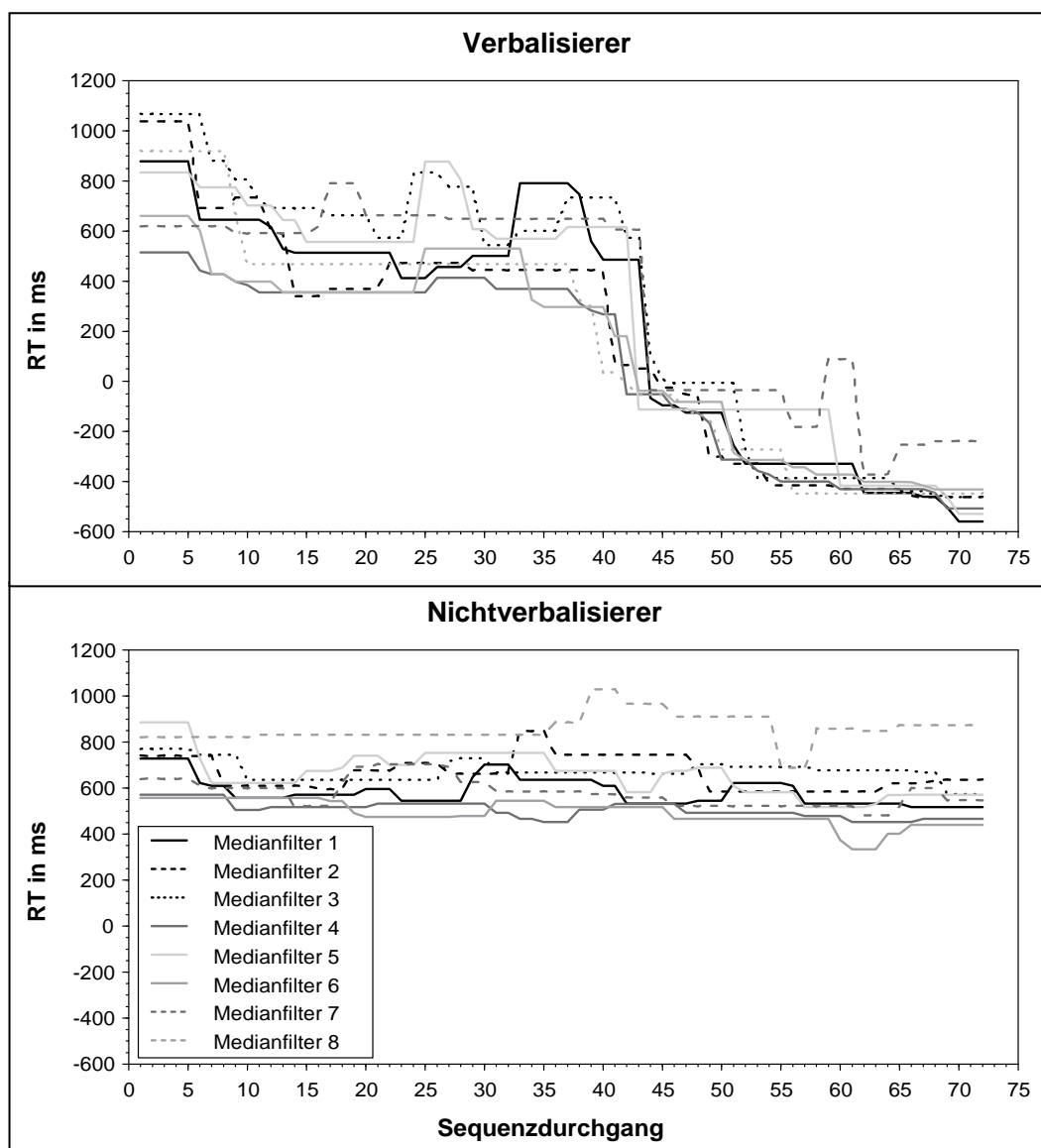
Zur Berechnung des Varianzmaßes, welches in das Konfidenzintervall einging, wurde zunächst für jeden Sequenzdurchgang die Differenz der Roh-Reaktionszeit jedes Referenzübergangs vom Referenzmedian bestimmt. Dabei gingen jeweils nur die Werte in die Berechnung ein, in denen die Roh-Reaktionszeit unter dem Referenzmedian lag, da zum einen besonders schnelle Reaktionen – also außergewöhnliche Abweichungen nach unten – von Interesse waren und andererseits Abweichungen nach oben weniger stark beschränkt sind (letztlich nur durch das Zeitlimit zur Bearbeitung des Durchgangs) als Abweichungen nach unten (hier bildet die schnellstmögliche motorische Reaktionsgeschwindigkeit der Versuchsperson die Asymptote), so dass die Varianzen und infolgedessen das Konfidenzintervall unnötig groß würden. Aus den quadrierten Abweichungen nach unten wurde anschließend jeweils für jeden Sequenzdurchgang die Standardabweichung über die bisherigen Sequenzdurchläufe bestimmt. Um die Varianz noch weiter zu

minimieren, wurde zusätzlich die unterschiedliche Grundgeschwindigkeit der Versuchspersonen mittels Regressionsanalyse herauspartialisiert (s. a. Wessel, 2008). Als Prädiktor für die Standardabweichung fungierte dabei ein Standardabweichungsmaß, das auf den Differenzen zwischen Roh-Referenzreaktionszeiten und Referenzwert (Mittelwert der jeweils restlichen sieben Sequenzübergänge) basierte. Die resultierenden Regressionsresiduen wurden anschließend zur Berechnung des Konfidenzintervalls verwendet. Um nun eine Diskontinuität festzustellen, wurde pro Sequenzdurchgang der Median des aktuell interessierenden Sequenzübergangs mit der Untergrenze des 99%-igen Konfidenzintervalls verglichen.

Unterschritt der Median eines Sequenzübergangs die Untergrenze des zugehörigen Referenzkonfidenzintervalls, so wurde für diesen Sequenzübergang eine Reaktionszeitdiskontinuität festgestellt, falls er zudem die Bedingung erfüllte, dass der Medianwert auch unterhalb des Blockmittelwertes für den ersten Trainingsblock abzüglich einer Standardabweichung (jeweils berechnet über alle Versuchspersonen) lag, um sicherzustellen, dass es sich um eine außergewöhnliche Beschleunigung handelt. Darüber hinaus wurde der erste Halbblock (die ersten 10 Sequenzdurchgänge) gesperrt, so dass Diskontinuitäten erst ab dem 11. Sequenzdurchlauf detektiert werden konnten. Diese Vorgabe sollte die Gefahr minimieren, dass Übungseffekte, die mit einer Gewöhnung an die Aufgabe und einer daraus resultierenden Beschleunigung der Bearbeitungszeiten einhergehen, als Strategiewechsel klassifiziert werden. Denn gerade in inzidentellen Lernsituationen sollten die Probanden einige Sequenzdurchläufe benötigen, bevor sie die Sequenz bemerken, geschweige denn so weit verfügbar haben, dass sie sie bewusst einsetzen könnten.

Sequenzübergänge, bei denen bereits eine Diskontinuität festgestellt worden war, wurden nicht mehr zur Erstellung des Referenzwertes der übrigen Sequenzübergänge herangezogen. So dezimiert sich nach und nach die Zahl der Werte, die in den Referenzwert eingehen. Aus diesem Grund wurden die Diskontinuitäten für die letzten beiden Sequenzübergänge anders berechnet, da hier nicht mehr ausreichend Referenzwerte zur Verfügung standen. Statt wie bisher diejenigen Sequenzübergänge als Referenz heranzuziehen, die noch keine Diskontinuität aufwiesen, wurden nun ausschließlich Sequenzübergänge verwendet, die bereits eine Diskontinuität zu verzeichnen hatten. Dadurch änderte sich auch die Logik des Vorgehens: Statt zu bestimmen, wann der Median eines Sequenzüberganges aus dem Konfidenzintervall des Referenzwertes fiel, wurde nun der Zeitpunkt, ab dem der Median des Sequenzüberganges in das Konfidenzintervall hineinfiel und sich somit nicht mehr von den Sequenzübergängen, die bereits eine Diskontinuität aufwiesen, unterschied, gesucht. Dazu war die Obergrenze des Konfidenzintervalls wichtig, die auf den Abweichungen der Roh-Reaktionszeiten vom Referenzmedian nach oben basierte. Da die Abweichungen nach oben bei Reaktionszeiten üblicherweise deutlich höher sind als bei den Abweichungen nach unten, besteht hier in besonderem Maße die Gefahr, dass die Varianz überproportional groß wird und so das Konfidenzintervall zu breit ist, um Diskontinuitäten in der Reakti-

onszeit aufdecken zu können. Deshalb wurden nur diejenigen Roh-Reaktionszeiten der übrigen Sequenzübergänge mit Diskontinuität in die Berechnung des Referenzwertes aufgenommen, die unterhalb des ersten Blockmittelwertes abzüglich einer Standardabweichung (wiederum über alle Versuchspersonen berechnet) lagen. Später gingen auch nur diese Werte in die Berechnung der Abweichungen nach oben ein. Zudem wurden wieder die Residuen der Regressionsanalyse zur Bestimmung der Grenzen des Konfidenzintervalls verwendet. Dadurch war es prinzipiell möglich, für alle acht Sequenzübergänge Reaktionszeitdiskontinuitäten zu detektieren, so dass sich die Anzahl der identifizierten Diskontinuitäten als weitere abhängige Variable auswerten ließ. Abbildung 8 stellt den zeitlichen Verlauf der Medianfilter der einzelnen Sequenzübergänge eines Verbalisierers und eines Nichtverbalisierers gegenüber.



**Abbildung 8:** Vergleich zwischen einem Verbalisierer und einem Nichtverbalisierer. In der oberen Hälfte der Abbildung sind die Werte der Medianfilter der einzelnen Sequenzübergänge (Übergang 1 bis 8) im Verlauf des SRT-Trainings für einen Verbalisierer abgetragen, darunter finden sich die entsprechenden Werte für einen Nichtverbalisierer. Beim Verbalisierer zeigen sich die Reaktionszeitdiskontinuitäten für die verschiedenen Sequenzübergänge in der steilen Treppenförmigkeit der Medianverläufe, während sich die Medianwerte im Falle des Nichtverbalisierers über den Trainingsverlauf nur wenig verändern.



Beim Verbalisierer zeigen sich die in der Reaktionszeitdiskontinuitätsanalyse für die einzelnen Sequenzübergänge detektierten Diskontinuitäten auch auf grafischer Ebene, indem sich an dieser Stelle besonders steile Stufen in der Treppenform der Medianverläufe ausbilden. Beim Nichtverbalisierer zeigt sich ein entsprechend ausgeprägter Stufenverlauf hingegen nicht. Mittels dieser Methode lassen sich nun Beginn und möglicher Endpunkt der bewussten Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Regularität zeitlich stärker eingrenzen, da die erste identifizierte Reaktionszeitdiskontinuität zeitlich mit dem Bemerkten oder zumindest dem Beginn bzw. ersten Erfolgen bei der Suche zusammenfallen sollte, während die achte und letzte detektierte Diskontinuität die vollständige Integration der Sequenz reflektieren sollte. Insofern mag diese Art der Analyse helfen, mehr über den Verlauf der bewussten Gewährwerdung der inhärenten Sequenz zu erfahren und die Rolle verbaler Repräsentationen in diesem Zusammenhang zu beleuchten.

## **6.2 Experiment 1: Manipulation der verbalen Repräsentation über das Stimulusmaterial**

In Experiment 1 sollte zunächst einmal überprüft werden, inwiefern die Möglichkeit zur Bildung einer verbalen Repräsentation die bewusste Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Regularität beeinflusst. Die Möglichkeit zur Bildung einer verbalen Repräsentation wurde über eine unterschiedliche Gestaltung des Aufgabenkontextes realisiert, indem in Anlehnung an Hoffmann und Koch (1997) der Stimulustyp (räumliche vs. symbolische Stimuli) variiert wurde. Anders als bei Hoffmann und Koch stand somit hinsichtlich der Stimulusmanipulation nicht die unterschiedliche S-R-Kompatibilität der Stimuli, sondern ihre unterschiedliche Zugänglichkeit für Sprache im Vordergrund. So sollten symbolische Stimuli leichter in eine verbale Repräsentation transformierbar sein als räumliche Stimuli. Darüber hinaus wurde der Schwerpunkt des ersten Experiments auf den Erwerb expliziten Sequenzwissens gelegt, weshalb die Ausgestaltung der verwendeten SRT-Aufgabe so modifiziert wurde, dass die Wahrscheinlichkeit der bewussten Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Sequenz erhöht war: So wurde einerseits das RSI verlängert (vgl. die Erörterung dieser Manipulation in Kapitel 5.2) und andererseits die Komplexität der zu erlernenden Sequenz verringert.

Falls eine verbale Repräsentation essentiell für die Integration der Sequenz und somit die bewusste Gewährwerdung derselben ist, sollten symbolische Stimuli aufgrund der vereinfachten Transformierbarkeit in eine verbale Repräsentation zu einem erhöhten Ausmaß an explizitem Wissen führen. Dabei sollte vorhandenes explizites Wissen einen Strategiewechsel auf eine Top-Down-Steuerung erlauben, was sich in einem abrupten Abfall der Reaktionszeiten (Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005, 2009; Haider & Rose, 2007) äußern sollte. Ähnlich wie bei Hoffmann und Koch (1997) sollte die höhere S-R-Kompatibilität räumlicher Stimuli allerdings grund-

sätzlich zu einem Performanzvorteil im Sinne einer höheren Bearbeitungsgeschwindigkeit führen. Dieser Kompatibilitätseffekt sollte wie bei Hoffmann und Koch verschwinden, sobald eine Versuchsperson explizites Sequenzwissen erwirbt und ihre Bearbeitungsstrategie wechselt. Insofern sollten sich die Verbalisierer beider Versuchsbedingungen gegen Trainingsende nicht mehr unterscheiden. Falls sich die Stimulusmanipulation lediglich auf die Wahrscheinlichkeit der bewussten Gewährwerdung der Sequenz auswirkt, dann sollten sich die Verbalisierer beider Bedingungen hinsichtlich des Strategiewechsels nicht unterscheiden.

### 6.2.1 Methode Experiment 1

*Stichprobe.* An der Untersuchung nahmen 63 Studierende der Universität zu Köln teil. Sie wurden zufällig einer der beiden Versuchsbedingungen zugewiesen. Vier Versuchspersonen mussten aufgrund technischer Probleme oder der vorherigen Teilnahme an ähnlichen Experimenten aus der Analyse ausgeschlossen werden, so dass letztendlich 59 Teilnehmer übrig blieben. Die Stichprobe bestand aus 49 Frauen und 10 Männern im Alter zwischen 18 und 37 Jahren ( $M = 22,95$ ,  $STD = 3,61$ ). 23 Probanden erhielten eine *symbolische* Version der SRT-Aufgabe, in der Ziffern mittig auf dem Bildschirm präsentiert wurden, 36 Probanden bearbeiteten die *räumlich-visuelle* Originalversion der SRT-Aufgabe. Nach dem Experiment wurden den Versuchspersonen Versuchspersonenstunden für die Teilnahme am Experiment bescheinigt.

*Material.* Zwar erhielten die beiden Versuchsbedingungen unterschiedliches Stimulusmaterial, die Dauer der Darbietung unterschied sich jedoch nicht. So betrug das RSI in beiden Bedingungen 900 ms. Zudem folgten die Stimuli in beiden Bedingungen derselben achtstelligen Sequenz. Dabei handelte es sich für alle Versuchspersonen um die deterministische Hybridsequenz 2-3-5-6-2-1-6-4. In der *räumlichen* Bedingung wurden die Ziffern von 1 bis 6 einer von sechs möglichen Stimuluslokationen zugeordnet, wobei die einzelne Ziffer in der Sequenz angab, auf welcher Linie der Stimulus jeweils erschien, so dass sich eine Sequenz von Stimuluspositionen ergab. In der *symbolischen* Bedingung erschienen hingegen die präsentierten Ziffern in der Reihenfolge der genannten Sequenz. Aufgrund der fixen Zuordnung der Antworttasten zu den einzelnen Bildschirmpositionen bzw. den Ziffern von 1 bis 6 fand sich die Sequenz in beiden Versuchsbedingungen auch in den motorischen Eingaben der Versuchspersonen, wobei die Ziffer 1 der Sequenz in diesem Fall der Antworttaste links außen entsprach. Die Versuchspersonen wurden im Vorhinein nicht über die Existenz der aufgabenimmanenten Sequenz aufgeklärt, so dass sich alle Versuchspersonen in einer inzidentellen Lernsituation befanden.

In der *räumlich-visuellen* Version der SRT-Aufgabe sah die Versuchsperson in jedem Durchgang auf dem Monitor sechs horizontal nebeneinander liegende Linien, von denen drei Linien in der

linken und drei Linien in der rechten Bildschirmhälfte lagen. Jede der Linien war 2,5 cm breit und 1 cm von der benachbarten Linie entfernt – ausgenommen die dritte und vierte Linie, zwischen denen der Zwischenraum 5 cm betrug. In jedem Durchgang erschien ein rotes Sternchen von ca. 0,7 cm Durchmesser auf einer der sechs Linien. Die Aufgabe der Versuchsperson war es nun, durch das Drücken der entsprechenden Antworttaste anzugeben, auf welcher Linie sich der Stimulus befand. Unmittelbar nach dem Tastendruck erhielt die Versuchsperson Rückmeldung darüber, welche Taste sie gedrückt hatte, indem an der entsprechenden Bildschirmposition ein blaues Sternchen erschien. So konnte die Versuchsperson vergleichen, ob sie die korrekte Antworttaste betätigt hatte. Denn bei korrekter Beantwortung des Durchgangs wurde so der Stimulus (rotes Sternchen) durch das Antwortfeedback (blaues Sternchen) verdeckt. Nach 400 ms verschwanden Stimulus und Feedback und nach einem RSI von insgesamt 900 ms erschien der Stimulus des nächsten Durchgangs. Wurde hingegen das Zeitlimit zur Bearbeitung des Durchgangs von 5000<sup>28</sup> ms überschritten, so wurde der Durchgang abgebrochen und es erschien anstelle des Antwortfeedbacks der Hinweis „Zu langsam“ unterhalb der Linien. Drückte die Versuchsperson eine andere als eine der beklebten Antworttasten, so erschien stattdessen der Hinweis „Falsche Taste“ am unteren Bildschirmrand. Der linke Teil von Abbildung 9 illustriert die Aufgabe für die räumlich-visuelle Bedingung.

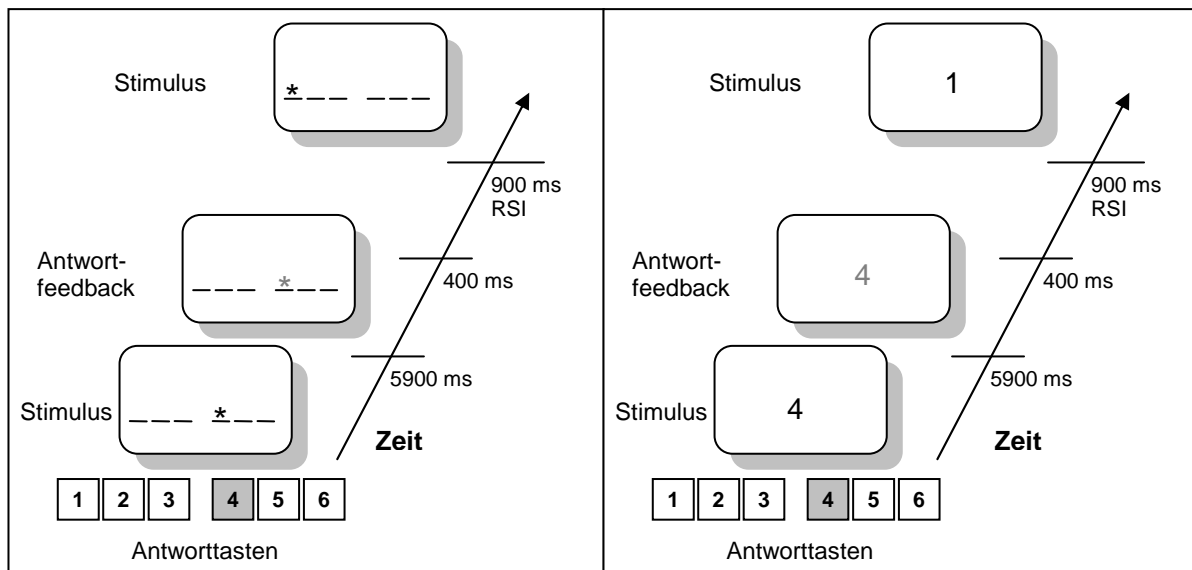
In der *symbolischen* Bedingung wurde der Versuchsperson in jedem Durchgang jeweils eine Ziffer zwischen eins und sechs mittig auf dem Bildschirm präsentiert (vgl. rechter Teil Abbildung 9). Diese Ziffer war ca. 1 cm hoch und rot eingefärbt. Aufgabe der Versuchsperson war es auch hier, die mit dem Stimulus korrespondierende Antworttaste zu drücken. Welche Taste sie gedrückt hatte, konnte sie an der blauen Ziffer erkennen, die unmittelbar nach dem Tastendruck mittig eingeblendet wurde. Entsprachen Stimulus (rote Ziffer) und Antwortfeedback (blaue Ziffer) einander, so wurde ersterer von letzterem vollständig verdeckt. Nach 400 ms verschwanden beide Ziffern und nach Ablauf des RSIs von 900 ms erschien der nächste Stimulus. Auch hier wurden Zeitverstöße sowie das Drücken einer nicht vorgesehenen Taste mit einem entsprechenden Hinweis geahndet.

In beiden Bedingungen war es den Versuchspersonen möglich, das RSI zu unterlaufen, d. h. zu antworten, bevor der nächste imperative Stimulus erschien. In diesem Fall wurden der nächste Stimulus (in rot) und die zugehörige Antwort (blaues Antwortfeedback) gleichzeitig für 400 ms eingeblendet. Nach einem RSI von 900 ms wurde dann der jeweils nächste Stimulus präsentiert, sofern nicht das folgende RSI ebenfalls unterlaufen wurde. So war es der Versuchsperson prinzi-

---

<sup>28</sup>Das Zeitlimit war so gewählt, dass die Versuchsperson genügend Zeit für eine Reaktion hatte. In der späteren Analyse wurden bereits Reaktionen über 2000 ms als zu langsam klassifiziert und aus der weiteren Analyse ausgeschlossen (s. a. Hoffmann & Koch, 1997).

piell möglich, sich im Rahmen des Wechsels auf eine Top-Down-Steuerung vollständig von der Stimuluspräsentation zu lösen.



**Abbildung 9:** Die im Experiment verwendeten Versionen der SRT-Aufgabe. In der räumlichen Bedingung (linkes Feld) wurde jeweils ein rotes Sternchen auf einer der sechs markierten Bildschirmpositionen präsentiert, während in der symbolischen Bedingung (rechtes Feld) in jedem Durchgang eine rote Ziffer zwischen eins und sechs dargeboten wurde. Das Zeitlimit für einen Durchgang betrug 5900 ms. Nach Betätigung einer der sechs Antworttasten erhielt die Versuchsperson für 400 ms Feedback (blaues Sternchen bzw. blaue Ziffer) darüber, welche Taste sie gedrückt hatte. Nach dem RSI von 900 ms erschien der Stimulus des nächsten Durchgangs.

*Versuchsdurchführung.* Als Eingabemedium diente eine QWERTZ-Tastatur, wobei die Buchstaben „y“, „x“, „c“, „b“, „n“ und „m“ mit den Ziffern von eins bis sechs beklebt waren, um die Zuordnung zwischen Stimulusposition bzw. -ziffer und Antworttaste zu erleichtern. Zu Beginn erhielt jede Versuchsperson eine kurze mündliche Einführung durch den Versuchsleiter, in der die Tastenzuordnung erläutert wurde. Danach folgte eine ausführliche Instruktion der Aufgabe am PC, wobei der Versuchsleiter jederzeit für weitere Rückfragen zur Verfügung stand. Darüber hinaus wurde die Versuchsperson instruiert, möglichst schnell und fehlerfrei zu antworten. Die Versuchspersonen der *räumlich-visuellen* Bedingung erhielten vor dem eigentlichen SRT-Training zusätzlich eine kurze Übungsphase, während der sie sich die Positions-Tasten-Zuordnung einprägen konnten.

Danach wurde jede Versuchsperson über vier Blöcke mit je 144 Aufgaben trainiert. Da die SRT-Aufgabe eine achtstellige Sequenz enthielt, umfasste jeder Block 18 Sequenzdurchläufe. Nach jedem Block erhielt die Versuchsperson Rückmeldung bezüglich ihrer durchschnittlichen Reaktionsgeschwindigkeit sowie ihrer Fehlerrate im vorangegangenen Block und hatte Gelegenheit, eine kurze Pause zu machen. Die Versuchsperson konnte den jeweils nächsten Block selbstständig per Tastendruck starten, wobei der Startpunkt in der Sequenz für jeden Block zufällig ausgewählt wurde. So sollte gewährleistet werden, dass die Existenz der Sequenz nicht allzu sa-

lient war. Für alle Versuchspersonen war die Lernsituation inzidentell, da sie nicht auf das Vorhandensein der aufgabenimmanenten Regularität hingewiesen wurden.

Anschließend wurde das explizite Wissen mithilfe eines halbstandardisierten Interviews erfasst. Dabei wurde die Versuchsperson zunächst allgemein gefragt, ob ihr irgendetwas aufgefallen sei. Falls sie die Sequenz nicht von sich aus erwähnte, wurde sie gefragt, ob ihr eine Sequenz aufgefallen sei. Wenn sie dies verneinte, wurde sie darüber in Kenntnis gesetzt, dass das Experiment eine Sequenz enthalten habe. Falls sie eine Sequenz bemerkt hatte oder über deren Existenz aufgeklärt worden war, wurde sie aufgefordert, diese zu benennen oder – wenn dies nicht möglich war – zu raten. Wenn die Versuchsperson nicht von sich aus die Sequenz benennen konnte, wurde ihr angeboten, die Computertastatur zu Hilfe zu nehmen, um die Sequenz zu rekonstruieren. Als *Verbalisierer* wurden allerdings nur diejenigen Versuchspersonen klassifiziert, welche die Sequenz spontan und korrekt benennen konnten (vgl. Haider & Rose, 2007). Wenn eine Versuchsperson die Sequenz auf Nachfrage benennen oder mithilfe der Tastatur rekonstruieren konnte, wurde sie *nicht* als Verbalisierer klassifiziert. Somit verblieben in der Kategorie der *Nichtverbalisierer* auch Probanden mit fragmentarischem Sequenzwissen. Einschließlich des Interviews dauerte das Experiment 20 bis 30 Minuten.

### 6.2.2 Ergebnisse Experiment 1

Zur Aufbereitung der Daten wurde jeweils das RSI von 900 ms von den Reaktionszeiten abgezogen. Infolgedessen gibt eine Reaktionszeit von 0 ms an, dass Reaktion und Stimuluspräsentation gleichzeitig erfolgten. Eine negative Reaktionszeit reflektiert hingegen eine verfrühte Eingabe, bei der die Reaktion abgegeben wurde, *bevor* der imperative Stimulus erschien. Fehlerhafte Reaktionszeiten wurden aus der Analyse ausgeschlossen. In Anlehnung an Hoffmann und Koch (1997) wurden Reaktionszeiten über 2000 ms<sup>29</sup> ebenfalls aus der Analyse ausgeschlossen. Insgesamt wurden 3,56 % aller Reaktionszeiten ausgeschlossen (1,76 % in der *symbolischen* Bedingung und 1,79 % in der *räumlichen* Bedingung). Anschließend wurden für jede Person die mittlere Fehlerrate sowie der Median der Reaktionszeiten pro Halblock (jeweils 72 Durchgänge) berechnet. Der Median wurde als statistischer Kennwert für die Reaktionszeiten gewählt, da er im Gegensatz zum arithmetischen Mittel weniger durch Extremwerte beeinflusst wird. Dies sowie der Ausschluss besonders hoher Reaktionszeiten sollte die typischerweise hohe Varianz der Reaktionszeiten reduzieren. Halblöcke wurden gewählt, um eine höhere Auflösung zu erzielen und so die

---

<sup>29</sup> Da es einzig und allein darum ging, den Einfluss besonders extremer Reaktionszeiten auf die aggregierten Daten zu minimieren, reicht eine statische Festsetzung der Grenze vollkommen aus, da es nicht darum geht, einen bestimmten Anteil an Werten zu eliminieren. Zudem hätten alternative Verfahren zur Grenzbestimmung – beispielsweise Festsetzung der Grenze auf zwei oder drei Standardabweichungen über der mittleren Reaktionszeit – zu niedrigeren Grenzwerten und somit zu einer höheren Rate von Eliminierungen geführt.

Dynamik des Trainingsverlaufs besser abbilden zu können. Da durch die Eliminierung fehlerhafter Durchgänge bei hohen Fehlerraten relativ viele Reaktionszeiten aus der Analyse fallen, wurde zudem für das gesamte SRT-Training ein Fehlerkriterium von 20% angenommen. In der erhobenen Stichprobe überschritt keine der Versuchspersonen das Fehlerkriterium. Zusätzlich wurde für jede Versuchsperson separat die in Kapitel 6.1 beschriebene Analyse zur Detektion von Reaktionszeitdiskontinuitäten durchgeführt.

*Postexperimentelles Interview.* Zunächst wurden die Daten des postexperimentellen Interviews ausgewertet, auf dessen Basis die Posthoc-Gruppen bezüglich der Bewusstheit der aufgabenimmanenten Sequenz gebildet wurden. Als Verbalisierer wurden nur diejenigen Versuchspersonen klassifiziert, die ihr Sequenzwissen spontan und vollständig korrekt verbal angeben konnten. Probanden, die kein oder nur unvollständig verbalisierbares Wissen besaßen, wurden als Nichtverbalisierer klassifiziert. In der *räumlichen* Bedingung konnten fünf Versuchspersonen mithilfe der angebotenen Computertastatur die vollständige Sequenz rekonstruieren. Da sie die Sequenz jedoch ohne dieses Hilfsmittel nicht frei verbalisieren konnten, wurden sie nicht als Verbalisierer klassifiziert (s. a. die gesonderte Betrachtung dieser Versuchspersonen in der Diskussion). In der *symbolischen* Bedingung erwarben 13 der 23 Probanden (57 %) verbalisierbares Wissen, in der *räumlich-visuellen* Bedingung 6 von 36 Probanden (17 %). Versuchspersonen, die die Ziffernaufgabe bearbeiteten, erwarben somit signifikant mehr verbalisierbares Wissen als Versuchspersonen, welche die originale räumlich-visuelle Aufgabe erhielten ( $\chi^2_{(1)} = 10,21, p < .01$ ).

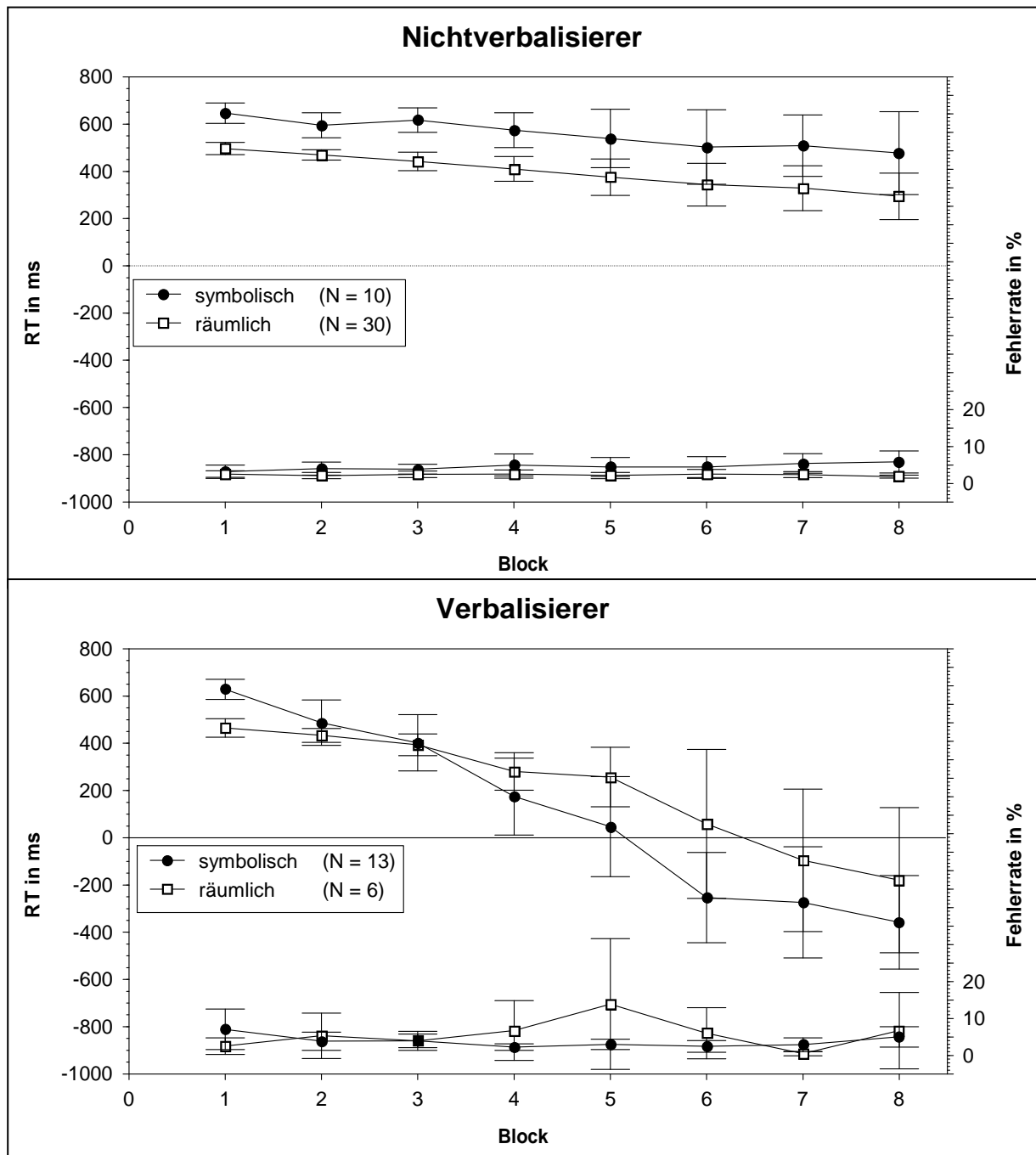
*Fehlerrate.* Über die Fehlerrate wurde eine 2 (Bedingung: symbolisch vs. räumlich-visuell) x 2 (Sequenzwissen: Verbalisierer vs. Nichtverbalisierer) x 8 (Halbblöcke)-Varianzanalyse mit Messwiederholung auf dem letzten Faktor gerechnet. Dabei war weder der Haupteffekt Bedingung ( $F < 1; p > .85$ ) noch der Haupteffekt Sequenzwissen ( $F < 2,15; p > .15$ ) signifikant. Weder die Bedingung noch das Sequenzwissen wirkte sich auf die Fehlerrate aus. Allerdings unterschied sich die Fehlerrate zwischen den verschiedenen Halbblöcken bedeutsam ( $F_{(7,385)} = 2,75, p < .01, MSE = 13,06$ ). Die signifikante Interaktion zwischen Bedingung und Sequenzwissen ( $F_{(1,55)} = 5,05, p < .05, MSE = 70,23$ ) wies zudem darauf hin, dass in der *räumlichen* Bedingung vornehmlich die späteren Verbalisierer fehlerhafte Eingaben machten, während sich das Sequenzwissen in der *symbolischen* Bedingung anscheinend nicht auf die Zahl der Fehler auswirkte. Zudem unterschieden sich beide Bedingungen im Trainingsverlauf ( $F_{(7,385)} = 4,19, p < .01, MSE = 13,06$ ), wobei die Fehlerrate der *symbolischen* Bedingung im gesamten Trainingsverlauf auf einem vergleichbaren Niveau blieb, während die Probanden der *räumlichen* Bedingung in der Mitte des Trainings mehr Fehler machten als zu Trainingsbeginn oder -ende. Auch die Interaktion zwischen Sequenzwissen und Halbblock war bedeutsam ( $F_{(7,385)} = 3,38, p < .01, MSE = 13,06$ ). Dabei blieb die Fehlerrate der

Nichtverbalisierer relativ konstant, während die Verbalisierer die meisten Fehler in der Mitte des Trainings machten. Qualifiziert wurde dieses Bild durch die signifikante Dreifach-Interaktion ( $F_{(7,385)} = 5,16, p < .01, MSE = 13,06$ ), die spezifizierte, dass der Effekt der hohen Fehlerrate in der Trainingsmitte auf die Verbalisierer der *räumlichen* Bedingung zurückzuführen war (vgl. Abbildung 10).

*Reaktionszeiten.* Die Mediane der einzelnen Halbblocke wurden mittels einer 2 (Bedingung: symbolisch vs. räumlich-visuell) x 2 (Sequenzwissen: Verbalisierer vs. Nichtverbalisierer) x 8 (Halbblocke)-Varianzanalyse mit Messwiederholung auf dem letzten Faktor ausgewertet. Abbildung 10 stellt die Reaktionszeiten für Nichtverbalisierer und Verbalisierer beider Bedingungen im Trainingsverlauf dar. Die Analyse ergab keinen signifikanten Haupteffekt für die Bedingung ( $F < 1, p > .50$ ). D. h. die Versuchsbedingungen unterschieden sich nicht in der Bearbeitungszeit. Verbalisierer reagierten jedoch schneller als Nichtverbalisierer ( $F_{(1,55)} = 35,59, p < .01, MSE = 247618,70$ ) und die Reaktionsgeschwindigkeit steigerte sich im Trainingsverlauf ( $F_{(7,385)} = 67,87, p < .01, MSE = 21887,20$ ). Die gekreuzte Zweifach-Interaktion zwischen Bedingung und Sequenzwissen weist darauf hin, dass sich der Kompatibilitätseffekt für die *räumliche* Bedingung erwartungsgemäß lediglich bei den Nichtverbalisierern zeigte ( $F_{(1,55)} = 5,67, p < .05, MSE = 247618,70$ ). Dabei schwand der anfängliche Performanzvorteil *räumlicher* Stimuli im Trainingsverlauf ( $F_{(7,385)} = 2,70, p < .01, MSE = 21887,20$ ). Außerdem beschleunigten die Verbalisierer im Trainingsverlauf wie erwartet stärker als die Nichtverbalisierer ( $F_{(7,385)} = 29,12, p < .01, MSE = 21887,20$ ). Verstärkt wird dieses Ergebnis durch die signifikante Dreifach-Interaktion ( $F_{(7,385)} = 3,40, p < .01, MSE = 21887,20$ ), die auf einen Vorteil *räumlicher* Stimuli lediglich zu Trainingsbeginn und eher bei den Nichtverbalisierern verweist, während die Verbalisierer der *symbolischen* Bedingung mit zunehmender Trainingsdauer so stark beschleunigten, dass sie gegen Trainingsende so schnell reagierten wie die Verbalisierer der *räumlichen* Bedingung.

Um zu untersuchen, inwieweit sich bei den Nichtverbalisierern jeder Bedingung im Trainingsverlauf eine Performanzverbesserung eingestellt hat, wurden geplante Kontraste berechnet. Die Nichtverbalisierer der *räumlichen Bedingung* konnten ihre Reaktionsgeschwindigkeit zwischen erstem und letztem Halbblock bedeutsam erhöhen ( $F_{(1,55)} = 13,75, p < .01, MSE = 44527,10$ ), die Beschleunigung der Nichtverbalisierer der *symbolischen* Bedingung wurde zumindest marginal signifikant ( $F_{(1,55)} = 3,21, p = .08, MSE = 44527,10$ ). Somit wiesen die Nichtverbalisierer beider Versuchsbedingungen zumindest einen tendenziellen Trainingseffekt auf. Der Interaktionskontrast zwischen Bedingung und Halbblock (erster vs. letzter) zeigte jedoch keinen Unterschied in der Beschleunigung zwischen den Nichtverbalisierern beider Bedingungen ( $F < 1, p > .75$ ). Dabei blieb der Geschwindigkeitsvorteil der Nichtverbalisierer der *räumlichen* Bedingung gegenüber den Nichtverbalisierern der *symbolischen* Bedingung vom ersten Halbblock ( $F_{(1,55)} = 33,75, p < .01,$

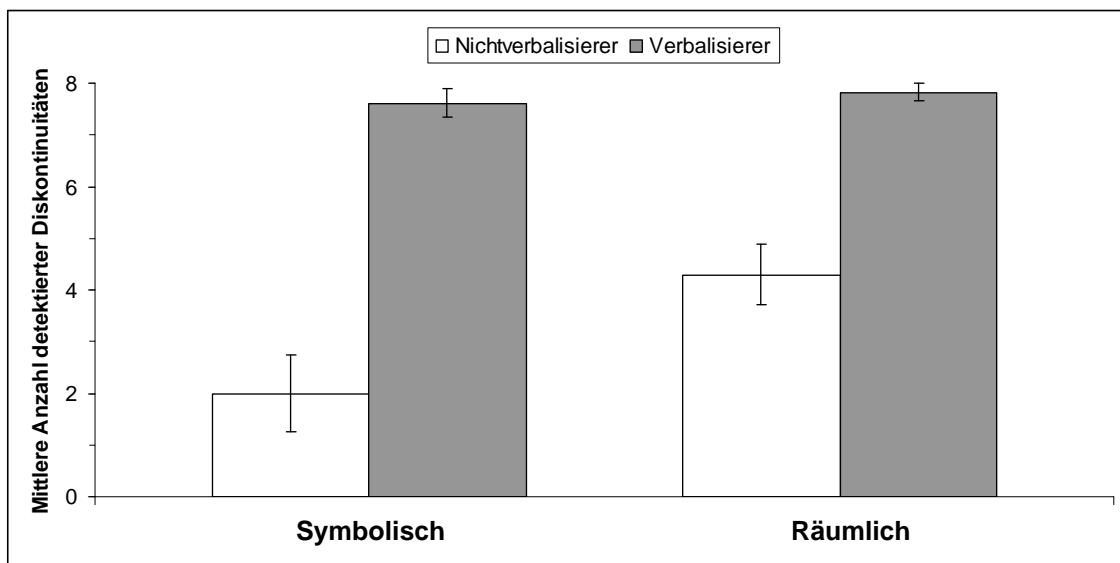
$MSE = 4991,00$ ) tendenziell bis zum letzten Halbblock ( $F_{(1,55)} = 2,71, p = .11, MSE = 92595,90$ ) erhalten. Der Interaktionskontrast zwischen Bedingung und Halbblock (erster vs. letzter) war bei den Verbalisierern beider Bedingungen hingegen bedeutsam ( $F_{(1,55)} = 5,36, p < .05, MSE = 44527,10$ ), da die Verbalisierer der *räumlichen* Bedingung zwar im ersten Halbblock ( $F_{(1,55)} = 21,94, p < .01, MSE = 4991,00$ ) einen Geschwindigkeitsvorteil gegenüber den Verbalisierern der *symbolischen* besaßen, diesen jedoch im letzten Halbblock ( $F < 1,45, p > .20$ ) verloren hatten.



**Abbildung 10:** Performanz Experiment 1. Reaktionszeitverlauf (linke Ordinate) und Fehlerrate (rechte Ordinate) für Nichtverbalisierer (oberer Teil) und Verbalisierer (unterer Teil) beider Bedingungen (räumlich vs. symbolisch) über die acht Halbblocke des Trainings. Die Fehlerbalken geben jeweils das 95%-ige Konfidenzintervall nach Loftus und Masson (1994) an. Die gestrichelte Linie markiert den Zeitpunkt der Stimuluspräsentation. Alle Reaktionszeiten, die darunter liegen, sind verfrühte Eingaben, die das RSI unterlaufen.



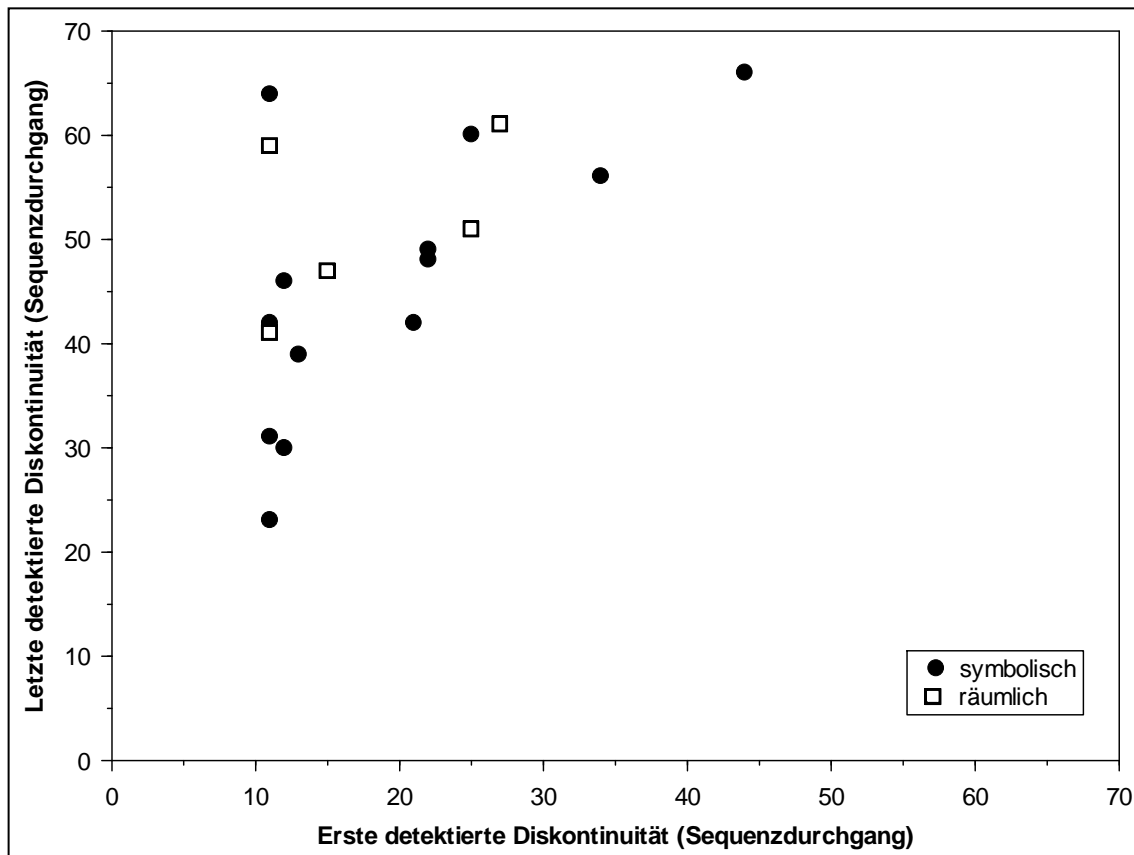
*Reaktionszeitdiskontinuitäten*. Zur Auswertung der Reaktionszeitdiskontinuitäten wurde für jede Versuchsperson zunächst die Anzahl detektierter Sequenzübergänge, die eine Diskontinuität aufwiesen, ermittelt. Wenn eine detektierte Diskontinuität ein Indikator für einen Strategiewechsel ist, der erst durch das Vorhandensein expliziten Sequenzwissens möglich sein sollte, dann sollten bei Versuchspersonen, die im postexperimentellen Interview als Verbalisierer klassifiziert wurden, mehr Sequenzübergänge (im Normalfall alle acht Sequenzübergänge) als diskontinuierlich klassifiziert werden als für Versuchspersonen, die allenfalls fragmentarisches Wissen angeben konnten. Um diese Hypothese zu überprüfen, wurde für jede Versuchsbedingung die Anzahl der bei den Verbalisierern und Nichtverbalisierern detektierten diskontinuierlichen Sequenzübergänge verglichen. Sowohl bei den Verbalisierern der *symbolischen* Bedingung ( $t_{(21)} = -7,83, p < .01$ ) als auch bei denen der *räumlichen* Bedingung ( $t_{(34)} = -2,65, p < .05$ ) konnten mehr Reaktionszeitdiskontinuitäten identifiziert werden als bei den Nichtverbalisierern der jeweiligen Versuchsbedingung. Abbildung 11 gibt die durchschnittliche Anzahl an Sequenzübergängen, bei denen eine Diskontinuität detektiert wurde, für Nichtverbalisierer und Verbalisierer beider Versuchsbedingungen an. Zwischen beiden Bedingungen fand sich hingegen kein Unterschied bezüglich der Anzahl detektierter Sequenzübergänge ( $t_{(57)} = -0,33, p = .74$ ).



**Abbildung 11:** Anzahl detektierter Reaktionszeitdiskontinuitäten Experiment 1. Darstellung der mittleren Anzahl an Sequenzübergängen, bei denen eine Reaktionszeitdiskontinuität detektiert wurde, für beide Bedingungen in Abhängigkeit des verbalisierten Sequenzwissens. Die Fehlerbalken geben den Standardfehler an.

Für die Verbalisierer wurde zudem ermittelt, in welchem Sequenzdurchlauf die erste bzw. letzte Diskontinuität detektiert wurde, und die Differenz zwischen beiden berechnet, um zu erfassen, wie lange es dauerte, bis die Sequenz vollständig integriert war. Die Beschränkung auf die Verbalisierer rührt daher, dass diese Analyse verzerrt wird, wenn zu viele Versuchspersonen auf weniger als acht Sequenzübergängen Diskontinuitäten aufweisen wie dies bei den Nichtverbalisierern der Fall ist. Denn interpretiert man die letzte gefundene Diskontinuität als Abschluss der Suche

bzw. Integration der Sequenz und somit als Zeitpunkt des (vollständigen) Strategiewechsels, so sollte es nicht weiter verwundern, wenn die Suche nach beispielsweise nur vier Sequenzelementen früher abgeschlossen ist als die Suche nach der vollständigen achtstelligen Sequenz. Abbildung 12 zeigt die zeitliche Verteilung der ersten und letzten detektierten Diskontinuitäten für die Verbalisierer beider Versuchsbedingungen (s. a. Tabelle 1 für Mittelwert und Standardabweichung für jede Versuchsbedingung).



**Abbildung 12:** Zeitliche Verteilung der detektierten Reaktionszeitdiskontinuitäten Experiment 1. Dargestellt ist für die Verbalisierer beider Versuchsbedingungen jeweils der Sequenzdurchgang, in dem der erste bzw. der letzte diskontinuierliche Sequenzübergang detektiert wurde.

**Tabelle 1:** Zeitliche Verteilung der detektierten Reaktionszeitdiskontinuitäten Experiment 1. Angegeben ist für die Verbalisierer jeder Versuchsbedingung der mittlere Sequenzdurchgang, in dem für den ersten bzw. letzten Sequenzdurchgang eine Reaktionszeitdiskontinuität detektiert wurde, sowie die durchschnittliche Anzahl an Sequenzdurchgängen, die zwischen beiden liegt. Dargestellt sind jeweils Mittelwert und Standardabweichung für die Verbalisierer beider Versuchsbedingungen.

Bedingung	Erste detektierte Diskontinuität		Letzte detektierte Diskontinuität		Differenz	
	<i>M</i>	<i>STD</i>	<i>M</i>	<i>STD</i>	<i>M</i>	<i>STD</i>
Symbolisch	19,15	10,40	45,85	13,30	26,69	10,19
Räumlich	16,67	7,42	50,00	8,65	33,33	7,66

Wie auch Tabelle 1 zu entnehmen ist, fand sich weder für den Zeitpunkt der ersten ( $t_{(17)} = -0,52, p = .61$ ) noch für den Zeitpunkt der letzten detektierten Diskontinuität ( $t_{(17)} = 0,69, p = .50$ ) ein Unterschied zwischen den Verbalisierern beider Bedingungen. Auch die Anzahl an Sequenzdurchgängen, die zwischen erster und letzter detektierte Diskontinuität lagen, unterschied sich nicht ( $t_{(17)} = 1,41, p = .18$ ).

### 6.2.3 Diskussion Experiment 1

Insgesamt weisen die Ergebnisse aus Experiment 1 auf einen Vorteil symbolischen Materials hinsichtlich der bewussten Gewährleistung der inhärenten Sequenz hin. So wurde im postexperimentellen Interview der erwartete Effekt der Stimulusart auf das Ausmaß verbalisierbaren Wissens gefunden: Versuchspersonen, die das symbolische Aufgabenmaterial bearbeiteten, erwarben signifikant häufiger Sequenzwissen, das sie im nachfolgenden Interview spontan äußern konnten, als Probanden, die die räumliche Originalaufgabe erhielten.

Wurden die Versuchspersonen aufgrund ihres postexperimentellen Wissens klassifiziert, so zeigten sich hinsichtlich der Fehlerrate kaum Unterschiede zwischen den Versuchspersonen. Möglicherweise lag das an der insgesamt geringen Fehlerrate ( $M = 4,02\%$  für die *räumliche* und  $M = 4,17\%$  für die *symbolische* Bedingung). Deskriptiv zeigt sich zwar ein leichter Vorteil für das räumliche Material, doch erwies sich dieser Effekt nicht als signifikant, so dass nicht davon ausgegangen werden muss, dass gravierende Unterschiede hinsichtlich der Aufgabenschwierigkeit zwischen den Bedingungen vorlagen. Der Anstieg der Fehlerrate in der Mitte des Trainings vor allem bei den Verbalisierern der *räumlichen* Bedingung könnte ein Ausdruck von Suchprozessen im Rahmen der bewussten Gewährleistung der verborgenen Sequenz sein (Frensch et al., 2003).

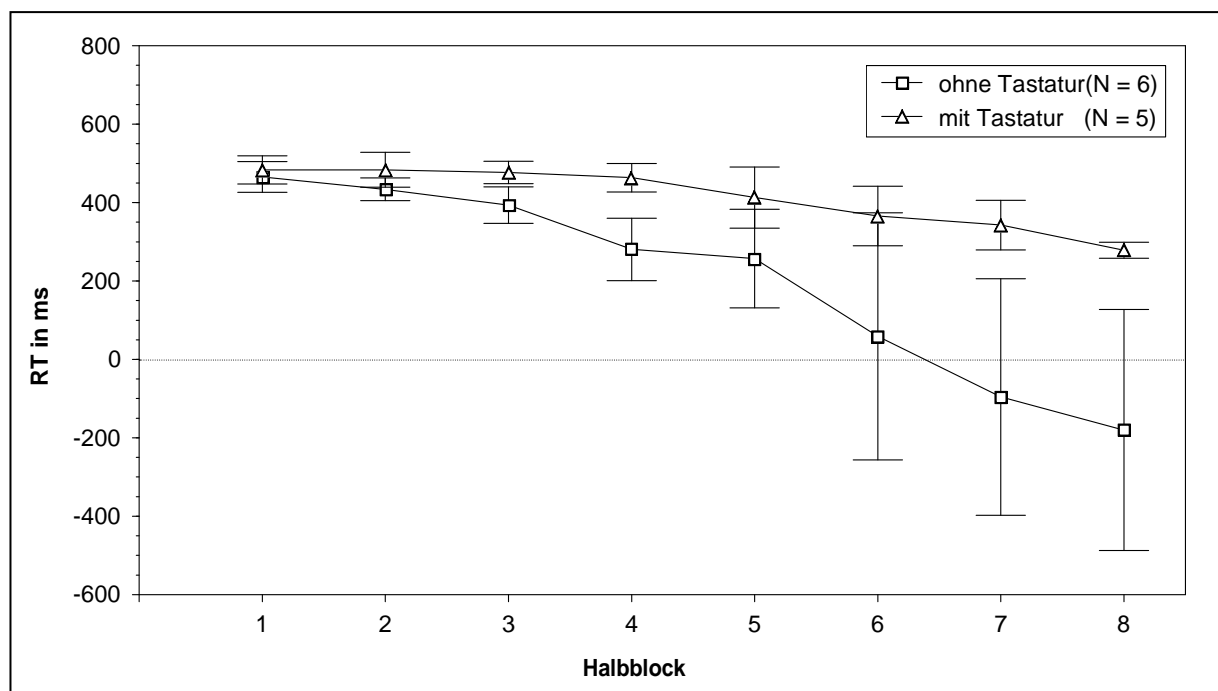
Auf Reaktionszeitebene zeigte sich hingegen ein differenzierteres Bild: Zwar unterschieden sich die beiden Versuchsbedingungen prinzipiell nicht hinsichtlich der Bearbeitungsgeschwindigkeit, allerdings fand sich bei den Nichtverbalisierern der erwartete Vorteil der S-R-Kompatibilität für die *räumliche* Bedingung. Bei den Verbalisierern zeigte sich der Kompatibilitätseffekt hingegen nur zu Trainingsbeginn und verschwand dann im Trainingsverlauf. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Befunden von Hoffmann und Koch (1997) und spricht dafür, dass die Stimulusmanipulation zwar die Wahrscheinlichkeit beeinflusst, mit der explizites Sequenzwissen erworben wird, aber nicht die Nutzung dieses Wissens. Geht man davon aus, dass ein Wechsel auf eine Top-Down-Steuerung eine Loslösung vom Stimulusmaterial erlaubt (s. a. Tubau et al., 2007), so ist auch nicht anzunehmen, dass sich beide Bedingungen unterscheiden, sobald eine integrierte Repräsentation der Sequenz vorliegt. Dabei weisen die negativen Reaktionszeiten in den letzten Halbblocken darauf hin, dass die Verbalisierer zukünftige Sequenzelemente so gut antizipieren konnten, dass sie jeweils *vor* der Präsentation des nächsten imperativen Stimulus reagierten und

sich somit vollständig vom Stimulusmaterial lösten. Das bedeutet, dass Versuchspersonen, die ihr Sequenzwissen später frei verbalisieren konnten, ihr Wissen nutzen konnten, um ihr Verhalten effektiv zu steuern (s. a. Cleeremans & Jiménez, 2002; Emerson & Miyake, 2003; Haider & Rose, 2007; Kray et al., 2004; Miyake et al., 2004).

Bezüglich der Reaktionszeitanalyse zur Bestimmung des Strategiewechsels zeigte sich hinsichtlich der Anzahl detektierter Reaktionszeitdiskontinuitäten kein Unterschied zwischen beiden Bedingungen. Auch der zeitliche Verlauf unterschied sich nicht zwischen den Verbalisierern beider Bedingungen. Dies legt nahe, dass sich der Sequenzerwerb – so er denn stattfand – für die Verbalisierer beider Bedingungen nicht grundlegend unterschied. Es wurden jedoch erwartungsgemäß für die Verbalisierer beider Bedingungen jeweils mehr Reaktionszeitdiskontinuitäten detektiert als für die Nichtverbalisierer derselben Bedingung. Das bedeutet, das postexperimentell erfasste Verbalwissen korrespondierte mit den in der Performanz der Versuchspersonen gefundenen Hinweisen auf einen Strategiewechsel, was für die Validität des Verfahrens spricht.

Erstaunlich ist jedoch, dass für die Nichtverbalisierer der *räumlichen* Bedingung im Durchschnitt für die Hälfte der Sequenzübergänge eine Diskontinuität festgestellt werden konnte. Dies liegt allerdings teilweise in der Besonderheit der in der SRT-Aufgabe enthaltenen Regularität begründet, da es hier prinzipiell möglich ist, explizites (Teil-) Wissen über einzelne Sequenzübergänge zu erwerben. Insofern ist es nicht verwunderlich, wenn Versuchspersonen mit fragmentarischem Wissen ihre Reaktionen auf einzelne Sequenzübergänge, über die sie explizites Wissen besitzen, kontrollieren und somit beschleunigen können. Zudem wurde bereits in der Darstellung der Ergebnisse des postexperimentellen Interviews darauf verwiesen, dass es in der räumlichen Bedingung einige Versuchspersonen gab, die die Sequenz zwar nicht frei verbalisieren, aber mithilfe der Computertastatur vollständig rekonstruieren konnten. Diese Versuchspersonen wurden jedoch aufgrund der fehlenden Fähigkeit zur Verbalisierung der Sequenz als Nichtverbalisierer klassifiziert. Falls es hier allerdings eine Vermischung aus verbal verfügbaren und rekonstruierten Sequenzelementen gab, ist es durchaus möglich, dass diese Versuchspersonen für mehrere Sequenzübergänge auf eine kontrollierte Bearbeitungsstrategie zu wechseln. Um zu prüfen, inwieweit die Trennung dieser Versuchspersonen von den klassifizierten Verbalisierern der *räumlichen* Bedingung zulässig war, wurde deshalb analysiert, inwieweit sich diese Versuchspersonen von den Verbalisierern hinsichtlich ihrer Bearbeitungsgeschwindigkeit unterschieden. Falls die fehlende Fähigkeit, die Sequenz frei zu verbalisieren, darauf hindeutet, dass keine integrierte Sequenzrepräsentation (Hermer-Vazquez et al., 1999) vorliegt, die für eine Top-Down-Steuerung genutzt werden kann (Cleeremans & Jiménez, 2002; Emerson & Miyake, 2003; Haider & Rose, 2007; Kray et al., 2004), sollten diese Versuchspersonen gegen Trainingsende deutlich langsamer sein als die klassifizierten Verbalisierer, denen eine solche Top-Down-Steuerung möglich ist. Um dies zu prüfen, wurde eine 2 (Art der Sequenzwiedergabe: freie Verbalisierung ohne Tastatur vs. Re-

konstruktion der Sequenz mithilfe der Tastatur) x 8 (Halbblöcke)-ANOVA mit Messwiederholung auf dem letzten Faktor über die Reaktionszeiten gerechnet. Sowohl der Haupteffekt der Sequenzwiedergabeart ( $F_{(1,9)} = 8,72, p < .05, MSE = 112166,80$ ) als auch der Haupteffekt des Blocks ( $F_{(7,63)} = 13,35, p < .01, MSE = 21209,30$ ) waren bedeutsam. Qualifiziert wurde dies durch die signifikante Interaktion ( $F_{(7,63)} = 3,77, p < .01, MSE = 21109,30$ ). Wie auch Abbildung 13 zu entnehmen ist, konnten die Versuchspersonen, die die Sequenz lediglich mithilfe der Tastatur rekonstruieren konnten, ihre Reaktionen nicht so stark beschleunigen, wie die klassifizierten Verbalisierer. Der Kontrast für den letzten Halbblock bestätigte diesen Eindruck noch einmal, da die Verbalisierer signifikant schneller reagierten als die Versuchspersonen, die die Sequenz nicht frei verbalisieren konnten ( $F_{(1,9)} = 7,58, p < .05, MSE = 75695,50$ ). Somit zeigte sich zwischen beiden Wissensgruppen ein qualitativer Unterschied in der Performanz, was dafür spricht, Versuchspersonen, die die Sequenz lediglich mithilfe der Tastatur rekonstruieren und nicht frei verbalisieren können, wie geschehen, von den regulären Verbalisierern zu trennen.



**Abbildung 13:** Vergleich der Reaktionszeiten in Abhängigkeit der Art der Sequenzwiedergabe im postexperimentellen Interview in Experiment 1. Versuchspersonen, die die Sequenz ohne Tastatur frei verbalisieren konnten, wurden als Verbalisierer der *räumlichen* Bedingung klassifiziert, Versuchspersonen mit mithilfe der Tastatur rekonstruiertem Sequenzwissen als Nichtverbalisierer. Abgetragen sind die Reaktionszeiten beider Wissensgruppen über die acht Halbblöcke. Die Fehlerbalken geben jeweils das 95%-ige Konfidenzintervall (Loftus & Masson, 1994) an, die gestrichelte Linie markiert den Zeitpunkt der Stimuluspräsentation. Reaktionszeiten, die darunter liegen, indizieren somit eine verfrühte Eingabe.

Somit sprechen die Ergebnisse von Experiment 1 insgesamt dafür, dass die Art der Aufgabe, d. h. inwiefern die Aufgabenbearbeitung eine verbale Repräsentation nahelegt, die bewusste Gewährleistung der aufgabenimmanenten Sequenz begünstigt. Dieses Wissen kann später frei ver-

balisiert werden. Dabei scheint dieses verbal verfügbare Aufgabenwissen hilfreich bei der Verhaltenssteuerung zu sein (Cleeremans, 2002; Cleeremans & Jiménez, 2002; Emerson & Miyake, 2003; Kray et al., 2004; Kray et al., 2009; Miyake et al., 2004), so dass sich ein qualitativer Wechsel von einer stimulusbasierten zu einer top-down gesteuerten Aufgabenbearbeitung vollzieht (Frensch et al., 2003; Haider et al., im Druck; Haider & Frensch, 2005, 2009; Haider & Rose, 2007; Ringer & Frensch, 2008, 2010; Tubau et al., 2007). Eine top-down gesteuerte Aufgabenbearbeitung bietet die Möglichkeit, das eigene Verhalten vollständig von der Stimuluspräsentation zu lösen. Das Auftreten eines Strategiewechsels hängt dadurch allerdings nur vom Vorhandensein expliziten Wissens ab und wird nicht mehr durch den Stimulustyp moderiert.

Ziel des Experimentes war es, Sprache bzw. eine verbale Aufgabenrepräsentation als Determinante expliziten Lernens zu untersuchen. Die Ergebnisse deuten, wie gerade dargestellt, in diese Richtung. Allerdings bleibt fraglich, inwieweit durch die Variation des Stimulustyps tatsächlich die Bildung einer verbalen Repräsentation manipuliert wurde und welche Rolle die von Hoffmann und Koch (1997) propagierte S-R-Kompatibilität spielt. Dieser Frage widmete sich Experiment 2, indem es Experiment 1 mithilfe einer alternativen Manipulation replizierte.

### **6.3 Experiment 2: Manipulation der verbalen Repräsentation über artikulatorische Unterdrückung**

Experiment 1 hat erste Hinweise darauf geliefert, dass die Möglichkeit zur Entwicklung einer verbalen Repräsentation die Wahrscheinlichkeit der bewussten Gewährleistung der verborgenen Regularität erhöht. Allerdings hatten Hoffmann und Koch (1997) die Manipulation des Stimulustyps ursprünglich eingesetzt, um Kompatibilitätseffekte zwischen Stimulus und Reaktion zu operationalisieren. Deshalb wurde hier geprüft, ob die Variation des Stimulustyps tatsächlich Auswirkungen auf die Bildung einer verbalen Repräsentation hat. Zu diesem Zweck wurde das erste Experiment in modifizierter Form repliziert. Diese Modifikation bestand darin, dass die Möglichkeit zur Bildung einer verbalen Repräsentation in diesem Experiment durch eine andere Manipulation operationalisiert wurde, die direkten Einfluss auf den Aufbau eben dieser Repräsentation nimmt.

Dazu wurde die von Baddeley (1997; Baddeley et al., 2001; Baddeley & Larsen, 2007a, 2007b; Larsen & Baddeley, 2003) propagierte *artikulatorische Unterdrückung* eingesetzt. Die Annahme ist hierbei, dass die Phonologische Schleife durch das ständige Wiederholen eines irrelevanten Wortes mit irrelevanter verbaler Information ausgelastet wird. Um den Einfluss der verbalen Repräsentation isoliert betrachten zu können, wurden nun beide Bedingungen jeweils mit dem gleichen Stimulusmaterial trainiert. Da verglichen werden sollte, inwieweit artikulatorische Unterdrückung ähnlich wie räumliche Stimuli wirkt, bearbeiteten deshalb nun alle Probanden die symbolische

SRT-Version aus Experiment 1. So bestand das Experiment für die *Kontrollgruppe* in einer perfekten Replikation der symbolischen Bedingung aus Experiment 1. Die *Experimentalgruppe* unterschied sich von der Kontrollgruppe lediglich darin, dass sie während der Aufgabenbearbeitung zusätzlich artikulatorische Unterdrückung einsetzen sollte.

Wenn die verbale Repräsentation der Sequenz eine Bedeutung für die bewusste Gewährwerdung der Sequenz hat, dann sollte sich artikulatorische Unterdrückung auf den Erwerb expliziten Wissens auswirken. Solch ein selektiver Beeinträchtigungseffekt artikulatorischer Unterdrückung würde nahelegen, dass die Ergebnisse des ersten Experiments auf der Manipulation der verbalen Repräsentation beruhen. Neben der Frage nach der Integration der Sequenzinformation lässt sich mithilfe artikulatorischer Unterdrückung auch untersuchen, inwieweit der damit einhergehende Wechsel auf eine top-down gesteuerte Verhaltenskontrolle sprachbasiert ist wie dies beispielsweise Ergebnisse aus dem Task Switching nahelegen (z. B. Emerson & Miyake, 2003; Goschke, 2000; Karbach & Kray, 2007; Kray et al., 2008; Kray et al., 2004; Kray et al., 2009; Miyake et al., 2004). Wenn (innere) Sprache für die postulierte Top-Down-Steuerung von Relevanz ist (s. a. Tubau et al., 2007), so sollte artikulatorische Unterdrückung selektiv die Performanz der Verbalisierer stören. Wirkt sich artikulatorische Unterdrückung hingegen im Sinne einer Zweitauflage generell auf die zur Verfügung stehende Verarbeitungskapazität aus, so sollten alle Versuchspersonen, unabhängig von ihrem Sequenzwissen, einen Effekt artikulatorischer Unterdrückung auf ihre Performanz (Fehlerrate, Reaktionsgeschwindigkeit) zeigen.

#### 6.3.4 Methode Experiment 2

*Stichprobe.* An der Untersuchung nahmen 44 Studierende (35 Frauen, 9 Männer) der Universität zu Köln im Alter zwischen 20 und 31 Jahren ( $M = 22,73$ ,  $STD = 2,57$ ) teil. Diese wurden zufällig auf die beiden Untersuchungsbedingungen aufgeteilt, so dass sich in jeder Gruppe 22 Versuchspersonen befanden. Die *Experimentalgruppe* bearbeitete die symbolische SRT-Aufgabe zusätzlich unter artikulatorischer Unterdrückung, während die *Kontrollgruppe* keine Zusatzmanipulation erhielt. Die Versuchspersonen wurden für die Teilnahme am Experiment mit Versuchspersonenstunden entlohnt.

*Versuchsdurchführung.* Das Experiment mitsamt Aufgabenmaterial und Prozedur entsprach dem Aufbau aus Experiment 1. Die *Kontrollgruppe* (KG) replizierte dabei die symbolische Bedingung aus Experiment 1 exakt, die *Experimentalgruppe* (EG) sollte zusätzlich während des SRT-Trainings das Wort „blau“ im Takt eines Metronoms aussprechen. Der Takt des Metronoms war auf 124 BpM (*beats per minute*) eingestellt, was ein relativ moderater Rhythmus war. Dadurch waren die Versuchspersonen gut in der Lage, die artikulatorische Unterdrückung über einen längeren Zeit-

raum auszuführen. Ziel der artikulatorischen Unterdrückung war es nicht, die generelle Leistung der Versuchspersonen herabzusetzen, sondern selektiv die Phonologische Schleife und damit den Aufbau einer verbalen Repräsentation zu stören.

Die achtstellige Sequenz (2-3-5-6-2-1-6-4) sowie das RSI von 900 ms wurden aus dem vorangegangenen Experiment übernommen. Auch war es wiederum möglich, verfrüht – d. h. vor Ablauf des RSIs – zu antworten. Nach dem SRT-Training über 4 Blöcke mit je 144 Durchgängen wurde das explizite Wissen mit dem bereits in Experiment 1 eingesetzten halbstandardisierten Interview erfasst.

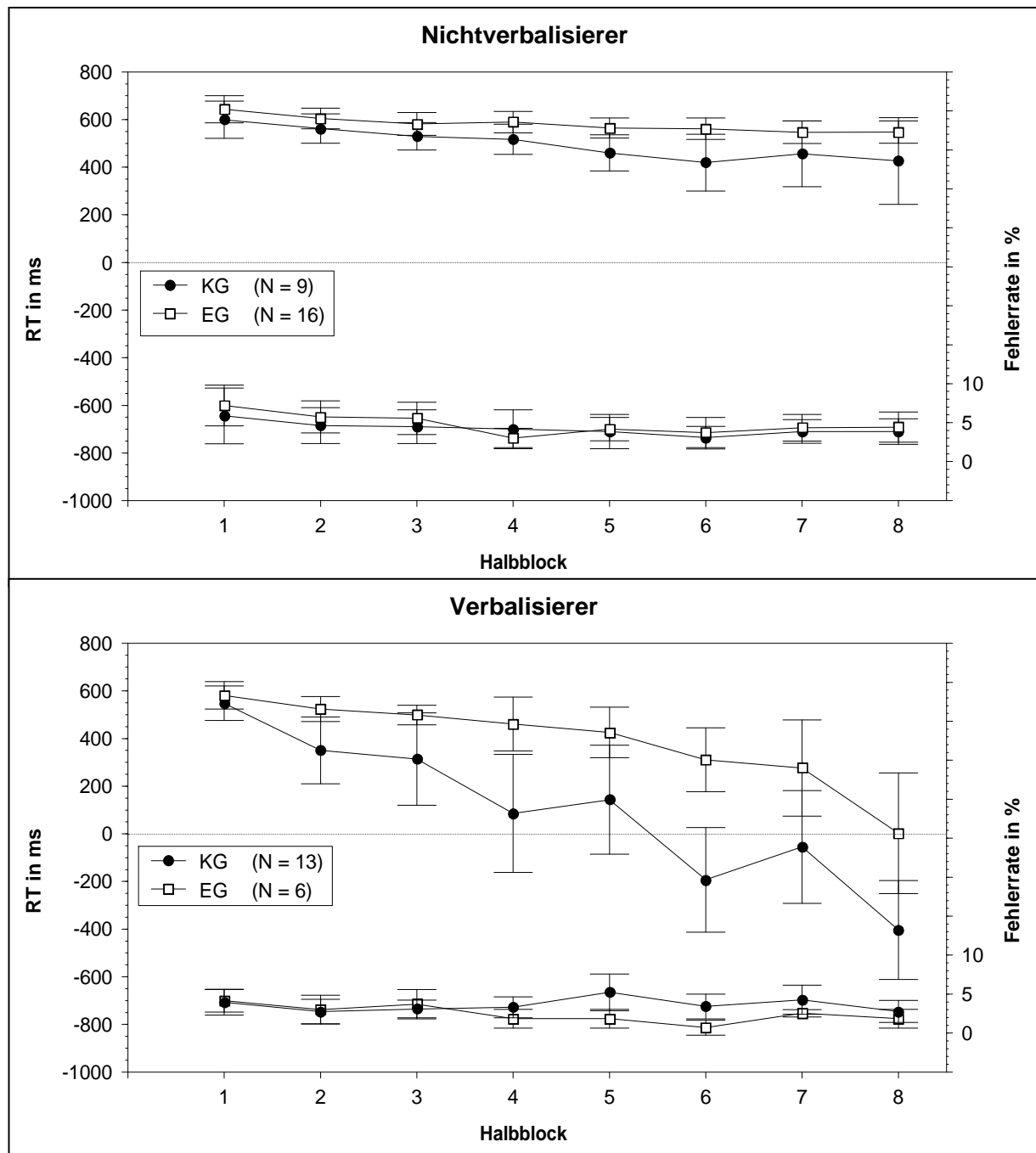
### 6.3.5 Ergebnisse Experiment 2

Zunächst wurden die Reaktionszeitdaten in gleicher Weise behandelt wie in Experiment 1; das RSI von 900 ms wurde von jeder Reaktionszeit abgezogen, anschließend wurden fehlerhafte und besonders langsame Reaktionszeiten (über 2000 ms) aus der Analyse entfernt. Insgesamt wurden 4,11 % aller Reaktionszeiten aus der Analyse ausgeschlossen (1,97 % in der *Kontrollgruppe*, 2,13 % in der *Experimentgruppe*). Über die übrigen Reaktionszeiten wurde für jede Versuchsperson pro Halbblock der Medianwert berechnet, für die Fehlerrate jeweils das arithmetische Mittel. Dabei überschritt keine der Versuchspersonen das Fehlerkriterium von 20%.

*Postexperimentelles Interview.* Die Verbaldaten wurden auf gleiche Weise wie in Experiment 1 ausgewertet. Als Verbalisierer wurde nur klassifiziert, wer die Sequenz spontan, vollständig und korrekt angeben konnte. In der *Kontrollgruppe* wurden 13 von 22 (59%) Versuchspersonen als Verbalisierer klassifiziert, in der *Experimentalgruppe* hingegen nur 6 von 22 (27%). Somit erwarben die Probanden der *Experimentalbedingung* signifikant weniger Sequenzwissen als die Probanden der *Kontrollgruppe* ( $\chi^2_{(1)} = 4,54, p = .0331$ ).

*Fehlerrate.* Zur Auswertung der Fehlerrate wurde eine 2 (Bedingung: Kontrollgruppe vs. Experimentalgruppe) x 2 (Sequenzwissen: Verbalisierer vs. Nichtverbalisierer) x 8 (Halbblöcke)-Varianzanalyse mit Messwiederholung auf dem letzten Faktor verwendet. Dabei unterschieden sich beide Bedingungen nicht hinsichtlich der Fehlerrate ( $F < 1, p > .70$ ). Der Haupteffekt Sequenzwissen ( $F_{(1,40)} = 3,59, p = .07, MSE = 45,92$ ) wurde zumindest marginal signifikant, wobei die späteren Verbalisierer tendenziell weniger Fehler begingen als die Nichtverbalisierer. Darüber hinaus verringerte sich die Fehlerrate im Trainingsverlauf signifikant ( $F_{(7,280)} = 4,09, p < .01, MSE = 5,92$ ). Alle Interaktionen sowie die Dreifach-Interaktion verfehlten hingegen die Signifikanz (alle  $F_s < 1,60$ , alle  $p_s > .15$ ). Abbildung 14 stellt den Verlauf der Fehlerrate über die verschiedenen Halbblöcke getrennt für spätere Verbalisierer und Nichtverbalisierer dar.





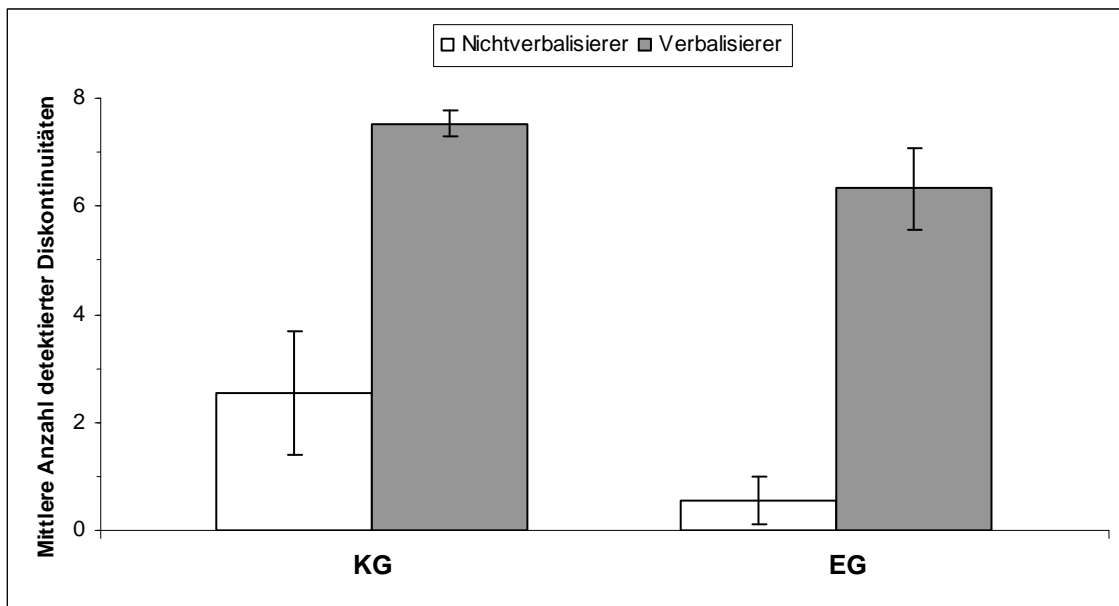
**Abbildung 14:** Performanz Experiment 2. Darstellung der Reaktionszeiten (linke Ordinate) sowie der Fehlerrate (rechte Ordinate) als Funktion der Übung, getrennt nach Bedingung und Sequenzwissen. Die gestrichelte Linie markiert wiederum den Zeitpunkt der Stimuluspräsentation. Werte unterhalb der gestrichelten Linie reflektieren verfrühte Eingaben. Die Fehlerbalken geben jeweils das 95%-ige Konfidenzintervall (Loftus & Masson, 1994) an.

*Reaktionszeiten.* Zur Auswertung der Reaktionszeiten wurde eine 2 (Bedingung: Kontrollgruppe vs. Experimentalgruppe) x 2 (Sequenzwissen: Verbalisierer vs. Nichtverbalisierer) x 8 (Halbblocke)-Varianzanalyse mit Messwiederholung auf dem letzten Faktor gerechnet. Dabei reagierte die *Kontrollgruppe* insgesamt schneller als die *Experimentalgruppe* ( $F_{(1,40)} = 10,88, p < .01, MSE = 240879,90$ , s. a. Abbildung 14) und die späteren Verbalisierer bearbeiteten die Aufgabe schneller als die Nichtverbalisierer ( $F_{(1,40)} = 27,93, p < .01, MSE = 240879,90$ ). Außerdem erhöhte sich die Geschwindigkeit generell im Trainingsverlauf ( $F_{(7,280)} = 32,91, p < .01, MSE = 24274,70$ ). Zwar wur-

de die Interaktion zwischen Bedingung und Sequenzwissen ( $F_{(1,40)} = 3,27, p = .08, MSE = 240879,90$ ) nur marginal signifikant, die Zweifachinteraktionen zwischen Bedingung und Block ( $F_{(7,280)} = 3,34, p < .01, MSE = 24274,70$ ) sowie zwischen Sequenzwissen und Block ( $F_{(7,280)} = 16,19, p < .01, MSE = 24274,70$ ) waren jedoch bedeutsam. Dabei reagierten die Nichtverbalisierer beider Bedingungen ähnlich schnell, während die Verbalisierer der *Kontrollgruppe* tendenziell schneller reagierten als die der *Experimentalgruppe*. Generell zeigte sich bei der *Kontrollgruppe* über die Trainingsblöcke hinweg eine stärkere Beschleunigung als in der *Experimentalgruppe*, genauso konnten die Verbalisierer gegenüber den Nichtverbalisierern im Trainingsverlauf an Geschwindigkeit zulegen. Die Dreifach-Interaktion erreichte hingegen keine Signifikanz ( $F_{(7,280)} = 1,40, p = .20, MSE = 24274,70$ ).

Um zu untersuchen, inwieweit sich bei den Nichtverbalisierern jeder Bedingung im Trainingsverlauf eine Performanzverbesserung eingestellt hat, wurden geplante Kontraste berechnet. Für die Nichtverbalisierer der *Kontrollgruppe* verfehlte die Beschleunigung der Reaktionszeit zwischen erstem und letztem Halbblock nur knapp die Signifikanz ( $F_{(1,40)} = 3,78, p = .06, MSE = 35654,00$ ), bei den Nichtverbalisierern der *Experimentalgruppe* war die Beschleunigung über den Trainingsverlauf hingegen nicht bedeutsam ( $F < 2,10, p > .15$ ). Auch zeigte der Interaktionskontrast zwischen Bedingung und Halbblock (erster vs. letzter) keinen Unterschied in der Beschleunigung zwischen den Nichtverbalisierern beider Bedingungen ( $F < 1, p > .45$ ). Dabei unterschieden sich die Nichtverbalisierer beider Bedingungen weder im ersten noch im letzten Halbblock (beide  $F_s < 1,20, p_s > .25$ ). Der Interaktionskontrast zwischen Bedingung und Halbblock (erster vs. letzter) war bei den Verbalisierern hingegen bedeutsam ( $F_{(1,40)} = 7,98, p < .01, MSE = 35654,00$ ). Dabei unterschieden sich die Verbalisierer beider Bedingungen zwar nicht im ersten Halbblock ( $F < 1, p > .55$ ), im letzten Halbblock reagierten die Verbalisierer der *Kontrollgruppe* hingegen signifikant schneller als die Verbalisierer der *Experimentalgruppe* ( $F_{(1,40)} = 9,40, p < .01, MSE = 71854,50$ ).

*Reaktionszeitdiskontinuitäten.* Wie in Experiment 1 wurde das postexperimentell erfasste Verbalwissen der Versuchspersonen zur Anzahl der detektierten Reaktionszeitdiskontinuitäten in Beziehung gesetzt. Auch hier zeigte sich, ähnlich wie in Experiment 1, eine Übereinstimmung zwischen Verbalwissen und Performanz: Sowohl in der *Kontrollgruppe* ( $t_{(20)} = -5,05, p < .01$ ) als auch in der *Experimentalbedingung* ( $t_{(20)} = -6,78, p < .01$ ) wurden bei den Verbalisierern jeweils signifikant mehr diskontinuierliche Sequenzübergänge detektiert als bei den Nichtverbalisierern (s. a. Abbildung 15). Darüber hinaus bestätigte sich der bereits in der normalen Reaktionszeitanalyse gefundene Performanzvorteil der *Kontrollgruppe*, die signifikant mehr Reaktionszeitdiskontinuitäten produzierte als die *Experimentalbedingung* ( $t_{(42)} = 3,43, p < .01$ ).

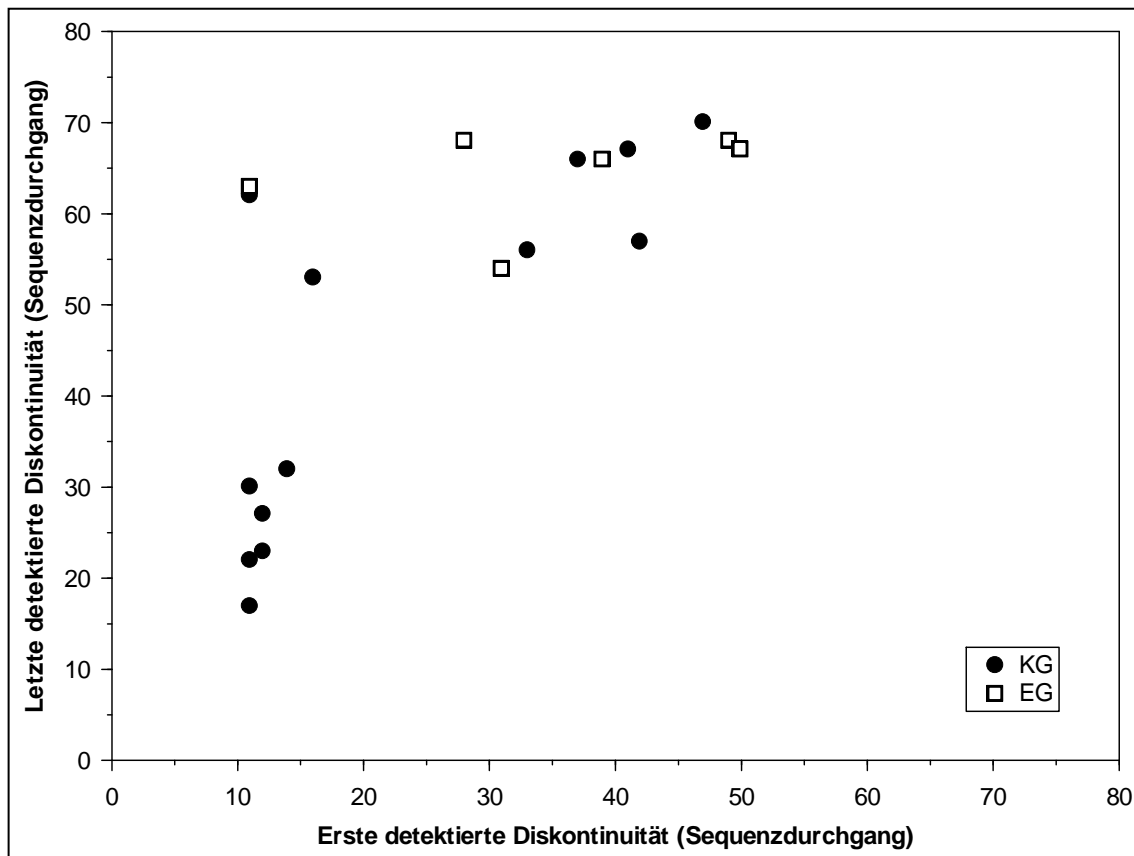


**Abbildung 15:** Anzahl detektierter Reaktionszeitdiskontinuitäten Experiment 2. Durchschnittliche Anzahl detektierter Sequenzübergänge mit Reaktionszeitdiskontinuität, abgetragen für beide Versuchsbedingungen, getrennt nach Sequenzwissen. Die Fehlerbalken geben den Standardfehler an.

Bei der Analyse der zeitlichen Ausdehnung der detektierten Diskontinuitäten zeigte sich ein leichter Vorteil für die Verbalisierer der *Kontrollgruppe* (s. Abbildung 16). Zwar wurde bei ihnen – wie auch Tabelle 2 zu entnehmen ist – der erste diskontinuierliche Sequenzübergang nur tendenziell früher detektiert als bei den Verbalisierern der Experimentalgruppe ( $t_{(17)} = -1,64$ ,  $p = .12$ ), dafür wurde jedoch die letzte Diskontinuität für sie signifikant früher detektiert ( $t_{(17)} = -2,35$ ,  $p < .05$ ). Die Länge des Zeitraums zwischen erstem und letztem detektiertem Sequenzübergang unterschied sich hingegen nicht zwischen der Verbalisierern der *Kontroll-* und der *Experimentalbedingung* ( $t_{(17)} = -1,26$ ,  $p = .2244$ ).

**Tabelle 2:** Zeitliche Verteilung der detektierten Reaktionszeitdiskontinuitäten Experiment 2. Angegeben ist für die Verbalisierer jeder Versuchsbedingung der mittlere Sequenzdurchgang, in dem für den ersten bzw. letzten Sequenzdurchgang eine Reaktionszeitdiskontinuität detektiert wurde, sowie die durchschnittliche Anzahl an Sequenzdurchgängen, die zwischen beiden liegt. Dargestellt sind jeweils Mittelwert und Standardabweichung für die Verbalisierer beider Versuchsbedingungen.

Bedingung	Erste detektierte Diskontinuität		Letzte detektierte Diskontinuität		Differenz	
	M	STD	M	STD	M	STD
Kontrollgruppe	22,92	14,45	44,77	19,75	21,85	12,09
Experimentalgruppe	34,67	14,68	64,33	5,39	29,67	13,65



**Abbildung 16:** Zeitliche Verteilung der detektierten Reaktionszeitdiskontinuitäten Experiment 2. Abgebildet ist jeweils für die Verbalisierer beider Versuchsbedingungen der Sequenzdurchgang, in dem der erste bzw. der letzte als diskontinuierlich detektierte Sequenzübergang identifiziert wurde.

### 6.3.6 Diskussion Experiment 2

Die Ergebnisse von Experiment 2 weisen in eine ähnliche Richtung wie die Ergebnisse des ersten Experiments. Die Möglichkeit zur Bildung einer verbalen Repräsentation erhöht die Wahrscheinlichkeit der bewussten Gewährwerdung der inhärenten Sequenz. So fand sich im postexperimentellen Interview der erwartete Effekt artikulatorischer Unterdrückung auf die Verbalisiererrate: Die Versuchspersonen der *Experimentalgruppe* erwarben weniger explizites Wissen als die der *Kontrollgruppe*. Darüber hinaus konnte die Analyse der Reaktionszeitdiskontinuitäten einen Hinweis darauf geben, dass die Integration der Sequenz bei den Verbalisierern der *Kontrollgruppe* früher abgeschlossen war, da für sie die letzte Diskontinuität signifikant früher detektiert wurde. Dieser Vorteil der *Kontrollgruppe* hinsichtlich des Zeitpunkts der letzten detektierten Diskontinuität könnte somit reflektieren, dass die Integration der Sequenz in der Tat der Transformation in eine verbale Repräsentation bedarf. Da artikulatorische Unterdrückung eine verbale Integration beeinträchtigen sollte, sollte diese somit verzögert werden, wodurch die letzte Diskontinuität auch später detektiert werden sollte.

Neben der Frage nach der bewussten Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Sequenz sollte in diesem Experiment auch untersucht werden, inwieweit der Wechsel auf eine top-down ge-

steuerte Aufgabenbearbeitung von einer verbalen Repräsentation abhängt. Ein solcher Strategiewechsel sollte sich in einer extremen Beschleunigung der Reaktionszeiten zeigen. Zwar konnten die Verbalisierer beider Bedingungen ihre Reaktionen beschleunigen, dies gelang den Verbalisierern der *Kontrollgruppe* jedoch wesentlich besser. Wie bereits die Verbalisierer der *symbolischen* Bedingung in Experiment 1 waren die Verbalisierer der diese Bedingung replizierenden *Kontrollgruppe* in der Lage, sich vom imperativen Stimulus zu lösen, so dass sie im Mittel verfrüht – also vor Stimulus Onset – antworteten. Die Verbalisierer der *Experimentalgruppe* konnten ihre Reaktionen zwar auch beschleunigen, sie reagierten jedoch erst kurz nach der Stimuluspräsentation. Dies spricht dafür, dass eine effektive Top-Down-Steuerung auf einer verbalen Repräsentation basiert. Unterstützung für die Annahme durch die Manipulation der verbalen Repräsentation bedingter Unterschiede hinsichtlich der Verhaltenssteuerung findet sich zudem in der Reaktionszeitdiskontinuitätsanalyse. Anders als im ersten Experiment unterschieden sich die Versuchsbedingungen hinsichtlich der Anzahl an Sequenzübergängen für die eine Diskontinuität detektiert wurde. Wenn eine solche Diskontinuität als Indikator für einen Strategiewechsel interpretiert werden kann, dann zeigt sich auch hier, dass die Möglichkeit zur Bildung einer verbalen Repräsentation förderlich auf einen Wechsel auf eine top-down gesteuerte Bearbeitungsstrategie auswirkt.

Somit sprechen die Ergebnisse von Experiment 2 für einen Vorteil der *Kontrollgruppe* sowohl hinsichtlich der bewussten Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Sequenz als auch bezüglich der Nutzung des erworbenen Wissens im Sinne einer Top-Down-Steuerung. Prinzipiell ließen sich die gefundenen Einbußen bei der *Experimentalbedingung* jedoch auch dadurch erklären, dass die artikulatorische Unterdrückung generell als Zweitaufgabe im Sinne einer Kapazitätsüberlastung gewirkt und nicht spezifisch die Prozesse der bewussten Gewährwerdung beeinflusst hat. Gegen eine solche Kapazitätsannahme spricht jedoch zum einen, dass sich kein Effekt artikulatorischer Unterdrückung auf die Fehlerrate fand, und zum anderen, dass artikulatorische Unterdrückung selektiv die Bearbeitungsgeschwindigkeit der Verbalisierer beeinträchtigte. Denn weder zu Trainingsbeginn noch bei den Nichtverbalisierern fanden sich gravierende Reaktionszeitunterschiede zwischen den Versuchsbedingungen. Dies spricht gegen eine über Gebühr hohe Belastung im Sinne einer Zweitaufgabe durch artikulatorische Unterdrückung. In diesem Sinne scheint artikulatorische Unterdrückung als Manipulation der Bildung einer verbalen Repräsentation geeignet zu sein.

Grundsätzlich könnte es problematisch sein, dass die Nichtverbalisierer der *Experimentalbedingung* im Trainingsverlauf keine signifikante Beschleunigung zeigten. Andererseits verfehlte die Beschleunigung der Nichtverbalisierer der *Kontrollgruppe* auch knapp die Signifikanz und beide Nichtverbalisierergruppen unterschieden sich nicht grundlegend hinsichtlich ihrer Latenzzeiten. In diesem Sinne lässt sich dies nicht auf einen Effekt der Bedingungsmanipulation zurückführen. Da Versuchspersonen ohne verbalisierbares Sequenzwissen nicht im Fokus der vorliegenden

Arbeit standen, wurde möglicherweise vorhandenes implizites Wissen nicht erfasst, so dass hier keine dezidierte Aussage darüber getroffen werden kann, was genau die Nichtverbalisierer im Trainingsverlauf gelernt haben. Prinzipiell befinden sich in dieser Gruppe jedoch auch Versuchspersonen, die zumindest einzelne Sequenzfragmente verbalisieren konnten.

Ziel des Experimentes war es, Experiment 1 mittels einer alternativen, direkteren Manipulation zu replizieren. Die Möglichkeit zur Bildung einer verbalen Repräsentation wurde in diesem Fall nicht über das Stimulusmaterial manipuliert, sondern mittels artikulatorischer Unterdrückung gezielt ausgeschaltet. Alles in allem entsprechen die Ergebnisse von Experiment 2 denen des Vorgängerexperiments und legen so nahe, dass in beiden Experimenten ein ähnlicher Mechanismus gewirkt haben könnte. Insofern scheint in Experiment 1 tatsächlich die Möglichkeit zur Bildung einer verbalen Repräsentation die bewusste Gewährleistung der inhärenten Sequenz erleichtert zu haben. Mit den Ergebnissen von Experiment 2 spricht dies dafür, dass die Möglichkeit zur Entwicklung einer verbalen Repräsentation einerseits die bewusste Gewährleistung der aufgabenimmanenten Regularität fördert und andererseits dazu beiträgt, dass das erworbene Wissen effektiv im Sinne einer Top-Down-Steuerung genutzt werden kann. Nachdem in zwei Experimenten die Bedeutung einer verbalen Repräsentation für die bewusste Gewährleistung der Sequenz herausgestellt wurde, soll nun der dieser Gewährleistung zugrunde liegende Prozess der Wissensintegration näher beleuchtet werden. Anders als in den bisherigen Untersuchungen wurde dazu nicht eine inzidentelle, sondern eine *intentionale* Lernsituation verwendet. Denn nach der UE-Hypothese (z. B. Haider & Frensch, 2005) stellt das Bemerkens eines unerwarteten Ereignisses eine Voraussetzung für die bewusste Gewährleistung der aufgabenimmanenten Sequenz dar. Konsequenz des Bemerkens eines unerwarteten Ereignisses kann die Initiierung eines Suchprozesses sein, durch den explizites Wissen erworben werden kann. Insofern lässt sich die Frage stellen, an welchem Punkt der bewussten Gewährleistung die Wirkung artikulatorischer Unterdrückung ansetzt. Verhindert artikulatorische Unterdrückung bereits das Bemerkens eines unerwarteten Ereignisses oder stört sie erst den nachfolgenden Such- und Integrationsprozess? Zur Beantwortung dieser Frage wurde im folgenden Experiment genauer untersucht, wie sich artikulatorische Unterdrückung speziell auf diesen hypothesentestenden Suchprozess auswirkt.

#### **6.4 Experiment 3: Effekte artikulatorischer Unterdrückung auf explizite Suchprozesse**

Da Attributions- und Suchprozessen im Rahmen der UE-Hypothese (Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005, 2009; Rüniger & Frensch, 2010) eine zentrale Rolle im Prozess der bewussten Gewährleistung einer aufgabenimmanenten Regularität spielen, sollte im dritten Experiment untersucht werden, inwiefern sich artikulatorische Unterdrückung auf genau diese Suchprozesse

auswirkt. Da die UE-Hypothese den Suchprozess als hypothesengenerierenden und –testenden Prozess charakterisiert, sollte hier die Bildung einer verbalen Repräsentation eine besondere Rolle spielen. Auch Tubau und Kollegen (2007) weisen der verbalen Repräsentation im Zuge der Generierung bewussten Wissens insofern eine Sonderstellung zu, als dass sie annehmen, dass explizites Wissen mit dem Aufbau eines sprachbasierten Handlungsplans zusammenhängt.

Um entsprechende Suchprozesse zu evozieren und isoliert betrachten zu können, wurden die Versuchspersonen in Experiment 3 deshalb nicht in einer inzidentellen, sondern in einer intentionalen Lernsituation untersucht. Dazu wurden sie instruiert, nach einer in der Aufgabe enthaltenen Regularität zu suchen. Dadurch sollte gewährleistet werden, dass alle Versuchspersonen einen entsprechenden Suchprozess initiieren, so dass selektiv die Auswirkungen artikulatorischer Unterdrückung auf den Suchprozess nachvollzogen werden können. Falls der Suchprozess sich auf verbale Repräsentationen stützt, sollte artikulatorische Unterdrückung auch in einer intentionalen Lernsituation das Ausmaß verbalisierbaren Sequenzwissens reduzieren. Vor dem Hintergrund der bisherigen Ergebnisse sowie der Annahme von Tubau und Kollegen (2007), dass Handlungspläne und ihre Ausführung sprachbasiert sind, sollte die Experimentalgruppe auch in diesem Experiment ihr explizites Sequenzwissen schlechter im Rahmen einer Top-Down-Steuerung umsetzen können, was sich in langsameren Reaktionszeiten niederschlagen sollte.

#### 6.4.1 Methode Experiment 3

*Stichprobe.* An der Untersuchung nahmen insgesamt 81 Studierende der Universität zu Köln teil, die zufällig den beiden Versuchsbedingungen zugeteilt wurden. Allerdings mussten fünf Versuchspersonen aus der Untersuchung ausgeschlossen werden, da sie entweder schon an einem ähnlichen Experiment teilgenommen hatten oder die Instruktion der artikulatorischen Unterdrückung nicht genau befolgten. Eine Nichtmuttersprachlerin wurde aufgrund von Sprachproblemen eliminiert. Unter den verbleibenden 75 Probanden befanden sich 49 Frauen und 26 Männer, die zwischen 18 und 32 Jahre ( $M = 23,59$ ,  $STD = 3,41$ ) alt waren. 35 Versuchsteilnehmer befanden sich in der *Kontrollgruppe* (KG) und 40 Probanden bearbeiteten die symbolische SRT-Aufgabe in der *Experimentalbedingung* (EG) unter artikulatorischer Unterdrückung. Am Ende des Experiments wurden die Versuchsteilnehmer mit einer Versuchspersonenbescheinigung entlohnt.

*Versuchsdurchführung.* Verwendet wurde die symbolische SRT-Aufgabe, die bereits in den ersten beiden Experimenten eingesetzt worden war. Während sich die Versuchspersonen in den bisherigen Experimenten in einer inzidentellen Lernsituation befanden, wurden sie nun vor Beginn des SRT-Trainings instruiert, eine darin enthaltene Regel zu finden, zu der sie später befragt würden. Dabei wurden sie allerdings nicht darüber aufgeklärt, um welche Art von Regel es sich handelte.

Die *Kontrollgruppe* bearbeitete die symbolische SRT-Aufgabe mit intentionaler Lerninstruktion, die *Experimentalgruppe* arbeitete zusätzlich unter artikulatorischer Unterdrückung, wie sie bereits in Experiment 2 zum Einsatz kam. Im postexperimentellen Interview wurde in diesem Experiment zunächst auf die intentionale Lerninstruktion verwiesen bevor nach der gefundenen Regularität gefragt wurde.

### 6.4.2 Ergebnisse Experiment 3

Die Rohdaten wurden vor der Auswertung in gleicher Weise aufbereitet wie in den vorhergehenden Experimenten. Dazu wurden zunächst fehlerhafte und besonders langsame Reaktionszeiten ( $> 2000$  ms) eliminiert. Insgesamt wurden 5,99 % der Reaktionszeiten (1,75 % in der *Kontrollgruppe*, 4,24 % in der *Experimentalbedingung*) aus der Analyse ausgeschlossen. Zudem wurden zwei Versuchspersonen der *Experimentalgruppe* aus der weiteren Auswertung ausgeschlossen, da sie das Fehlerkriterium von 20% überschritten. In die Auswertung gingen somit 35 Probanden aus der *Kontrollgruppe* und 38 Probanden der *Experimentalgruppe* in die Auswertung ein.

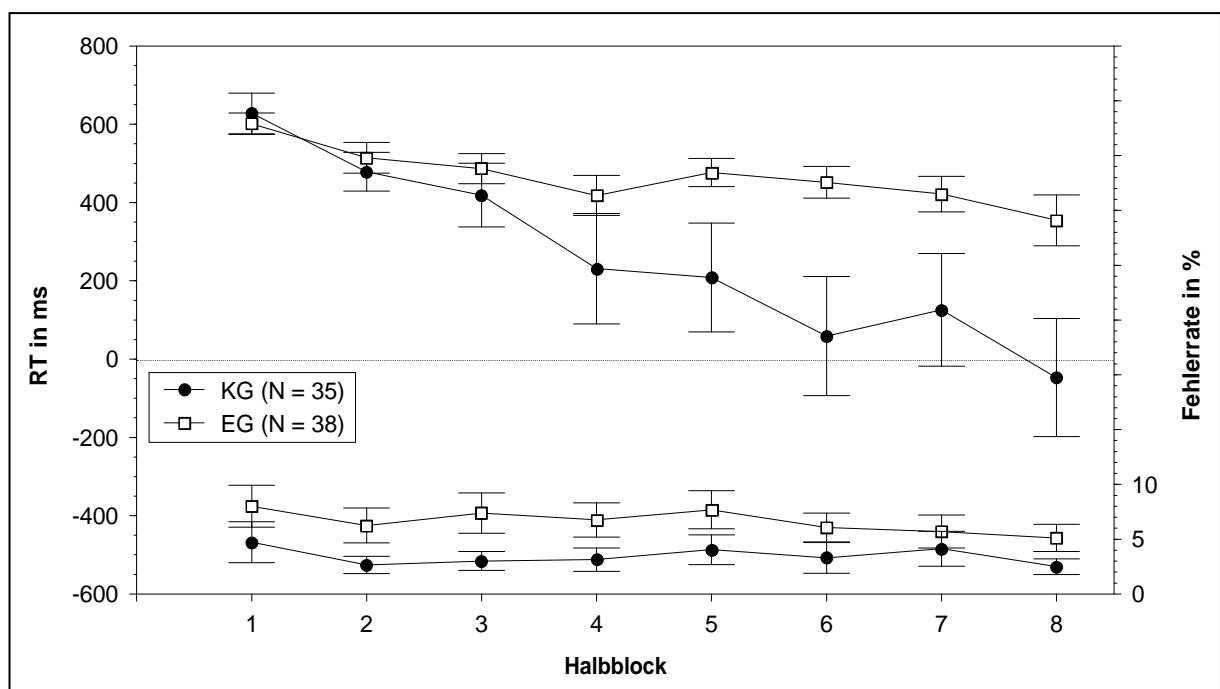
*Postexperimentelles Interview.* Da in diesem Experiment eine intentionale Lerninstruktion vorgegeben wurde, wurde das Kriterium für Verbalisierer modifiziert. So musste eine Versuchsperson die Regularität nicht spontan, sondern nur vollständig und korrekt benennen können, um als Verbalisierer klassifiziert zu werden. Denn aufgrund der intentionalen Lerninstruktion wusste jede Versuchsperson, dass es eine verborgene Regularität gab. Dadurch bedingt konnten alle Versuchspersonen zumindest Sequenzfragmente produzieren. Insofern gab es in Experiment 3 keine „klassischen“ Nichtverbalisierer, so dass Versuchspersonen, die die Sequenz nicht vollständig korrekt wiedergeben konnten (und die deshalb nicht als Verbalisierer klassifiziert wurden), als Teilverbalisierer klassifiziert wurden. In der *Kontrollgruppe* konnten 29 der 35 Versuchspersonen (83%) die Sequenz vollständig korrekt wiedergeben, in der *Experimentalgruppe* hingegen lediglich 22 von 38 Probanden (58%). Damit erwarb die *Kontrollgruppe* signifikant mehr explizites Wissen als die *Experimentalbedingung* ( $\chi^2_{(1)} = 5,39, p < .05$ ).

*Fehlerrate.* Da sich in der *Kontrollgruppe* nur sechs Teilverbalisierer befanden, wurde an dieser Stelle auf eine gesonderte Auswertung nach Art des Sequenzwissens verzichtet. Dementsprechend wurde über die Fehlerrate eine 2 (Bedingung: *Kontrollgruppe* vs. *Experimentalgruppe*) x 8 (Halbblöcke)-ANOVA mit Messwiederholung auf dem letzten Faktor gerechnet. Dabei beging die *Kontrollgruppe* mit einer mittleren Fehlerrate von 3,44% signifikant weniger Fehler als die *Experimentalgruppe* mit einer durchschnittlichen Fehlerrate von 6,62% ( $F_{(1,71)} = 20,71, p < .01, MSE = 71,27$ ). Generell sank die Fehlerrate allerdings im Trainingsverlauf ( $F_{(7,497)} = 3,59, p < .01, MSE = 12,94$ ,



s. a. Abbildung 17). Die Interaktion verfehlte hingegen die Signifikanz ( $F < 1,10$ ,  $p > .40$ ). Das bedeutet, es fand sich kein differentieller Effekt der Versuchsbedingung im Trainingsverlauf.

*Reaktionszeiten.* Auch die Reaktionszeiten wurden aufgrund der geringen Anzahl an Teilverbalisierern in der Kontrollgruppe mittels einer 2 (Bedingung: *Kontrollgruppe* vs. *Experimentalbedingung*) x 8 (Halbblöcke)-ANOVA mit Messwiederholung auf dem letzten Faktor ausgewertet. Dabei ergaben sich wie schon bei der Fehlerrate sowohl für die Bedingung ( $F_{(1,71)} = 16,62$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 360804,80$ ) als auch für den Block ( $F_{(7,497)} = 48,23$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 33333,90$ ) signifikante Haupteffekte. So reagierte die *Kontrollgruppe* durchschnittlich etwa 200 ms schneller als die *Experimentalgruppe* und die Reaktionsgeschwindigkeit nahm generell mit zunehmender Trainingsdauer zu. Spezifiziert wurde dies durch die signifikante Interaktion zwischen Bedingung und Block ( $F_{(7,497)} = 14,64$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 33333,90$ ), die darauf verweist, dass die *Kontrollgruppe* im Trainingsverlauf stärker beschleunigte als die *Experimentalgruppe* (vgl. Abbildung 17). Der signifikante Interaktionskontrast zwischen Bedingung und Halbblock (erster vs. Letzter) konnte zudem zeigen, dass sich dieser differentielle Beschleunigungseffekt auf den Reaktionszeitunterschied zwischen erstem und letztem Halbblock bezieht ( $F_{(1,71)} = 25,67$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 64975$ ). Dabei verwiesen die Einzelkontraste darauf, dass sich beide Bedingungen im ersten Halbblock nicht unterschieden ( $F < 1$ ,  $p > .35$ ), im letzten Halbblock hingegen schon ( $F_{(1,71)} = 24,20$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 121438,00$ ).



**Abbildung 17:** Performanz Experiment 3. Reaktionszeitverlauf (linke Ordinate) und Fehlerrate (rechte Ordinate) für beide Versuchsbedingungen über die acht Halbblöcke des SRT-Trainings. Das Sequenzwissen wurde in diesem Fall nicht analysiert, da es aufgrund der intentionalen Lerninstruktion nicht genügend Nicht- bzw. Teilverbalisierer gab. Die gestrichelte Linie gibt den Zeitpunkt der Stimuluspräsentation an. Darunter liegende Reaktionszeiten reflektieren verfrühte Eingaben. Die Fehlerbalken markieren das 95%-ige Konfidenzintervall nach Loftus und Masson (1994).

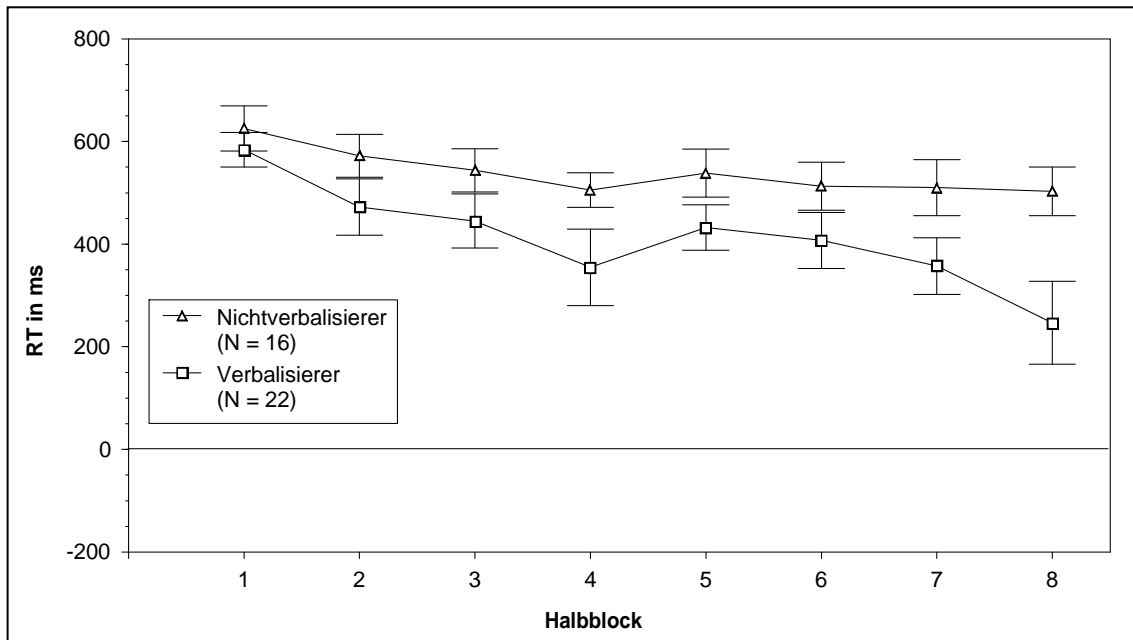
Da sich in der *Experimentalgruppe* mehr Teilverbalisierer befanden als in der *Kontrollgruppe* und da in dieser Untersuchung besonders die expliziten Prozesse im Vordergrund standen, wurde die Reaktionszeitanalyse beschränkt auf die Verbalisierer beider Bedingungen repliziert. Dabei ergab sich ein ähnliches Bild: Auch die Verbalisierer der *Experimentalbedingung* reagierten langsamer als die der *Kontrollgruppe* ( $F_{(1,49)} = 5,24, p < .05, MSE = 413253,40$ ) und wiederum zeigte sich eine Zunahme der Geschwindigkeit im Trainingsverlauf ( $F_{(7,343)} = 34,66, p < .01, MSE = 37137,60$ ). Die signifikante Interaktion ( $F_{(7,343)} = 7,24, p < .01, MSE = 37137,60$ ) verwies zudem darauf, dass sich der Reaktionszeitvorteil der Verbalisierer der *Kontrollgruppe* erst im Trainingsverlauf herausbildete. Dies wurde durch den signifikanten Interaktionskontrast zwischen Bedingung und Halbblock (erster vs. Letzter) unterstützt ( $F_{(1,49)} = 9,52, p < .01, MSE = 72351,9$ ). Dabei unterschieden sich auch die Verbalisierer beider Versuchsbedingungen im ersten Halbblock nicht ( $F < 1,70, p > .20$ ), sondern nur im letzten Halbblock ( $F_{(1,49)} = 7,58, p < .01, MSE = 133116,00$ ).

*Performanz der Experimentalgruppe.* Da die Verbalisierer der *Experimentalgruppe* eine geringere Beschleunigung aufwiesen als die Verbalisierer der *Kontrollgruppe*, wurden sie in einer separaten Analyse mit den Teilverbalisierern derselben Versuchsbedingung verglichen, um zu überprüfen, inwieweit sie ihr explizites Sequenzwissen im Sinne einer Top-Down-Steuerung nutzen konnten. Dazu wurde eine 2 (Sequenzwissen: Teilverbalisierer vs. Verbalisierer) x 8 (Halbblöcke)-ANOVA mit Messwiederholung auf dem letzten Faktor über die Reaktionszeiten gerechnet. Dabei reagierten die Verbalisierer schneller als die Teilverbalisierer ( $F_{(1,36)} = 18,17, p < .01, MSE = 65149,82$ ). Darüber hinaus erhöhte sich mit zunehmender Trainingsdauer die Bearbeitungsgeschwindigkeit ( $F_{(7,252)} = 23,69, p < .01, MSE = 7491,60$ ). Spezifiziert wurde dies durch die signifikante Interaktion ( $F_{(7,252)} = 4,89, p < .01, MSE = 7491,60$ ), welche darauf verweist, dass vor allem die Verbalisierer im Trainingsverlauf an Geschwindigkeit zulegten (s. a. Abbildung 18).

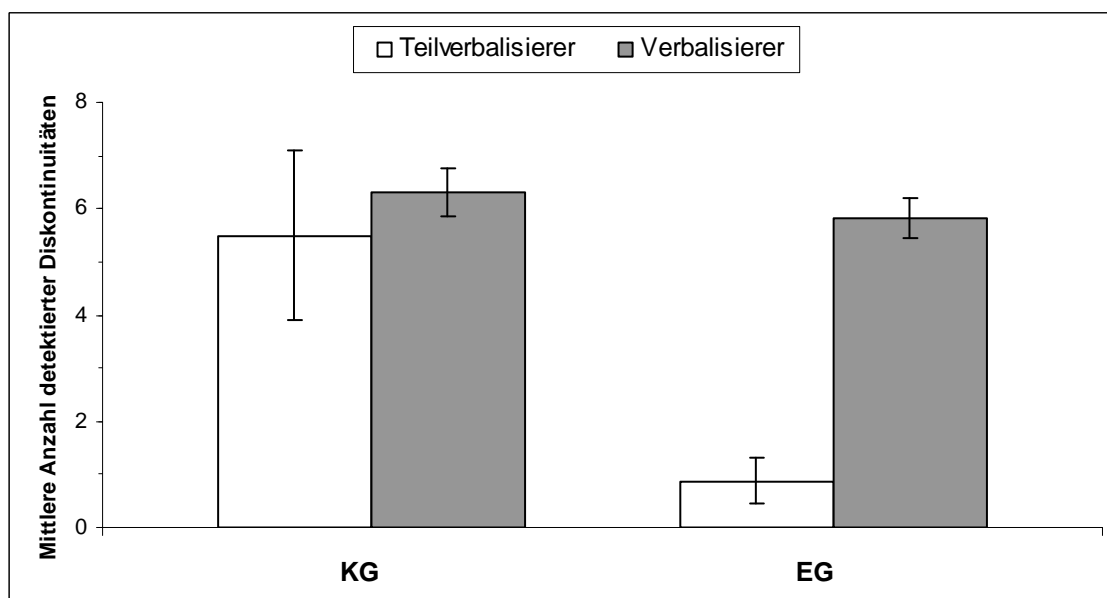
Dies wurde auch durch den signifikanten Interaktionskontrast zwischen Sequenzwissen und Halbblock (erster vs. Letzter) unterstützt ( $F_{(1,36)} = 15,61, p < .01, MSE = 14123,20$ ). Zwar konnten auch die Teilverbalisierer ihre Reaktionen vom ersten zum letzten Halbblock beschleunigen ( $F_{(1,36)} = 8,49, p < .01, MSE = 14123,20$ ), dennoch reagierten die Verbalisierer im letzten Halbblock signifikant schneller ( $F_{(1,36)} = 23,79, p < .01, MSE = 25583,10$ ), während der Kontrast im ersten Halbblock die Signifikanz verfehlte ( $F < 2,30, p > .14$ ).

*Reaktionszeitdiskontinuitäten.* Zunächst wurde wieder das im postexperimentellen Interview erfasste explizite Wissen zur Anzahl detektierter Diskontinuitäten in Beziehung gesetzt. Dabei zeigte sich – ähnlich wie im postexperimentellen Interview – dass alle Versuchspersonen zumindest partielles Sequenzwissen erwarben und auch nutzten. Dadurch fand sich für die *Kontrollgruppe* kein bedeutsamer Unterschied zwischen Teilverbalisierern und Verbalisierern bezüglich der Anzahl de-

tektierter Diskontinuitäten ( $t_{(33)} = -0,68, p = .50$ ; s. a. Abbildung 19). In der *Experimentalgruppe* zeigte sich hingegen der erwartete Effekt des Verbalwissens auf die Anzahl identifizierter diskontinuierlicher Sequenzübergänge ( $t_{(36)} = -8,49, p < .01$ ). Zudem unterschied sich die Anzahl detektierter Sequenzübergänge zwischen beiden Versuchsbedingungen ( $t_{(71)} = 3,65, p < .01$ ), da in der Kontrollgruppe deutlich mehr Diskontinuitäten identifiziert wurden.

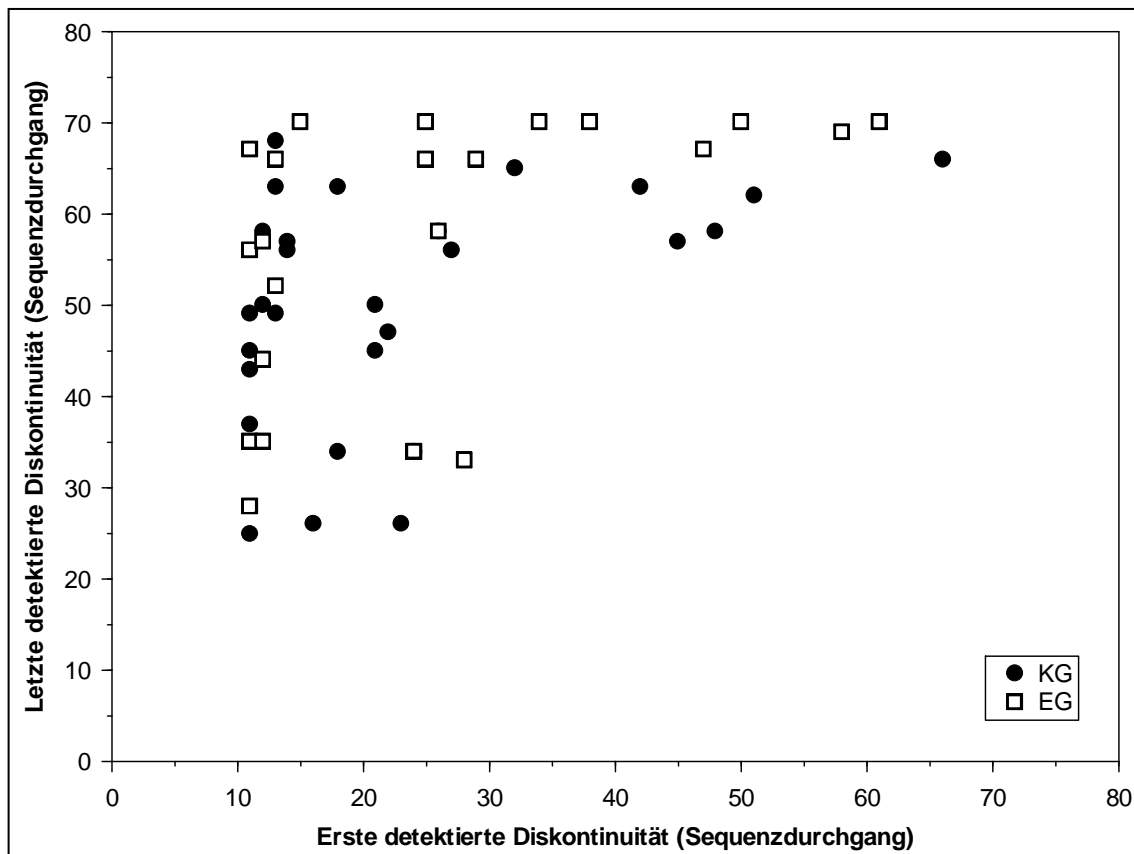


**Abbildung 18:** Performanz der Experimentalgruppe in Experiment 3. Reaktionszeiten für die *Experimentalgruppe* unter artikulatorischer Unterdrückung in Abhängigkeit der Trainingsdauer sowie des Sequenzwissens. Die Fehlerbalken reflektieren jeweils das 95%-ige Konfidenzintervall (Loftus & Masson, 1994).



**Abbildung 19:** Anzahl detektierter Reaktionszeitdiskontinuitäten Experiment 3. Anzahl der durchschnittlich als diskontinuierlich detektierten Sequenzübergänge in Abhängigkeit der Versuchsbedingung sowie des postexperimentell erfassten Verbalwissens. Die Fehlerbalken reflektieren den Standardfehler.

Hinsichtlich der zeitlichen Dimension der detektierten Diskontinuitäten unterschieden sich die Verbalisierer beider Bedingungen nicht gravierend: Weder für den Zeitpunkt der ersten detektierten Diskontinuität ( $t_{(48)} = -0,61, p = .54$ ) noch für die Differenz zwischen erster und letzter detektiertes Diskontinuität ( $t_{(48)} = -0,91, p = .37$ ) zeigte sich ein Unterschied zwischen beiden Bedingungen. Lediglich die letzte Diskontinuität wurde für die *Kontrollgruppe* tendenziell früher detektiert als für die *Experimentalgruppe* ( $t_{(48)} = -1,68, p = .10$ , s. Abbildung 20 bzw. Tabelle 3).



**Abbildung 20:** Zeitliche Verteilung der detektierten Reaktionszeitdiskontinuitäten Experiment 3. Für die Verbalisierer der *Kontroll-* und der *Experimentalgruppe* sind jeweils der erste bzw. der letzte detektierte diskontinuierliche Sequenzübergang dargestellt.

**Tabelle 3:** Zeitliche Verteilung der detektierten Reaktionszeitdiskontinuitäten Experiment 3. Angegeben ist für die Verbalisierer jeder Versuchsbedingung der mittlere Sequenzdurchgang, in dem für den ersten bzw. letzten Sequenzdurchgang eine Reaktionszeitdiskontinuität detektiert wurde, sowie die durchschnittliche Anzahl an Sequenzdurchgängen, die zwischen beiden liegt. Dargestellt sind jeweils Mittelwert und Standardabweichung für die Verbalisierer beider Versuchsbedingungen.

Bedingung	Erste detektierte Diskontinuität		Letzte detektierte Diskontinuität		Differenz	
	<i>M</i>	<i>STD</i>	<i>M</i>	<i>STD</i>	<i>M</i>	<i>STD</i>
Kontrollgruppe	23,07	14,58	50,36	12,74	27,29	14,83
Experimentalgruppe	25,73	16,09	56,95	14,98	31,23	15,51

### 6.4.3 Diskussion Experiment 3

Experiment 3 fokussierte auf die Rolle, die verbale Repräsentationen für den von Vertretern der UE-Hypothese (Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005, 2009; Rüniger & Frensch, 2010) im Zuge der bewussten Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Regularität postulierten Suchprozess und die damit einher gehende Integration des Sequenzwissens spielen. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass artikulatorische Unterdrückung auch in einer intentionalen Lernsituation die bewusste Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Sequenz beeinträchtigt. Dies führt zu dem Schluss, dass sich der Suchprozess oder die damit einhergehende Wissensintegration zumindest zu einem gewissen Teil auf sprachliche Informationen stützt. Insofern lassen sich die Ergebnisse von Experiment 2 nicht allein darauf zurückführen, dass die Existenz einer Regularität unter artikulatorischer Unterdrückung nicht bemerkt worden wäre.

Eine mögliche Alternativerklärung wäre, dass die intentionale Lerninstruktion bei der *Experimentalbedingung* keine Wirkung entfaltet und so keinen entsprechenden Such- und Integrationsprozess getriggert hat, der zum Wissenserwerb hätte führen können. Vergleicht man allerdings die *Experimentalbedingung* unter intentionaler Lerninstruktion aus Experiment 3 mit der *Experimentalbedingung* in einer inzidentellen Lernsituation aus Experiment 2, findet sich jedoch ein signifikanter Instruktionseffekt ( $\chi^2_{(1)} = 5,25, p < .05$ ): Während in einer inzidentellen Lernsituation unter artikulatorischer Unterdrückung nur 6 von 22 Versuchspersonen (27%) die aufgabenimmanente Sequenz verbalisieren konnten, waren es nach intentionaler Lerninstruktion immerhin 22 von 38 Probanden (58%) – eine Steigerung der Verbalisiererrate um etwa 30%. Dies spricht dafür, dass die Manipulation der Aufgabeninstruktion grundsätzlich erfolgreich war.

Wie bereits in Experiment 2 wurde neben der Rolle der verbalen Repräsentation für die bewusste Gewährwerdung der inhärenten Sequenz untersucht, inwieweit der Strategiewechsel auf eine Top-Down-Steuerung von einer verbalen Repräsentation abhängt. Auch in einer intentionalen Lernsituation fand sich eine Beeinträchtigung einer top-down gesteuerten Verhaltenskontrolle durch artikulatorische Unterdrückung. Da sich die Wirkung artikulatorischer Unterdrückung erst mit zunehmender Trainingsdauer entwickelte, ist anzunehmen, dass selektiv die top-down gesteuerte Aufgabenbearbeitung gestört wurde. Eine Analyse unter Ausschluss der Teilverbalisierer verwies zudem darauf, dass dieses Reaktionszeitmuster nicht durch den höheren Anteil an Teilverbalisierern in der *Experimentalbedingung* erklärbar ist. Allerdings ist es nicht so, dass die Verbalisierer der *Experimentalbedingung* ihr Sequenzwissen nicht nutzten; denn verglichen mit den Teilverbalisierern derselben Versuchsbedingung konnten sie ihre Bearbeitungsgeschwindigkeit im Trainingsverlauf signifikant beschleunigen. Im Gegensatz zu den vorherigen Experimenten beschleunigte in diesem Experiment die *Kontrollgruppe* jedoch weniger stark: Während in den ersten beiden Experimenten die Verbalisierer der *symbolischen* Bedingung und der *inzidentellen Kontrollgruppe* bereits deutlich vor Stimulus Onset reagierten, erfolgte der Tastendruck bei den Verbalisierern

der *intentionalen Kontrollgruppe* ungefähr parallel zur Stimuluspräsentation. Eventuell hat die intentionale Instruktion in Experiment 3 dazu geführt, dass die Verbalisierer auch nach der Integration der Sequenz weiterhin nach Regelmäßigkeiten gesucht haben. Oder sie waren im Gegensatz zu Versuchspersonen in einer inzidentellen Lernsituation weniger bereit, sich auf das Gefundene zu verlassen.

Bei der Analyse der Reaktionszeitdiskontinuitäten wurden lediglich in der *Experimentalbedingung* signifikant mehr Reaktionszeitdiskontinuitäten für die Verbalisierer detektiert als für die Teilverbalisierern. In der *Kontrollgruppe* zeigte sich dieser Unterschied hingegen nicht. Dies spricht dafür, dass die Teilverbalisierer der *Kontrollgruppe* keine klassischen Nichtverbalisierer sind, sondern ihr fragmentarisches Wissen bei der Bearbeitung der SRT-Aufgabe bereits zur Verhaltenskontrolle nutzten. Dabei unterschieden sich beide Versuchsbedingungen hinsichtlich der Anzahl detektiertes Diskontinuitäten, was ein weiterer Hinweis darauf ist, dass artikulatorische Unterdrückung auch in einer intentionalen Lernsituation eine verbale Verhaltenskontrolle stört. Allerdings unterschieden sich die Verbalisierer von *Kontroll-* und *Experimentalbedingung* nicht wesentlich hinsichtlich des Zeitpunkts der detektierten Diskontinuitäten. Das bedeutet, artikulatorische Unterdrückung hat den Integrationsprozess zeitlich nicht wesentlich verzögert.

Darüber hinaus beging die *Experimentalbedingung* deutlich mehr Fehler als die *Kontrollgruppe*. Dies ist möglicherweise ein Hinweis darauf, dass die Kombination instruierter Suche und artikulatorischer Unterdrückung die reguläre Aufgabenbearbeitung belastete, da artikulatorische Unterdrückung allein in einer inzidentellen Lernsituation (Experiment 2) nicht zu einer Erhöhung der Fehlerrate geführt hatte.

Alles in allem sprechen die Befunde von Experiment 3 dafür, dass die Wirkung artikulatorischer Unterdrückung nicht darauf zurückgeführt werden kann, dass kein Such- oder Integrationsprozess in Gang gesetzt wird. Denn selbst wenn eine intentionale Lerninstruktion sicherstellt, dass ein entsprechender Suchprozess initiiert wird, und grundsätzlich die Wahrscheinlichkeit des Erwerbs expliziten Wissens erhöht, stört artikulatorische Unterdrückung die Integration der Sequenz. Dies unterstreicht noch einmal die zentrale Rolle einer verbalen Repräsentation für die Sequenzintegration. Darüber hinaus zeigte sich wie bereits im vorherigen Experiment, dass eine verbale Repräsentation eine effektive Nutzung des erworbenen Wissens im Rahmen des Wechsels auf eine Top-Down-Steuerung erlaubt.

Nachdem die bisherigen Experimente artikulatorische Unterdrückung als Methode zur Manipulation der Bildung einer verbalen Repräsentation etabliert haben, wurde im folgenden Experiment die sprachliche Qualität artikulatorischer Unterdrückung in den Vordergrund der Betrachtung gerückt. Dazu wurden nichtsprachliche akustische Reize hinsichtlich ihrer Wirkung auf die bewusste Gewährwerdung der Sequenz sowie die Nutzung von Sequenzwissen untersucht.

## 6.5 Experiment 4: Effekte irrelevanter Töne auf die bewusste Gewährleistung der aufgabenimmanenten Sequenz

In den letzten Experimenten wurde artikulatorische Unterdrückung verwendet, um den Aufbau einer verbalen Repräsentation zu manipulieren. Um den Versuchspersonen anzuzeigen, in welchem Rhythmus sie im Rahmen der artikulatorischen Unterdrückung sprechen sollten, wurde ein Metronom eingesetzt, das ihnen den Takt vorgab. Allerdings weisen Experimente aus der Gedächtnisforschung darauf hin, dass nicht nur Sprache, sondern auch irrelevante Töne (z. B. Campbell, Beaman & Berry, 2002; Jones & Macken, 1993; Tremblay, Nicholls, Alford & Jones, 2000) die Performanz in einer Primäraufgabe beeinträchtigen können. Und auch Untersuchungen aus der impliziten Lernforschung deuten darauf hin, dass irrelevante Töne per se einen störenden Einfluss auf das Sequenzlernen haben könnten (z. B. Frensch et al., 1998; Heuer & Schmidtke, 1996; Hsiao & Reber, 2001; Schmidtke & Heuer, 1997). Während Keele und Kollegen (2003) annehmen, dass generell irrelevante Reize (wie z. B. Töne) automatisch mit den regelhaften Stimuli der Primäraufgabe assoziiert werden und so die Integration der Sequenz gestört wird, gehen Tubau und Kollegen (2007) von einem spezifischen Effekt akustischer Signale aus, da diese mit der Ausführung des verbal kodierten Handlungsplans interferieren. Letztere Vorstellung wird auch außerhalb impliziter Lernexperimente aufgegriffen, indem die beeinträchtigende Wirkung irrelevanter Töne häufig als Störung des Response Timings (Burgess & Hitch, 1999; Henson et al., 2003) bzw. der exekutiven Kontrolle geplanter Handlungen (Saito & Baddeley, 2004) interpretiert wird.

Allerdings handelt es sich bei solchen störenden Tönen im Gegensatz zum wenig variablen Metronomton in der Regel um sich verändernde akustische Signale (Campbell et al., 2002; Jones & Macken, 1993). Gerade diese Veränderbarkeit ist ein Charakteristikum, das sie mit gesprochener Sprache teilen. Dennoch schien es aufgrund der bisherigen Befundlage angebracht, in Experiment 4 zu untersuchen, ob die Ergebnisse der bisherigen Experimente der Verwendung artikulatorischer Unterdrückung geschuldet sind oder inwieweit bereits der Einsatz des Metronoms eine Beeinträchtigung nach sich zieht. Oder anders ausgedrückt: Besteht die störende Wirkung artikulatorischer Unterdrückung in ihrer Sprachspezifität oder darin, dass sie – ähnlich wie Töne – mit dem Response Timing interferiert? Um diese Frage zu beantworten, wurde im vorliegenden Experiment lediglich ein Metronomton parallel zur Bearbeitung der symbolischen SRT-Aufgabe dargeboten.

Üblicherweise werden im Gegensatz zu den hier vorliegenden Experimenten Töne im Rahmen einer Zweitaufgabe in die SRT-Prozedur implementiert, so dass die Aufmerksamkeit der Probanden zwangsläufig auf den Tönen liegt (z. B. Heuer & Schmidtke, 1996; Hsiao & Reber, 2001; Schmidtke & Heuer, 1997). Fraglich ist, inwieweit die Ausrichtung der Aufmerksamkeit für

den durch die Töne verursachten Interferenzeffekt eine Rolle spielt. Andererseits findet sich in Gedächtnisexperimenten ein Effekt irrelevanter Töne auch dann, wenn die Versuchspersonen explizit instruiert werden, die Töne zu ignorieren (vgl. Tremblay et al., 2000). Aus diesem Grund wurde im vorliegenden Experiment variiert, ob die Probanden den Metronomton beachten oder ignorieren sollten. Dadurch sollte zudem erfasst werden, inwieweit es in diesem spezifischen Aufgabensetting überhaupt möglich war, den Ton und seine Wirkung auszublenden.

In Anlehnung an eine Untersuchung von Tubau et al. (2007, Experiment 4a) wurde darüber hinaus der Ton einem Teil der Versuchspersonen, die den Ton ignorieren sollten, ausschließlich innerhalb der ersten drei Blöcke präsentiert; den letzten Aufgabenblock bearbeiteten diese Versuchspersonen ohne Manipulation. So sollte überprüft werden, ob sich eine möglicherweise beeinträchtigende Wirkung des Tons primär auf die Integration des Sequenzwissens oder eher – wie von einigen Forschern postuliert (z. B. Frensch et al., 1998; Tubau et al., 2007) – selektiv auf die Ausführung eines auf einer Top-Down-Steuerung basierenden Handlungsplans bezieht. Verglichen wurden diese drei Metronombedingungen mit einer *Kontrollgruppe*, die die SRT-Aufgabe ohne Metronomton bearbeitete. Als Kontrollgruppe dienten die Versuchsteilnehmer der symbolischen Bedingung aus Experiment 1 sowie die Probanden der Kontrollgruppe aus Experiment 2, die für diese Analyse zu einer Gruppe zusammengefasst wurden.

Wenn der Metronomton ähnlich wie artikulatorische Unterdrückung die Integration der Sequenzelemente stört, dann sollte sich auch hier eine Reduzierung des Ausmaßes an verbalisierbarem Wissen feststellen lassen. Falls sich der Metronomton indessen ausschließlich auf top-down gesteuerte Ausführung des Handlungsplans im Sinne von Tubau et al. (2007) auswirkt, dann sollte sich eine Beeinträchtigung durch das Metronom nicht im Ausmaß verbalisierbaren Wissens, sondern stattdessen selektiv in der schwächeren Beschleunigung der Verbalisierer zeigen. Außerdem sollte in diesem Fall der Wegfall des Tones im letzten Trainingsblock dazu führen, dass die Versuchspersonen, die über eine integrierte Sequenzrepräsentation verfügen, ihre Performanz abrupt beschleunigen sollten, da nun der Ton nicht mehr mit der Top-Down-Steuerung des Verhaltens interferieren sollte. Darüber hinaus sollte – falls die Ausrichtung der Aufmerksamkeit von Bedeutung ist – der Einfluss des Tones davon abhängen, ob er beachtet oder ignoriert werden soll.

### 6.5.1 Methode Experiment 4

*Stichprobe.* Untersucht wurden 136 Studierende der Universität zu Köln. 45 Versuchspersonen befanden sich bereits in der *Kontrollgruppe* (KG), die sich aus der symbolischen Bedingung aus Experiment 1 (23 Probanden) sowie der Kontrollgruppe aus Experiment 2 (22 Probanden) zusammensetzte. Die Versuchsteilnehmer der restlichen drei Bedingungen wurden neu erhoben und



zufällig auf die Versuchsgruppen verteilt. Die Daten von drei der neu erhobenen Versuchspersonen mussten aus der Analyse entfernt werden, da zwei Probanden bereits an einem ähnlichen Experiment teilgenommen hatten, während bei der dritten Versuchsperson technische Probleme bei der Datenspeicherung auftraten. Unter den verbliebenen 133 Versuchspersonen befanden sich 108 Frauen und 25 Männer. Das Alter der Versuchsteilnehmer reichte von 19 bis 50 Jahren ( $M = 23,72$ ,  $STD = 5,28$ ). In den beiden Gruppen, die das Metronom entweder über alle vier (*Metronom-Ignorieren*) oder nur über drei Blöcke (*Drei-Blöcke-Metronom-Ignorieren*) hinweg ignorieren sollten, verblieben so jeweils 30 Versuchspersonen, in der Gruppe, die auf das Metronom achten (*Metronom-Beachten*) sollte, 28 Probanden. Allen Versuchsteilnehmern wurden nach Abschluss der Untersuchung Versuchspersonenstunden für die Teilnahme am Experiment bescheinigt.

*Versuchsdurchführung.* Alle Versuchspersonen bearbeiteten die Ziffernversion der SRT-Aufgabe. Da in diesem Experiment keinerlei Hinweis auf die aufgabenimmanente Sequenz gegeben wurde, war die Lernsituation wie in den ersten beiden Experimenten inzidentell. Die *Kontrollgruppe* erhielt keine weitere Manipulation. Die *Metronom-Ignorieren*-Bedingung hörte während aller vier Aufgabenblöcke denselben Metronomton, welcher in den vorherigen Experimenten den Takt für die artikulatorische Unterdrückung vorgegeben hatte. Sie wurde jedoch instruiert, nicht auf den Ton zu achten, sondern ihn zu ignorieren. Die *Drei-Blöcke-Metronom-Ignorieren*-Bedingung entsprach der *Metronom-Ignorieren*-Bedingung, allerdings mit dem Unterschied, dass sie den Metronomton nur während der ersten drei Blöcke hörte, während sie den letzten Aufgabenblock ohne Ton bearbeitete. Die *Metronom-Beachten*-Bedingung erhielt den gleichen Metronomton, wurde jedoch explizit instruiert, auf den Ton zu achten und ihn möglichst in die eigene Aufgabenbearbeitung zu integrieren. Auch sie wurde jedoch darauf hingewiesen, sich vom Ton nicht in der Bearbeitung der Primäraufgabe stören zu lassen. Das Metronom war wie in den vorherigen Experimenten auf 124 Schläge pro Minute eingestellt. Nach Beendigung des SRT-Trainings durchliefen alle Versuchspersonen das postexperimentelle Interview, um das explizite Sequenzwissen zu erfassen.

### 6.5.2 Ergebnisse Experiment 4

Die Daten wurden in gleicher Weise aufbereitet wie in den vorherigen Experimenten. Fehlerhafte sowie besonders langsame Reaktionszeiten ( $> 2000$  ms) wurden eliminiert. Insgesamt wurden 4,44 % der Reaktionen (1,35 % in der *Kontrollgruppe*, 1,34 % in der *Metronom-Beachten*-Bedingung, 0,88% in der *Metronom-Ignorieren*-Bedingung und 0,87 % in der *Drei-Blöcke-Metronom-Ignorieren*-Bedingung) aus der Analyse ausgeschlossen. Für die verbliebenen korrekten Reaktionszeiten wurde für jede Versuchsperson und jeden Halbblock der Medianwert berechnet. Darüber hinaus wurde für jede Versuchsperson die mittlere Fehlerrate pro Halbblock ermittelt. Versuchsperso-

nen, die durchschnittlich mehr als 20% Fehler begingen, wurden aus der weiteren Analyse ausgeschlossen. Dies traf auf eine Versuchsperson in der *Metronom-Beachten*-Bedingung zu. Dementsprechend verblieben 27 Probanden in dieser Gruppe.

*Postexperimentelles Interview.* In der *Kontrollgruppe* konnten 26 der 45 Versuchspersonen (58%) im postexperimentellen Interview spontan Sequenzwissen verbalisieren. In beiden Gruppen, die das Metronom ignorieren sollten, erwarben jeweils 13 von 30 Versuchspersonen (43%) verbalisierbares Wissen, und in der *Metronom-Beachten*-Bedingung konnten 10 von 27 Versuchspersonen (37%) die Sequenz korrekt benennen. Allerdings unterschieden sich die Versuchsbedingungen nicht hinsichtlich der Verbalisiererrate ( $\chi^2_{(4)} = 6,76, p = .15$ ). Lediglich der Vergleich zwischen den beiden Extremgruppen, der *Kontrollgruppe* und der *Metronom-Beachten*-Bedingung, wurde marginal signifikant ( $\chi^2_{(1)} = 2,90, p = .09$ ).

*Fehlerrate.* Über die Fehlerrate wurde eine 4 (Bedingung) x 2 (Sequenzwissen: Nichtverbalisierer vs. Verbalisierer) x 8 (Halbblöcke)-ANOVA mit Messwiederholung auf dem letzten Faktor gerechnet. Dabei ergaben sich signifikante Haupteffekte für Bedingung ( $F_{(3,124)} = 3,25, p < .05, MSE = 70,71$ ) und Block ( $F_{(7,868)} = 9,50, p < .01, MSE = 10,10$ ), während der Haupteffekt Sequenzwissen sowie die Interaktion zwischen Bedingung und Sequenzwissen nicht signifikant waren ( $F_s < 1,00, p_s > .40$ ). Allerdings beruhte der Haupteffekt für die Bedingung hauptsächlich auf der erhöhten Fehlerrate der *Metronom-Beachten*-Bedingung (vgl. Abbildung 21). Dies zeigte sich auch in einem signifikanten Kontrast zwischen dieser Bedingung und den übrigen Versuchsgruppen ( $F_{(1,124)} = 9,71, p < .01, MSE = 70,71$ ). Generell reduzierte sich die Fehlerrate im Trainingsverlauf. Verbalisierer und Nichtverbalisierer unterschieden sich jedoch nicht hinsichtlich ihrer Fehlerrate. Die signifikante Interaktion zwischen Bedingung und Block ( $F_{(21,868)} = 1,98, p < .01, MSE = 10,10$ ) wies zudem darauf hin, dass vor allem die *Metronom-Beachten*-Bedingung ihre Fehlerrate im Trainingsverlauf reduzieren konnte. Die Interaktion zwischen Sequenzwissen und Block ( $F_{(7,868)} = 1,93, p = .06, MSE = 10,10$ ) sowie die Dreifach-Interaktion ( $F_{(21,868)} = 1,40, p = .11, MSE = 10,10$ ) verfehlten die Signifikanz. Dabei nahm die Fehlerrate der Verbalisierer im Trainingsverlauf tendenziell stärker ab als bei den Nichtverbalisierern, wobei dies besonders die Verbalisierer aus der *Metronom-Beachten*-Bedingung betraf.

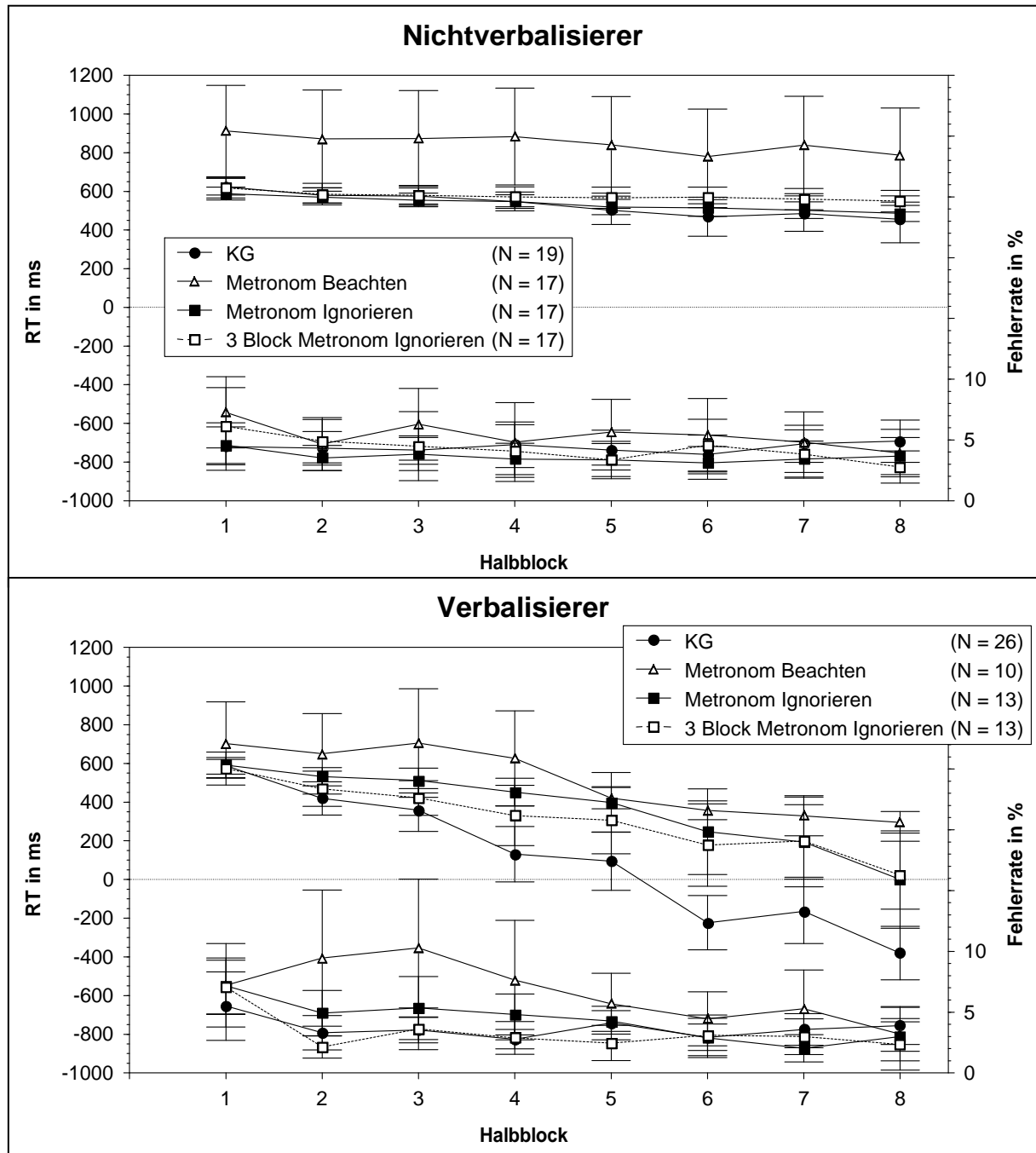
*Reaktionszeiten.* Die Reaktionszeiten wurden mittels einer 4 (Bedingung) x 2 (Sequenzwissen: Nichtverbalisierer vs. Verbalisierer) x 8 (Halbblöcke)-ANOVA mit Messwiederholung auf dem letzten Faktor ausgewertet. Es ergaben sich signifikante Haupteffekte für Bedingung ( $F_{(3,124)} = 11,40, p < .01, MSE = 494670,00$ ), Sequenzwissen ( $F_{(1,124)} = 44,33, p < .01, MSE = 494670,00$ ) und Block ( $F_{(7,868)} = 80,70, p < .01, MSE = 25476,60$ ). Das heißt, die Bedingungen unterschieden

sich hinsichtlich ihrer Reaktionsgeschwindigkeit, wobei die *Kontrollgruppe* die schnellste Bedingung und die *Metronom-Beachten*-Bedingung die langsamste Gruppe war (vgl. Abbildung 21). Darüber hinaus waren die Verbalisierer schneller als die Nichtverbalisierer und die Geschwindigkeit nahm allgemein über den Trainingsverlauf zu. Die Interaktion zwischen Bedingung und Sequenzwissen war nicht signifikant ( $F < 1,80, p > .15$ ), die Interaktion zwischen Bedingung und Block ( $F_{(21,868)} = 4,08, p < .01, MSE = 25476,60$ ) sowie die Interaktion zwischen Sequenzwissen und Block ( $F_{(7,868)} = 39,95, p < .01, MSE = 25476,60$ ) wurden hingegen signifikant. Abgerundet wurde dieses Bild durch die signifikante Dreifach-Interaktion ( $F_{(21,868)} = 2,23, p < .01, MSE = 25476,60$ ). Somit zeigte sich kein differenzieller Effekt des Sequenzwissens auf die Bearbeitungsgeschwindigkeit der verschiedenen Versuchsbedingungen. Allerdings konnten die Versuchspersonen der einzelnen Gruppen ihre Reaktionsgeschwindigkeit im Trainingsverlauf in unterschiedlichem Ausmaß steigern, wobei die *Kontrollgruppe* am stärksten, die *Metronom-Beachten*-Bedingung am wenigsten beschleunigte. Außerdem reagierten die Verbalisierer mit zunehmender Trainingsdauer schneller als die Nichtverbalisierer. Die signifikante Dreifachinteraktion spezifizierte zudem, dass diese Beschleunigung auf Seiten der Verbalisierer von der Bedingung moderiert wurde.

In einer anschließenden Kontrastanalyse wurde die *Metronom-Beachten*-Bedingung genauer analysiert. Dabei unterschieden sich die Nichtverbalisierer dieser Bedingung sowohl im ersten ( $F_{(1,124)} = 24,51, p < .01, MSE = 47812,00$ ) als auch im letzten Halbblock ( $F_{(1,124)} = 10,60, p < .01, MSE = 102611,00$ ) von den Nichtverbalisierern der übrigen Versuchsgruppen. Bei den Verbalisierern verfehlte dieser Kontrast im ersten Halbblock die Signifikanz ( $F_{(1,124)} = 2,41, p = .12, MSE = 47811,80$ ), allerdings unterschied sich die *Metronom-Beachten*-Bedingung im letzten Halbblock signifikant von den übrigen Verbalisierern ( $F_{(1,124)} = 13,84, p < .01, MSE = 102611,00$ ) – selbst wenn die *Kontrollgruppe* als schnellste Gruppe nicht berücksichtigt wurde ( $F_{(1,124)} = 5,70, p < .05, MSE = 102611,10$ ). Dennoch fand sich für die Nichtverbalisierer der *Metronom-Beachten*-Bedingung eine marginal signifikante ( $F_{(1,124)} = 3,40, p = .07, MSE = 38632,30$ ) und für die Verbalisierer eine signifikante Beschleunigung ( $F_{(1,124)} = 21,46, p < .01, MSE = 38632,30$ ) zwischen dem ersten und dem letzten Halbblock. Darüber hinaus reagierten die Verbalisierer der *Metronom-Beachten*-Bedingung im letzten Halbblock schneller als die Nichtverbalisierer ( $F_{(1,124)} = 14,86, p < .01, MSE = 102611,00$ ).

Außerdem wurde für die *Kontrollgruppe* als schnellste Versuchsgruppe eine weitere Kontrastanalyse gerechnet, bei der die *Metronom-Beachten*-Bedingung aus der Analyse ausgeschlossen wurde, da diese – wie eben beschrieben – deutlich langsamer war als die anderen Versuchsbedingungen. Der Interaktionskontrast zwischen Bedingung (*Kontrollgruppe* vs. die beiden *Metronom-Ignorieren*-Bedingungen) und Halbblock (erster vs. letzter) war für die Nichtverbalisierer nicht signifikant ( $F < 1,10, p > .25$ ). Dabei waren die Nichtverbalisierer der *Kontrollgruppe* die einzigen, die ihre Reaktionen im Trainingsverlauf beschleunigen konnten ( $F_{(1,124)} = 6,99, p < .01, MSE = 38632,30$ ),

während die Nichtverbalisierer der beiden *Metronom-Ignorieren*-Gruppen ihre Reaktionsgeschwindigkeit nicht veränderten (beide  $F_s < 2,40$ ,  $p_s > .12$ ). Allerdings unterschieden sich die Nichtverbalisierer der *Kontrollgruppe* weder im ersten noch im letzten Halbblock signifikant von den Nichtverbalisierern der anderen beiden Versuchsgruppen (beide  $F_s < 1,00$ ,  $p_s > .49$ ).



**Abbildung 21:** Performanz Experiment 4. Abgetragen sind die Reaktionszeiten (linke Ordinate) sowie die Fehlerrate (rechte Ordinate) über den Trainingsverlauf, getrennt nach Versuchsbedingung sowie Sequenzwissen. Die Fehlerbalken reflektieren das 95%-ige Konfidenzintervall nach Loftus und Masson (1994).

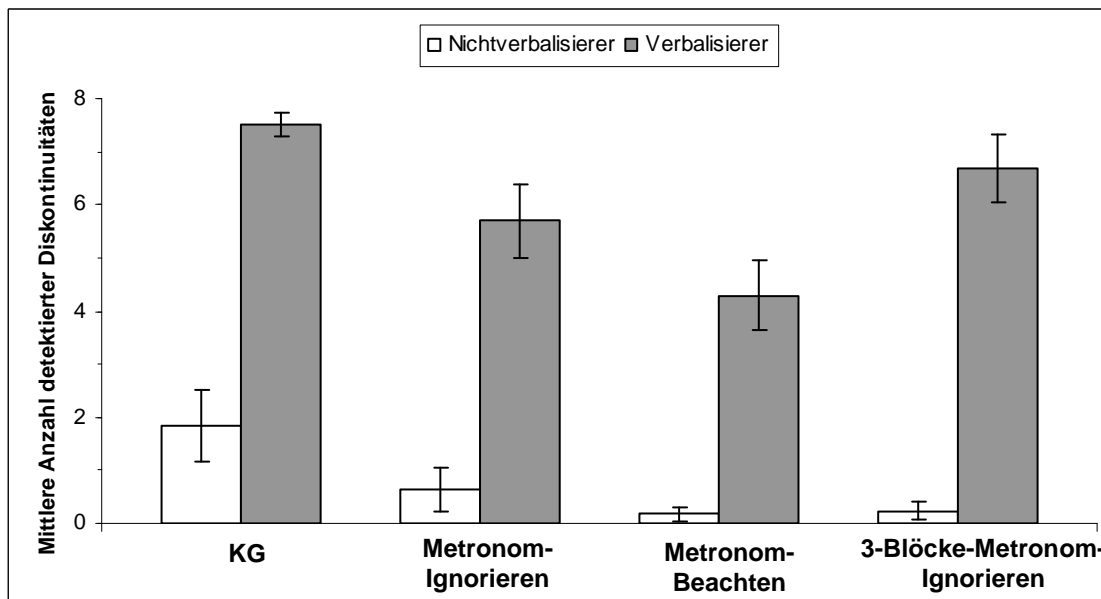
Bei den Verbalisierern fand der Interaktionskontrast zwischen Bedingung (*Kontrollgruppe* vs. die beiden *Metronom-Ignorieren*-Bedingungen) und Halbblock (erster vs. letzter) hingegen eine signifikante Interaktion ( $F_{(1,124)} = 26,57$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 38632,00$ ), da die Verbalisierer im Trainings-

verlauf unterschiedlich stark beschleunigten. Dabei unterschied sich die *Kontrollgruppe* im ersten Halbblock nicht von den anderen beiden Bedingungen ( $F < 1$ ,  $p > .90$ ), im letzten Halbblock jedoch bedeutsam ( $F_{(1,124)} = 19,46$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 102611,00$ ). Darüber hinaus waren für den letzten Halbblock sämtliche Einzelkontraste zwischen der *Kontrollgruppe* und den jeweils anderen Bedingungen signifikant (*Kontrollgruppe* vs. *Metronom-Ignorieren*:  $F_{(1,124)} = 12,24$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 102611,00$ ; *Kontrollgruppe* vs. *Metronom-Beachten*:  $F_{(1,124)} = 32,21$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 102611,00$ ; *Kontrollgruppe* vs. *Drei-Blöcke-Metronom-Ignorieren*:  $F_{(1,124)} = 13,72$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 102611,00$ ).

Zu guter Letzt wurde der Kontrast für den letzten Halbblock zwischen der *Metronom-Ignorieren*- und der *Drei-Blöcke-Metronom-Ignorieren*-Bedingung gerechnet, um zu prüfen, inwieweit der Metronomton eine top-down gesteuerte Verhaltenskontrolle beeinträchtigt. Dabei fand sich weder bei den Nichtverbalisierern noch bei den Verbalisierern ein Unterschied zwischen beiden Versuchsbedingungen (beide  $F_s < 1,00$ ,  $p_s > .55$ ).

*Reaktionszeitdiskontinuitäten.* Zur Analyse des Strategiewechsels wurden wieder Verbalwissen und Anzahl detektierter Diskontinuitäten zueinander in Beziehung gesetzt. In der über die Anzahl der detektierten Sequenzübergänge gerechneten 4 (Bedingung) x 2 (Sequenzwissen: Nichtverbalisierer vs. Verbalisierer)-ANOVA ergaben sich sowohl für die Versuchsbedingung ( $F_{(3,124)} = 10,18$ ;  $p < .01$ ,  $MSE = 3,37$ ) als auch für das Sequenzwissen ( $F_{(1,124)} = 257,68$ ;  $p < .01$ ,  $MSE = 3,37$ ) jeweils signifikante Haupteffekte, während die Interaktion die Signifikanz knapp verfehlte ( $F_{(3,124)} = 1,99$ ;  $p = .12$ ,  $MSE = 3,37$ ). Wie auch Abbildung 22 zu entnehmen ist, beruhte der Haupteffekt der Bedingung vor allem darauf, dass in der *Kontrollgruppe* relativ viele, in der *Metronom-Beachten*-Bedingung hingegen nur wenig diskontinuierliche Sequenzübergänge detektiert wurden. Zudem wurden erwartungskonform bei den Verbalisierern mehr diskontinuierliche Sequenzübergänge identifiziert als bei den Nichtverbalisierern.

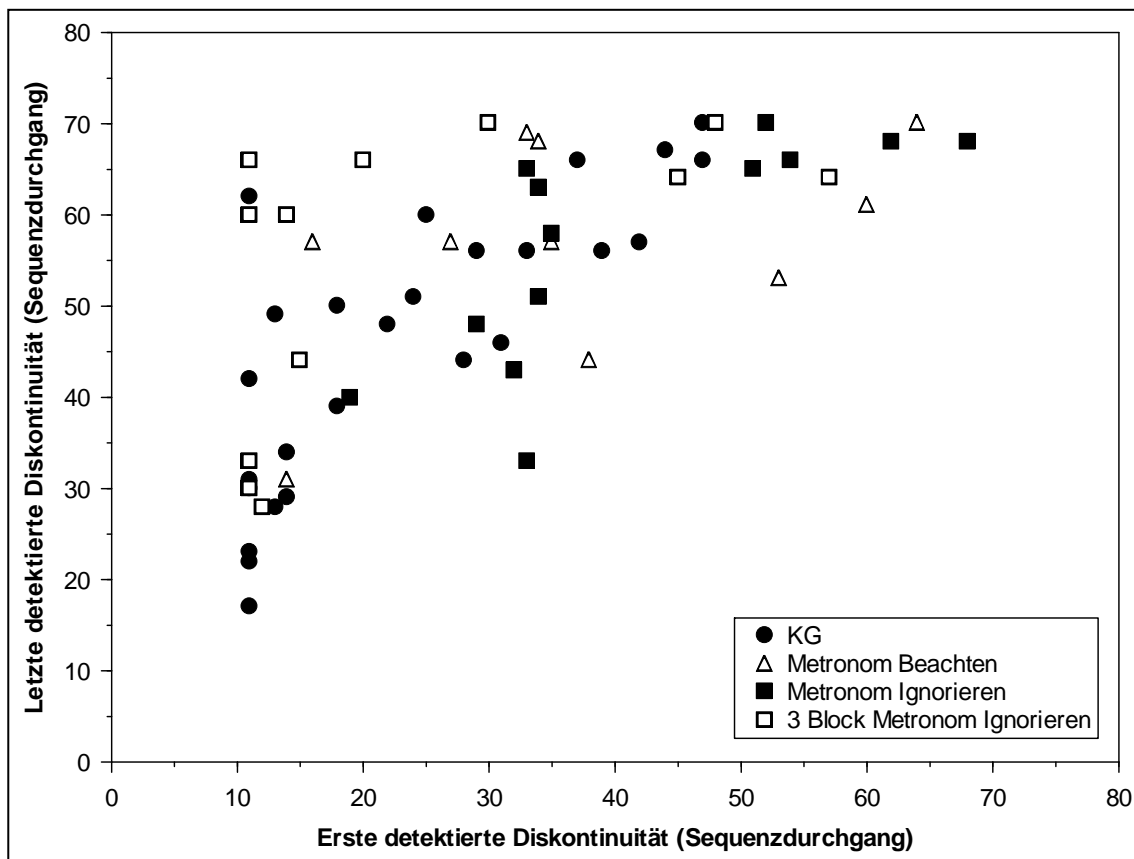
Dabei wies der signifikante Kontrast zwischen der Kontrollgruppe und den übrigen Versuchsbedingungen darauf hin, dass für die Kontrollgruppe deutlich mehr Diskontinuitäten detektiert wurden ( $F_{(1,124)} = 25,09$ ;  $p < .01$ ,  $MSE = 3,37$ ). Auch die Einzelkontraste zwischen der *Kontrollgruppe* und jeder der drei Metronomgruppen waren jeweils signifikant (*KG* vs. *Metronom-Ignorieren*:  $F_{(1,124)} = 11,79$ ;  $p < .01$ ,  $MSE = 3,37$ ; *KG* vs. *Metronom-Beachten*:  $F_{(1,124)} = 28,10$ ;  $p < .01$ ,  $MSE = 3,37$ ; *KG* vs. *Drei-Blöcke-Metronom-Ignorieren*:  $F_{(1,124)} = 7,62$ ;  $p < .01$ ,  $MSE = 3,37$ ). Der Kontrast zwischen den beiden Gruppen, die das Metronom ignorieren sollten, wurde hingegen nicht signifikant ( $F < 1$ ,  $p > .50$ ).



**Abbildung 22:** Anzahl detektierte Reaktionszeitdiskontinuitäten Experiment 4. Grafische Darstellung der mittleren Anzahl detektierte Sequenzdurchgänge für jede Bedingung, getrennt nach Sequenzwissen. Die Fehlerbalken reflektieren den Standardfehler.

Eine einfaktorielle Varianzanalyse hinsichtlich des Zeitpunkts der ersten detektierten Reaktionszeitdiskontinuität fand für die Verbalisierer der verschiedenen Versuchsbedingungen einen signifikanten Unterschied ( $F_{(3,57)} = 5,69$ ;  $p < .01$ ,  $MSE = 216,61$ ). Wie auch Abbildung 23 (bzw. vgl. Tabelle 4) zu entnehmen ist, geht dieser Effekt hauptsächlich darauf zurück, dass die *Kontroll-* sowie die *Drei-Block-*Bedingung deutlich früher beschleunigten als die anderen beiden Gruppen. Die Kontrastanalyse bestätigte diesen Eindruck. Dabei unterschied sich die *Kontrollgruppe* sowohl von der *Metronom-Ignorieren-* ( $F_{(1,57)} = 12,36$ ;  $p < .01$ ,  $MSE = 216,61$ ) als auch von der *Metronom-Beachten-*Gruppe ( $F_{(1,57)} = 6,30$ ;  $p < .05$ ,  $MSE = 216,61$ ), nicht jedoch von der *Drei-Block-*Gruppe ( $F < 1$ ,  $p > .95$ ). Auch diese unterschied sich sowohl von der *Metronom-Ignorieren-* ( $F_{(1,57)} = 8,80$ ;  $p < .01$ ,  $MSE = 216,61$ ) als auch der *Metronom-Beachten-*Bedingung ( $F_{(1,57)} = 4,69$ ;  $p < .05$ ,  $MSE = 216,61$ ), welche sich hingegen nicht voneinander unterschieden ( $F < 1$ ,  $p > .50$ ).

Bezüglich des letzten detektierten Sequenzübergangs wurde die entsprechende einfaktorielle Varianzanalyse für den Faktor Bedingung nur marginal signifikant ( $F_{(3,57)} = 2,37$ ;  $p = .08$ ,  $MSE = 210,56$ ), wobei sich die *Kontrollgruppe* in der Kontrastanalyse lediglich von der *Metronom-Ignorieren-*Gruppe signifikant unterschied ( $F_{(1,57)} = 4,67$ ;  $p < .05$ ,  $MSE = 210,56$ , vgl. auch Abbildung 23 bzw. Tabelle 4), während die Kontraste mit den anderen beiden Gruppen jeweils die Signifikanz knapp verfehlten (*KG* vs. *Metronom-Beachten*:  $F_{(1,57)} = 3,84$ ;  $p = .05$ ,  $MSE = 210,56$ ; *KG* vs. *Drei-Blöcke-Metronom-Ignorieren*:  $F_{(1,57)} = 2,80$ ;  $p = .10$ ,  $MSE = 210,56$ ). Zwischen den beiden Bedingungen, die das Metronom ignorieren sollten, zeigte sich kein Unterschied ( $F < 1$ ,  $p > .70$ ).



**Abbildung 23:** Zeitliche Verteilung der detektierten Reaktionszeitdiskontinuitäten Experiment 4. Dargestellt sind jeweils der erste bzw. der letzte detektierte diskontinuierliche für die Verbalisierer aller Versuchsbedingungen.

**Tabelle 4:** Zeitliche Verteilung der detektierten Reaktionszeitdiskontinuitäten Experiment 4. Angegeben ist für die Verbalisierer jeder Versuchsbedingung der mittlere Sequenzdurchgang, in dem für den ersten bzw. letzten Sequenzdurchgang eine Reaktionszeitdiskontinuität detektiert wurde, sowie die durchschnittliche Anzahl an Sequenzdurchgängen, die zwischen beiden liegt. Dargestellt sind jeweils Mittelwert und Standardabweichung für die Verbalisierer jeder Versuchsbedingung.

Bedingung	Erste detektierte Diskontinuität		Letzte detektierte Diskontinuität		Differenz	
	<i>M</i>	<i>STD</i>	<i>M</i>	<i>STD</i>	<i>M</i>	<i>STD</i>
Kontrollgruppe	23,65	12,72	46,12	15,49	22,46	9,51
Metronom Beachten	37,40	17,04	56,70	12,07	19,30	15,47
Metronom Ignorieren	41,23	14,52	56,77	12,36	15,54	9,86
3 Block Metronom Ignorieren	23,75	16,94	54,58	16,13	30,83	15,63

Die einfaktorielle Varianzanalyse über die Differenzen zwischen erstem und letztem detektierten Sequenzübergang ergab einen signifikanten Effekt für die Bedingung ( $F_{(3,57)} = 3,58; p < .01$ ,  $MSE = 145,04$ , s. a. Abbildung 23 bzw. Tabelle 4). In der anschließenden Kontrastanalyse unterschied sich die *Kontrollgruppe* marginal signifikant sowohl von der *Metronom-Ignorieren*- ( $F_{(1,57)} = 2,86; p = .10$ ,  $MSE = 145,04$ ) als auch der *Drei-Block*-Bedingung- ( $F_{(1,57)} = 3,97, p = .05$ ,  $MSE = 145,04$ ), nicht jedoch von der *Metronom-Beachten*-Bedingung ( $F < 1; p > .45$ ). Die beiden Bedin-

gungen, die das Metronom ignorieren sollten, unterschieden sich hingegen signifikant voneinander ( $F_{(1,57)} = 10,06$ ;  $p < .01$ ,  $MSE = 145,04$ ), wobei bei der *Drei-Block*-Bedingung etwa doppelt so viele Sequenzdurchläufe zwischen erster und letzter detektierter Diskontinuität lagen wie bei der *Metronom-Ignorieren*-Bedingung.

### 6.5.3 Diskussion Experiment 4

Ziel des vierten Experiments war es, zu untersuchen, inwieweit die in den bisherigen Untersuchungen gefundene Wirkung artikulatorischer Unterdrückung sprachspezifisch ist, indem sie mit der Bildung einer verbalen Repräsentation interferiert, oder ob sie auf einer generellen Störung des Response Timings basiert. Da das Reponse Timing auch durch Töne gestört werden kann (z. B. Tubau et al., 2007), wurden diese im Rahmen des aktuellen Experiments verwendet, um zu überprüfen, inwieweit sich Töne einerseits auf die Integration des Sequenzwissen und somit die bewusste Gewährwertung der Regularität und andererseits auf die Nutzung des Sequenzwissen im Sinne einer Top-Down-Steuerung auswirken.

Die Ergebnisse sprechen dafür, dass die bewusste Gewährwertung der inhärenten Sequenz durch Töne nicht beeinträchtigt wird. So zeigte sich zwischen den Versuchsbedingungen kein Unterschied im Ausmaß des postexperimentell erfassten expliziten Wissens. Das bedeutet, der Metronomton allein war nicht in der Lage, das Ausmaß expliziten Wissenserwerbs gegenüber der *Kontrollgruppe* signifikant zu reduzieren. Dies spricht zunächst für die von Tubau et al. (2007) vertretene Annahme, dass akustische Reize nicht den Wissenserwerb, sondern selektiv die Verhaltensausführung beeinträchtigen. Lediglich die Bedingung, die den Metronomton beachten sollte, erwarb tendenziell weniger verbalisierbares Wissen als die Kontrollbedingung. Dies mag daran liegen, dass die Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf den Ton mehr Verarbeitungskapazität forderte als das Ignorieren des Tones. Andererseits lässt sich dies auch im Rahmen der UE-Hypothese (Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005, 2009) erklären. Diese geht davon aus, dass eine implizite Sensitivität für eine aufgabenimmanente Regularität zunächst *verhaltenswirksam* werden und so ein unerwartetes Ereignis produzieren muss, bevor ein Suchprozess getriggert wird und infolgedessen explizites Wissen erworben werden kann. Dabei besteht ein solches unerwartetes Ereignis beispielsweise in einer besonders schnellen korrekten Eingabe. Da die *Metronom-Beachten*-Bedingung ihr Response Timing allerdings stärker als die anderen Gruppen an dem Metronomton ausrichtete, wies sie generell relativ hohe Reaktionszeiten auf. Möglicherweise fanden sich dadurch bedingt in dieser Gruppe kaum solche schnellen korrekten Eingaben, die als unerwartetes Ereignis hätten registriert werden können. Infolgedessen sollte die mit der Entdeckung unerwarteter Ereignisse verbundene Initiierung von Suchprozessen in dieser Bedingung seltener vorkommen, was die Verbalisiererrate senken sollte.



Hinsichtlich der Frage, inwieweit Töne eine top-down-gesteuerte Verhaltenskontrolle beeinflussen, zeigte sich für alle drei Ton-Bedingungen eine Beeinträchtigung der Verbalisierer gegenüber den Verbalisierern der *Kontrollgruppe*. Dies schlug sich auch in der Reaktionszeitdiskontinuitätsanalyse nieder, wo für die *Kontrollgruppe* signifikant mehr Diskontinuitäten detektiert werden konnten als für jede der anderen Bedingungen. Auch wurden für die *Kontrollgruppe* der erste und der letzte diskontinuierliche Sequenzübergang jeweils etwas früher detektiert als bei den anderen Gruppen. Insofern scheint die *Kontrollgruppe* analog zu der Annahme von Tubau und Kollegen (2007) einen Vorteil bei einer top-down gesteuerten Verhaltenskontrolle gehabt zu haben. Allerdings waren die Verbalisierer der beiden *Metronom-Ignorieren*-Gruppen in der Lage, im Durchschnitt parallel zur Stimuluspräsentation zu reagieren, was relativ schnell ist, zumal die *intentionale Kontrollbedingung* aus Experiment 3 sich auch nicht vollständig von der Stimuluspräsentation löste und somit nur geringfügig schneller war.

Um die Frage, inwieweit der Ton lediglich die Nutzung des Sequenzwissens im Sinne einer Top-Down-Steuerung und weniger die Integration des Wissens beeinträchtigt, zu vertiefen, wurden die beiden *Metronom-Ignorieren*-Bedingungen verglichen. Nach der Annahme von Tubau und Kollegen (2007) sollte die Gruppe, der der Ton nur drei Blöcke lang dargeboten wurde, im letzten Halbblock ihr Sequenzwissen effektiver für eine Top-Down-Steuerung nutzen und somit schneller reagieren können als die Gruppe, der der Ton auch im vierten Block präsentiert wurde. Weder bei den Nichtverbalisierern noch bei den Verbalisierern zeigte sich allerdings der erwartete Performanzvorteil. Eine mögliche Erklärung wäre, dass eine top-down gesteuerte Verhaltenskontrolle trotz des Tons bereits in den ersten drei Blöcken möglich war, so dass sich nach Wegfall des Tons kein Unterschied mehr zeigen konnte. Andererseits war die *Drei-Block*-Bedingung deskriptiv eher etwas langsamer als die *Metronom-Ignorieren*-Gruppe, die auch im letzten Block den Ton hörte, was gegen einen derartigen Bodeneffekt spricht. Darüber hinaus war die *Kontrollgruppe* mit Abstand die schnellste Gruppe, was nahelegt, dass der Ton durchaus eine gewisse Interferenz erzeugte. Zudem beeinträchtigte der Ton den expliziten Wissenserwerb zumindest deskriptiv. Eine andere mögliche Erklärung liegt darin, dass die *Drei-Block*-Metronom-Bedingung im vierten Block vom Wegfall des Tons irritiert wurde oder dass ein Block generell nicht ausreicht, um die Handlungskontrolle auf eine effektive Top-Down-Steuerung umzustellen. Dagegen spricht allerdings zum einen, dass die Probanden von Anfang an darüber informiert waren, dass der Ton gegen Trainingsende wegfallen würde, und zum anderen sollte der Wegfall des Tons allenfalls bei einer stimulusbasierten Aufgabenbearbeitung zu Irritationen führen (vgl. Tubau et al., 2007). Probanden mit verbalisierbarem Wissen sollten dieses hingegen nach Wegfall des Tons ungestört für eine Top-Down-Steuerung nutzen können. Zudem hatten die Probanden, da in diesem Fall nur der letzte Halbblock analysiert wurde, einen halben Block lang Zeit, sich an die veränderten Gegebenheiten anzupassen, wobei der Reaktionszeitabfall zwischen vorletztem und letztem

Halbblock eine solche Anpassung durchaus reflektieren mag. Darüber hinaus kann eine deutlich längere Anpassungszeit nicht mehr sauber interpretiert werden, da in diesem Fall der Erwerb von Sequenzwissen erst nach Wegfall des Tons als Alternativerklärung nicht mehr ausgeschlossen werden kann.

Allerdings beschleunigten die Nichtverbalisierer der Ton-Bedingungen im Trainingsverlauf kaum. Dies mag prinzipiell für eine allgemeine Störung der Verhaltenskontrolle durch den Ton sprechen. Andererseits unterschieden sich die Nichtverbalisierer der beiden *Metronom-Ignorieren*-Gruppen weder zu Trainingsbeginn noch zu Trainingsende bezüglich ihrer Reaktionsgeschwindigkeit von den Nichtverbalisierern der *Kontrollgruppe*. Darüber hinaus stand auch hier die Rolle impliziter Prozesse nicht im Vordergrund des Interesses.

Zu guter Letzt soll die Rolle der *Metronom-Beachten*- Bedingung näher in Augenschein genommen werden, da sich diese deutlich von den übrigen Gruppen abhob. Diese Gruppe zeigte eine generelle Performanzbeeinträchtigung durch die Beachtung des Metronomtones: So machte die *Metronom-Beachten*- Bedingung deutlich mehr Fehler als die anderen Bedingungen. Dabei stieg für diese Versuchsbedingung vor allem die Fehlerrate der späteren Verbalisierer im Trainingsverlauf an, was ein weiterer Hinweis darauf sein könnte, dass die zur Verfügung stehende Verarbeitungskapazität im vorliegenden Aufgabensetting durch die Aufmerksamkeitsausrichtung auf den Ton möglicherweise stärker beansprucht wurde als durch einen zu ignorierenden Ton. Ein zusätzlich zur regulären Aufgabenbearbeitung stattfindender Such- und Integrationsprozess könnte hier eine weitere Belastung dargestellt haben. Zudem reagierten Versuchspersonen, die auf den Metronomton achten sollten, langsamer als die übrigen Versuchsteilnehmer – unabhängig davon, ob sie explizites Sequenzwissen entwickelten oder nicht. So nutzten in dieser Versuchsbedingung selbst spätere Verbalisierer ihr Wissen nicht, um ihre Aufgabenbearbeitung im Sinne einer Top-Down-Steuerung so stark zu beschleunigen, dass sie die Geschwindigkeit der übrigen Verbalisierer erreichten. Andererseits spricht der signifikante Kontrast gegenüber den Nichtverbalisierern derselben Versuchsbedingung dafür, dass die Verbalisierer, auch wenn sie den Metronomton beachten sollten, ihr Sequenzwissen zumindest teilweise einsetzen und davon profitieren konnten.

Generell sollte die *Metronom-Beachten*-Bedingung prüfen, ob der Metronomton mehr stört, wenn die Versuchsperson nicht versucht, ihn zu ignorieren, sondern in ihre Aufgabenbearbeitung zu integrieren. Denn in den Experimenten 2 und 3 diente der Metronomton als Signal für die artikulatorische Unterdrückung und musste aufgrund dieser imperativen Funktion besonders berücksichtigt und für eine Handlungsvorbereitung genutzt werden. Allerdings wurde diese spezifische Aufmerksamkeitsausrichtung auf den Ton im vorliegenden Experiment lediglich über die präexperimentelle Instruktion realisiert, ohne während des Experiments überwachen zu können, inwiefern die Versuchsperson dieser Instruktion Folge leistet. Deshalb kann die Performanz der

*Metronom-Beachten*-Bedingung im Vergleich zu den übrigen Versuchsbedingungen als *Manipulation Check* für die Befolgung der Instruktion dienen. Da die Versuchsbedingung im Vergleich zu den übrigen Versuchsbedingungen eine deutlich erhöhte Fehlerrate sowie eine bedeutsame Verlangsamung in den Latenzzeiten aufwies, scheinen sich die Versuchspersonen tatsächlich an die gegebene Instruktion gehalten zu haben. Vergleicht man darüber hinaus die *Metronom-Beachten*-Bedingung mit der *Experimentalbedingung* unter artikulatorischer Unterdrückung aus Experiment 2, so zeigt sich, dass die Beachtung des Metronomtons zu stärkeren Performanzeinbußen führt als wenn er lediglich als Signal für die artikulatorische Unterdrückung genutzt wird. So können die Verbalisierer unter artikulatorischer Unterdrückung ihre Reaktionen gegen Trainingsende zumindest soweit beschleunigen, dass sie im Mittel kurz nach der Stimuluspräsentation reagieren, während die Verbalisierer, die den Metronomton beachten sollten, zu Trainingsende fast 300 ms langsamer sind ( $t_{(14)} = -2,92, p < .05$ ). Insofern lassen sich die in Experiment 2 gefundenen Effekte artikulatorischer Unterdrückung nicht durch eine spezifische Aufmerksamkeitsausrichtung auf den Metronomton erklären.

Alles in allem sprechen die Ergebnisse von Experiment 4 dafür, dass Töne eine top-down gesteuerte Verhaltenskontrolle stören. Dieser Interferenzeffekt hängt einerseits von der Aufmerksamkeitsausrichtung und andererseits vom Wissenserwerb ab, da sich eine Performanzbeeinträchtigung durch die Töne hauptsächlich bei den späteren Verbalisierern zeigte. Allerdings führten die Töne im Gegensatz zu einer sprachlichen Manipulation (vgl. die Effekte artikulatorischer Unterdrückung in den ersten drei Experimenten) nicht zu einer dramatischen Reduktion des Erwerbs expliziten Sequenzwissens. Diese Befunde gehen somit in die gleiche Richtung wie die Annahmen von Tubau et al. (2007), die davon ausgehen, dass akustische Signale primär mit der Ausführung von Handlungsplänen interferieren. In Experiment 4 fand sich jedoch kein Hinweis darauf, dass der Wegfall des akustischen (Stör-)Signals mit einer Verbesserung der Nutzung vorhandenen Sequenzwissens einhergeht.

Somit konnten die Befunde von Experiment 4 die bisherigen Ergebnisse nicht replizieren. Zwar können Töne ähnlich wie artikulatorische Unterdrückung eine top-down-gesteuerte Verhaltenskontrolle stören wie dies auch aus anderen Forschungsbereichen berichtet wird (z. B. Burgess & Hitch, 1999; Henson et al., 2003; Saito & Baddeley, 2004), allerdings konnte das vorliegende Experiment keinen Hinweis darauf finden, dass die Integration der Sequenz durch Töne in bedeutsamem Ausmaß gestört wurde. Dies spricht dafür, dass die Wirkung artikulatorischer Unterdrückung über eine Störung des Response Timings hinausgeht. Insofern scheint artikulatorische Unterdrückung eine andere Qualität zu besitzen als die im vorliegenden Experiment verwendeten Töne. Fraglich ist, ob dieser qualitative Unterschied auf die sprachliche Komponente artikulatorischer Unterdrückung zurückgeht. Denn die hier verwendete Tönen unterscheiden sich noch in einem weiteren Punkt von artikulatorischer Unterdrückung: Während artikulatorische Unterdrü-

ckung als aktive Handlung der Person aufgefasst werden kann, erfordert die Wahrnehmung des Tones eine eher passive Rezeption desselben. So ist es prinzipiell denkbar, dass unterartikulatorischer Unterdrückung zwei selbst produzierte Handlungen koordiniert werden müssen, wohingegen dies beim bloßen Hören von Tönen nicht der Fall ist. Dies könnte jedoch die unterschiedliche Wirkung von Tönen und artikulatorischer Unterdrückung erklären. Aus diesem Grund wurde in Experiment 5 untersucht, inwieweit die Wirkung artikulatorischer Unterdrückung auf die Koordination zweier unterschiedlicher Handlungen zurückzuführen ist.

## 6.6 Experiment 5: Die Bedeutung des Zeitpunktes artikulatorischer Unterdrückung für die Entstehung von Bewusstsein

Die Ergebnisse von Experiment 4 sprechen dafür, dass die Befunde der bisherigen Experimente nicht allein auf den Metronomton, sondern auf eine spezifischere beeinträchtigende Wirkung artikulatorischer Unterdrückung zurückzuführen sind. Allerdings bleibt weiterhin fraglich, inwiefern die Sprachbezogenheit artikulatorischer Unterdrückung diesen Effekt bewirkt. Deshalb sollten in Experiment 5 ein weiterer Unterschied zwischen einfachen Tönen und artikulatorischer Unterdrückung untersucht werden. Da artikulatorische Unterdrückung selbst eine Handlung darstellt, die mit der Primärhandlung in der SRT-Aufgabe koordiniert werden muss, kann eine mögliche Störung daraus entspringen, dass im Sinne einer Zweitaufgabe zwei Handlungen parallel ausgeführt werden müssen.

In diesem Zusammenhang spricht man auch von der *psychologischen Refraktär-Periode* (PRP, z. B. Pashler & Johnston, 1989; Tombu & Jolicoeur, 2002). Dieser liegt die Vorstellung zugrunde, dass das kognitive System nicht mehrere handlungsbezogene Prozesse gleichzeitig ausführen kann. Pashler und Johnston (1989) nehmen in diesem Zusammenhang einen Flaschenhals als Selektionsmechanismus an, der im Sinne eines Alles-oder-Nichts-Prinzips lediglich diejenigen Prozesse zulässt, die mit der Bearbeitung der aktuellen Aufgabe in Zusammenhang stehen, während andere Prozesse verzögert werden. Tombu und Jolicoeur (2002) gehen hingegen mit ihrem *Central-Capacity-Sharing-Modell* von einer zentralen Ressource aus, die von den Prozessen beider Aufgaben geteilt werden muss. Unabhängig davon, welcher theoretischen Annahme man den Vorzug geben will, führen sowohl Pashler und Johnston als auch Tombu und Jolicoeur gefundene Einbußen bei der Implementierung von Zweitaufgaben auf Engpässe bei der parallelen Informationsverarbeitung zurück. Je größer das Zeitintervall zwischen beiden Aufgaben ist, desto geringer sollten demnach die Einbußen durch die Zweitaufgabe sein. Wird somit die Zweitaufgabe erst dann implementiert, wenn die Primärhandlung bereits abgeschlossen ist, sollte keine Interferenz mehr entstehen.

Darüber hinaus hat das vierte Experiment Hinweise darauf erbracht, dass Töne ebenso wie artikulatorische Unterdrückung das Response Timing stören können. Ergebnisse aus dem Sequenzlernen sprechen jedoch dafür, dass der Zeitpunkt, zu dem der Ton präsentiert wird, eine entscheidende Rolle für seine Wirkung spielt. So können Töne, wenn sie erst *nach* Abgabe der geforderten Reaktion präsentiert werden, als Handlungseffekte interpretiert werden, die das Sequenzlernen in der Regel nicht beeinträchtigen, sondern unter Umständen sogar befördern (Hoffmann et al., 2001; Stöcker & Hoffmann, 2004; Zirngibl & Koch, 2002). Zudem konfligiert der Ton in diesem Fall zeitlich nicht mit der Auswahl und Ausführung einer geeigneten Reaktion (Tubau et al., 2007), was prinzipiell auch zu den Annahmen im Rahmen der PRP passt. Deshalb wurde die artikulatorische Unterdrückung in diesem Fall erst *nach* Abgabe der für die Bearbeitung der SRT-Aufgabe erforderlichen Reaktion implementiert, so dass sie zeitlich nicht mit der Ausführung der Primärreaktion konfligieren sollte. Als Vergleichsgruppe dienten wie in Experiment 4 die Probanden der symbolischen Bedingung aus Experiment 1 sowie die Versuchsteilnehmer der Kontrollgruppe aus Experiment 2.

Falls also die beeinträchtigende Wirkung artikulatorischer Unterdrückung auf einem Reaktionskonflikt im Sinne einer PRP beruht, sollte dadurch die Wirkung artikulatorischer Unterdrückung auf die bewusste Gewährleistung einer aufgabenimmanenten Regularität verschwinden. Wenn sich ein solcher Reaktionskonflikt hingegen lediglich auf eine top-down gesteuerte Verhaltenskontrolle bezieht, dann sollte die Fixierung des Implementierungszeitpunkts artikulatorischer Unterdrückung zumindest ihre Wirkung auf die Verhaltenssteuerung verringern. Ist allerdings die Sprachgebundenheit artikulatorischer Unterdrückung für ihre Wirkung verantwortlich, so sollte sich auch bei der Fixierung ihres Implementierungszeitpunktes sowohl eine Beeinträchtigung hinsichtlich der Wissensintegration im Sinne der bewussten Gewährleistung der aufgabenimmanenten Sequenz als auch bei der Nutzung des Wissens im Rahmen einer Top-Down-Steuerung zeigen.

### 6.6.1 Methode Experiment 5

*Stichprobe.* An der Untersuchung nahmen 76 Studierende der Universität zu Köln teil. Zur Erstellung einer Baseline wurden wiederum die Versuchspersonen der symbolischen Bedingung aus Experiment 1 (23 Probanden) und die Kontrollgruppe aus Experiment 2 (22 Probanden) zur *Kontrollgruppe (KG)* kombiniert. Dies waren insgesamt 45 Versuchspersonen. Die *Experimentalbedingung* wurde neu erhoben. Da eine Versuchsperson bereits an einem ähnlichen Experiment teilgenommen hatte, wurde sie aus der Analyse ausgeschlossen, so dass 30 Versuchspersonen in der *Experimentalbedingung* unter artikulatorischer Unterdrückung verblieben. Unter den insgesamt 75 Versuchspersonen befanden sich 61 Frauen und 14 Männer im Alter zwischen 19 und 41 Jahren

( $M = 24,29$ ,  $STD = 5,08$ ). Nach dem Experiment erhielten alle Versuchspersonen eine Versuchspersonenbescheinigung für die Teilnahme am Experiment.

*Versuchsdurchführung.* Wiederum bearbeiteten alle Versuchspersonen die Ziffernversion der SRT-Aufgabe. Während die *Kontrollgruppe* keine zusätzliche Manipulation erhielt, wurde der *Experimentalbedingung* nach jeder Antworteingabe ein Ton eingespielt. Außerdem wurde die *Experimentalbedingung* vor Beginn des Experiments auf die Existenz des Tonsignals hingewiesen und instruiert, den nach jeder Antworteingabe dargebotenen Ton als Signal für die artikulatorische Unterdrückung zu nutzen. So sollte sichergestellt werden, dass die artikulatorische Unterdrückung erst nach der Reaktionsauswahl erfolgte und so nicht mit der Ausführung der Primärreaktion konfliktieren konnte.

Wie in den vorhergehenden Experimenten begann jeder Durchgang des SRT-Trainings mit der Präsentation einer roten Ziffer zwischen 1 und 6. Aufgabe der Versuchsperson war es, die korrespondierende Taste zu drücken. Der *Kontrollgruppe* wurde unmittelbar nach der Reaktion eine blaue Ziffer als Antwortfeedback eingeblendet und nach Ablauf des RSIs von 900 ms wurde der nächste Stimulus dargeboten. Der *Experimentalbedingung* wurden nach jeder Reaktion ein 100 ms langer Ton und das blau gefärbte Antwortfeedback parallel präsentiert. Dieser Ton war für die Versuchsperson das Signal, die artikulatorische Unterdrückung (das Wort „blau“) anzuwenden. 900 ms nach der letzten Eingabe erschien jeweils der nächste Stimulus, sofern die Versuchsperson nicht verfrüht reagierte und so das RSI von 900 ms unterlief. In diesem Fall wurden nach der verfrühten Reaktion Ton und Antwortfeedback für diese Reaktion präsentiert. Nach Beendigung des SRT-Trainings wurde das explizite Wissen mithilfe des halbstandardisierten Interviews erfasst.

### 6.6.2 Ergebnisse Experiment 5

Die Daten wurden in gleicher Weise aufbereitet wie bei den bisherigen Experimenten; fehlerhafte Reaktionszeiten oder solche über 2000 ms wurden aus der Analyse ausgeschlossen. Insgesamt wurden 4,24 % der Reaktionszeiten (2,54 % in der *Kontrollgruppe* und 1,69 % in der *Experimentalbedingung*) ausgeschlossen. Keine Versuchsperson überschritt das Fehlerkriterium von 20%.

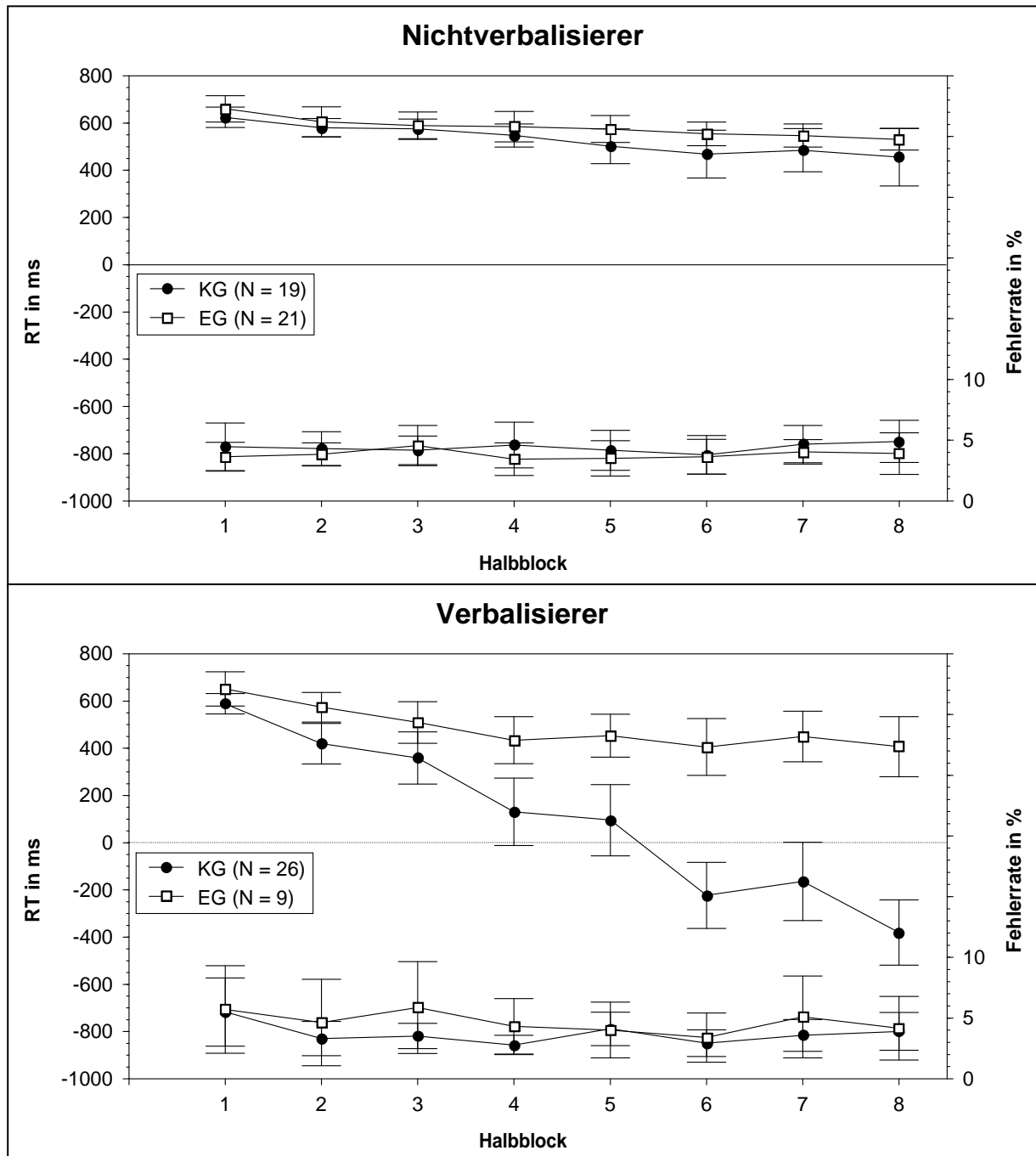
*Postexperimentelles Interview.* In der *Kontrollgruppe* wurden 26 der 45 Versuchspersonen (58%) und in der *Experimentalbedingung* 9 von 30 Versuchspersonen (30%) als Verbalisierer klassifiziert. Somit erwarb die *Kontrollgruppe* signifikant mehr explizites Wissen als die *Experimentalbedingung* ( $\chi^2_{(1)} = 5,58$ ,  $p < .05$ ).

*Fehlerrate.* Über die Fehlerrate wurde eine 3 (Bedingung) x 2 (Sequenzwissen: Nichtverbalisierer vs. Verbalisierer) x 8 (Halbblöcke)-Varianzanalyse mit Messwiederholung auf dem letzten Faktor gerechnet. Weder die Haupteffekte noch die Interaktionen waren signifikant (alle  $F_s < 1,50$ ,  $p_s > .18$ ). Das bedeutet, weder die Bedingungen noch das Sequenzwissen noch der Trainingsblock wirkte sich auf die Fehlerrate aus (s. a. Abbildung 24).

*Reaktionszeiten.* Die gerechnete 3 (Bedingung) x 2 (Sequenzwissen: Nichtverbalisierer vs. Verbalisierer) x 8 (Halbblöcke)-Varianzanalyse mit Messwiederholung auf dem letzten Faktor ergab für die drei Haupteffekte Bedingung ( $F_{(1,71)} = 23,95$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 252789,70$ ), Sequenzwissen ( $F_{(1,71)} = 34,41$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 252789,70$ ) sowie Block ( $F_{(7,497)} = 43,56$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 24873,90$ ) signifikante Ergebnisse. Das bedeutet, die Bedingungen unterschieden sich hinsichtlich ihrer Reaktionszeiten, wobei die *Kontrollgruppe* schneller reagierte als die *Experimentalbedingung*. Zudem reagierten Verbalisierer schneller als Nichtverbalisierer und mit zunehmender Trainingsdauer stieg generell die Reaktionsgeschwindigkeit. Auch die Zweifach-Interaktionen zwischen Bedingung und Sequenzwissen ( $F_{(1,71)} = 13,82$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 252789,70$ ), Bedingung und Block ( $F_{(7,497)} = 13,45$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 24873,90$ ) sowie die Interaktion zwischen Sequenzwissen und Block ( $F_{(7,497)} = 16,73$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 24873,90$ ) waren bedeutsam. Dabei reagierten die Verbalisierer der *Kontrollgruppe* deutlich schneller als die der *Experimentalbedingung*. Zudem legte die *Kontrollgruppe* im Trainingsverlauf stärker an Geschwindigkeit zu als die *Experimentalbedingung*. Darüber hinaus konnten die Verbalisierer im Trainingsverlauf stärker beschleunigen als die Nichtverbalisierer. Abgerundet wurde das Bild durch eine signifikante Dreifach-Interaktion ( $F_{(7,497)} = 9,46$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 24873,90$ ), die darauf hinweist, dass der Geschwindigkeitsvorteil der *Kontrollgruppe* vor allem auf die darin befindlichen Verbalisierer zurückging. In Abbildung 24 sind die Reaktionszeiten für Nichtverbalisierer und Verbalisierer der beiden Versuchsbedingungen über den Trainingsverlauf abgetragen.

Um die Ergebnisse der Varianzanalyse genauer zu spezifizieren, wurden die Kontraste analysiert. Dabei fand der Interaktionskontrast zwischen Bedingung und Halbblock (erster vs. letzter) für die Nichtverbalisierer keine signifikante Interaktion ( $F < 1$ ,  $p > .60$ ). Sowohl die Nichtverbalisierer der *Kontrollgruppe* ( $F_{(1,71)} = 7,91$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 35095,30$ ) als auch die der *Experimentalbedingung* ( $F_{(1,71)} = 4,99$ ,  $p < .05$ ,  $MSE = 35095,30$ ) konnten ihre Reaktionen im Trainingsverlauf beschleunigen. Dabei unterschieden sich die Nichtverbalisierer weder im ersten noch im letzten Halbblock hinsichtlich ihrer Reaktionsgeschwindigkeit (beide  $F_s < 1,10$ ,  $p_s > .30$ ). Für die Verbalisierer wies der Interaktionskontrast zwischen Bedingung und Halbblock (erster vs. letzter) hingegen auf eine unterschiedlich starke Beschleunigung beider Versuchsbedingungen hin ( $F_{(1,71)} = 50,05$ ,  $p < .01$ ,  $MSE = 35095,00$ ). Dabei unterschieden sich beide Bedingungen zwar nicht im ersten Halbblock ( $F < 2,10$ ,  $p > .15$ ), im letzten Halbblock reagierten die Verbalisierer der *Kon-*

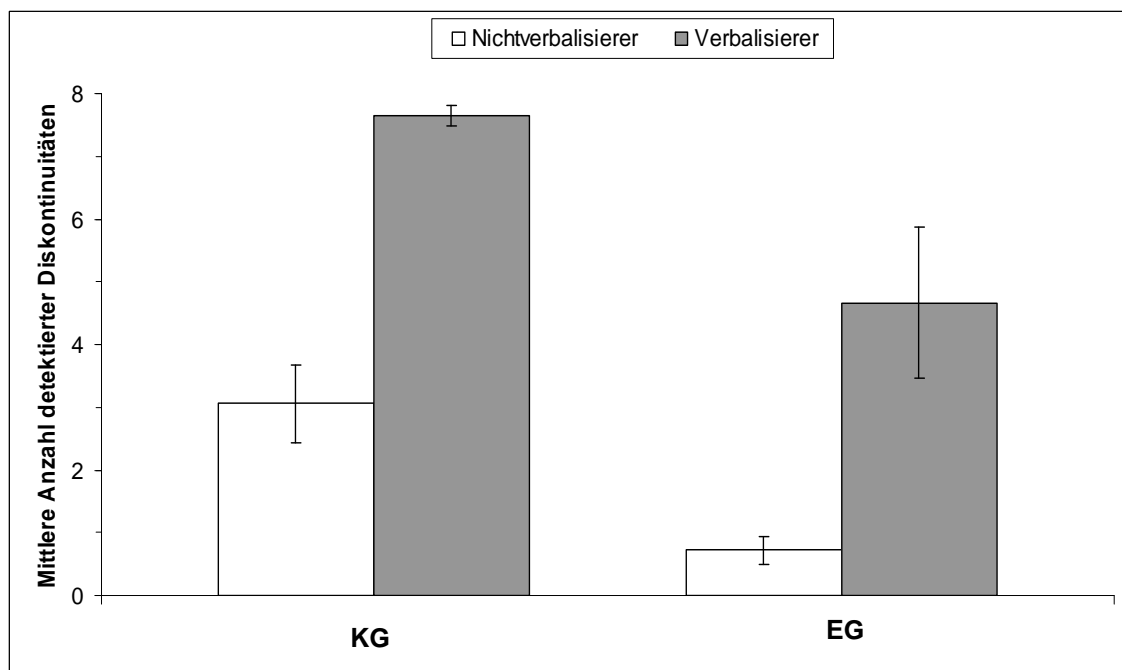
trollgruppe jedoch signifikant schneller als die der *Experimentalbedingung* ( $F_{(1,71)} = 58,43, p < .01, MSE = 70980,00$ ). Zwar konnten die Verbalisierer der *Experimentalbedingung* ihre Reaktionen dabei im Trainingsverlauf beschleunigen ( $F_{(1,71)} = 7,64, p < .01, MSE = 35095,30$ ), doch waren sie im Gegensatz zu den bisherigen Experimenten zu Trainingsende nicht schneller als die Nichtverbalisierer derselben Versuchsbedingung ( $F < 1,40, p > .25$ ).



**Abbildung 24:** Performanz Experiment 5. Reaktionszeitverlauf (linke Ordinate) und Fehlerrate (rechte Ordinate) im Verlauf des SRT-Trainings, getrennt nach Versuchsbedingung und Sequenzwissen. Die gestrichelte Linie gibt den Zeitpunkt der Stimuluspräsentation an. Reaktionszeiten, die darunter liegen, signalisieren entsprechend verfrühte Eingaben. Die Fehlerbalken markieren jeweils das 95%-ige Konfidenzintervall (Loftus & Masson, 1994).

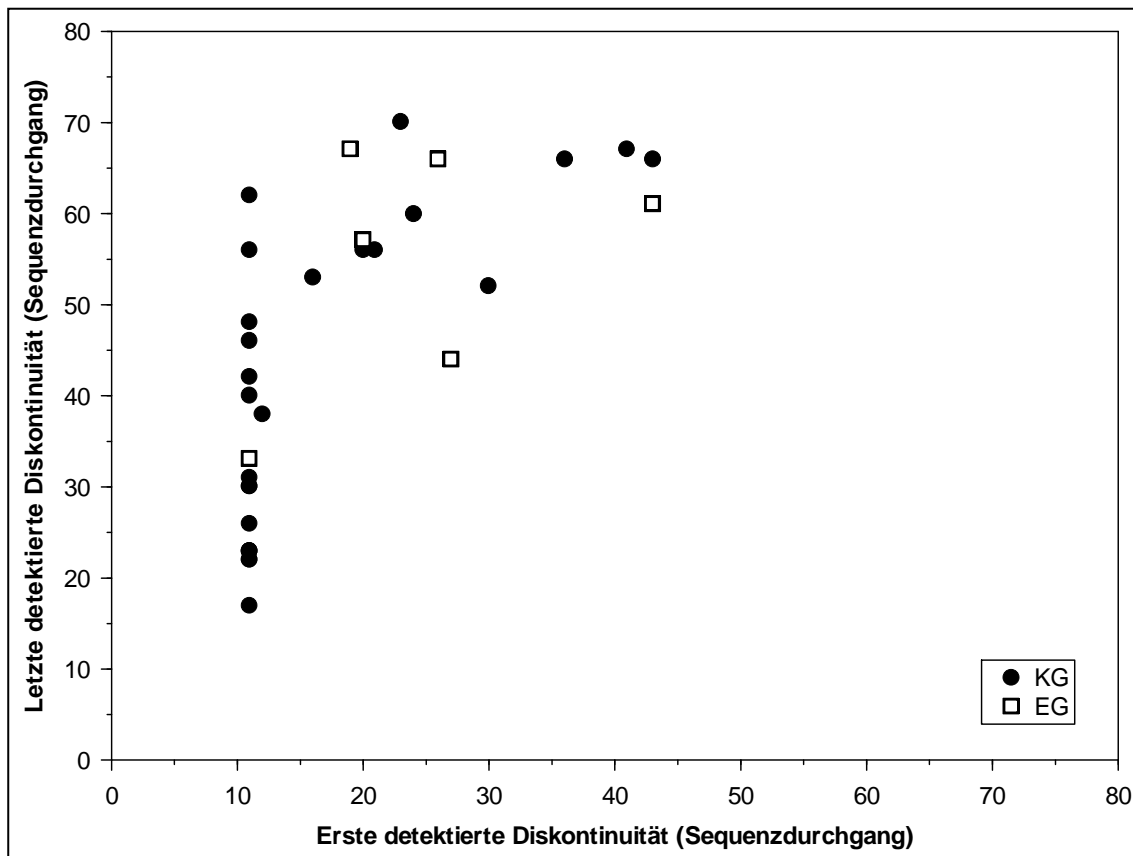


*Reaktionszeitdiskontinuitäten*. Zunächst wurden wiederum im postexperimentellen Interview verbalisiertes Sequenzwissen sowie die Anzahl identifizierter Diskontinuitäten zueinander in Beziehung gesetzt. Dabei wurden sowohl für die Verbalisierer der *Kontrollgruppe* ( $t_{(43)} = 8,14, p < .01$ ) als auch für die der *Experimentalbedingung* ( $t_{(28)} = 4,71, p < .01$ ) jeweils signifikant mehr Diskontinuitäten detektiert als für die Nichtverbalisierer der jeweiligen Versuchsbedingung. Darüber hinaus verzeichnete die Kontrollgruppe insgesamt mehr diskontinuierliche Sequenzübergänge als die *Experimentalbedingung* ( $t_{(73)} = 5,61, p < .01$ ). Abbildung 25 illustriert die durchschnittliche Anzahl detektierter Diskontinuitäten für Verbalisierer und Nichtverbalisierer beider Versuchsbedingungen.



**Abbildung 25:** Anzahl detektierter Reaktionszeitdiskontinuitäten Experiment 5. Durchschnittliche Anzahl detektierter diskontinuierlicher Sequenzübergänge für jede Versuchsbedingung, in Abhängigkeit des explizierbaren Sequenzwissens im postexperimentellen Interview.

Bezüglich des Zeitpunktes der detektierten Reaktionszeitdiskontinuitäten fand sich jedoch allenfalls ein tendenzieller Vorteil für die *Kontrollgruppe*. So zeigten die Verbalisierer der *Kontrollgruppe* sowohl die erste ( $t_{(30)} = 1,60, p = .12$ ) als auch die letzte Diskontinuität ( $t_{(30)} = 1,52, p = .14$ ) lediglich deskriptiv früher als die Verbalisierer der *Experimentalbedingung*. Auch der Zeitraum, der zwischen erster und letzter Diskontinuität lag, war für beide Gruppen gleich groß ( $t_{(30)} = -0,72, p = .48$ , s. a. Abbildung 26 bzw. Tabelle 5).



**Abbildung 26:** Zeitliche Verteilung der detektierten Reaktionszeitdiskontinuitäten Experiment 5. Dargestellt sind jeweils der erste bzw. der letzte detektierte diskontinuierliche Sequenzübergang sowie die Differenz zwischen beiden für die Verbalisierer der drei Versuchsbedingungen. Die Fehlerbalken reflektieren den Standardfehler.

**Tabelle 5:** Zeitliche Verteilung der detektierten Reaktionszeitdiskontinuitäten Experiment 4. Angegeben ist für die Verbalisierer jeder Versuchsbedingung der mittlere Sequenzdurchgang, in dem für den ersten bzw. letzten Sequenzdurchgang eine Reaktionszeitdiskontinuität detektiert wurde, sowie die durchschnittliche Anzahl an Sequenzdurchgängen, die zwischen beiden liegt. Dargestellt sind jeweils Mittelwert und Standardabweichung für die Verbalisierer jeder Versuchsbedingung.

Bedingung	Erste detektierte Diskontinuität		Letzte detektierte Diskontinuität		Differenz	
	<i>M</i>	<i>STD</i>	<i>M</i>	<i>STD</i>	<i>M</i>	<i>STD</i>
Kontrollgruppe	17,00	9,99	43,27	17,09	26,27	12,32
Experimentalgruppe	24,33	10,80	54,67	13,49	30,33	13,03

### 6.6.3 Diskussion Experiment 5

Experiment 5 ging der Frage nach, ob der Implementierungszeitpunkt artikulatorischer Unterdrückung einen Einfluss auf ihre Wirkung hat. Aus den Annahmen zur PRP (z. B. Pashler & Johnston, 1989; Tombu & Jolicoeur, 2002) sowie aus Arbeiten im Bereich des Sequenzlernens (Hoffmann et al., 2001; Stöcker & Hoffmann, 2004; Tubau et al., 2007; Zirngibl & Koch, 2002)

lässt sich ableiten, dass eine strikte zeitliche Trennung von Primär- und Sekundärreaktion die Möglichkeit eines Reaktionskonfliktes reduziert.

Wie die im postexperimentellen Interview gewonnenen Daten nahelegen, beeinträchtigte artikulatorische Unterdrückung die bewusste Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Sequenz auch dann, wenn sie erst nach Abgabe der Primärreaktion ausgeführt wurde. Im Vergleich dazu reduzierte eine durch das Metronom bedingte, variable Präsentation der Töne in Experiment 4 den expliziten Wissenserwerb allenfalls deskriptiv. Insofern scheint nicht der Zeitpunkt artikulatorischer Unterdrückung und ein damit einher gehender Reaktionskonflikt kritisch für die Integration der Sequenz zu sein. Alternativ sind diese Ergebnisse mit der Annahme vereinbar, dass die Integration der Sequenz der Bildung einer verbalen Repräsentation bedarf, die durch die artikulatorische Unterdrückung gestört wird.

Neben der Frage nach der bewussten Gewährwerdung wurde auch untersucht, inwieweit die zeitliche Fixierung artikulatorischer Unterdrückung die Interferenz auf eine top-down gesteuerte Verhaltenskontrolle reduziert. Auch im vorliegenden Experiment fand sich wie in den bisherigen Untersuchungen der vorliegenden Arbeit selektiv eine Beeinträchtigung der Verbalisierer. Das bedeutet, dass artikulatorische Unterdrückung a) unabhängig vom Zeitpunkt ihrer Implementierung und b) lediglich eine top-down basierte Verhaltenssteuerung beeinträchtigt. Denn die Performanz der Nichtverbalisierer unter artikulatorischer Unterdrückung unterschied sich nicht von derjenigen der Nichtverbalisierer der *Kontrollgruppe*. Auch die Fehlerrate wies nicht auf eine stärkere Belastung unter artikulatorischer Unterdrückung hin. Anders als jedoch die Untersuchungen zur Auswirkung von Handlungseffekttönen beim Sequenzlernen (Hoffmann et al., 2001; Stöcker & Hoffmann, 2004; Tubau et al., 2007; Zirngibl & Koch, 2002) oder Arbeiten zur PRP (z. B. Pashler & Johnston, 1989; Tombu & Jolicoeur, 2002) nahelegen, erleichterte die zeitliche Fixierung artikulatorischer Unterdrückung nicht die Kontrolle des Verhaltens, sondern die Verbalisierer unter zeitlich fixierter artikulatorischer Unterdrückung konnten ihr Wissen noch schlechter zur Verhaltenssteuerung nutzen als die Verbalisierer unter zeitlich flexibler artikulatorischer Unterdrückung. So fand sich in diesem Experiment gegen Trainingsende kein Performanzvorteil der Verbalisierer der *Experimentalbedingung* gegenüber den Nichtverbalisierern derselben Bedingung. Vergleicht man darüber hinaus die Verbalisierer der *Experimentalbedingung* unter fixer artikulatorischer Unterdrückung aus dem aktuellen Experiment mit denen der *Experimentalbedingung* unter variabler artikulatorischer Unterdrückung aus Experiment 2, so sind die Verbalisierer unter fixer artikulatorischer Unterdrückung fast 400 ms langsamer ( $t_{(13)} = 3,19, p < .01$ ). Da sich die beiden Bedingungen lediglich in der zeitlichen Fixierung der artikulatorischen Unterdrückung unterschieden, liegt der Schluss nahe, dass diese zeitliche Fixierung den normalen Versuchsablauf eher gestört als gefördert hat, so dass die Verbalisierer anscheinend eher davon abgehalten wurden, ihr erworbenes Wissen zur Top-Down-Steuerung ihres Verhaltens zu nutzen. Zumindest ist vor-

stellbar, dass die Signalpräsentation nach Abgabe jeder Reaktion die Versuchspersonen in eine Warteposition gebracht und so davon abgehalten haben könnte, gleich die nächste Reaktion auszuführen – d. h. verfrüht zu antworten, wie dies beispielsweise die Verbalisierer der *Kontrollbedingung* taten.

Lediglich die Analyse der Reaktionszeitdiskontinuitäten fand einen Vorteil für die Verbalisierer der *Experimentalbedingung*, da bei ihnen mehr Diskontinuitäten detektiert wurden als bei den Nichtverbalisierern. So haben die Verbalisierer unter artikulatorischer Unterdrückung ihr Sequenzwissen zumindest in bescheidenem Ausmaß für eine Top-Down-Steuerung genutzt. Auch hinsichtlich des Zeitpunktes der detektierten Diskontinuitäten unterschieden sie sich nicht von den Verbalisierern der *Kontrollgruppe*, wenngleich für sie deskriptiv die erste und letzte Diskontinuität etwas später detektiert wurden.

Zusammengefasst deuten die Ergebnisse von Experiment 5 darauf hin, dass artikulatorische Unterdrückung unabhängig vom Zeitpunkt ihrer Implementierung sowohl mit der bewussten Gewährwerdung der inhärenten Sequenz als auch der Nutzung expliziten Sequenzwissens im Sinne einer Top-Down-Steuerung interferiert. Diese beeinträchtigende Wirkung artikulatorischer Unterdrückung beschränkt sich auf die Verbalisierer, was gegen die Annahme einer generellen Beeinträchtigung der Aufgabenbearbeitung im Sinne einer Zweitaufgabe spricht. Darüber hinaus sprechen die Befunde des vorliegenden Experimentes dafür, dass die Wirkung artikulatorischer Unterdrückung nicht auf einem Reaktionskonflikt im Sinne der PRP beruht. Die Ergebnisse lassen sich jedoch mit der Annahme in Einklang bringen, dass die bewusste Gewährwerdung der Sequenz auf einem Integrationsprozess beruht, der auf einer verbalen Repräsentation beruht. Dies erfordert eine Transformation der Aufgabenrepräsentation in eine verbale Repräsentation. Sowohl dieser Transformationsprozess als auch die Aufrechterhaltung einer solchen verbalen Repräsentation sollte jedoch durch artikulatorische Unterdrückung (Baddeley, 1997) beeinträchtigt werden. Das bedeutet jedoch auch, dass die explizite Repräsentation der Sequenz als verbale Repräsentation vorliegt und als Grundlage einer (inersprachlichen) top-down gesteuerten Verhaltenskontrolle dient (s. a. Cleeremans & Jiménez, 2002; Emerson & Miyake, 2003; Kray et al., 2004; Kray et al., 2009; Miyake et al., 2004). Durch diese verbale Qualität der Top-Down-Steuerung ist es artikulatorischer Unterdrückung möglich, die Nutzung expliziten Wissens im Rahmen der exekutiven Verhaltenskontrolle zu stören.

Im Folgenden werden die einzelnen Befunde der hier präsentierten Experimente noch einmal zusammengetragen und integriert. Anschließend folgt eine kritische Beleuchtung, welchen Beitrag die hier gefundenen Ergebnisse für die Erklärung von Bewusstsein besitzen bzw. inwiefern sie die Frage beantworten können, welche Rolle Sprache für die bewusste Gewährwerdung einer Regularität spielt. Des Weiteren soll ein Ausblick auf die weitere Entwicklung des Forschungsreichs gegeben werden.

## 7 Diskussion

Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit war die Frage, inwiefern Sprache, operationalisiert über die Möglichkeit zur Bildung einer verbalen Repräsentation, die bewusste Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Sequenz in der SRT-Aufgabe beeinflussen kann. Die Möglichkeit zur Bildung einer verbalen Repräsentation wurde einerseits über das Stimulusmaterial und andererseits über den Einsatz artikulatorischer Unterdrückung manipuliert. Darüber hinaus ging es darum, den Prozess der bewussten Gewährwerdung der Regularität bzw. den damit einhergehenden Strategiewechsel nachzuvollziehen, um so auch den Einfluss von Sprache auf die Verhaltenssteuerung zu beobachten.

In Experiment 1 wurde die Möglichkeit zur Bildung einer verbalen Repräsentation über das Stimulusmaterial manipuliert (s. a. Hoffmann & Koch, 1997). Dabei erhöhte Stimulusmaterial, das relativ leicht in eine verbale Repräsentation transformierbar sein sollte, die Wahrscheinlichkeit der bewussten Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Sequenz. Obwohl die Stimuli aufgrund der unterschiedlichen S-R-Kompatibilität unterschiedlich schnell bearbeitet werden konnten, verschwand dieser Kompatibilitätseffekt bei Versuchspersonen mit verbalisierbarem Wissen, da diese sich vollständig von der Stimuluspräsentation lösen konnten. Dies spricht für den Wechsel auf eine Top-Down-Steuerung. Da sich diese auf die (verbal verfügbare) Repräsentation der aufgabenimmanenten Sequenz beziehen sollte, ist auch nicht anzunehmen, dass sich beide Bedingungen nach der bewussten Gewährwerdung der Sequenz hinsichtlich ihrer Performanz unterscheiden.

Um zu überprüfen, ob die Variation des Stimulustyps hinsichtlich der Manipulation der Sprachbeteiligung den gewünschten Effekt gehabt hat, wurde Experiment 1 mit einer alternativen Manipulation repliziert. Als alternative Möglichkeit zur Manipulation der Sprachbeteiligung wurde artikulatorische Unterdrückung (z. B. Baddeley, 1997; Baddeley et al., 2001; Baddeley & Larsen, 2007a, 2007b; Larsen & Baddeley, 2003) verwendet. Dabei konnte Experiment 2 die Ergebnisse des ersten Experiments replizieren und erweitern. So störte artikulatorische Unterdrückung einerseits die bewusste Gewährwerdung der aufgabenimmanenten Sequenz und verhinderte andererseits die vollständige Loslösung von der Stimuluspräsentation.

Experiment 3 übertrug die gefundenen Ergebnisse auf eine intentionale Lernsituation, um dezidiert den Prozess der bewussten Gewährwerdung der inhärenten Sequenz betrachten zu können. Auch wenn die Versuchspersonen im Vorfeld über die Existenz einer aufgabenimmanenten Regularität informiert waren, interferierte artikulatorische Unterdrückung mit der Integration der vollständigen Sequenz. Auch hier kam es unter artikulatorischer Unterdrückung zu Einbußen hinsichtlich des Wechsels auf eine top-down gesteuerte Verhaltenskontrolle, wobei sich auch die Verbalisierer der *Kontrollgruppe* nicht vollständig von der Stimuluspräsentation lösten.

Im nächsten Experiment wurde überprüft, inwieweit eine Störung des Response Timings für die Wirkung artikulatorischer Unterdrückung verantwortlich ist. Dazu wurden Töne als nicht-sprachliche akustische Signale verwendet, die dennoch das Response Timing beeinflussen können (z. B. Burgess & Hitch, 1999; Henson et al., 2003). Die Verwendung von Tönen wirkte sich nicht auf die bewusste Gewährwerdung der inhärenten Sequenz, sondern lediglich auf eine top-down-gesteuerte Verhaltenskontrolle bei den Verbalisierern aus. Dieser Effekt auf die Verhaltenssteuerung wurde durch die Aufmerksamkeitsausrichtung auf den Ton moderiert (ignorieren vs. beachten) und verschwand auch nicht beim Wegfall des Tons im letzten Trainingsblock.

Um die Ergebnisse von Experiment 4 zu vertiefen, wurde in Experiment 5 die zeitliche Implementierung artikulatorischer Unterdrückung fixiert, um mögliche Reaktionskonflikte, die durch die Koordination zweier Handlungen (Primärreaktion und artikulatorische Unterdrückung) entstehen können, zu reduzieren (z. B. Pashler & Johnston, 1989; Tombu & Jolicoeur, 2002; s. a. Hoffmann et al., 2001; Stöcker & Hoffmann, 2004; Tubau et al., 2007; Zirngibl & Koch, 2002, für die Wirkung von Tönen als Handlungseffekten). Auch wenn artikulatorische Unterdrückung erst nach Abgabe der Primärreaktion implementiert wurde, beeinträchtigte sie sowohl die bewusste Gewährwerdung der Sequenz als auch eine Nutzung des erworbenen Wissens im Sinne einer Top-Down-Steuerung. So konnten sich die Verbalisierer weder von der Stimuluspräsentation lösen noch ihre Reaktionen stärker beschleunigen als die Nichtverbalisierer. Tabelle 6 stellt die wichtigsten Ergebnisse noch einmal zusammen.

Zusammen genommen sprechen die Experimente der vorliegenden Arbeit dafür, dass die Möglichkeit zur Bildung einer verbalen Repräsentation die bewusste Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regularität fördert und einer effizienten Nutzung des erworbenen Wissens im Sinne des Wechsels auf eine Top-Down-Steuerung zugrundeliegt. Validität gewinnen die vorgestellten Ergebnisse durch die Tatsache, dass dieser Basisbefund in verschiedenen Experimenten und mit unterschiedlichen Manipulationen repliziert werden konnte. Darüber hinaus zeigte der Vergleich von Versuchspersonen der *räumlichen* Bedingung aus Experiment 1 (s. Kapitel 6.2.3), die die vollständige Sequenz mithilfe der Computertastatur rekonstruieren konnten, mit den Versuchspersonen derselben Versuchsbedingung, die die vollständige Sequenz frei verbalisieren konnten (*Verbalisierer*), dass nur eine verbale Repräsentation eine effektive Top-Down-Steuerung des Verhaltens und somit eine Lösung von der Stimuluspräsentation erlaubt (s. a. Tubau et al., 2007). Dies spricht dafür, dass die verbale Verfügbarkeit einer Information einen qualitativen Unterschied hinsichtlich der Nutzbarkeit dieser Information macht. Der Einfluss einer verbalen Repräsentation bezieht sich zudem nicht bloß auf inzidentelle Lernsituationen, sondern findet sich auch unter einer intentionalen Lerninstruktion, was nahelegt, dass der explizite Suchprozess (Frensch et al., 2003; Haider & Frensch, 2005, 2009; Rüniger & Frensch, 2010) bzw. die damit verbundene Integration des Wissens sprachabhängig ist. Zudem sprechen die letzten beiden Ex-

perimente dafür, dass der gefundene Effekt artikulatorischer Unterdrückung auf eine sprachliche Interferenz zurückgeht und nicht nur durch eine Störung des Response Timings oder einen Reaktionskonflikt im Sinne der PRP (Pashler & Johnston, 1989; Tombu & Jolicoeur, 2002) hervorgerufen wird.

**Tabelle 6:** Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Experimente in Hinblick auf die bewusste Gewährleistung der Sequenz und die Nutzung des erworbenen Sequenzwissens im Sinne einer Top-Down-Steuerung. AU steht für artikulatorische Unterdrückung.

Experiment	Manipulation	Effekt auf die bewusste Gewährleistung	Effekt auf die Top-Down-Steuerung
Experiment 1	Stimulusmaterial: symbolisch vs. räumlich	Symbolische Stimuli fördern die bewusste Gewährleistung der Sequenz	Verschwinden des Kompatibilitätseffektes, Loslösung vom Stimulusmaterial
Experiment 2	Artikulatorische Unterdrückung (AU) in einer inzidentellen Lernsituation	AU stört die bewusste Gewährleistung der Sequenz	AU erschwert die Loslösung vom Stimulusmaterial
Experiment 3	AU in einer intentionalen Lernsituation	AU stört die bewusste Gewährleistung der Sequenz	AU erschwert die Loslösung vom Stimulusmaterial
Experiment 4	Töne, die ignoriert oder in die Aufgabenbearbeitung integriert werden sollten	Töne interferieren nicht mit der bewussten Gewährleistung der Sequenz	Töne erschweren die Loslösung vom Stimulusmaterial, der Wegfall des Tons führt zu keiner Verbesserung, die Beachtung des Tons führt zu größeren Einbußen als AU
Experiment 5	Zeitliche Fixierung der AU auf einen Zeitpunkt nach Abgabe der Primärreaktion	AU stört die bewusste Gewährleistung der Sequenz	AU erschwert die Loslösung vom Stimulusmaterial bzw. generell die Nutzung von Sequenzwissen im Sinne einer Top-Down-Steuerung

Prinzipiell könnte die Wirkung artikulatorischer Unterdrückung natürlich auch durch eine generelle Kapazitätsüberlastung begründet sein. Allerdings führte Experiment 1 mit der bloßen Manipulation des Stimulustyps zu ähnlichen Ergebnissen wie artikulatorische Unterdrückung. Hier ist die bezüglich der bewussten Gewährleistung der Sequenz benachteiligte *räumliche* Bedingung aufgrund der höheren S-R-Kompatibilität jedoch leichter zu bearbeiten, was sich zumindest zu Trainingsbeginn auch in den Latenzzeiten niederschlägt (s. a. Hoffmann & Koch, 1997). Darüber hinaus beschränkt sich die Beeinträchtigung durch artikulatorische Unterdrückung auf die späteren Verbalisierer und entwickelt sich erst mit zunehmender Trainingsdauer. Zudem findet sich in den Fehlerraten kein Hinweis auf eine stärkere Belastung durch artikulatorische Unterdrückung. Und auch die zeitliche Fixierung artikulatorischer Unterdrückung, um mögliche Zweitaufgabeneffekte zu minimieren, führte in Experiment 5 nicht zu einer veränderten Wirkung artikulatorischer Unterdrückung, wie man erwarten sollte, wenn die Kapazitätsbelastung reduziert wird. Vielmehr sprechen diese Befunde für einen sprachbasierten expliziten Prozess der Wissensintegration. Die impliziten (Lern-)Prozesse scheinen eher sprachunabhängig zu sein, da sie keine Ein-

bußen durch artikulatorische Unterdrückung zu erleiden scheinen. Allerdings standen implizite Prozesse nicht im Fokus der vorliegenden Arbeit, so dass sich anhand der vorliegenden Experimente keine Aussage über eine etwaige Sprachunabhängigkeit impliziter Prozesse treffen lässt, da das Vorhandensein impliziten Wissens auch nicht dezidiert erfasst wurde. Andererseits sind sprachliche Informationen immer kategorisierte und damit tiefer verarbeitete Informationen, die in der Regel mit explizitem Wissen in Verbindung gebracht werden (z. B. Hayes & Broadbent, 1988; Keele et al., 2003; Stadler, 1997).

Grundsätzlich ist auch der verbale Report als Bewusstheitsmaß nicht unproblematisch (vgl. Kapitel 4.2.1), da er zum einen bewusstes Wissen unterschätzt und zum anderen nichtsprachliches Wissen evtl. nicht erfasst wird. Untersucht man nun die Rolle von Sprache für Bewusstsein, so bevorteilt ein sprachliches Bewusstheitsmaß zwangsläufig sprachliches Wissen. Andererseits ging es in der vorliegenden Arbeit um die Frage der bewussten Gewährwerdung der inhärenten Regularität, so dass eine Überschätzung bewussten Wissens gravierendere Folgen gehabt hätte als eine Unterschätzung. Und wie bereits in Kapitel 5.2 dargelegt, wird Sprache häufig als hinreichend für die Existenz von Bewusstsein angesehen. Zudem war der verbale Report nicht das einzige Maß für bewusstes Wissen, sondern Hinweise auf die Nutzung expliziten Wissens fanden sich auch in der beschleunigten Aufgabenbearbeitung sowie in dem durch Reaktionszeitdiskontinuitäten indizierten Strategiewechsel für Versuchspersonen mit verbalisierbarem Wissen (s. a. Haider et al., im Druck; Haider & Rose, 2007). Zudem fanden sich Performanzunterschiede zwischen Versuchspersonen, die die vollständige Sequenz angeben konnten, je nachdem, ob sie diese frei verbalisieren konnten oder die Sequenz mithilfe der Computertastatur rekonstruierten (vgl. die Diskussion in Experiment 1 in Kapitel 6.2.3). Dies spricht dafür, dass sich das im verbalen Report erfasste Wissen qualitativ von anderen Wissensmaßen unterscheidet (s. a. Kapitel 4.2.1).

Dabei ist die vorliegende Arbeit eine der wenigen Arbeiten, die den Prozess der bewussten Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regularität in einer inzidentellen Lernsituation in den Mittelpunkt ihrer Betrachtungen rückt. Denn häufig wird die Entstehung expliziten Wissens nicht gesondert berücksichtigt oder als Störgröße betrachtet (vgl. Kapitel 5.3), so dass Versuchspersonen mit explizitem Wissen aus der Analyse ausgeschlossen werden, obwohl inzidentelle Lernsituationen eigentlich ideale Voraussetzungen bieten, um die Dynamik der bewussten Gewährwerdung der Regularität isoliert zu beobachten (z. B. Haider & Rose, 2007; Rüniger & Frensch, 2010). Infolgedessen gibt es im Rahmen impliziter Lernparadigmen auch nur wenig Bestrebungen, mögliche Determinanten der bewussten Gewährwerdung einer aufgabenimmanenten Regularität zu identifizieren (s. a. Kapitel 5.2). Sprache findet zwar in den einschlägigen Untersuchungen Verwendung, doch beschränkt sich dies entweder auf Bewusstheitsmaße (wie z. B. den verbalen Report, s. Kapitel 4.2.1) oder sie wird nicht als mögliche Determinante für Bewusstsein in Erwägung gezogen. So verwendeten Hartman und Kollegen bereits 1989 Wörter als Sti-



muli in der SRT-Aufgabe. Sie zeigten jedoch nur, dass verbales Sequenzlernen prinzipiell möglich ist, ohne auf die Entwicklung expliziten Wissens<sup>30</sup> besonders einzugehen oder verschiedene Stimulusarten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf (explizites) Sequenzlernen miteinander zu vergleichen. Auch Koch und Kollegen (Hoffmann & Koch, 1997; Zirngibl & Koch, 2002) haben Sprache zwar im Rahmen des Sequenzlernens implementiert, dabei aber nicht auf die Besonderheit verbaler Repräsentationen fokussiert, sondern Sprache lediglich als Vehikel zur Manipulation räumlicher Kompatibilitätseffekte oder distinkter Handlungseffekte benutzt (s. Kapitel 5.3). Doch auch wenn viele Arbeiten im Rahmen inzidenteller Lernaufgaben nicht auf die bewusste Gewahrwerdung der aufgabenimmanenten Sequenzen fokussieren, so können die hier gefundenen Ergebnisse zumindest Aufschluss darüber geben, wie aufgabenimmanente Regularitäten und die zugehörigen Aufgabekontexte beschaffen sein müssen, um die Wahrscheinlichkeit des Erwerbs expliziten Wissens zu minimieren. Darüber hinaus haben die vorliegenden Experimente weitere Hinweise darauf geliefert, dass sich implizites und explizites Lernen hinsichtlich der Wirkung von Sprache unterscheiden. Insofern mag dies ein weiteres qualitatives Unterscheidungsmerkmal neben den bereits in Kapitel 4.1 genannten Merkmalen sein.

Unabhängig von Fragen der impliziten Lernforschung können die gefundenen Ergebnisse jedoch auch in einen weiteren Kontext gestellt werden. So gibt es verschiedenste Ansätze, die versuchen Bewusstsein zu beschreiben oder zu erklären (vgl. Kapitel 2). Ein strittiger Punkt dabei ist, inwiefern auch Tiere oder Kleinkinder Bewusstsein besitzen. Nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit spielt (menschliche) Sprache eine zentrale Rolle bei der Entstehung von Bewusstsein, aber auch bei der exekutiven Verhaltenssteuerung. Dies bedeutet nicht zwangsläufig, dass man Tieren und Kleinkindern die Bewusstseinsfähigkeit vollständig absprechen muss, aber möglicherweise handelt es sich hierbei um eine andere Form von Bewusstheit. Bezogen auf die in der Einleitung beschriebenen Wachkomapatienten bleibt die Entscheidung, ob diese noch über Bewusstsein verfügen, weiterhin schwierig. Da Sprache ein wichtiger Bestandteil von Bewusstsein zu sein scheint, ist eine Detektion von Bewusstsein bei Patienten, die keine Möglichkeit zur Verbalisation besitzen, schwierig. Zumal sich in dieser Situation zwischen willentlichen und unwillkürlichen Muskelbewegungen kaum unterscheiden lässt, die auf eine top-down gesteuerte Verhaltenskontrolle hindeuten könnten. Dabei gibt es auch aus Forschungsbereichen wie dem Task Switching Hinweise darauf, dass Sprache besonders geeignet für eine Top-Down-Kontrolle ist (z. B. Emerson & Miyake, 2003; Goschke, 2000; Karbach & Kray, 2007; Kray et al., 2008; Kray et al., 2004; Kray et al., 2009; Miyake et al., 2004), wobei sich im Entwicklungsverlauf Altersunterschiede hinsichtlich der sprachlichen Kontrollfähigkeit zeigen. Insofern ist Sprache vielleicht keine notwendige Bedingung für die Steuerung des Verhaltens, sie ist allem Anschein nach jedoch

---

<sup>30</sup>Tatsächlich ging es Hartman et al. (1989) eher darum, einen Nachweis impliziten Lernens für verbale Sequenzen zu erbringen.

äußerst effektiv, wenn es um eine Loslösung des Verhaltens von externen Reizen geht. Somit ist Sprache zum einen von besonderer Bedeutung, wenn es um intentionales Lernen geht, da sie in der Lage ist, Informationen zu sequenzieren bzw. zu ordnen (Emerson & Miyake, 2003) und zu integrieren (Hermer-Vazquez et al., 1999). Zum anderen ist sie das effektivste Instrument, um Verhalten – gerade wenn es sich um komplexe Reaktionen handelt – zu steuern.

Fazit ist also, dass Sprache die Entstehung von Bewusstsein in dem Sinne fördert, dass sie in der Lage ist, Informationen zu integrieren. Dies passt zur Idee des Global Workspace (Baars, 1988, 1997; Dehaene & Naccache, 2001), da hier die enkapsuliert verarbeitete Information verschiedener Module zunächst im Workspace verbreitet werden muss, bevor sie bewusstseinsfähig ist. Eine solche Verbreitung lässt sich als Integration der verschiedenen Module begreifen. Dabei entsteht diese Integration oder Bindung im Gehirn zunächst einmal auf Ebene neuronaler Feuerraten im Sinne der Phasensynchronisation (Crick & Koch, 1990; Eckhorn et al., 1988; Engel et al., 1990; Freeman & Dijk, 1987; Gray et al., 1989; Wilson & Bower, 1992). Fraglich ist, inwieweit Sprache auf der Ebene von Repräsentationen so etwas wie einen universellen Code darstellen könnte, da sie einerseits verschiedene Informationen integrieren und andererseits im Sinne der Top-Down-Kontrolle eine Verbindung zwischen Repräsentation und Verhalten herstellen kann.

Dabei leistet die vorliegende Arbeit nur einen kleinen Beitrag, um die Frage nach der Entstehung von Bewusstsein oder auch nur die Frage nach der Rolle von Sprache dabei zu beantworten. Es ist ein erster Schritt, aber viele weitere müssen noch folgen. So sollten neben der Verwendung der Ziffern-Version der SRT-Aufgabe oder der Implementierung artikulatorischer Unterdrückung weitere Möglichkeiten zur Manipulation der Sprachbeteiligung ausgeschöpft werden. In der vorliegenden Arbeit wurden hauptsächlich die Beeinträchtigungen, die eine fehlende Möglichkeit zur Bildung verbaler Repräsentationen verursacht, betrachtet. Wünschenswert wäre es, Bedingungen zu finden, die die bewusste Gewährleistung der Regularität befördern können. In diesem Zusammenhang wäre überlegenswert, die Untersuchung von Hartman et al. (1989) bezüglich des verbalen Sequenzlernens in Hinblick auf die Entstehung von Bewusstsein in modifizierter Form zu replizieren. So könnte variiert werden, ob Stimuluswörter visuell oder akustisch dargeboten werden und in welcher Modalität eine Eingabe erfolgen soll (s. hierzu auch die Untersuchung von Zirngibl & Koch, 2002, bzw. die Ausführungen in Kapitel 5.3). Dabei sollten wie in der vorliegenden Arbeit verbale Stimuli bzw. Eingaben mit nichtsprachlichen Stimuli oder Eingaben verglichen werden. Darüber hinaus könnte sich der Einsatz elektrophysiologischer und bildgebender Verfahren (z. B. Rose et al., im Druck; Rose et al., 2002; Wessel, 2008) lohnen, um weiteren Aufschluss über die Rolle der Sprache bei der bewussten Gewährleistung einer aufgabenimmanenten Regelmäßigkeit zu erhalten. Zudem könnte auch der Einsatz eines anderen Wissensmaßes lohnend sein, um stärker auf Versuchspersonen mit implizitem oder fragmentari-

schem Wissen zu fokussieren (s. z. B. die Wettaufgabe von Persaud & McLeod, 2008; Persaud et al., 2007). So könnte die Verknüpfung fragmentarischen Wissens mit der Reaktionszeitdiskontinuitätsanalyse weiter aufschlüsseln, wie das Bemerkens einzelner Sequenzelemente und die Integration der vollständigen Sequenz zusammenhängen.

Grundsätzlich beziehen sich die vorliegenden Ergebnisse auf den Einfluss einer verbalen Repräsentation auf die bewusste Gewährleistung einer aufgabenimmanenten *Sequenz*. Bei einer solchen Sequenz handelt es sich um eine relativ komplexe Regularität, so dass es sich bei der bewussten Gewährleistung der Sequenz nicht um einen Prozess handelt, der dem Alles-oder-Nichts-Prinzip folgt, sondern die Integration der einzelnen Sequenzelemente kann längere Zeit in Anspruch nehmen. Das bedeutet, eine Versuchsperson kann zwar wissen, dass die Aufgabe eine Sequenz enthält, aber dennoch nicht die vollständige Sequenz kennen. So kann es dazu kommen, dass nur einzelne Sequenzfragmente explizit erworben werden. Solche Versuchspersonen mit Teilwissen lassen sich manchmal jedoch nur schlecht von Versuchspersonen mit vollständigem explizitem Wissen trennen (vgl. Kapitel 6.2.3). Eine Aufgabe wie die in Kapitel 3.1 beschriebene NRT, wo das Bemerkens der Regularität prinzipiell bereits das Wissen um die Regularität bedeutet, weil nicht erst mühsam mehrere Regelemente integriert werden müssen wie in der SRT-Aufgabe, mag deshalb in Bezug auf den Prozess der bewussten Gewährleistung der aufgabenimmanenten Regularität eindeutiger sein. Darüber hinaus haben Rose, Haider, Weiller und Büchel (2002) Hinweise darauf gefunden, dass die in früheren Studien gefundenen neuronalen Korrelate impliziten und expliziten Lernens nicht fest mit der Bewusstheit des Gelernten verankert sind, sondern vielmehr mit der Art der Aufgabe variieren. Insofern ist es möglich, dass unterschiedliche Regularitäten in unterschiedlichem Ausmaß von einer verbalen Repräsentation profitieren. In diesem Sinne wäre es hilfreich, unterschiedliche inzidentelle Lernaufgaben und Regularitäten in die Untersuchung einzubeziehen.

## Literatur

- Altmann, G. T. M., Dienes, Z. & Goode, A. (1995). Modality independence of implicitly learned grammatical knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(4), 899-912.
- Anderson, J. R. (2001). *Kognitive Psychologie (3. Auflage)*. Heidelberg: Spektrum.
- Aydede, M. (2004). *The language of thought hypothesis (2. überarbeitete Version)*. [WWW-Dokument]. Zugangsdatum: 08.04.2009, verfügbar unter: <http://plato.stanford.edu/entries/language-thought/>
- Baars, B. J. (1988). *A cognitive theory of consciousness*. Cambridge: University Press.
- Baars, B. J. (1996). Understanding subjectivity: Global workspace theory and the resurrection of the observing self. *Journal of Consciousness Studies*, 3(3), 211-216.
- Baars, B. J. (1997). In the theatre of consciousness: Global workspace theory, a rigorous scientific theory of consciousness. *Journal of Consciousness Studies*, 4(4), 292-309.
- Baars, B. J. (2002). The conscious access hypothesis: Origins and recent evidence. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(1), 47-52.
- Baars, B. J. (2003). *The global brainweb: An update on global workspace theory*. [WWW-Dokument]. Zugangsdatum: 22.02.2011, verfügbar unter: [http://cogweb.ucla.edu/CogSci/Baars-update\\_03.html](http://cogweb.ucla.edu/CogSci/Baars-update_03.html)
- Baars, B. J. & Franklin, S. (2003). How conscious experience and working memory interact. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(4), 166-172.
- Baddeley, A. D. (1997). *Human memory. Theory and practice (revised edition)*. Hove, UK: Psychology Press.
- Baddeley, A. D., Chincotta, D. & Adlam, A. (2001). Working memory and the control of action: Evidence from task switching. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 641-657.
- Baddeley, A. D. & Larsen, J. D. (2007a). The phonological loop unmasked? A comment on the evidence for a "perceptual-gestural" alternative. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60(4), 497-504.
- Baddeley, A. D. & Larsen, J. D. (2007b). The phonological loop: Some answers and some questions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60(4), 512-518.
- Beilock, S. L., Bertenthal, B. I., McCoy, A. M. & Carr, T. H. (2004). Haste does not always make waste: Expertise, direction of attention, and speed versus accuracy in performing sensorimotor skills. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(2), 373-379.
- Beilock, S. L. & Carr, T. H. (2001). On the fragility of skilled performance: What governs choking under pressure? *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 701-725.
- Beilock, S. L. & Carr, T. H. (2005). When high-powered people fail: Working memory and "choking under pressure" in math. *Psychological Science*, 16(2), 101-105.
- Beilock, S. L., Kulp, C. A., Holt, L. E. & Carr, T. H. (2004). More on the fragility of performance: choking under pressure in mathematical problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(4), 584-600.
- Berry, D. C. & Broadbent, D. E. (1984). On the relationship between task performance and associated verbalizable knowledge. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A(2), 209-231.
- Berry, D. C. & Broadbent, D. E. (1987). The combination of explicit and implicit learning processes in task control. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 49(1), 7-15.
- Berry, D. C. & Broadbent, D. E. (1988). Interactive tasks and the implicit-explicit distinction. *British Journal of Psychology*, 79(2), 251-272.
- Berry, D. C. & Dienes, Z. (1991). The relationship between implicit memory and implicit learning. *British Journal of Psychology*, 82(3), 359-373.
- Bieri, P. (1992). Trying Out Epiphenomenalism. *Erkenntnis*, 36, 283-309.
- Block, N. (1995). On a confusion about a function of consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 18(2), 227-287.

- Boyer, M., Destrebecqz, A. & Cleeremans, A. (2005). Processing abstract sequence structure: Learning without knowing, or knowing without learning? *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 69(5-6), 383-398.
- Broadbent, D. E. & Aston, B. (1978). Human control of a simulated economic system. *Ergonomics*, 21(12), 1035-1043.
- Broadbent, D. E., Fitzgerald, P. & Broadbent, M. H. (1986). Implicit and explicit knowledge in the control of complex systems. *British Journal of Psychology*, 77(1), 33-50.
- Buchner, A., Steffens, M. C., Erdfelder, E. & Rothkegel, R. (1997). A multinomial model to assess fluency and recollection in a sequence learning task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50A(3), 631-663.
- Buchner, A., Steffens, M. C. & Rothkegel, R. (1998). On the role of fragmentary knowledge in a sequence learning task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51A(2), 251-281.
- Burgess, N. & Hitch, G. J. (1999). Memory for Serial Order: A Network Model of the Phonological Loop and Its Timing. *Psychological Review*, 106(3), 551-581.
- Campbell, T., Beaman, C. P. & Berry, D. C. (2002). Auditory memory and the irrelevant sound effect: Further evidence for changing-state disruption. *Memory*, 10(3), 199-214.
- Carruthers, P. (1996). *Language, Thought and Consciousness: An Essay in Philosophical Psychology*. Cambridge, UK: University Press.
- Carruthers, P. (2002). The cognitive functions of language. *Behavioral and Brain Sciences*, 25(6), 657-674.
- Carruthers, P. (2007). *Higher-Order theories of consciousness (2. überarbeitete Version)*. [WWW-Dokument]. Zugangsdatum: 08.04.2009, verfügbar unter: <http://plato.stanford.edu/entries/consciousness-higher/>
- Chalmers, D. J. (1995). Facing up to the problem of consciousness. *Journal of Consciousness Studies*, 2(3), 200-219.
- Cleeremans, A. (1997). Principles for implicit learning. In D. Berry (Ed.), *How implicit is implicit learning?* (pp. 195-234). Oxford: Oxford University Press.
- Cleeremans, A. (2002). Handlung und Bewusstsein: Ein Rahmenkonzept für den Fertigkeitserwerb. *Psychologie und Sport*, 9(1), 2-19.
- Cleeremans, A. & Jiménez, L. (2002). Implicit learning and consciousness: A graded, dynamic perspective. In R. M. French & A. Cleeremans (Eds.), *Implicit learning and consciousness: An empirical, computational and philosophical consensus in the making? (S. 1-40)*. Hove, UK: Psychology Press.
- Cohen, A., Ivry, R. I. & Keele, S. W. (1990). Attention and structure in sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(1), 17-30.
- Crick, F. & Koch, C. (1990). Towards a neurobiological theory of consciousness. *Seminars in the Neurosciences*, 2, 263-275.
- Crick, F. & Koch, C. (1995). Why neuroscience may be able to explain consciousness. *Scientific American*, 273(6), 84-85.
- Crick, F. & Koch, C. (1998). Consciousness and neuroscience. *Cerebral Cortex*, 8, 97-107.
- Crick, F. & Koch, C. (2003). A framework for consciousness. *Nature Neuroscience*, 6(2), 119-126.
- Curran, T. & Keele, S. W. (1993). Attentional and nonattentional forms of sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19(1), 189-202.
- Dehaene, S. & Changeux, J.-P. (1989). A Simple Model of Prefrontal Cortex Function in Delayed-Response Tasks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1(3), 244-261.
- Dehaene, S. & Changeux, J.-P. (1991). The Wisconsin Card Sorting Test: Theoretical Analysis and Modeling in a Neuronal Network. *Cerebral Cortex*, 1, 62-79.
- Dehaene, S. & Changeux, J.-P. (1997). A hierarchical neuronal network for planning behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(24), 13293-13298.
- Dehaene, S. & Changeux, J.-P. (2004). Neural mechanisms for access to consciousness (S. 1145-1157). In M. S. Gazzaniga, E. Bizzi & I. B. Black (Eds.), *The cognitive neurosciences (3. Auflage)*. New York: Norton.

- Dehaene, S., Kerszberg, M. & Changeux, J.-P. (1998). A neuronal model of a global workspace in effortful cognitive tasks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(24), 14529-14534.
- 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., Clec'H, G. L., Koechlin, E., Mueller, M., Dehaene-Lambertz, G., et al. (1998). Imaging unconscious semantic priming. *Nature*, 395, 597-600.
- Dennett, D. C. (1988). Quining qualia (S. 42-77). In A. Marcel & E. Bisiach (Eds.), *Consciousness in modern science*. Oxford: Oxford University Press.
- Dennett, D. C. (2001). Are we explaining consciousness yet? *Cognition*, 79, 221-237.
- Deroost, N. & Soetens, E. (2006). Spatial processing and perceptual sequence learning in SRT tasks. *Experimental Psychology*, 53(1), 16-30.
- Destrebecqz, A. & Cleeremans, A. (2001). Can sequence learning be implicit? New evidence with the process dissociation procedure. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(2), 343-350.
- Destrebecqz, A. & Cleeremans, A. (2003). Temporal effects in sequence learning. In L. Jiménez (Ed.), *Attention and Implicit Learning (S. 181-213)*. Amsterdam: John Benjamins.
- Dienes, Z. (2004). Assumptions of subjective measures of unconscious mental states: higher order thoughts and bias. *Journal of Consciousness Studies*, 11, 25-45.
- Dienes, Z., Altmann, G. T. M., Kwan, L. & Goode, A. (1995). Unconscious knowledge of artificial grammars is applied strategically. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(5), 1322-1338.
- Dienes, Z. & Berry, D. (1997). Implicit learning: Below the subjective threshold. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4(1), 3-23.
- Dienes, Z., Broadbent, D. & Berry, D. (1991). Implicit and explicit knowledge bases in artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17(5), 875-887.
- Dienes, Z. & Perner, J. (1999). A theory of implicit and explicit knowledge. *Behavioral and Brain Sciences*, 22(5), 735-808.
- Dienes, Z. & Perner, J. (2002a). A theory of the implicit nature of implicit learning. In R. M. French & A. Cleeremans (Eds.), *Implicit learning and consciousness. An empirical, philosophical, and computational consensus in the making? (S. 68-92)*. Hove: Psychology Press.
- Dienes, Z. & Perner, J. (2002b). What sort of representation is conscious? *Behavioral & Brain Sciences*, 25(3), 336-337.
- Dienes, Z. & Perner, J. (2003). Unifying consciousness with explicit knowledge. In A. Cleeremans (Ed.), *The Unity of Consciousness: Binding, Integration, and Dissociation*. Oxford, UK: University Press.
- Dienes, Z. & Perner, J. (2004). Assumptions of a subjective measure of consciousness: Three mappings. In R. Gennaro (Ed.), *Higher order theories of consciousness (S. 173-199)*. Amsterdam: John Benjamins Publishers.
- Dienes, Z. & Perner, J. (2009). Representation. In P. Wilken, T. Bayne & A. Cleeremans (Eds.), *Oxford companion to consciousness*. New York, NY: Oxford University Press.
- Dienes, Z. & Scott, R. (2005). Measuring unconscious knowledge: Distinguishing structural knowledge and judgment knowledge. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 69(5-6), 338-351.
- Dietrich, A. (2007). *Introduction to consciousness*. London: Palgrave MacMillan.
- Driver, J. & Mattingley, J. B. (1998). Parietal neglect and visual awareness. *Nature Neuroscience*, 1(1), 17-22.
- Dworschak, M. (2009). *Meine zweite Geburt*. [WWW-Dokument]. Zugangsdatum: 23.11.2009, verfügbar unter: <http://www.spiegel.de/spiegel/0,1518,662625,00.html>
- Eckhorn, R., Bauer, R., Jordan, W., Brosch, M., Kruse, W., Munk, M., et al. (1988). Coherent oscillations: A mechanism of feature linking in the visual cortex? Multiple electrode and correlation analyses in the cat. *Biological Cybernetics*, 60(2), 121-130.

- Emerson, M. J. & Miyake, A. (2003). The role of inner speech in task switching: A dual-task investigation. *Journal of Memory and Language*, 48, 148-168.
- Engel, A. K., Fries, P., König, P., Brecht, M. & Singer, W. (1999a). Does time help to understand consciousness? *Consciousness and Cognition*, 8, 260-268.
- Engel, A. K., Fries, P., König, P., Brecht, M. & Singer, W. (1999b). Temporal binding, binocular rivalry, and consciousness. *Consciousness and Cognition*, 8, 128-151.
- Engel, A. K., König, P., Gray, C. M. & Singer, W. (1990). Stimulus-dependent neuronal oscillations in cat visual cortex: Inter-columnar interaction as determined by cross-correlation analysis. *European Journal of Neuroscience*, 2(7), 588-606.
- Engel, C. (2000). Psychological research on heuristics meets the law. *Behavioral & Brain Sciences*, 23(5), 747.
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1980). Verbal reports as data. *Psychological Review*, 87(3), 215-251.
- Eriksen, C. W. (1960). Discrimination and learning without awareness: A methodological survey and evaluation. *Psychological Review*, 67(5), 279-300.
- Field, H. H. (1978). Mental representation. *Erkenntnis*, 13(1), 9-61.
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind: An essay in faculty psychology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Freeman, W. J. (1978). Spatial properties of an EEG event in the olfactory bulb and cortex. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 44(5), 586-605.
- Freeman, W. J. & Dijk, B. W. v. (1987). Spatial patterns of visual cortical fast EEG during conditioned reflex in a rhesus monkey. *Brain Research*, 422(2), 267-276.
- Frensch, P. A., Buchner, A. & Lin, J. (1994). Implicit learning of unique and ambiguous serial transitions in the presence and absence of a distractor task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20(3), 567-584.
- Frensch, P. A., Haider, H., Rüniger, D., Neugebauer, U., Voigt, S. & Werg, J. (2003). Verbal report of incidentally experienced environmental regularity: The route from implicit learning to verbal expression of what has been learned. In L. Jiménez (Ed.), *Attention and implicit learning* (S. 335-366). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Frensch, P. A., Lin, J. & Buchner, A. (1998). Learning versus behavioral expression of the learned: The effects of a secondary tone-counting task on implicit learning in the serial reaction task. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 61, 83-98.
- Frensch, P. A. & Miner, C. S. (1994). Effects of presentation rate and individual differences in short-term memory capacity on an indirect measure of serial learning. *Memory & Cognition*, 22(1), 95-110.
- Frensch, P. A. & Rüniger, D. (2003). Implicit learning. *Current Directions in Psychological Science*, 12(1), 13-18.
- Fu, Q., Fu, X. & Dienes, Z. (2008). Implicit sequence learning and conscious awareness. *Consciousness and Cognition*, 17, 185-202.
- Gabrieli, J. D. E. (1998). Cognitive neuroscience of human memory. *Annual Review of Psychology*, 49, 87-115.
- Gaillard, V., Vandenberghe, M., Destrebecqz, A. & Cleeremans, A. (2006). First- and third-person approaches in implicit learning research. *Consciousness and Cognition*, 15, 709-722.
- Goodale, M. A., Milner, A. D., Jakobson, L. S. & Carey, D. P. (1991). A neurological dissociation between perceiving objects and grasping them. *Nature*, 349(6305), 154-156.
- Goschke, T. (2000). Intentional reconfiguration and involuntary persistence in task set switching. In S. Monsell & J. Driver (Eds.), *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII* (S. 331-355). Cambridge, MA: MIT Press.
- Gray, C. M., König, P., Engel, A. K. & Singer, W. (1989). Oscillatory responses in cat visual cortex exhibit inter-columnar synchronization which reflects global stimulus properties. *Nature*, 338, 334-337.
- Gray, C. M. & Singer, W. (1989). Stimulus-specific neuronal oscillations in orientation columns of cat visual cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 86(5), 1698-1702.
- Grosjean, M., Rosenbaum, D. A. & Elsinger, C. (2001). Timing and reaction time. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(2), 256-272.

- Haider, H., Eichler, A. & Lange, T. (im Druck). How to best distinguish between participants with implicit and explicit learning? *Consciousness and Cognition*.
- Haider, H. & Frensch, P. A. (1999). Information reduction during skill acquisition: The influence of task instruction. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 5(2), 129-151.
- Haider, H. & Frensch, P. A. (2002). Why aggregated learning follows the power law of practice when individual learning does not: Comment on Rickard (1997, 1999), Delaney et al. (1998), and Palmeri (1999). *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(2), 392-406.
- Haider, H. & Frensch, P. A. (2005). The generation of conscious awareness in an incidental learning situation. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 69(5-6), 399-411.
- Haider, H. & Frensch, P. A. (2009). Conflicts between expected and actually performed behavior lead to verbal report of incidentally acquired sequential knowledge. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 73(6), 817-834.
- Haider, H., Frensch, P. A. & Joram, D. (2005). Are strategy shifts caused by data-driven processes or by voluntary processes? *Consciousness and Cognition*, 14(3), 495-519.
- Haider, H. & Rose, M. (2007). How to investigate insight: A proposal. *Methods*, 42(1), 49-57.
- Hannula, D. E., Simons, D. J. & Cohen, N. J. (2005). Imaging implicit perception: promise and pitfalls. *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 247-255.
- Hartman, M., Knopman, D. S. & Nissen, M. J. (1989). Implicit learning of new verbal associations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(6), 1070-1082.
- Hayes, N. A. & Broadbent, D. E. (1988). Two modes of learning for interactive tasks. *Cognition*, 28, 249-276.
- Hazeltine, E., Grafton, S. T. & Ivry, R. (1997). Attention and stimulus characteristics determine the locus of motor-sequence encoding: A PET study. *Brain*, 120, 123-140.
- Henson, R., Hartley, T., Burgess, N., Hitch, G. & Flude, B. (2003). Selective interference with verbal short-term memory for serial order information: A new paradigm and tests of a timing-signal hypothesis. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A(8), 1307-1334.
- Hermer-Vazquez, L., Moffet, A. & Munkholm, P. (2001). Language, space, and the development of cognitive flexibility in humans: the case of two spatial memory tasks. *Cognition*, 79(3), 263-299.
- Hermer-Vazquez, L., Spelke, E. S. & Katsnelson, A. S. (1999). Sources of flexibility in human cognition: Dual-task studies of space and language. *Cognitive Psychology*, 39(1), 3-36.
- Heuer, H. & Schmidtke, V. (1996). Secondary-task effects on sequence learning. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 59, 119-133.
- Hoffmann, J. & Koch, I. (1997). Stimulus-response compatibility and sequential learning in the serial reaction time task. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 60, 87-97.
- Hoffmann, J., Sebald, A. & Stöcker, C. (2001). Irrelevant response effects improve serial learning in serial reaction time tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27(2), 470-482.
- Hogen, H. (Ed.). (2001). *Der Brockhaus. Psychologie. Menschliches Fühlen, Denken und Verhalten verstehen*. Mannheim: F. A. Brockhaus GmbH.
- Holender, D. (1986). Semantic activation without conscious identification in dichotic listening, parafoveal vision, and visual masking: A survey and appraisal. *Behavioral and Brain Sciences*, 9(1), 1-66.
- Hoynsdorf, A. & Haider, H. (2009). The "Not Letting Go" phenomenon: Accuracy instructions can impair behavioral and metacognitive effects of implicit learning processes. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 73, 695-706.
- Hsiao, A. T. & Reber, A. S. (1998). The role of attention in implicit sequence learning: Exploring the limits of the cognitive unconscious. In M. A. Stadler & P. A. Frensch (Eds.), *Handbook of implicit learning* (pp. S. 471-495). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Hsiao, A. T. & Reber, A. S. (2001). The dual-task SRT procedure: Fine-tuning the timing. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(2), 336-342.



- Jack, A. I. & Shallice, T. (2001). Introspective physicalism as an approach to the science of consciousness. *Cognition*, 79, 161-196.
- Jackson, G. M. & Jackson, S. R. (1995). Do measures of explicit learning actually measure what is being learnt in the serial reaction time task? A critique of current methods. *Psyche*, 2(20).
- Jacoby, L. L. (1991). A process dissociation framework: Separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of Memory and Language*, 30, 513-541.
- Jiménez, L. & Méndez, C. (1999). Which attention is needed for implicit sequence learning? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25(1), 236-259.
- Jiménez, L. & Méndez, C. (2001). Implicit sequence learning with competing explicit cues. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A(1), 345-369.
- Jiménez, L., Méndez, C. & Cleeremans, A. (1996). Comparing direct and indirect measures of sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(4), 948-969.
- Jiménez, L., Vaquero, J. M. M. & Lupianez, J. (2006). Qualitative differences between implicit and explicit sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32(3), 475-490.
- Johnston, W. A., Dark, V. J. & Jacoby, L. L. (1985). Perceptual fluency and recognition judgments. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 11(1), 3-11.
- Jones, D. M. & Macken, W. J. (1993). Irrelevant tones produce an irrelevant speech effect: Implications for phonological coding in working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19(2), 369-381.
- Kanwisher, N. (2001). Neural events and perceptual awareness. *Cognition*, 79, 89-113.
- Karbach, J. & Kray, J. (2007). Developmental changes in switching between mental task sets: The influence of verbal labeling in childhood. *Journal of Cognition and Development*, 8(2), 205-236.
- Keele, S. W., Ivry, R., Mayr, U., Hazeltine, E. & Heuer, H. (2003). The cognitive and neural architecture of sequence representation. *Psychological Review*, 110(2), 316-339.
- Kiefer, M. (2002). Bewusstsein. In J. Müsseler & W. Prinz (Eds.), *Allgemeine Psychologie*. (pp. S. 178-222). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Kinder, A. & Shanks, D. R. (2001). Amnesia and the declarative/nondeclarative distinction: A recurrent network model of classification, recognition, and repetition priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(5), 648-669.
- Kinder, A. & Shanks, D. R. (2003). Neuropsychological dissociations between priming and recognition: A single-system connectionist account. *Psychological Review*, 110(4), 728-744.
- Knowlton, B. J., Ramus, S. J. & Squire, L. R. (1992). Intact artificial grammar learning in amnesia: Dissociation of classification learning and explicit memory for specific instances. *Psychological Science*, 3(3), 172-179.
- Knowlton, B. J. & Squire, L. R. (1994). The information acquired during artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20(1), 79-91.
- Koch, I. (2002). Konditionieren und implizites Lernen. In J. Müsseler & W. Prinz (Eds.), *Allgemeine Psychologie*. (pp. S. 386-431). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Koch, I. (2007). Anticipatory response control in motor sequence learning: Evidence from stimulus-response compatibility. *Human Movement Science*, 26, 257-274.
- Kray, J., Eber, J. & Karbach, J. (2008). Verbal self-instructions in task switching: a compensatory tool for action-control deficits in childhood and old age? *Developmental Science*, 11(2), 223-236.
- Kray, J., Eber, J. & Lindenberger, U. (2004). Age differences in executive functioning across the lifespan: The role of verbalization in task preparation. *Acta Psychologica*, 115(2-3), 143-165.
- Kray, J., Eenshuistra, R., Kerstner, H., Weidema, M. & Hommel, B. (2006). Language and Action Control: The Acquisition of Action Goals in Early Childhood. *Psychological Science*, 17(9), 737-741.
- Kray, J., Kipp, K. H. & Karbach, J. (2009). The development of selective inhibitory control: The influence of verbal labeling. *Acta Psychologica*, 130(1), 48-57.

- Larsen, J. D. & Baddeley, A. D. (2003). Disruption of verbal STM by irrelevant speech, articulatory suppression, and manual tapping: Do they have a common source? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A(8), 1249–1268.
- Levine, J. (1983). Materialism and qualia: The explanatory gap. *Pacific Philosophical Quarterly*, 64(354-361).
- Lewicki, P. (1986). Processing information about covariations that cannot be articulated. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 12(1), 135-146.
- Loftus, G. R. & Masson, M. E. J. (1994). Using confidence intervals in within-subject designs. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1(4), 476-490.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95(4), 492-527.
- Logan, G. D. (1990). Repetition priming and automaticity: Common underlying mechanisms? *Cognitive Psychology*, 22, 1-35.
- Logan, G. D. (1992). Shapes of reaction-time distributions and shapes of learning curves: A test of the instance theory of automaticity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18(5), 883-914.
- Logan, G. D., Taylor, S. E. & Etherton, J. L. (1999). Attention and automaticity: Toward a theoretical integration. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 62, 165-181.
- Lycan, W. G. (2004). The superiority of HOP to HOT. In R. J. Gennaro (Ed.), *Higher-Order theories of consciousness (S. 93-114)*. Amsterdam: John Benjamins Publishers.
- Machery, E. (2008). Massive modularity and the flexibility of human cognition. *Mind & Language*, 23(3), 263-272.
- Mandler, G. (1980). Recognizing: The judgment of previous occurrence. *Psychological Review*, 87(3), 252-271.
- Marcus, D. J., Karatekin, C. & Markiewicz, S. (2006). Oculomotor evidence of sequence learning on the serial reaction time task. *Memory & Cognition*, 34(2), 420-432.
- Mathews, R. C., Buss, R. R., Stanley, W. B., Blanchard-Fields, F., Cho, J. R. & Druhan, B. (1989). Role of implicit and explicit processes in learning from examples: A synergistic effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(6), 1083-1100.
- Metzinger, T. (1999). *Subjekt und Selbstmodell*. Paderborn: Mentis.
- Mishkin, M., Ungerleider, L. G. & Macko, K. A. (1983). Object vision and spatial vision: two cortical pathways. *Trends in Neurosciences*, 6(10), 414-417.
- Miyake, A., Emerson, M. J., Padilla, F. & Ahn, J. (2004). Inner speech as a retrieval aid for task goals: the effects of cue type and articulatory suppression in the random task cuing paradigm. *Acta Psychologica*, 115, 123-142.
- Morin, A. (2009). Self-awareness deficits following loss of inner speech: Dr. Jill Bolte Taylor's case study. *Consciousness and Cognition*, 18, 524–529.
- Müsseler, J. (2002). Visuelle Wahrnehmung. In J. Müsseler & W. Prinz (Eds.), *Allgemeine Psychologie* (pp. S. 15-65). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Nagel, T. (1974). What is it like to be a bat? *The Philosophical Review*, 83(4), 435-450.
- Neal, A. & Hesketh, B. (1997a). Episodic knowledge and implicit learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4(1), 24–37.
- Neal, A. & Hesketh, B. (1997b). Future directions for implicit learning: Toward a clarification of issues associated with knowledge representation and consciousness. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4(1), 73-78.
- Neuman, Y. & Nave, O. (2010). Why the brain needs language in order to be self-conscious. *New Ideas in Psychology*, 28, 37–48.
- Newell, A. & Rosenbloom, P. S. (1981). Mechanisms of skill acquisition and the law of practice. In J. R. Anderson (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition (S. 1–56)*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Nissen, M. J. & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19(1), 1-32.
- Pashler, H. & Johnston, J. C. (1989). Chronometric evidence for central postponement in temporally overlapping tasks. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A(1), 19-45.

- Pauen, M. (2006). Bewusstsein. In J. Funke & P. A. Frensch (Eds.), *Handbuch der Allgemeinen Psychologie - Kognition: BD 5*. Göttingen: Hogrefe.
- Perruchet, P. & Amorim, M.-A. (1992). Conscious knowledge and changes in performance in sequence learning: Evidence against dissociation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18(4), 785-800.
- Perruchet, P., Bigand, E. & Benoit-Gonin, F. (1997). The emergence of explicit knowledge during the early phase of learning in sequential reaction time tasks. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 60(1), 4-13.
- Perruchet, P. & Pacteau, C. (1990). Synthetic grammar learning: Implicit rule abstraction or explicit fragmentary knowledge? *Journal of Experimental Psychology: General*, 119(3), 264-275.
- Perruchet, P. & Pacteau, C. (1991). Implicit acquisition of abstract knowledge about artificial grammar: Some methodological and conceptual issues. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120(1), 112-116.
- Perruchet, P. & Vinter, A. (2002). The self-organizing consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 25(3), 297-330.
- Persaud, N. & McLeod, P. (2008). Wagering demonstrates subconscious processing in a binary exclusion task. *Consciousness and Cognition*, 17, 565-575.
- Persaud, N., McLeod, P. & Cowey, A. (2007). Post-decision wagering objectively measures awareness. *Nature Neuroscience*, 10(2), 257-261.
- Pitt, D. (2008). *Mental representation (2. überarbeitete Version)*. [WWW-Dokument]. Zugangsdatum: 08.04.2009, verfügbar unter: <http://plato.stanford.edu/entries/mental-representation/>
- Reber, A. S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6(6), 855-863.
- Reber, A. S. (1969). Transfer of syntactic structure in synthetic languages. *Journal of Experimental Psychology*, 81(1), 115-119.
- Reber, A. S. (1976). Implicit learning of synthetic languages: The role of instructional set. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2(1), 88-94.
- Reber, A. S. (1989). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118(3), 219-235.
- Reber, A. S. & Allen, R. (1978). Analogic and abstraction strategies in synthetic grammar learning: A functionalist interpretation. *Cognition*, 6(3), 189-221.
- Reber, A. S., Kassin, S. M., Lewis, S. & Cantor, G. (1980). On the relationship between implicit and explicit modes in the learning of a complex rule structure. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6(5), 492-502.
- Reber, A. S. & Lewis, S. (1977). Implicit learning: An analysis of the form and structure of a body of tacit knowledge. *Cognition*, 5(4), 333-361.
- Reber, A. S., Walkenfeld, F. F. & Hernstadt, R. (1991). Implicit and explicit learning: Individual differences and IQ. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17(5), 888-896.
- Reber, P. J. & Squire, L. R. (1994). Parallel brain systems for learning with and without awareness. *Learning & Memory*, 1, 217-229.
- Reber, P. J. & Squire, L. R. (1998). Encapsulation of implicit and explicit memory in sequence learning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(2), 248-263.
- Reed, J. & Johnson, P. (1994). Assessing implicit learning with indirect tests: Determining what is learned about sequence structure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20(3), 585-594.
- Reingold, E. M. & Merikle, P. M. (1988). Using direct and indirect measures to study perception without awareness. *Perception & Psychophysics*, 44(6), 563-575.
- Revonsuo, A. & Newman, J. (1999). Binding and consciousness. *Consciousness and Cognition*, 8(2), 123-127.
- Robinson, W. (2007). *Epiphenomenalism (2. überarbeitete Version)*. [WWW-Dokument]. Zugangsdatum: 24.04.2009, verfügbar unter: <http://plato.stanford.edu/entries/epiphenomenalism/>

- Rogers, W. A., Hertzog, C. & Fisk, A. D. (2000). An individual differences analysis of ability and strategy influences: Age-related differences in associative learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(2), 359-394.
- Rose, M., Haider, H. & Büchel, C. (im Druck). The emergence of explicit memory during learning. *Cerebral Cortex*.
- Rose, M., Haider, H., Weiller, C. & Büchel, C. (2004). The relevance of the nature of learned associations for the differentiation of human memory systems. *Learning & Memory*, 11(2), 145-152.
- Rose, M., Haider, H., Weiller, C. & Büchel, C. (2002). The role of medial temporal lobe structures in implicit learning: An event-related fMRI study. *Neuron*, 36, 1221-1231.
- Rosenthal, D. M. (1993). State consciousness and transitive consciousness. *Consciousness and Cognition*, 2, 355-363.
- Rosenthal, D. M. (1997). A theory of consciousness (S. 729-753). In N. Block, O. Flanagan & G. Güzeldere (Eds.), *The nature of consciousness: Philosophical debates*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Rosenthal, D. M. (2000a). Consciousness, content, and metacognitive judgments. *Consciousness and Cognition*, 9, 203-214.
- Rosenthal, D. M. (2000b). Metacognition and higher-order thoughts. *Consciousness and Cognition*, 9(231-242).
- Rosenthal, D. M. (2004). Varieties of higher-order theory (S. 17-44). In R. J. Gennaro (Ed.), *Higher-Order theories of consciousness*. Amsterdam: John Benjamins Publishers.
- Rosenthal, D. M. (2005). *Consciousness and mind*. Oxford: Clarendon Press.
- Rünger, D. & Frensch, P. A. (2008). How incidental sequence learning creates reportable knowledge: The role of unexpected events. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 34(5), 1011-1026.
- Rünger, D. & Frensch, P. A. (2010). Defining consciousness in the context of incidental sequence learning: theoretical considerations and empirical implications. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 74(2), 121-137.
- Rünger, D., Nagy, G. & Frensch, P. A. (2009). Do recognition and priming index a unitary knowledge base? Comment on Shanks et al. (2003). *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(2), 572-585.
- Saito, S. & Baddeley, A. D. (2004). Irrelevant sound disrupts speech production: Exploring the relationship between short-term memory and experimentally induced slips of the tongue. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57A(7), 1309-1340.
- Schacter, D. L. & Buckner, R. L. (1998). On the relations among priming, conscious recollection, and intentional retrieval: Evidence from neuroimaging research. *Neurobiology of Learning and Memory*, 70, 284-303.
- Schmidtke, V. & Heuer, H. (1997). Task integration as a factor in secondary-task effects on sequence learning. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 60, 53-71.
- Servan-Schreiber, E. & Anderson, J. R. (1990). Learning artificial grammars with competitive chunking. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(4), 592-608.
- Seth, A. K. (2008). Theories and measures of consciousness develop together. *Consciousness and Cognition*, 17, 986-988.
- Shanks, D. R. (2003). Attention and awareness in "implicit" sequence learning. In L. Jiménez (Ed.), *Attention and implicit learning (S.11-42)*. New York: Benjamins.
- Shanks, D. R., Green, R. E. A. & Kolodny, J. (1994). A critical examination of the evidence for nonconscious (implicit) learning. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and Performance XV: Conscious and nonconscious information processing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Shanks, D. R. & Perruchet, P. (2002). Dissociation between priming and recognition in the expression of sequential knowledge. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(2), 362-367.
- Shanks, D. R. & St. John, M. F. (1994). Characteristics of dissociable human learning systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 17(3), 367-447.

- Shanks, D. R., Wilkinson, L. & Channon, S. (2003). Relationship between priming and recognition in deterministic and probabilistic sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(2), 248–261.
- Singer, W. (1994). The organization of sensory motor representations in the neocortex: A hypothesis based on temporal coding. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and performance XV: Conscious and nonconscious information processing* (S. 77-107). Cambridge, MA: MIT Press.
- Squire, L. R. (1992). Memory and the hippocampus: A synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, 99(2), 195-231.
- Stadler, M. A. (1995). Role of attention in implicit learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(3), 674-685.
- Stadler, M. A. (1997). Distinguishing implicit and explicit learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4(1), 56-62.
- Stins, J. F. (2009). Establishing consciousness in non-communicative patients: A modern-day version of the Turing test. *Consciousness and Cognition*, 18, 187–192.
- Stöcker, C. & Hoffmann, J. (2004). The ideomotor principle and motor sequence acquisition: Tone effects facilitate movement chunking. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 68, 126–137.
- Tamayo, R. & Frensch, P. A. (2007). Interference produces different forgetting rates for implicit and explicit knowledge. *Experimental Psychology*, 54(4), 304–310.
- Tombu, M. & Jolicoeur, P. (2002). All-or-none bottleneck versus capacity sharing accounts of the psychological refractory period phenomenon. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 66, 274–286.
- Tremblay, S., Nicholls, A. P., Alford, D. & Jones, D. M. (2000). The irrelevant sound effect: Does speech play a special role? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(6), 1750-1754.
- Tubau, E., Hommel, B. & Lopez-Moliner, J. (2007). Modes of executive control in sequence learning: From stimulus-based to plan-based control. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(1), 43-63.
- Varela, F., Lachaux, J.-P., Rodriguez, E. & Martinerie, J. (2001). The Brainweb: Phase Synchronization and large-scale Integration. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 229-239.
- von der Malsburg, C. (1995). Binding in models of perception and brain function. *Current Opinion in Neurobiology*, 5, 520-526.
- von der Malsburg, C. & Schneider, W. (1986). A neural cocktail-party processor. *Biological Cybernetics*, 54, 29-40.
- Weiskrantz, L. (1996). Blindsight revisited. *Current Opinion in Neurobiology*, 6(2), 215-220.
- Wessel, J. R. (2008). *Elektrophysiologische Korrelate der Entstehung und Manifestation von Regelwissen in impliziten Lernsituationen*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität zu Köln.
- Whittlesea, B. W. & Dorken, M. D. (1993). Incidentally, things in general are particularly determined: An episodic-processing account of implicit learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122(2), 227-248.
- Whittlesea, B. W. & Williams, L. D. (1998). Why do strangers feel familiar, but friends don't? A discrepancy-attribution account of feelings of familiarity. *Acta Psychologica*, 98(2-3), 141-165.
- Whittlesea, B. W. & Williams, L. D. (2000). The source of feelings of familiarity: The discrepancy-attribution hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(3), 547-565.
- Wilbert, J. (2006). *Die Etikettierung eines Verhaltens als fehlerhaft. Eine empirische Untersuchung zur bewussten Gewahrnehmung eigener Verhaltensfehler*. Lengerich: Pabst.
- Wilkinson, L. & Shanks, D. R. (2004). Intentional control and implicit sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(2), 354–369.
- Willingham, D. B. (1998). A neuropsychological theory of motor skill learning. *Psychological Review*, 105(3), 558-584.

- Willingham, D. B., Greeley, T. & Bardone, A. M. (1993). Dissociation in a serial response time task using a recognition measure: Comment on Perruchet and Amorim (1992). *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19(6), 1424-1430.
- Willingham, D. B., Nissen, M. J. & Bullemer, P. (1989). On the development of procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(6), 1047-1060.
- Wilson, M. & Bower, J. M. (1992). Cortical oscillations and temporal interactions in a computer simulation of piriform cortex. *Journal of Neurophysiology*, 67(4), 981-995.
- Zelazo, P. D. (1999). Self-reflection and the development of consciously controlled processing. In P. Mitchell & K. J. Riggs (Eds.), *Children's reasoning and the mind* (S. 169–189). Hove, UK: Psychology Press.
- Zirngibl, C. & Koch, I. (2002). The impact of response mode on implicit and explicit sequence learning. *Experimental Psychology*, 49(2), 153-162.