

Stoffer, Thomas H.

## Implizites Lernen von Reizstrukturen: Ist ein Erwerb impliziten musikalisch-syntaktischen Wissens allein durch Musikhören möglich?

*Unterrichtswissenschaft 28 (2000) 3, S. 218-238*



Quellenangabe/ Reference:

Stoffer, Thomas H.: Implizites Lernen von Reizstrukturen: Ist ein Erwerb impliziten musikalisch-syntaktischen Wissens allein durch Musikhören möglich? - In: Unterrichtswissenschaft 28 (2000) 3, S. 218-238 - URN: urn:nbn:de:0111-opus-54720 - DOI: 10.25656/01:5472

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-opus-54720>

<https://doi.org/10.25656/01:5472>

in Kooperation mit / in cooperation with:

# BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

### Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, auführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

### Kontakt / Contact:

peDOCS  
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation  
Informationszentrum (IZ) Bildung  
E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)  
Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Digitalisiert

Mitglied der  
  
Leibniz-Gemeinschaft

---

# Unterrichtswissenschaft

Zeitschrift für Lernforschung  
28. Jahrgang / 2000 / Heft 3

---

## Thema:

### Lernen en passant – implizites Lernen

Verantwortlicher Herausgeber:  
Rolf Oerter

Rolf Oerter:  
Einleitung 194

Georg Hans Neuweg:  
Mehr lernen, als man sagen kann:  
Konzepte und didaktische Perspektiven impliziten Lernens 197

Thomas H. Stoffer:  
Implizites Lernen von Reizstrukturen:  
Ist Erwerb impliziten Wissens allein durch Musikhören möglich? 218

Rolf Oerter:  
Implizites Lernen beim Sprechen, Lesen und Schreiben 239

## Allgemeiner Teil

Michael Kerres, Thomas Jechle:  
Betreuung des mediengestützten Lernens in telematischen  
Lernumgebungen 257

**Buchbesprechungen** 278

193

---

Thomas H. Stoffer

## **Implizites Lernen von Reizstrukturen: Ist ein Erwerb impliziten musikalisch- syntaktischen Wissens allein durch Musikhören möglich?**

Implicit learning of stimulus structures:

Is it possible to acquire implicit music-syntactic knowledge just by listening to music?

---

*In der experimentellen Literatur zum impliziten Lernen ist es strittig, ob es außer einem impliziten Lernen von Reaktionsfolgen auch eines von Reizstrukturen gibt. Die zu dieser Frage relevante Literatur wird gesichtet, um die Frage zu beantworten, ob die Ergebnisse dieser Untersuchungen eine Übertragung auf den Erwerb eines impliziten musikalisch-syntaktischen Wissens alleine durch Hören von Musik zulassen. Neueste Untersuchungen, die implizites Lernen von Reizstrukturen nachweisen, enthalten auch Hinweise darauf, dass implizites Wissen über Reizstrukturen eine Funktion für mehrere Aspekte die Steuerung der Aufmerksamkeit besitzt. Diese Befunde lassen sich im Rahmen der Theorie dynamischer Ereignismodelle und ihrer Funktion für die Top-Down-Steuerung der Aufmerksamkeit (Prinz, 1989, 1990) integrieren. Dieser theoretische Ansatz wird auf den Erwerb eines impliziten musikalisch-syntaktischen Wissens durch Musikhören übertragen und auf die Beschreibung der Funktionen dieses Wissens für die Steuerung der Aufmerksamkeit beim Hören von Musik angewendet.*

*There is a dispute in the experimental literature on implicit learning whether there is evidence of stimulus learning in addition to the well established response learning. We review the relevant literature in order to answer the question whether the results of this research can be generalized to the acquisition of an implicit music-syntactic knowledge just by listening to music. New research that provides evidence of implicit stimulus learning also points to the fact that there is a functional relationship between implicit knowledge of a stimulus structure and the top-down control of attention allocation. These results can be integrated into the theory of dynamic internal models (Prinz, 1989, 1990) and their function in the control of attention allocation; in addition they can be employed to describe implicit learning of music-syntactic knowledge and its function in the control of attention while listening to music.*

Die Erforschung impliziten Lernens hat sich seit ihren Anfängen bei Reber (1967) zu einem äußerst produktiven Forschungsgebiet entwickelt, dessen Zenit keineswegs schon überschritten ist. Die mit den verschiedensten experimentellen Paradigmen gewonnenen, recht uneinheitlichen Befunde haben bisher nur zu unbefriedigenden Belegen für die Existenz impliziten Lernens

im Sinne eines unbewussten Wissenserwerbs geführt (Shanks & St. John, 1994). In dieser Situation verspricht eine sich abzeichnende thematische Schwerpunktverlagerung eine fruchtbare neue Perspektive: Statt die Unterscheidung zwischen implizitem und explizitem Lernen qualitativ zu begründen, indem man mit immer weiter verbesserten Methoden nachzuweisen versucht, dass implizites im Unterschied zu explizitem Lernen nicht zu bewusstem Wissen führt, stehen gegenwärtig funktionale Unterschiede zwischen Lernarten im Zentrum des Interesses (Frensch, 1998; Goschke, 1998).

Der prototypische Fall impliziten Lernens ist der Erwerb grammatikalischen Wissens. Der aufgrund von Ähnlichkeiten zwischen Musik und Sprache (s. Stoffer, 1990) als analog zu betrachtende Fall, der Erwerb eines impliziten musikalisch-syntaktischen Wissens (Überblick bei Stoffer, 1996), ist bislang ein Stiefkind der Musikpsychologie. Goschke (1998) führt zwar Beispiele aus der Musik an, die bislang existierende Literatur zum impliziten Lernen musikalisch-syntaktischen Wissens beschränkt sich jedoch auf nur zwei Arbeiten (Bigand, Perruchet & Boyer, 1998; Stoffer & Vogelhuber, 1988). Beim Versuch, Erkenntnisse zum impliziten Lernen auf den musikalischen Bereich zu übertragen, zeigt sich, dass offenbar zwei Probleme für die Erklärung impliziten Lernens im Bereich der Musik bestehen: 1. Relationale Strukturen, die über die zeitliche Abfolge hinaus signifikante Beziehungen zwischen den Elementen zum Gegenstand haben, können offenbar unter Bedingungen, unter denen gewöhnlich implizites Lernen experimentell nachgewiesen werden kann, nicht gelernt werden (Hoffmann & Koch, 1998); aber gerade diese Art von Strukturen ist für Musik konstitutiv. 2. Bis vor kurzem war die Auffassung verbreitet (s. Nattkemper & Prinz, 1997), dass beim impliziten Lernen im Wesentlichen Strukturen von Reaktionsabfolgen gelernt werden. Wäre diese Aussage auf den Bereich der Musik generalisierbar, wären nur kompetente Instrumentalisten wirklich in der Lage, musikalisch-syntaktische Regelmäßigkeiten implizit zu lernen. Die durch die Alltagserfahrung gestützte Ansicht, ohne explizite Unterweisung könne implizites Wissen über musikalische Strukturen alleine durch Musikhören entstehen, wäre also unplausibel.

Wir wollen im Folgenden untersuchen, welche Anhaltspunkte die vorliegende experimentelle Literatur zum impliziten Lernen liefert, um die Hypothese impliziten Lernens musikalisch-syntaktischen Wissens alleine durch Anhören von Musik zu stützen. Diese Frage ist deshalb von Interesse, weil nur relativ wenige Menschen musikalisches Wissen im Kontext des Erlernens eines Instruments erwerben. Dabei müssen wir die allgemeinere Frage diskutieren, ob implizites Lernen alleine durch Wahrnehmung der Regelmäßigkeiten auf Seiten der Reizstrukturen möglich ist; nur wenn hierauf eine positive Antwort zu geben ist, lassen sich die Befunde zum impliziten Lernen auf den Erwerb eines impliziten musikalisch-syntaktischen Wissens durch Musikhören übertragen.

Zunächst stellen wir experimentelle Paradigmen dar, die zum Nachweis impliziten Lernens von Reizstrukturen der Umwelt verwendet wurden, und ver-

suchen die Frage zu beantworten, welche Art von Information implizit gelernt werden kann (s. Punkt 1); dann skizzieren wir die Befundlage auf dem Hintergrund der Fragestellung, welche qualitativen Unterschiede zwischen implizitem und explizitem Lernen bestehen, und berichten erste Resultate der sich abzeichnenden neueren Forschungsperspektive, die funktionale Unterschiede zwischen dem Erlernen von Reizmusterstrukturen und Reaktionsmustern belegen (s. Punkt 2). In diesem Zusammenhang werden wir die Theorie dynamischer Ereignismodelle von Prinz (1986, 1990) mit dem impliziten Lernen von Reizstrukturen in Verbindung bringen (s. Punkt 3). Die Verallgemeinerung dieses Ansatzes erweist sich sowohl als geeignet zur Erklärung impliziten Lernens musikalisch-syntaktischer Strukturen als auch zur Erklärung einiger Phänomene des Musikhörens.

## 1. Experimentelle Paradigmen

Der Terminus „implizites Lernen“ bezeichnet das Phänomen, dass Personen lernen, ihre Handlungen von komplexen und für sie neuen strukturellen Gegebenheiten ihrer Umwelt abhängig zu machen, ohne eine diesbezügliche Intention zu besitzen und ohne Bewußtsein für den Inhalt des Gelernten. Vier Merkmale werden zur Definition impliziten Lernens herangezogen (s. Berry & Dienes, 1993): 1. *Komplexität der Reizstrukturen*: Sie geht über die Bildung einfacher Assoziationen zwischen Reizen hinaus; erst ab einer gewissen Mindestkomplexität zeigt sich die hohe Leistungsfähigkeit der am impliziten Lernen beteiligten kognitiven Systeme beim Aufbau zeitlich, räumlich und hinsichtlich struktureller Merkmale organisierter Repräsentationen. 2. *Beiläufigkeit des Lernens*: Gelernt werden Kontingenzen zwischen Regelmäßigkeiten in der Umwelt und dem Handeln ohne intentionale Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf sie. 3. *Neuartigkeit des Reizmaterials*: Dieses Kriterium dient zur Unterscheidung von Aufgaben, die implizites Lernen erfordern, von Aufgaben, die nur eine Aktivierung bereits bestehenden impliziten Wissens erfordern. 4. *Unbewusstheit des Lernens und resultierenden Wissens*: Dieses Kriterium war Hauptgegenstand derjenigen Forschung, die nach qualitativen Unterschieden zwischen implizitem und explizitem Lernen suchte.

### 1.1 Erlernen künstlicher Syntaxen

Häufig wird das Erlernen einer Sprache als paradigmatischer Fall impliziten Lernens betrachtet. Eine naheliegende Möglichkeit, Fragestellungen zum impliziten Lernen zu untersuchen, besteht daher in der experimentellen Simulation dieses Vorgangs unter Verwendung künstlicher Syntaxen. Das von Reber (1967) eingeführte experimentelle Paradigma besteht aus zwei Versuchsabschnitten, denen ein optionaler dritter folgen kann: Der erste Abschnitt dient dem inzidentellen Erwerb impliziten Wissens, der zweite der Überprüfung des Lernerfolgs und der optionale dritte der Feststellung des Umfangs korrekten expliziten Wissens. Im ersten Abschnitt lernen die Ver-

suchspersonen (Vpn) kleine Gruppen von Zeichenketten. Auch andere Aufgaben sind möglich, sofern sie die Vpn nicht auf die Tatsache regelhafter Zeichenfolgen lenken, z.B. reines Betrachten (z.B. Reber & Allen, 1978) oder Urteilsskalierungen (z.B. McAndrews & Moscovitch, 1985). Die Zeichenketten werden auf der Basis einer „finite state grammar“ generiert, die lineare Strukturen erzeugt. Zur Kontrolle werden auch Zeichenketten mit Zufallsfolgen gelernt. Im zweiten Abschnitt haben die Vpn die Aufgabe, die syntaktische Wohlgeformtheit neuer Zeichenketten zu beurteilen, von denen die Hälfte den Regeln der Syntax folgt. Im optionalen dritten Abschnitt haben die Vpn die Aufgabe, die den syntaktisch wohlgeformten Zeichenketten zugrunde liegenden Regeln explizit zu formulieren.

Implizites Lernen wird diagnostiziert, wenn mindestens folgendes Hauptkriterium erfüllt ist: Die Fehlerrate in der Aufgabe, die syntaktische Wohlgeformtheit der Zeichenketten zu beurteilen, muß bei syntaktisch wohlgeformten Ketten signifikant geringer als bei Zufallszeichenketten sein. Außerdem sollte das Kriterium erfüllt sein, dass der zu beobachtende Lernfortschritt für syntaktisch wohlgeformte Zeichenketten größer als für Zufallszeichenketten ausfallen sollte (z.B. Reber, 1967). Wird auch die optionale Bedingung realisiert, in der explizites Wissen über die Regeln, die den syntaktisch wohlgeformten Zeichenketten zugrundeliegen, erfragt wird, sollten hier die Befunde möglichst keine Hinweise auf korrektes explizites Regelwissen ergeben. Der Syntaxtest zeigt typischerweise eine Diskriminationsfähigkeit in Höhe von 60-80% korrekter Entscheidungen (Reber, 1989). Auch die zu erwartende höhere Lerngeschwindigkeit im ersten Versuchsabschnitt stellt sich in der Regel ein (Reber, 1989). Das dritte Kriterium, kein Hinweis auf korrektes explizites Wissen, wird dagegen nicht regelmäßig erfüllt: Manche Vpn zeigen ein partiell zutreffendes (z.B. Gomez, 1997), die Mehrzahl jedoch kein oder ein weitgehend unzutreffendes explizites Wissen (Reber & Lewis, 1977).

## 1.2 *Serielle Reaktionszeitaufgabe*

Nissen und Bullemer (1987) stellten eine Methode vor, durch die implizites Lernen auf der Basis von Reaktionszeitunterschieden zwischen verschiedenen Bedingungen demonstriert wurde. Das Paradigma beruht darauf, dass Wahlreaktionen, die antizipiert werden können, schneller ausgeführt werden als solche, die nicht antizipierbar sind. Vergleicht man Reaktionen bei Reizsequenzen, deren Elemente bezüglich ihrer räumlichen Position einem Muster folgen, mit Zufallssequenzen, sollten für die regelhaften Sequenzen dann kürzere Reaktionszeiten (RZ) zu beobachten sein, sobald die Vpn zu einer erfolgreichen Antizipation in der Lage sind. Eine schnellere Reaktion aufgrund erfolgreichen Antizipierens ist möglich, sobald die Vpn über ein Wissen verfügen, dass eine Auswahl der jeweils nächsten Wahlreaktion bereits zu einem Zeitpunkt ermöglicht, zu dem das Reizmuster noch nicht präsentiert wurde.

Konkret sah die Methode bei Nissen und Bullemer (1987) folgendermaßen aus: An einer von vier Positionen erschien auf dem Bildschirm ein Reizob-

jekt, auf das durch Drücken einer der vier räumlich korrespondierenden Tasten so schnell wie möglich zu reagieren ist. In der experimentellen Bedingung, in der eine Antizipation der Position des Reizobjekts möglich ist, werden nacheinander zehn Darbietungen vorgenommen, die einem regelhaften Muster folgen. In der Kontrollbedingung, in der keine Antizipation möglich ist, wird das Reizobjekt an zufällig gewählten Positionen dargeboten. Die Vpn der experimentellen Bedingung werden nicht darüber informiert, dass ein bestimmtes Positionsmuster vorliegt.

Kriterium erfolgreichen Lernens ist die stärkere Abnahme der RZ in aufeinander folgenden Versuchsblöcken in der Bedingung mit geordneter Abfolge der Reizpositionen im Vergleich zur RZ-Abnahme in der Bedingung mit Zufallsfolgen. Zur Feststellung, ob implizites oder explizites Lernen stattgefunden hat, werden die Vpn im Anschluß an das Experiment nach dem Abfolgemuster befragt. In der Regel zeigen Vpn, die das Abfolgemuster erkannt haben, ebenso eine Abnahme der RZ wie Vpn, die sich eines Musters in der Abfolge nicht bewusst sind; bei ersteren ist jedoch eine stärkere RZ-Abnahme als bei letzteren zu beobachten (Willingham, Nissen & Bullemer, 1989). Das deutet darauf hin, dass auch, aber nicht ausschließlich implizit gelernt worden ist.

### *1.3 Auswertung von Merkmalsvariabilität*

Kovariationen zwischen zahlreichen Merkmalen zu lernen, spielt beim Spracherwerb eine große Rolle. Das Erlernen syntaktischer Kategorien profitiert davon, wenn eine Sprache einen hohen Grad an Systematizität besitzt (Billman, 1989), d.h. wenn die syntaktischen Regeln der Sprache hochgradig kovariieren. Das ist der Fall, wenn mehrere Merkmale aufgrund hoher Kovariation auf dieselbe syntaktische Kategorie konvergieren. Ein musikalisches Beispiel mag diesen Sachverhalt verdeutlichen: Das Ende einer musikalischen Phrase wird im klassisch-romantischen Kompositionsstil durch die zum Grundton hinführende Melodiekontur signalisiert, durch gleichzeitiges Erreichen der Tonika, der meistens ein Dominantakkord vorausgeht, und durch eine relative Verlängerung des letzten Notenwerts gegenüber den vorausgegangenen.

Komplexe Umweltstrukturen mit kovariierenden Merkmalen sollten wegen ihrer Redundanz implizites Lernen begünstigen (Billman, 1989), vorausgesetzt, Merkmalskovariationen können überhaupt implizit gelernt werden. Billman und Knutson (1996) belegen in ihren Untersuchungen zum entdeckenden Konzeptlernen, dass experimentell bedingte Vereinfachungen des Lernmaterials eher die Schwierigkeit des Lernens steigern als sie zu reduzieren: In der Umwelt natürlicherweise gegebene Merkmalskovariationen helfen, die Aufmerksamkeit auf signifikante Informationskomponenten zu lenken (s.a. Punkt 3). Implizites Lernen von Merkmalskovariationen wurde auch von Lewicki (1986) demonstriert. Er bot den Vpn Gesichter dar, die mit Beschreibungen von Persönlichkeitsmerkmalen gekoppelt waren. Die Vpn

lernten solche in der realen Umwelt eher zufällig auftretenden Kovariationen, wie z.B. die zwischen Haarlänge und einem Persönlichkeitsmerkmal, ohne von den Vpn bewußt registriert zu werden. Hier wurde die RZ für das Beantworten von Fragen, die sich auf Kovariationen bezogenen, mit der von in dieser Hinsicht irrelevanten Fragen verglichen, wobei sich herausstellte, dass die RZ zwischen Fragen, die auf Kovariationen bezogen waren, und denen, die irrelevant waren, deutlich diskriminierte und so anzeigte, dass Kovariationen tatsächlich gelernt worden waren. Musen und Squire (1993) verwendeten Stroop-Reize: Bei Farbwörtern zeigte sich eine Abnahme der RZ, wenn Schriftfarbe und vom Farbwort bezeichnete Farbe kovariierten, relativ zur Bedingung ohne Kovariation.

Sind Invarianten in einer Merkmalsvariabilität zu entdecken, führt dies zur Bildung wahrnehmungsnaher Kategorien (Prototypen). Seger (1994) zählt die unterschiedlichen experimentellen Vorgehensweisen, die zum Prototyplernen führen, ebenfalls zu den experimentellen Paradigmen des impliziten Lernens, obwohl es kaum Daten darüber gibt, ob das erworbene Wissen zutreffend als implizites Wissen zu bezeichnen ist. Posner und Keele (1968) berichten, dass die meisten Vpn keinerlei Regeln berichten können, nach denen sie Reizmuster kategorisiert haben; in den wenigen Fällen, in denen Regeln formuliert wurden, waren sie in hohem Maße ideosynkratisch. Das experimentelle Vorgehen rechtfertigt die Annahme, es könnte sich um implizites Lernen handeln: In der ersten Versuchsphase werden den Vpn Reizmuster gezeigt, die Beispiele eines oder mehrerer Konzepte darstellen. Die Aufgabe thematisiert nicht die Suche nach den den Reizmustern zugrunde liegenden Konzepten, so dass die Voraussetzung für inzidentelles Lernen vorliegt. In der Testphase sind neue Exemplare entsprechend den zugrundeliegenden Kategorien zu klassifizieren.

McGeorge und Burton (1990) haben ein experimentelles Paradigma vorgestellt, das dem Nachweis impliziten Lernens invarianter Merkmale dient. In der Lernphase werden nacheinander dreißig Folgen von je vier Ziffern im Rahmen einer Kopfrechenaufgabe dargeboten. Die Vpn sind nicht darüber informiert, dass alle Ziffernfolgen als Invariante die Ziffer „3“ enthielten. Die Testphase besteht in der Beantwortung von Fragen des folgenden Typs: „Welche von beiden Ziffernfolgen haben Sie vorher schon gesehen: 6 4 1 7 oder 1 5 3 2?“. Keine der beiden Ziffernfolgen wird in der Lernphase tatsächlich dargeboten, allerdings enthält eine der beiden Ziffernfolgen stets die Ziffer „3“. Die Erwartung war, dass dann, wenn Invarianten tatsächlich implizit gelernt werden, die Vpn auf die Testfragen häufiger diejenige Ziffernfolge als bereits dargeboten nennen sollten, die die „3“ enthält; gleichzeitig sollten sie nicht angeben können, nach welchem Kriterium sie diese Entscheidung getroffen haben. Tatsächlich fielen die Befunde von McGeorge und Burton (1990) wie erwartet aus.

Bright und Burton (1994) versuchten, diese Befunde mit Uhrzeigerstellungen zu replizieren. Dabei stellte sich heraus, dass zwar etwas implizit gelernt worden war, es sich dabei jedoch nicht um die Invariante (Zeigerstellungen

stets zwischen 6 und 12 Uhr) handelte: Die Vpn konnten in der Testphase nur die nicht der Invariante entsprechenden Zeigerstellungen als „noch nicht dargeboten“ zuverlässig ablehnen; sie konnten die der Invariante entsprechende Zeigerstellung jedoch nicht als „schon dargeboten“ klassifizieren. Churchill und Gilmore (1998) wiesen nach, dass das Urteil in der Testphase tatsächlich erst in zweiter Linie von der impliziten Kenntnis der Invariante abhängt: Dominant ist in diesem Fall der komplementäre Vorgang, der sich auf Wissen über die Merkmalskomposition der zuvor präsentierten Reizmaterialien stützt. Er besteht darin zu erkennen, dass ein Testitem nicht zu den zuvor präsentierten Reizmustern passt. Dennoch ist damit nicht ausgeschlossen, dass auch Invarianten gelernt werden, die resultierende Repräsentation also sowohl Informationen über variable Merkmale enthält als auch über invariante Merkmalsbündel, die Objekte konstituieren. Die Annahme, wonach als Resultat impliziten Lernens Invarianten repräsentiert sein sollten, wird zusätzlich durch die Beobachtung gestützt, dass vereinzelt eingestreute, von der Regelmäßigkeit der Reizstrukturen abweichende Reizmuster das Lernen kaum beeinträchtigen (Cleeremans & McClelland, 1991; Eimer, Goschke, Schlaghecken & Stürmer, 1996).

#### *1.4 Was wird beim impliziten Lernen gelernt?*

Die bislang besprochenen Beispiele impliziten Lernens zeigen, dass hieran zwei Komponenten beteiligt sind: die Wahrnehmung von Merkmalen der phänomenalen Welt und die auf sie bezogenen Handlungen. Die Leistung des Wahrnehmungssystems besteht in einer Analyse der Variabilität von Objektmerkmalen. Gelernt werden dabei sowohl Kovariationen zwischen Merkmalen als auch das, was in der Variabilität der Merkmale als konstante Konfiguration in Erscheinung tritt und daher konstitutiv für Objekte ist: strukturelle Invarianten, d.h. räumlich und zeitlich strukturierte Regelmäßigkeiten von Merkmalsbündeln. Kovariationslernen ist zum Erkennen von Phrasenstrukturgrenzen in der Musik von zentraler Bedeutung, denn auf den verschiedenen Hierarchieebenen der musikalischen Struktur sind es unterschiedliche Merkmalskombinationen, die Phrasenstrukturgrenzen markieren: So kann z.B. in einem Volkslied die Grenze zwischen einem zweitaktigen Motiv und dem Anschlußglied durch einen relativ langen Ton, aber kaum durch eine Pause markiert werden; die Grenze zwischen einem viertaktigen Vordersatz und dem folgenden Nachsatz wird dagegen häufig durch das Zusammentreffen beider Merkmale markiert (Stoffer, 1979). Musikalische Invarianten sind z.B. Motive unabhängig von deren Variationen innerhalb eines Musikstücks, aber auch prototypische melodische Verlaufsfiguren (Wiederholung, Sequenzierung u. dgl.) sowie Harmonieprogressionen (z.B. das Auftreten eines Quartsextakkords vor einer Solokadenz und deren Abschluß durch Dominantsextakkord und Tonika). Gelernt werden kann aber auch das Komplement zu den Invarianten, d.h. Merkmale dieser Variabilität selbst, die den variablen Hintergrund (Kontext) abgeben, vor dem sich erst Objekte als relativ konstante Merkmalsbündel abheben. Dies führt zu Re-

präsentationen der Objekte als an einen spezifischen Kontext gebunden, wodurch kontextabhängige Erwartungen entstehen. Beim Musikhören sind sie im Spiel, sobald Erwartungen über den musikalischen Fortgang durch formtypenspezifisches und stilistisches Wissen beeinflusst werden. Die zweite Komponente besteht in der Anpassung der zur Verfügung stehenden Handlungsalternativen an diese Repräsentationen der phänomenalen Welt. Sie etabliert Kovariationen zwischen Merkmalen der Reizmuster und des Kontextes, in dem sie auftreten, mit den Merkmalen der jeweils situationsadäquaten Handlungsalternativen. Diese Komponente des impliziten Lernens spielt sicherlich für das Erreichen einer hohen Kompetenz beim Instrumentalspiel eine bedeutende Rolle.

Hoffmann und Koch (1998) stellen die Frage, was beim impliziten Lernen gelernt wird, wobei sie zwischen drei Arten von Reizstrukturen unterscheiden: 1. Strukturen, die aufgrund des gemeinsamen Auftretens von Informations-elementen entstehen; diese Strukturen werden von künstlichen Syntaxen beschrieben, wie sie im Reber-Paradigma verwendet werden, und können offensichtlich implizit gelernt werden; 2. Strukturen auf der Basis räumlicher und zeitlicher Anordnungen der Elemente; sie werden im Rahmen des seriellen Reaktionszeitparadigmas offenbar ebenfalls implizit gelernt; und 3. relationale Strukturen, die entstehen, wenn zwischen Elementen Beziehungen auf der Basis nichträumlicher Merkmale bestehen, wie z.B. bei der Tonhöhe der Fall, die Intervallbeziehungen konstituiert. Implizites Lernen musikalisch-syntaktischer Strukturen alleine durch Hören von Musik wäre nur dann möglich, wenn sich nachweisen ließe, dass auch relationale Strukturen unter inzidentellen Bedingungen erlernbar sind.

Experimente von Stoffer und Vogelhuber (1988) belegen zwar, dass ein implizites Lernen melodischer Regelmäßigkeiten möglich ist, sie zeigen jedoch nicht, ob tatsächlich relationale Strukturen gelernt wurden oder lediglich zeitliche Abfolgen der Elemente. Die einzige Arbeit, die implizites Lernen relationaler Strukturen untersuchte, ist die von Hoffmann und Sebold (1996). Relationale Strukturen konnten entweder in der Reiz- oder in der Reaktionssequenz auftreten. Die zwischen Reaktionen erwiesen sich als implizit erlernbar, die zwischen Reizelementen nicht. Bevor man jedoch voreilig schlussfolgert, dass dann auch relationale Strukturen in Musik durch Hören alleine nicht implizit erlernbar sein sollten, muß man die in der Untersuchung verwendeten Reizelemente und deren Relationen genauer betrachten. Es handelte sich nämlich um Buchstaben, deren Relationen ausschließlich in ihrer alphabetischen Reihenfolge bestanden. Diese Relationen konstituieren sich jedoch nicht durch Merkmalsvariation, wie das bei der Tonhöhe und der Intervallrelation der Fall ist. Hier wurde also nur gezeigt, dass erlernte, nicht durch die Variation von Reizmerkmalen unterstützte Ordnungsrelationen nicht implizit gelernt werden. Es ist daher nicht ausgeschlossen, dass Regelmäßigkeiten auf der Basis merkmalsgestützter perceptiver Relationen implizit erlernbar sind.

## 2. Von der qualitativen zur funktionalen Differenzierung verschiedener Lernarten

Die ursprüngliche Forschungsstrategie bestand darin, Unterschiede zwischen implizitem und explizitem Lernen nachzuweisen, die in erster Linie qualitativer Art waren. Im Zentrum stand hier der Nachweis, dass implizites Lernen unbewusst abläuft (s. Punkt 2.1). Dieses qualitative Merkmal wurde jedoch mit der funktionalen Hypothese in Verbindung gebracht, wonach implizites Lernen ohne Aufmerksamkeit möglich sei (s. Punkt 2.2). In jüngster Zeit wurde diskutiert, ob implizites Lernen ganz auf den Erwerb von Reaktionsabfolgen einzuschränken sein könnte; neuere Untersuchungen zeigen jedoch auch Belege für implizites Reizmusterlernen (s. Punkt 2.3). Im Rahmen dieser Diskussion wurde die Tendenz deutlich, die qualitativen Unterschiede im Sinne funktionaler Unterschiede zu deuten und prozessuale Vorstellungen zum impliziten Lernen zu entwickeln.

### 2.1 *Bewusstes vs. unbewusstes Lernen*

Eine naheliegende Strategie der qualitativen Differenzierung zwischen unbewusstem und bewußtem Lernen besteht im Vergleich des Lernerfolgs unter Bedingungen inzidentellen Lernens (implizite Lernbedingung) und solchen, in denen die Vpn instruiert sind, nach den im Reizmaterial enthaltenen Regelmäßigkeiten zu suchen (explizite Lernbedingung). Reber (1976) verglich eine implizite mit einer expliziten Lernbedingung. Die Ergebnisse zeigten in der expliziten im Vergleich zur impliziten Lernbedingung eine deutlich geringere Diskriminationsfähigkeit hinsichtlich der syntaktischen Wohlgeformtheit. Dieses Befundmuster sowie die Feststellung, dass die von den inzidentell lernenden Vpn anschließend formulierten Regeln überwiegend inadäquat waren, führten Reber und Mitarbeiter zu der Generalisierung, dass jeder Erwerb impliziten Wissens ohne bewußte Kontrolle ablaufe (Reber, Allen & Regan, 1985). Während Howard und Ballas (1980) vergleichbare Ergebnisse berichteten, registrierten Mathews, Buss, Stanley, Blanchard-Fields, Cho und Druhan (1989) jedoch keine Unterschiede zwischen impliziter und expliziter Lernbedingung.

In Experimenten dieses Typs wird zu zeigen versucht, dass unter inzidentellen Lernbedingungen ein Wissen erworben wird, das sich in der Variation eines Leistungsmaßes äußert, während gleichzeitig ein Maß, das den Grad der Bewusstheit der gelernten Informationen zu erfassen versucht, keinen Hinweis auf bewußte Verfügbarkeit dieser Information liefert. Experimente, die diesem Dissoziationsparadigma folgen, bilden das Rückgrat der empirischen Basis für die Beantwortung der Frage, ob implizites Lernen als ein Lernen ohne bewußte Verarbeitungsprozesse betrachtet werden kann. Shanks und St. John (1994) wiesen nach, dass die Sensitivität des Maßes für implizites Wissen meistens sehr viel größer ist als die des Bewusstheitsmaßes für die gelernte Information. Solange jedoch dieser Sensitivitätsun-

terschied besteht, könnten die negativen Befunde hinsichtlich des Vorhandenseins expliziten Wissens auch darauf zurückzuführen sein, dass die Sensitivität des Bewusstseismaßes nicht ausreicht, um wirklich alles explizite Wissen zu erfassen. Die empirische Evidenz für die Hypothese der Unbewusstheit impliziten Lernens wird durch Befunde von Perruchet und Mitarbeitern (Perruchet & Amorim, 1992; Perruchet, Bigand und Benoit-Gonin, 1997) noch geschwächt, die bereits in einer frühen Phase des inzidentellen Lernens reliables explizites Wissen nachweisen konnten, obwohl in den Daten noch kein Anhaltspunkt für den Erwerb von Wissen gegeben war.

Berücksichtigt man jedoch die Befunde von Eimer et al. (1996), muss man nicht notwendigerweise zu der Schlussfolgerung kommen, eine Unterscheidung zwischen implizitem und explizitem Lernen sei nicht sinnvoll. Sie zeichneten ereigniskorrelierte Gehirnpotentiale während einer seriellen Reaktionszeitaufgabe auf. Aufgrund einer Befragung teilten sie nach dem Experiment die Vpn in eine Gruppe ein, die nur über implizites Wissen verfügte, und eine Gruppe, die über explizites Wissen verfügte. Die zu lernenden Sequenzen enthielten teilweise Reize, die an einer bestimmten Stelle innerhalb der Sequenz nicht zu erwarten waren (deviante Reize). Der Lernerfolg wurde durch eine Reduzierung der RZ auf in der Sequenz richtig positionierte Reize im Vergleich zu devianten Reizen gemessen. Vpn, die über explizites Wissen verfügten, produzierten den gleichen Betrag an RZ-Reduzierung wie Vpn, die nicht über ein solches Wissen verfügten, d.h. der Lernerfolg war in beiden Gruppen gleich hoch. Unterschiede ergaben sich dagegen in den EEG-Maßen: Vpn mit explizitem Wissen zeigten die typischerweise nach 200 ms auftretende Negativierung (N2), die ein Entdecken eines devianten Reizes anzeigt; das lateralisierte Bereitschaftspotential, das die Aktivierung der rechten oder linken Reaktionshand signalisiert, war bei devianten Reizen auf der der falschen Reaktion zugeordneten Seite zu beobachten. Vpn, die nur über implizites Wissen verfügten, hatten keine ausgeprägte N2-Komponente und kein lateralisiertes Bereitschaftspotential bei devianten Reizen. Hier ergab sich also eine Dissoziation, die für zwei Arten von Lernen spricht: Auf Seiten der über explizites Wissen verfügenden Vpn ist das Lernen durch die Detektion von devianten Reizereignissen und die aktive Antizipation der dem jeweiligen Reiz zugeordneten Reaktion zu charakterisieren; auf Seiten der lediglich über implizites Wissen verfügenden Vpn fehlen diese beiden Prozessanteile. Da das Auftreten lateralisierter Bereitschaftspotentiale bei Vpn mit explizitem Wissen auf eine antizipatorische Vorbereitung der motorischen Reaktionen schließen läßt, beruht hier der Lernerfolg wohl in erster Linie auf dem Erlernen von Reaktionsabfolgen; und da diese EEG-Komponente bei Vpn mit implizitem Wissen fehlt, kann deren Lernerfolg nur aus dem Erlernen der Regelmäßigkeiten der Reizstrukturen bestehen. Die Dissoziation zwischen implizitem und explizitem Lernen ist hier also offensichtlich korreliert mit einer solchen zwischen Reizstrukturlernen und Reaktionsstrukturlernen.

## 2.2 Lernen mit vs. ohne Aufmerksamkeit

Hayes und Broadbent (1988) bildeten die qualitative Unterscheidung zwischen implizitem und explizitem Lernen auf die funktionale Unterscheidung zwischen selektivem (bewusstem) und unselektivem (unbewusstem) Lernen ab: Demzufolge besteht implizites Lernen im unselektiven Registrieren von Kontingenzen zwischen variierenden Merkmalen, während explizites Lernen im Registrieren von Kontingenzen zwischen einer kleinen, im Arbeitsgedächtnis handhabbaren Menge selektiv beachteter Merkmale besteht. Unterscheidet sich implizites Lernen von explizitem also möglicherweise darin, dass beim impliziten im Unterschied zum expliziten Lernen keine Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf Merkmale, die für das Lernen strukturell relevant sind, erforderlich ist, wie schon Reber (1967; s.a. Reber, Allen & Regan, 1985) vermutete?

Dieser Frage gingen Stoffer und Vogelhuber (1988) im Kontext des Reber-Paradigmas unter Verwendung musikalischen Reizmaterials nach. Die Aufmerksamkeitsmanipulation bestand in einer Aufgabe, die nur von einem Teil der Stichprobe durchzuführen war. Sie verlangte, die Melodiekontur (Muster der auf- und absteigenden Intervallrichtungen unabhängig von der Intervallgröße) der dargebotenen Tonfolgen in ein Antwortblatt einzutragen. Diese Aufgabe erfordert es, die Aufmerksamkeit auf die strukturell relevanten Merkmale der Tonfolgen zu lenken, die für ein implizites Lernen der zugrunde liegenden Melodiesyntax herangezogen werden müssen. Sie sollte in einer inzidentellen Lernbedingung nur dann förderlich sein (im Vergleich zu einer Stichprobe, die sich nur die Melodien anzuhören hat), wenn diese Ausrichtung der Aufmerksamkeit eine notwendige Bedingung impliziten Lernens darstellt. Bei expliziter Instruktion, nach Regelmäßigkeiten im Melodiematerial zu suchen, sollte diese Zusatzaufgabe eine eher die Regelinduktion behindernde Wirkung ausüben, da nach dem Kapazitätsmodell der Aufmerksamkeit (z.B. Kahneman, 1973) durch diese Aufgabe Verarbeitungskapazität von der Primäraufgabe der Regelinduktion abgezogen werden muß. Die Befunde waren nicht mit der Hypothese zu vereinbaren, wonach implizites Lernen ohne Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf das Reizmaterial stattfindet: Unter der inzidentellen Lernbedingung zeigte die Zusatzaufgabe tatsächlich eine förderliche Wirkung gegenüber der Bedingung mit bloßem Zuhören; bei expliziter Lerninstruktion ergab sich eine die Regelinduktion behindernde Wirkung. Auch im Kontext anderer experimenteller Paradigmen des impliziten Lernens wurde die Hypothese gestützt, wonach ein Beachten der für das Lernen relevanten Information erforderlich ist. Nissen und Bullemer (1987) konnten zeigen, dass eine die Aufmerksamkeit von den reaktionsrelevanten strukturellen Reizmerkmalen ablenkende Sekundäraufgabe (Töne zählen) dazu führt, dass überhaupt kein implizites und explizites Lernen nachzuweisen ist (ähnliche Befunde bei Cohen, Ivry & Keele, 1990). Spätere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass unter solchen Doppelaufgabenbedingungen nur das implizite Lernen stark vermindert ist (Frensch, Buchner & Lin, 1994; Frensch & Miner, 1994).

Die Interpretation des Befundes von Nissen und Bullemer (1987), wonach die Minderung des impliziten Lernens unter Doppelaufgabenbedingungen auf eine nicht ausreichende Aufmerksamkeitskapazität zurückzuführen ist, ist kürzlich in Frage gestellt worden. Eine alternative Sicht der Befunde geht davon aus, dass statt mangelnder Aufmerksamkeit spezifische Interferenzen für die Senkung des Lernerfolgs verantwortlich gemacht werden können, also nur ganz bestimmte Zusatzaufgaben das implizite Lernen beeinträchtigen. Insbesondere scheint die Organisation der Reizmuster von ihnen beeinträchtigt zu werden (Heuer & Schmidtke, 1996; Stadler, 1995), die Konsequenzen für die Möglichkeit, die Aufmerksamkeit auf bestimmte Ausschnitte der Reizstruktur zu fokussieren, besitzt (z.B. Baylis & Driver, 1992), so dass man in diesem Erklärungsansatz keine echte Alternative zur Aufmerksamkeitsinterpretation sehen muß. Eine weitere rivalisierende Erklärung geht von der Möglichkeit aus, dass nicht der implizite Lernvorgang selbst durch eine Zusatzaufgabe beeinträchtigt wird, sondern die Möglichkeit, das Gelernte im Verhalten wirksam werden zu lassen (Frensch, Lin & Buchner, 1998; Frensch, Wenke & Rüniger, 1999). Dass dies zutrifft und tatsächlich einen Großteil der Zusatzaufgabeneffekte erklärt, konnten Frensch und Mitarbeiter experimentell zeigen. Ihre Befunde belegen jedoch auch, dass gleichzeitig in geringerem Ausmaß das implizite Lernen selbst hiervon tangiert wird (Frensch et al., 1998). Damit ist die Aufmerksamkeitserklärung zwar nicht falsifiziert, aber offenbar nicht hinreichend zur Erklärung der Zusatzaufgabeneffekte.

### *2.3 Werden Reiz- oder Reaktionsstrukturen gelernt?*

Die meisten Arbeiten in den vergangenen zehn Jahren bedienen sich des seriellen Reaktionszeitparadigmas, weil es eine zentrale Frage elegant zu untersuchen gestattet, deren Klärung einen Fortschritt auf dem Wege zu einer funktionalen Erklärung impliziten Lernens bedeuten würde, nämlich die Frage, welchen relativen Anteil das Erlernen der Strukturen der Reiz- und der Reaktionsfolgen hat. Werden Strukturen der Reizfolgen gelernt, erwirbt der Lernende ein internes Modell der Regelmäßigkeiten seiner Umwelt, das er benutzt, um auf der Basis der Registrierung einer gegenwärtigen Merkmalskonstellation in diesem Kontext wahrscheinliche, zukünftige Reizereignisse zu antizipieren. Solche Antizipationen sind für das Musikhören charakteristisch, da sie die Basis für Überraschungseffekte und emotionale Reaktionen bilden (z.B. Gaver & Mandler, 1987). Werden regelhafte Strukturen der Reaktionsfolgen gelernt, erwirbt der Lernende ein internes Modell der Regelmäßigkeit von Abfolgen seiner Handlungen, das zur Antizipation der jeweils nächsten Handlungsalternative verwendet wird. Solche Antizipationen sind für die Beherrschung eines Instruments von Bedeutung, um die Flüssigkeit der motorischen Ausführung zu sichern. Es ist also offensichtlich, dass im Kontext des musikalischen Lernens beides eine Rolle spielt.

Die experimentelle Literatur zeigt jedoch ein uneinheitliches Bild, das zudem die Strategie erkennen lässt, die Frage als eine zu behandeln, die eine

echte Alternativentscheidung zuläßt (Ausnahme: Goschke, 1998). Im Sinne eines Reaktionsmusterlernens sind u.a. die Ergebnisse von Willingham et al. (1989; s.a. Willingham, 1999) zu interpretieren. Hier sollten die Vpn auf die Farbe von Reizen reagieren, die an einer von vier Positionen auftreten konnten. In der Wahrnehmungsgruppe war die Abfolge der Farben zufällig, während die der räumlichen Positionen einem repetitivem Muster folgte; in der Reaktionsgruppe war es umgekehrt. Ein Erlernen der Positionsabfolge wurde nur in der Reaktionsgruppe erreicht. Goschke (1998) wendet gegen die Eindeutigkeit der Interpretation dieser Befunde als Indiz für ein alleiniges Reaktionsmusterlernen ein, dass die Aufgabe, auf die Farben zu reagieren, die Aufmerksamkeit von den Positionsabfolgen ablenken muss, was die Wahrnehmungsgruppe in ihrer Leistungsfähigkeit benachteiligt. Die Befunde von Ziebler (1994; s.a. Ziebler, 1998) gehen in dieselbe Richtung. Die Vpn lernten sequentielle Abhängigkeiten dann am besten, wenn jeder Zielreiz fest mit einer bestimmten Reaktionsalternative gekoppelt war; waren dagegen verschiedene Zielreize mit derselben Reaktion verknüpft, wurde schlechter gelernt. Auch Nattkemper und Prinz (1997) legten Befunde vor, die ein Erlernen von Reizstrukturen auszuschließen scheinen. Hier traten in den Reizfolgen gelegentlich Abweichler auf, die den regelmäßigen Aufbau der Reizfolge störten. Da acht verschiedene Reize auf vier Reaktionsalternativen abgebildet waren, war der Fall möglich, dass ein Abweichler auftrat, der mit derselben Reaktionsalternative zu beantworten war, wie der an dieser Stelle eigentlich zu erwartende Reiz. Abweichler führten aber nur dann zu einer erhöhten RZ, wenn die ihnen zugeordnete Reaktion eine andere war als die eigentlich an dieser Position zu erwartende. War trotz eines Abweichlers die zu erwartende Reaktion erforderlich, war die RZ identisch mit der auf den zu erwartenden Reiz. Die schon zitierte Untersuchung von Hoffmann und Sebald (1996) wird auch als Beispiel eines nicht erfolgreichen impliziten Reizmusterlernens zitiert. In diesem Fall wurde jedoch ein Ausnutzen der Reizmusterstrukturen erschwert, weil die Strukturen der Buchstabenfolgen nicht durch Variationen visueller Reizmerkmale konstituiert werden und daher nicht im eigentlichen Sinne wahrgenommen werden können, da sie auf gelernten artifiziellen Ordnungsbeziehungen beruhen.

Alle diese Befunde demonstrieren jedoch nur, dass Reaktionsmusterlernen eine wichtige Komponente des impliziten Lernens darstellt; keines dieser Experimente schließt die Möglichkeit aus, dass unter besser geeigneten Bedingungen, die eine größere Merkmalsvielfalt bieten, in der sich Invarianten und Kovariationen etablieren können und die zugleich höhere Anforderungen an die Antizipation von Merkmalen, räumlichen Positionen und zeitlichen Abfolgen der Reizmerkmale stellen, dennoch implizites Lernen von Reizmusterstrukturen stattfinden kann. Positive Evidenz hierfür gibt es nämlich auch. In einem Transferexperiment von Stadler (1989) konnte gezeigt werden, dass eine Veränderung der Struktur der Reizsequenzen in einer seriellen Reaktionszeitaufgabe die Leistung stark beeinträchtigte, während eine Veränderung der den Reizen zugeordneten Reaktionsalternativen dies nicht tat. Folglich müssen die Vpn die Struktur der Reizmuster gelernt ha-

ben. Vergleichbare Befunde erhielten Cohen et al. (1990). Howard, Mutter und Howard (1992) konnten belegen, dass schon alleine die Wahrnehmung von Reizsequenzen zu implizitem Lernen führt (s.a. Reber & Allen, 1978, Stoffer & Vogelhuber, 1988). Die Autoren verglichen die Leistung einer Gruppe, die auf jedes Reizmuster die zugeordnete Reaktion abgeben musste, mit einer anderen Gruppe, die die Reizmusterabfolge lediglich wahrnahm. In einer Transferbedingung mussten anschließend beide Gruppen offene Reaktionen ausführen. Obwohl die Wahrnehmungsgruppe dies zuvor nicht geübt hatte, unterschied sich deren RZ nicht von der der Reaktionsgruppe. Allerdings zeigten die Vpn ein hohes Ausmaß expliziten Wissens, sodass nicht klar ist, ob auf diese Weise auch implizites Wissen erworben werden kann. Goschke (1996a, zit. in Goschke, 1998) führte ein Experiment durch, das klarere Belege für implizites Lernen alleine durch Wahrnehmung der Reizmuster lieferte. Die Idee des Experiments bestand darin, die Reiz-Reaktionszuordnung von Durchgang zu Durchgang zu ändern. In einem Durchgang wurden auf dem Monitor vier Buchstaben dargeboten, denen vier Reaktionsstellen zugeordnet waren. Die Reihenfolge der Buchstaben wechselte zwischen Durchgängen, sodass stets eine neue Reiz-Reaktionszuordnung entstand. Anschließend wurde ein Buchstabe auditiv dargeboten, und es war nun Aufgabe der Vp, die dem Buchstaben zugeordnete Taste zu drücken. In der Reaktionsbedingung war die jeweils nächste Reaktionsposition antizipierbar, die Abfolge der Reize aber zufällig; in der Reizbedingung war der jeweils nächste Reiz antizipierbar, aber die Abfolge der Reaktionen zufällig. Die Befunde zeigten gleich gutes implizites Lernen unter beiden Bedingungen. Wenn man also die Antizipation von Reizmustern aufgrund einer implizit erlernten Kenntnis der Reizmusterstrukturen für die Aufgabenbewältigung wirklich thematisch macht und gleichzeitig ausschließt, dass die Aufgabe schon durch Antizipation von Reaktionspositionen zu lösen ist, dann zeigt sich tatsächlich, dass implizites Lernen alleine durch Wahrnehmung der Reizmuster möglich ist.

Das Faktum empirischer Belege sowohl für Reiz- wie für Reaktionsmusterlernen lässt sich durch die Annahme zweier funktionell unterschiedlicher Formen impliziten Lernens erklären. Die neue Forschungsperspektive besteht nun darin zu fragen, welche Verarbeitungsvorgänge stattfinden müssen, um implizites Lernen zu ermöglichen, und in Bezug auf welche Prozesskomponenten sich das Lernen von Reiz- und Reaktionssequenzen bzw. implizites und explizites Lernen unterscheidet. Einen ersten Schritt in Richtung auf eine Aufklärung funktionaler Unterschiede zwischen implizitem Reiz- und Reaktionslernen taten Frensch und Miner (1995). Sie boten den Vpn im Rahmen einer seriellen Reaktionszeitaufgabe u.a. gemischte regelhafte Reizfolgen dar, in denen Buchstaben und sinnfreie Symbole alternierten. Im Anschluß an eine gemeinsame Lernphase wurden die Vpn unter verschiedenen Transferbedingungen getestet. In einer Bedingung wurden die Buchstaben in Zufallsfolge und die Symbole in regelhafter Abfolge dargeboten; in einer anderen Bedingung wurden die Symbole in Zufallsfolge und die Buchstaben in regelhafter Abfolge dargeboten. Eine erhöhte RZ ergab sich nur bei Zu-

fallsfolgen. Daraus schlossen die Autoren, dass phonologische und visuelle Sequenzen unabhängig voneinander gelernt wurden. Die Unabhängigkeit erklärten sie mit der Unabhängigkeit der entsprechenden Teilsysteme (phonologische Schleife und visuell-räumlicher Pfad) des Arbeitsgedächtnisses nach dem Modell von Baddeley und Hitch (1974). Auch Mayr (1996) sowie Goschke (1996b, s. Goschke, 1998) erhielten Befunde, die eine Unabhängigkeit impliziten Lernens von Reiz- und Reaktionsfolgen stützen. Seger (1998) konnte im Rahmen des Reber-Paradigmas ebenfalls Belege für zwei getrennte Systeme finden: ein reizbasiertes und ein reaktionsbasiertes, die unabhängig voneinander implizites Wissen produzieren.

Kann man diese Befunde auf das Musikhören übertragen? Offenbar sind kognitive Mechanismen vorhanden, die im Prinzip auch ein implizites Lernen musikalisch-syntaktischer Regeln alleine durch Hören von Musik ermöglichen sollten. Experimente zum impliziten Lernen, die „unmusikalisches“ Tonmaterial verwendet haben (Altmann, Dienes & Goode, 1995; Bigand et al., 1998; Manza & Reber, 1997), lassen die Übertragbarkeit wahrscheinlich erscheinen. Die große Bedeutung, die das Ausführen von Handlungen für das implizite Lernen hat, spricht dafür, dass optimale Bedingungen für ein implizites Lernen musikalisch-syntaktischer Regeln wahrscheinlich dann gegeben sind, wenn beide Komponenten, Reiz- und Reaktionsfolgenlernen, am Lernprozess beteiligt sind: Der kompetente Instrumentalist wird wahrscheinlich dem reinen Hörer in dieser Hinsicht immer überlegen sein.

### **3. Implizites Lernen und Aufmerksamkeitsallokation**

Wenn wir es als gesichert betrachten können, dass unabhängig vom Reaktions- auch ein Reizmusterlernen zu implizitem Wissen führen kann, muss die Antwort auf die Frage nach dem Sinn eines solchen Systems für die Handlungssteuerung für beide Komponenten separat beantwortet werden. Für das Reaktionsmusterlernen wird die dadurch bedingte Fähigkeit angeführt, zuverlässig Verhaltenskonsequenzen antizipieren zu können (Hoffmann, 1993; Nattkemper & Prinz, 1997). Welche Funktion aber hat implizites Reizmusterlernen im Rahmen der Handlungssteuerung?

Wie wir erwähnten (s. Punkt 1.3), formulierten Billman und Knutson (1996) im Zusammenhang mit dem Erlernen grammatikalischer Regeln die Hypothese, wonach das Erlernen von in der Umwelt bestehenden Kovariationen zwischen Merkmalen funktionell mit der Lenkung der Aufmerksamkeit in Verbindung stehen könnte. Diese Hypothese geht über die schon diskutierte Behauptung, zum impliziten Lernen sei eine Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf die die Regelhaftigkeiten offenbarenden Elemente erforderlich, insofern hinaus, als sie eine Annahme darüber enthält, wozu implizites Lernen von Regelhaftigkeiten der Reizstrukturen in der Umwelt erforderlich sein könnte: Das erworbene implizite Wissen ermöglicht überhaupt erst eine Steuerung der Aufmerksamkeit auf inhaltlich durch Merkmalskonfigurationen spezifizierte Ausschnitte der Reizstruktur. Belege für diese Hypothese

im Zusammenhang mit implizitem Lernen von Reizmusterstrukturen kommen von Lambert und Sumich (1996; s.a. Chun & Jiang, 1998, 1999), die zeigen konnten, dass eine vorhersagbare Beziehung zwischen inzidentell verarbeiteter Information und dem wahrscheinlichen Ort, an dem aufgabenrelevante Zielreize erscheinen können, ausgenutzt werden kann, die Aufmerksamkeit im Sinne einer Top-Down-Steuerung effizient auf den Ort zu fokussieren, an dem die aufgabenrelevante Information zu erwarten ist.

Eine weiteres Puzzleteil, das zur Beantwortung der Frage nach dem funktionalen Sinn impliziten Reizmusterlernens beiträgt, ist der Befund von Churchill und Gilmore (1998), wonach als Ergebnis impliziten Lernens von Invarianten auch gelernt wird, das Nichtpassen eines Reizes im gegenwärtigen Kontext zu erkennen. Hierbei handelt es sich um eine Funktionsweise unwillkürlicher Aufmerksamkeit, die Prinz (1979, 1986, 1990) mit Funktionseigenschaften dynamischer Ereignismodelle erklärt. Dynamische Ereignismodelle beschreibt er als Repräsentationen der aktuellen Umwelt, die eine Antizipation kommender Reizereignisse gestatten. Sie sind in dem Sinne dynamisch, als sie aufgrund der perzeptiven Verarbeitung von Redundanzen wahrgenommener Reizstrukturen in unterschiedlichen Umweltsituationen fortlaufend aktualisiert werden (dynamische Kontextualisierung). Auf dieser repräsentationalen Grundlage werden ständig (unbewusste) Erwartungen über das bevorzugte Auftreten bestimmter Reizereignisse generiert. Im experimentellen Paradigma des visuellen Suchens offenbart sich die Funktionsweise eines dynamischen Ereignismodells dadurch, dass ein Zielreiz nicht aufgrund seiner spezifischen Merkmale entdeckt wird, sondern dadurch, dass er auf dem Hintergrund des aktuellen Kontextes, der mit dem Ereignismodell laufend verglichen wird, als nicht zum Kontext passend markiert wird. Daraufhin wird eine unwillkürliche Zuwendung der Aufmerksamkeit auf den Ort des im aktuellen Kontext devianten Objekts initiiert. Wenn wir annehmen, dass ein als Ergebnis impliziten Reizmusterlernens gebildetes Ereignismodell die raum-zeitliche Struktur der Objekte in der Umwelt enthält, erklärt dies 1. wie es durch implizites Lernen zu einer Antizipation bestimmter Orte kommen kann, an denen die für die Handlungssteuerung wichtige Reizinformation auftreten wird (Billman & Knutson, 1996; Chun & Jiang, 1998; Lambert & Sumich, 1996), und 2. wie es möglich ist, Objekte als nicht in einen Kontext passend zu erkennen (Churchill & Gilmore, 1998). Das dritte Puzzleteil besteht in der Antizipation eines Objekts innerhalb eines Kontextes, in dem es mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit an einem bestimmten Ort und zu einer bestimmten Zeit erwartet werden kann. Hierzu macht Prinz (1990) einige Ausführungen, die auf dem Prinzip der automatischen, reizgesteuerten Bahnung (z.B. Musen & Treisman, 1990) beruhen. Im Prinzip lassen sich diese Überlegungen auch mit einem neuronalen Netzwerk modellieren (z.B. Cleeremans & McClelland, 1991; Elman, 1994).

Implizites Reizmusterlernen führt also zu implizitem Wissen, dessen Funktion durch dynamische Ereignismodelle nach Prinz (1990) beschrieben werden können. Dass hierbei genuines implizites Lernen stattfindet, belegen die Untersuchungen von Chun und Jiang (1998). Das Ereignismodell hat 1. die

Funktion, eine Top-Down-Steuerung der Aufmerksamkeitsallokation auf bestimmte räumlich und zeitlich definierte Positionen zu ermöglichen, an denen die zur Handlungssteuerung benötigte Reizinformation zu erwarten ist; 2. besitzt es die Funktion der Bildung inhaltlich spezifizierter Antizipationen, indem durch automatische Bahnung eine Repräsentation aktiviert wird, die sich auf ein im aktuellen Kontext wahrscheinliches Objekt bezieht; und 3. besitzt es die Funktion der unwillkürlichen Steuerung der Aufmerksamkeit, indem es sie auf in einem bestimmten Kontext nicht zu erwartende Objekte fokussiert.

#### **4. Schlussfolgerungen für das Musikhören**

Implizites musikalisch-syntaktisches Wissen können wir also funktionell als ein System dynamischer Ereignismodelle betrachten. Um ein System und nicht um ein einzelnes Ereignismodell muss es sich handeln, weil Ereignismodelle kontextspezifisch sind, d.h. musikalische Ereignismodelle unterscheiden sich inhaltlich je nach der musikhistorischen Epoche oder dem musikalischen Stil eines Komponisten. Die drei gerade beschriebenen Funktionen dynamischer Ereignismodelle spezifizieren die kognitive Basis, die es gestattet, Musik unter Berücksichtigung all ihrer strukturellen Feinheiten zu hören, ohne auf explizit gelerntes musikalisches Wissen zurückgreifen zu müssen. Ein Zugriff auf explizites Wissen wäre ein viel zu langsamer Prozess, der mit der schnellen Entwicklung einer sich entfaltenden musikalischen Struktur gar nicht Schritt halten könnte. Die Funktion der Top-Down-Steuerung der Aufmerksamkeit ermöglicht eine zeitliche Antizipation strukturell markierter Stellen, wie Phrasenstrukturgrenzen, an denen z.B. das zweite Thema beginnt oder der Übergang von der Sonatenexposition zur Durchführung stattfindet. Die Funktion, Antizipationen zu generieren, gestattet die Bildung inhaltlich spezifizierter Erwartungen kommender musikalischer Ereignisse, wie z.B. musikalische Floskeln, die wir aus ähnlich klingenden Musikstücken einer musikhistorischen Epoche oder eines Kompositionsstils kennen. Die Funktion der unwillkürlichen Lenkung der Aufmerksamkeit auf in einem Kontext unerwartete Ausschnitte bildet die Grundlage von Überraschungseffekten einschließlich der genaueren kognitiven Verarbeitung der unerwarteten musikalischen Wendung.

Das Produkt implizit erworbenen musikalisch-syntaktischen Wissens stellt eine Repräsentation dar, die als automatisch gebildetes Nebenprodukt der sensorischen Verarbeitung wahrgenommener Musik entsteht, allerdings einer Verarbeitung, die unter Fokussierung der Aufmerksamkeit auf die musikalische Strukturen konstituierenden Merkmale geschieht. Musikalische Ereignismodelle sind nur zu erwerben, indem man sehr viel Musik hört. Keine intellektuelle Auseinandersetzung mit den Inhalten und Strukturen von Musik kann implizites Lernen der in Musik auftretenden Regelmäßigkeiten ersetzen; sie kann sie nur in dem Sinne ergänzen, als das nicht explizierte Wissen zumindest teilweise explizit und sprachlich benennbar gemacht wird und explizit erworbenes (z.B. musikhistorisches) Wissen zusätzlich zur Top-

Down-Steuerung eingesetzt werden kann. Deshalb muss dem aufmerksamen, durch leicht zu bewältigende Aufgaben auf strukturell relevante Merkmale gelenkten Hören am Anfang jeglicher musikalischer Erziehung eindeutig der Primat zugesprochen werden.

## 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, 899-912.
- Baddeley, A.D. & Hitch, G.J. (1974). Working memory. In G. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 8, S. 47-90). San Diego, CA: Academic Press.
- Baylis, G.C. & Driver, J. (1992). Visual parsing and response competition: The effect of grouping factors. *Perception & Psychophysics*, 51, 145-162.
- Berry, D.C. & Dienes, Z. (1993). *Implicit learning: Theoretical and empirical issues*. Hove: Erlbaum.
- Bigand, E., Perruchet, P. & Boyer, M. (1998). Implicit learning of an artificial grammar of musical timbres. *Cahiers de Psychologie Cognitive/Current Psychology of Cognition*, 17, 577-600.
- Billman, D. (1989). Systems of correlations in rule and category learning: Use of structured input in learning syntactic categories. *Language and Cognitive Processes*, 4, 127-155.
- Billman, D. & Knutson, J. (1996). Unsupervised concept learning and value systematicity: A complex whole aids learning the parts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 458-475.
- Bright, J.E.H. & Burton, A.M. (1994). Past midnight: Semantic processing in an incidental learning task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 47A, 71-89.
- Chun, M.M. & Jiang, Y. (1998). Contextual cueing: Implicit learning and memory of visual context guides spatial attention. *Cognitive Psychology*, 36, 28-71.
- Churchill, E.F. & Gilmore, D.J. (1998). Selection through rejection: Reconsidering the invariant learning paradigm. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51A, 1-17.
- Cleeremans, A. & McClelland, J.L. (1991). Learning the structure of event sequences. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120, 235-253.
- Cohen, J.D., Ivry, R.I. & Keele, S.W. (1990). Attention and structure in sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 17-30.
- Eimer, M., Goschke, T., Schlaghecken, F. & Stürmer, B. (1996). Explicit and implicit learning of event sequences: Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 70-987.
- Elman, J.L. (1994). Implicit learning in neural networks: The importance of starting small. In C. Umiltà & M. Moscovich (Eds.), *Attention and performance XV* (S. 861-888). Cambridge, MA: MIT Press.
- Frensch, P.A. (1998). One concept, multiple meanings. In M.A. Stadler & P.A. Frensch (Eds.), *Handbook of implicit learning* (S. 47-104). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- 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, 567-584.

- 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*, *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*, 95-110.
- Frensch, P.A. & Miner, C.S. (1995). Zur Rolle des Arbeitsgedächtnisses beim impliziten Sequenzlernen. *Zeitschrift für experimentelle Psychologie*, *42*, 545-575.
- Frensch, P.A., Wenke, D. & Rüniger, D. (1999). A secondary tone-counting task suppresses expression of knowledge in the serial reaction task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *25*, 260-274.
- Gaver, W.W. & Mandler, G. (1987). Play it again, Sam: On liking music. *Cognition and Emotion*, *1*, 259-282.
- Gomez, R.L. (1997). Transfer and complexity in artificial grammar learning. *Cognitive Psychology*, *33*, 154-207.
- Goschke, T. (1996a). *Learning stimulus and response sequences: Independence of perception and action in implicit learning*. Manuscript submitted for publication.
- Goschke, T. (1996b). Implizites Lernen von Reiz- und Reaktionssequenzen. Vortrag am Max-Planck-Institut für neuropsychologische Forschung, Leipzig.
- Goschke, T. (1998). Implicit learning of perceptual and motor sequences: Evidence for independent learning systems. In M.A. Stadler & P.A. Frensch (Eds.), *Handbook of implicit learning* (S. 401-444). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Hayes, N.A. & Broadbent, D.E. (1988). Two modes of learning for interactive tasks. *Cognition*, *28*, 249-276.
- Heuer, H. & Schmidtke, V. (1996). Secondary-task effects on sequence learning. *Psychological Research*, *59*, 119-133.
- Hoffmann, J. (1993). Unbewußtes Lernen - eine besondere Lernform? *Psychologische Rundschau*, *44*, 75-89.
- Hoffmann, J. & Koch, I. (1997). S-R compatibility and sequential learning in the serial reaction time task. *Psychological Research*, *60*, 87-97.
- Hoffmann, J. & Koch, I. (1998). Implicit learning of loosely defined structures. In M.A. Stadler & P.A. Frensch (Eds.), *Handbook of implicit learning* (S. 161-199). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Hoffmann, J. & Sebald, A. (1996). Reiz- und Reaktionsmuster in seriellen Wahlreaktionen. *Zeitschrift für experimentelle Psychologie*, *63*, 40-68.
- Howard, J.H. & Ballas, J.A. (1980). Syntactic and semantic factors in the classification of nonspeech transient patterns. *Perception and Psychophysics*, *28*, 431-439.
- Howard, J.H., Mutter, S.A. & Howard, D.V. (1992). Serial pattern learning by event observation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *18*, 1029-1039.
- Lambert, A.J. & Sumich, A.L. (1996). Spatial orienting controlled without awareness: A semantically based implicit learning effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *49A*, 490-518.
- Lewicki, P. (1986). Processing information about covariation that cannot be articulated. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *12*, 135-146.
- Lewicki, P., Hill, T. & Sasaki, I. (1989). Self-perpetuation development of encoding biases. *Journal of Experimental Psychology: General*, *118*, 323-337.
- Manza, L. & Reber, A.S. (1997). Representating artificial grammars: Transfer across stimulus forms and modalities. In D.C. Berry (Ed.), *How implicit is implicit learning?* (S. 73-106). Oxford: Oxford University Press.

- Manza, L., Zizak, D. & Reber, A.S. (1998). Artificial grammar learning and the mere exposure effect: Emotional preference tasks and the implicit learning process. In M.A. Stadler & P.A. Frensch (Eds.), *Handbook of implicit learning* (S. 201-222). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- 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, 1083-1100.
- McAndrews, M.P. & Moscovitch, M. (1985). Rule-based and exemplar-based classification in artificial grammar learning. *Memory and Cognition*, 13, 469-475.
- McGeorge, P. & Burton, A.M. (1990). Semantic processing in an incidental learning task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 42A, 597-610.
- Musen, G. & Squire, L.R. (1993). Implicit learning of color-word associations using a Stroop paradigm. *Journal of Experimental Psychology: learning, Memory, and Cognition*, 19, 789-798.
- Musen, G. & Treisman, A. (1990). Implicit and explicit memory for visual patterns. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 127-137.
- Mayr, U. (1996). Spatial attention and implicit sequence learning: Evidence for independent learning of spatial and nonspatial sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 350-364.
- Nattkemper, D. & Prinz, W. (1997). Stimulus and response anticipation in a serial reaction task. *Psychological Research*, 60, 98-112.
- Nissen, M.J. & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19, 1-32.
- Pan, K. & Eriksen, C.W. (1993). Attentional distribution in the visual field during same-different judgments as assessed by response competition. *Perception & Psychophysics*, 53, 134-144.
- 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, 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*, 60, 4-13.
- Posner, M.I. & Keele, S.W. (1968). On the genesis of abstract ideas. *Journal of Experimental Psychology*, 77, 353-363.
- Prinz, W. (1979). Integration of information in visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31, 287-304.
- Prinz, W. (1986). Continuous selection. *Psychological Research*, 48, 231-238.
- Prinz, W. (1990). Unwillkürliche Aufmerksamkeit. In C. Meinecke & L. Kehrer (Hrsg.), *Bielefelder Beiträge zur Kognitionspsychologie* (S. 49-75). Göttingen: Hogrefe.
- Reber, A.S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 855-863.
- Reber, A.S. (1976). Implicit learning of synthetic languages: The role of instructional set. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2, 88-94.
- Reber, A.S. (1989). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118, 219-235.
- Reber, A.S. & Allen, R. (1978). Analogic and abstraction strategies in synthetic grammar learning: A functionalist interpretation. *Cognition*, 6, 189-221.

- Reber, A.S., Allen, R. & Regan, S. (1985). Syntactical learning and judgment, still unconscious and still abstract: Comment on Dunlany, Carlson, and Dewey. *Journal of Experimental Psychology: General*, 114, 17-24.
- Reber, A.S. & Lewis, S. (1977). Implicit learning: An analysis of the form and structure of a body of tacit knowledge. *Cognition*, 5, 333-361.
- Seger, C.A. (1994). Implicit learning. *Psychological Bulletin*, 115, 163-196.
- Seger, C.A. (1998). Independent judgment-linked and motor-linked forms of artificial learning. *Consciousness and Cognition*, 7, 259-284.
- Shanks, D.R. & St. John, M.F. (1994). Characteristics of dissociable human learning systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 367- 447.
- Stadler, M.A. (1989). On learning complex procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1061-1069.
- Stadler, M.A. (1995). Role of attention in implicit serial learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 674-685.
- Stoffer, T.H. (1979). *Aspekte einer generativen Syntax zur Beschreibung musikalischer Strukturen für eine kognitive Musikpsychologie*. Bochum: Bericht 11/1979, Arbeitseinheit Kognitionspsychologie, Psychologisches Institut der Ruhr-Universität Bochum.
- Stoffer, T.H. (1990). Musik als Sprache: Eine nicht unumstrittene Analogie und ihr heuristischer Nutzen für die kognitive Musikpsychologie. *Sprache & Kognition*, 9, 59-71.
- Stoffer, T.H. (1996). Mentale Repräsentation musikalischer Strukturen. *Zeitschrift für Semiotik*, 18, 213-234.
- Stoffer, T.H. & Vogelhuber, R. (1988). Experimentelle Untersuchungen zum Erwerb eines impliziten musikalisch-syntaktischen Wissens. In K.-E. Behne, G. Kleinen & H. de la Motte-Haber (Hrsg.), *Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Musikpsychologie, Bd. 5* (S. 33-53). Wilhelmshaven: Noetzel.
- Willingham, D.B., Nissen, M.J. & Bullemer, P. (1989). On the development of procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1047-1060.
- Willingham, D.B. (1999). Implicit motor sequence learning is not purely perceptual. *Memory & Cognition*, 27, 561-572.
- Zießler, M. (1994). The impact of motor responses on serial-pattern learning. *Psychological Research*, 57, 30-41.
- Zießler, M. (1998). Response-effect learning as a major component of implicit learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24, 962-978.

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. Thomas H. Stoffer

Institut für Psychologie

Ludwig-Maximilians-Universität München

80802 München