

**Otto-Friedrich-Universität Bamberg**

Fakultät für Wirtschaftsinformatik  
und Angewandte Informatik

Professur für Kognitive Systeme



Bachelor-Projekt zum Thema:

Implizites und explizites Lernen  
künstlicher Grammatiken

Dominik Seuß,  
Jacqueline Hofmann,  
Johannes Folger,  
Peter Großmann,  
Simone Schineller,  
Tobias Kaiser

Betreuer: Prof. Dr. Ute Schmid

Bamberg, 15. November 2011  
Sommersemester 2011

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Stand der Forschung</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Experiment</b>	<b>5</b>
3.1	Hypothesen, Design und Variablen . . . . .	5
3.2	Material . . . . .	7
3.3	Design des Webexperiments . . . . .	12
3.4	Methode . . . . .	14
<b>4</b>	<b>Bewertung und Ausblick</b>	<b>19</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>20</b>
	<b>Anhang</b>	<b>22</b>
<b>A</b>	<b>Instruktionen zu den einzelnen Tests</b>	<b>22</b>
A.1	Strings ohne Instruktion . . . . .	22
A.2	2-D Figuren Passiv ohne Instruktion . . . . .	23
A.3	2D-Figuren Aktiv ohne Instruktion . . . . .	24
A.4	Strings mit Instruktion . . . . .	25
A.5	2D-passiv mit Instruktion . . . . .	26
A.6	Aktiv mit Instruktion . . . . .	27

# Abbildungsverzeichnis

1	Grammatik dieser Studie . . . . .	7
2	Grammatik von Dienes et al [DBB91] . . . . .	7
3	Figur zum String LOOOOL aus der Testphase . . . . .	8
4	Figur des Strings ROO, mit Abfrage, ob O ein legaler Nachfolger wäre	9
5	Ergebnisse der Performance-Tests abhängig von Präsentations- und Informationsart . . . . .	16
6	Ergebnisse der SLD-Tests abhängig von Präsentations- und Informationsart . . . . .	17
7	Relative Häufigkeit erkannter, nicht-erkannter und teilweise erkannter Regeln in Abhängigkeit von der Präsentationsart . . . . .	18
8	Relative Häufigkeit erkannter, nicht-erkannter und teilweise erkannter Regeln in Abhängigkeit von der Art der Information . . . . .	18

# Tabellenverzeichnis

1	Hypothesen . . . . .	6
2	50 Testitems in Stringdarstellung (25 grammatikalisch, 25 nicht grammatikalisch) . . . . .	10
3	Wortstämme für den SLD-Test mit legalen Nachfolgebuchstaben . . .	11
4	Mittelwerte für Performance und SLD . . . . .	17

# 1 Einleitung

Implizites Lernen beschreibt das Phänomen, dass sich Menschen unbewusst Fähigkeiten und Wissen aneignen. Unbewusst bedeutet in diesem Fall, dass Personen sich nicht darüber im Klaren sind, dass sie etwas gelernt haben. Der Prozess des impliziten Lernens läuft bei jeder Tätigkeit automatisch ab und kann nicht willentlich gesteuert oder beeinflusst werden.

Das implizite Lernen ist insofern interessant, als es sowohl implizites, als auch explizites Wissen generieren kann. Ein alltägliches Beispiel hierfür ist der Erwerb der Muttersprache: Es fällt uns in der Regel leicht, grammatikalisch korrekte Sätze in unserer Muttersprache zu bilden, die konkreten Regeln zu umschreiben, auf denen unsere Grammatik aufgebaut ist, fällt uns schon erheblich schwerer.

Die meisten Menschen können einige Regeln verbalisieren, kennen diese also explizit. Alle anderen Regeln sind nur implizit bekannt, können aber in der Praxis korrekt angewendet werden. Motorische Fähigkeiten, beispielsweise das Binden von Schleifen oder Fahrradfahren werden ebenfalls häufig implizit gelernt. Auch dies sind alltägliche Vorgänge, die aber meist nur unzureichend beschrieben werden können.

Das Phänomen an sich ist in den letzten Jahren relativ ausführlich erforscht worden, jedoch sind noch einige Fragen ungeklärt, unter anderem, welche Lernart generiert Wissen effektiver, oder kann effektiver gelernt werden, wenn beide Lernarten gleichzeitig angesprochen werden (Synergie).

Letztlich gilt es zu klären, ob und wie implizites Lernen in der Praxis eingesetzt werden kann. Das Sprachlernprogramm Rosetta Stone verzichtet beispielsweise vollständig auf explizites Lernen: Die zu lernenden Vokabeln werden nicht übersetzt sondern nur in Form von Bildern vermittelt und grammatikalische Regeln werden nicht ausformuliert. Die Meinungen zu dieser Form des Fremdsprachenerwerbs sind allerdings zwiespalten [Sha03].

Im Zuge dieser Projektarbeit wurde ein Online-Experiment nach dem Paradigma des Artificial Grammar Learning durchgeführt. Eine Testgruppe erhielt Strings zum lernen, für eine andere Testgruppe wurden die Strings in eine grafische Darstellung, ähnlich eines Pfades durch ein 2D-Raster transformiert. Die letzte Gruppe erhielt zusätzlich zur 2D-Darstellung noch motorische Cues, indem sie den angezeigten Weg auf ihrer Tastatur reproduzierten.

Schließlich wurden die Testgruppen ein weiteres mal aufgeteilt: Ein Teil jeder Testgruppe erhielt die Anweisung, aktiv nach den grammatikalischen Regeln zu suchen (explizite Anweisung), dem anderen Teil wurde gesagt, er werde an einem Gedächtnisexperiment teilnehmen (implizite Anweisung).

Die Ergebnisse aus Performanz- und SLD-Test, sowie die Regeln, die von den Probanden explizit erkannt und im Freitext wiedergegeben wurden, werden miteinander verglichen. Hauptaugenmerk liegt auf der Frage, ob die visuellen Informationen, die die 2D-Gruppen erhielten das implizite Lernen unterstützen, oder beeinträchtigen,

sowie den Einfluss der expliziten Information auf die Regelsuche.

Im folgenden Kapitel möchten wir den aktuellen Stand der Forschung, sowie Literaturhinweise vorstellen. Kapitel 3 enthält alle Informationen, welche das Experiment betreffen: Hypothesen, Versuchsdesign, abhängige/unabhängige Variablen, Aufbau des Webexperiments, Durchführung und Ergebnisse des Experiments. In Kapitel 4 werden die Ergebnisse zusammengefasst und bewertet, weiterhin sind Vorschläge für weitere Forschungsansätze enthalten.

## 2 Stand der Forschung

Der Erwerb neuer Fähigkeiten, sowie die Verbesserung bereits bestehender Fähigkeiten kann sowohl implizit, als auch explizit erfolgen. In aller Regel sind jedoch beide Lernarten betroffen, wodurch es zu Synergieeffekten kommen kann [SMP01]. Das hierdurch generierte implizite Wissen kann unter bestimmten Umständen explizit werden.

Stanley [S<sup>+</sup>89] konnte nachweisen, dass eine Verbalisierung diesen Bottom-Up Prozess unterstützen kann, da explizites Wissen schneller generiert wird. Das implizite Lernen kann allerdings hierdurch auch beeinträchtigt werden [Reb89]. Bei der Frage, ob die explizite Suche nach Regeln den Lernprozess unterstützt oder beeinträchtigt liegen ebenfalls widersprüchliche Hinweise vor [RKLC80] [SOB93].

Die Versuchsanordnung zum Erforschen impliziten Lernens basiert häufig auf dem Erlernen künstlicher Grammatiken [Reb65]. Den Versuchspersonen werden in der Lernphase Strings präsentiert, die durch eine reguläre Grammatik erzeugt werden. In der Testphase werden die Versuchsteilnehmer gebeten, zu entscheiden, ob Strings den Regeln der Grammatik entsprechen (Performanz-Test), welche Buchstaben auf einen gegebenen Wortstamm folgen können (SLD-Test) und welche der Regeln sie explizit kennen (Free Report).

Ein anderes Versuchsparadigma, welches auch motorisches Lernen mit einbezieht ist der Serial Reaction Time Task [Rob07]. Die Versuchspersonen sitzen vor einem Bildschirm auf dem an einer von vier nebeneinander liegenden Positionen ein Stimulus erscheint. Die Versuchsperson drückt nun auf die der Position zugeordneten Taste, worauf der Stimulus verschwindet und mit etwas Verzögerung der nächste Durchlauf startet. Die Positionen, an denen die Stimuli erscheinen sind durch eine feste Sequenz bestimmt, durch implizites Lernen dieser Sequenz verbessert sich die Reaktionszeit.

Im folgenden Experiment wird auf die künstliche Grammatik von Dienes [DBB91] zurückgegriffen. Die Lern- und Testitems werden dabei für Gruppe 1 als String präsentiert, für die Gruppen 2 und 3 werden die Items als Weg in einem 2D-Raster dargestellt, wobei Gruppe 3 diesen Weg zusätzlich mit der Tastatur nachtippt. Ausgehend von der Dual Coding Theorie [Pai71] erhält Gruppe 1 also verbale, Gruppe 2 visuelle und Gruppe 3 sowohl visuelle als auch motorische Cues. In einigen Fällen konnte belegt werden, dass eine visuelle Codierung zu verbesserten Gedächtnisleistungen gegenüber der verbalen Codierung führt, sowie dass eine duale Codierung zu verbesserten Leistungen gegenüber einer analogen Codierung führt. Es ist also davon auszugehen, dass Gruppe 3 die Items besser erinnert als Gruppe 2, welche einen leichten Vorteil gegenüber Gruppe 1 hat, was hypothetisch Auswirkungen auf das implizite Lernen hat.

Zur Modellierung eignet sich z.B. ACT-R, wobei die Lernmechanismen von ACT-R das implizite Lernen repräsentieren, da diese ständig aktiv sind und daher das Konzept des unbewussten Lernens abbilden. Explizites Lernen wird in ACT-R als zielgesteuertes Lernen modelliert. Weiterhin eignen sich Neuronale Netze, wie ein au-

toassoziatives Netzwerk, oder das Simple Recurrent Network [CD07]. Um unbewusstes Lernen zu simulieren muss das Lernen hierbei als Nebenprodukt eines anderen Tasks auftreten. Der Autoassoziator von Dienes [Die92] hatte hierzu als Aufgabe, den Input unverändert auf die Output Units abzubilden, was als Nebeneffekt die Gewichtung der Kanten zwischen den Units veränderte.



## 3 Experiment

### 3.1 Hypothesen, Design und Variablen

**Design** Das Design des Experimentes baut auf dem von Dienes [DBB91] verwendeten Design auf. Den Teilnehmern werden in einer Lernphase Zeichenketten präsentiert, die nach den Regeln einer Grammatik erzeugt wurden. Diese Grammatik basiert auf einem endlichen Automaten und ähnelt in ihrer Komplexität, der in Dienes Beschriebenen. Da die Strings jedoch auf verschiedene Arten repräsentiert werden, gibt es in der Grammatik vier statt sechs Terminalsymbole. Die Art und Zahl der positiven präsentierten Beispiele stimmt mit der in [DBB91] überein. Ein weiterer Unterschied zu dem in [DBB91] beschriebenen Experiment ist neben den unterschiedlichen Präsentationsformen die Instruktionen, die die Teilnehmer vor Beginn des Experimentes erhalten.

**Instruktionen** Es gibt zwei verschiedene Arten von Anweisungen für die Teilnehmer. Entweder erhalten die Teilnehmer eine Instruktion für implizites oder explizites Lernen. Im ersten Fall wird den Teilnehmern die Information gegeben, dass sie an einem Gedächtnisexperiment teilnehmen. Von diesen Teilnehmern wird angenommen, dass sie sich die Regeln durch implizites Lernen aneignen. Im zweiten Fall wird den Probanden gesagt, dass die einzelnen Items, die ihnen präsentiert werden, durch bestimmte Regeln erzeugt werden, die sie finden sollen.

**Präsentationsart** Die drei verschiedenen Arten der den Experimentteilnehmern gezeigten Präsentation sind Strings aus Buchstaben, 2D Visualisierung und 2D Visualisierung kombiniert mit Produktion. Dabei wird jedem Teilnehmer genau eine der Präsentationsformen gezeigt. Bei 2D Visualisierung werden die Terminalsymbole durch „Hoch“, „Runter“, „Links“ und „Rechts“ repräsentiert und durch die Bewegungen eines Cursors in einem Gitternetz dargestellt. Die Variation 2D Visualisierung kombiniert mit Produktion erweitert diese Form dadurch, dass die Teilnehmer die Bewegungen des Cursors nachtippen müssen.

#### Variablen

##### Abhängige Variablen

- **Klassifikations Performance** Die Teilnehmer müssen entscheiden, ob ein gezeigtes Item gemäß der Regeln erzeugt wurde oder nicht.
- **SLD Test** Die Teilnehmer haben die Aufgabe, alle nach den Regeln erlaubten Fortsetzungen eines Stammes zu nennen.

- **Free Report** Die Teilnehmer sollen alle gefundenen Regeln und alle Items, an die sie sich erinnern, angeben.

**Unabhängige Variablen** Die unabhängigen Variablen sind der jeweilige Lernkontext (Letter-Strings, 2D, 2D+Control) sowie die Art der Instruktion (implizit, explizit).

**Hypothesen** Folgende Hypothesen, die in Tabelle 1 überblicksartig dargestellt werden, haben zum beschriebenen Design geführt.

**Tabelle 1:** Hypothesen

$P_I$	$S_I$	$FR_I$	$P_L$	$S_L$	$FR_L$	$P_V$	$S_V$	$FR_V$
$\approx$	$\approx$	$<$	$<$	$\approx$	$>$	$?$	$<$	$<$
$P_E$	$S_E$	$FR_E$	$P_V$	$S_V$	$FR_V$	$P_P$	$S_P$	$FR_P$

**Implizite(I) versus Explizite(E) Instruktion** Wenn es für die Probanden möglich ist, die den Strings zugrundeliegende Grammatik zu finden, sollten die Teilnehmer, die die Instruktion für Implizites Lernen erhalten haben, im Free Report mehr Regeln nennen können als die Gruppe mit Anweisungen für explizites Lernen. Bezüglich der Klassifikations- und SLD-Performance werden keine Unterschiede erwartet.

**Letter-String(L) versus Visuelle Präsentation(V)** Da die Regeln einer Grammatik für Zeichenketten leichter als für Figuren auszudrücken sind, sollten die Free Reports der Teilnehmer, die das Experiment unter der Letter-String Bedingung absolviert haben, besser ausfallen als die der Gruppe mit Visuellen Präsentationen. Im Unterschied dazu sollte die Klassifikationsperformance der Teilnehmer, die die Visuelle Präsentation der Items erhielten besser sein, da angenommen wird, dass es leichter ist die Ähnlichkeit zwischen Prototypen zu erkennen als Strings anhand von rekursiven Grammatikregeln zu klassifizieren. Bezüglich des SLD-Tests werden keine Unterschiede zwischen den beiden Varianten erwartet.

**Visuelle Präsentation(V) versus Visuelle Präsentation kombiniert mit Produktion(P)** Es wird angenommen, dass die Antwortzeiten für die Bedingung „Visuelle Präsentation kombiniert mit Produktion“ kürzer als bei den beiden anderen Varianten sind. Da es sich jedoch um ein Webexperiment handelt, bei dem die Antwortzeiten nicht erfasst werden, kann diese Hypothese nicht überprüft werden. Der Free Report der Teilnehmer, die unter der Bedingung „Visuelle Präsentation kombiniert mit Produktion“ am Experiment teilgenommen haben sollte besser ausfallen, da Cursor Befehle leichter als ein visuelles Muster alleine verbalisiert werden können. Für die Unterschiede bei der Klassifikationsperformance gibt es keine a priori Hypothese. Im SLD Test sollte die Gruppe „Visuelle Präsentation kombiniert mit Produktion“ ebenfalls besser abschneiden, da das Lernen der Grammatik mit Sequenzlernen kombiniert wird.

## 3.2 Material

Die verwendete Grammatik basiert auf der Grammatik von Dienes et al [DBB91]. Die vorliegende Studie beschränkt allerdings die Symbole der Grammatik auf O, U, R, L, wohingegen Dienes et al [DBB91] ein Symbol mehr, nämlich M,V,T,X,R verwendet haben (siehe Abbildung 1 und Abbildung 2). Diese Einschränkung ergibt sich durch die zusätzliche Variation in dieser Studie, dass die Items, die den Probanden vorgelegt werden, nicht immer Strings, sondern auch Figures sein können. In den Figures entsprechen die Buchstaben der Laufrichtung zum nächsten Kästchen. D.h. L = links, R = rechts, O = oben, U = unten. Anhand der Figures aus Tabelle 2 lässt sich schnell erkennen, dass ein direktes Aufeinanderfolgen von L/R bzw. O/U (und umgekehrt) in der 2D-Darstellung nicht darstellbar wäre. Somit musste die Grammatik bezüglich der Kantenbeschriftungen und der Anzahl der Symbole angepasst und gekürzt werden (vgl. Abb. 3).

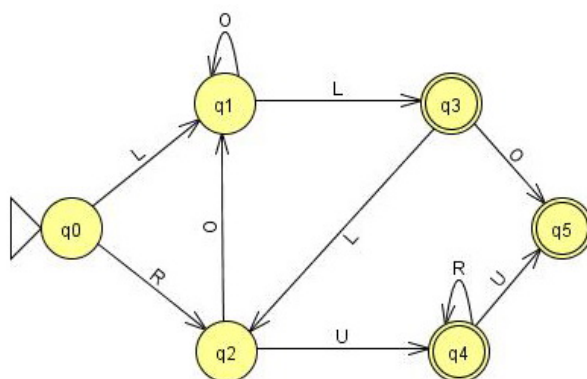


Abbildung 1: Grammatik dieser Studie

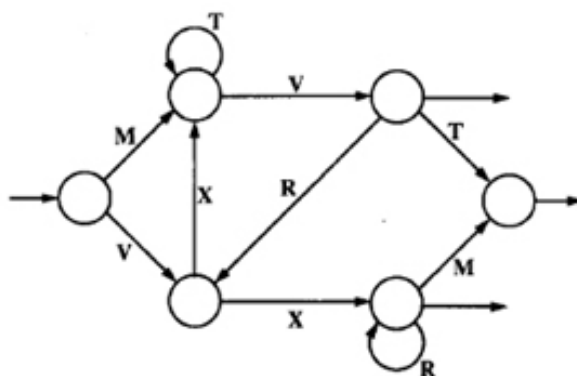
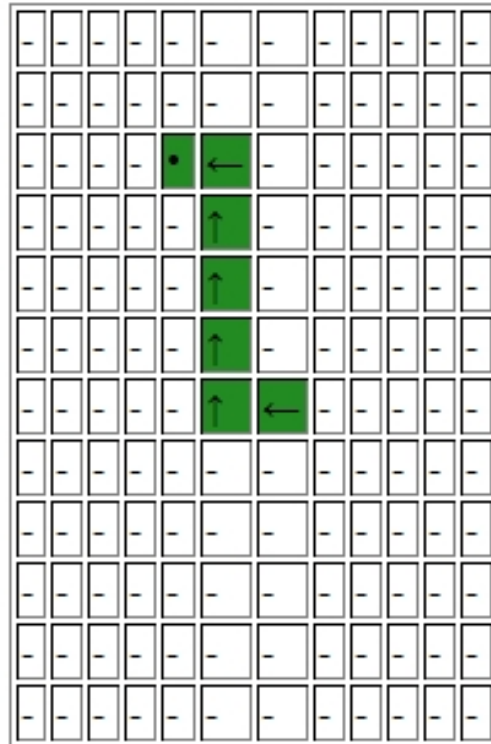


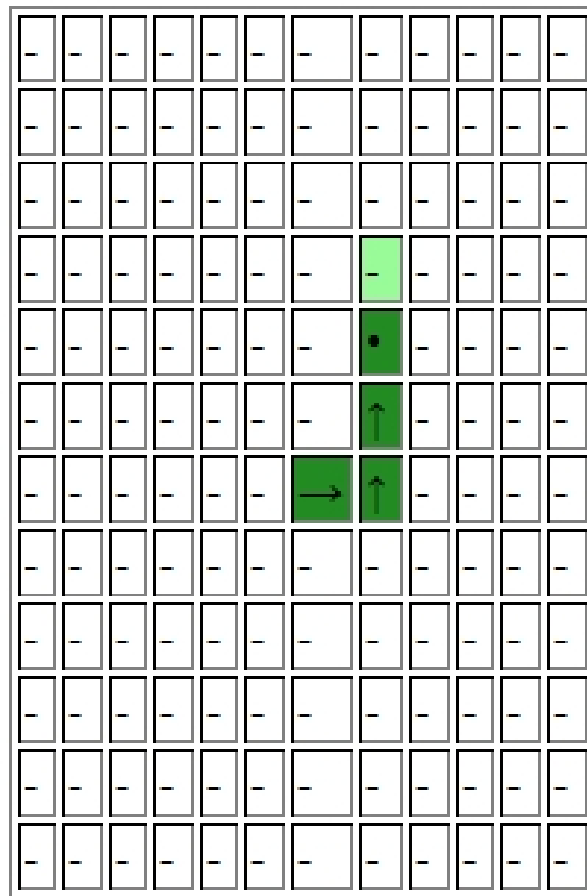
Abbildung 2: Grammatik von Dienes et al [DBB91]

Aus der Grammatik wurden 20 korrekte Lernitems erzeugt, die in Tabelle 2 als Strings und Figures dargestellt sind. Von den 25 grammatikalischen Testitems wurden 4 Items direkt aus den Lernitems genommen, die restlichen 21 Items wurden wieder anhand der Grammatik in einer Länge von 3-6 erzeugt (siehe Tabelle 2). Die 25 nicht-grammatikalischen Testitems wurden erzeugt, indem aus einem grammatikalischem Item eine unterschiedliche Anzahl von Buchstaben so ersetzt wurde,



**Abbildung 3:** Figur zum String LOOOOL aus der Testphase

dass das Item nun nicht mehr von der Grammatik erzeugt werden konnte (siehe Tabelle 3). Während der Lernphase wurde jedes Exemplar für 5 Sekunden auf dem Bildschirm angezeigt. Die komplette Menge der 20 Items wurde insgesamt sechs Mal in randomisierter Anordnung gezeigt. Für den Test der sequentiellen Buchstaben-Abhängigkeiten wurden alle möglichen grammatikalisch korrekten Stämme der Länge null bis fünf generiert mit der Bedingung, dass mindestens noch ein Buchstabe laut den Grammatik-Regeln an den Stamm angehängt werden kann. Somit ergaben sich insgesamt 36 Stämme aus Tabelle 3, wobei auch der null-Stamm berücksichtigt wurde. Die Figuren-Stämme ergeben sich analog zu den Wortstämmen, indem die zugehörigen Richtungen abgelaufen werden. Beispielhaft ist in Abbildung 3 eine Figur der Lernphase, und in Abbildung 4 eine Figur im SLD-Test dargestellt.



**Abbildung 4:** Figur des Strings ROO, mit Abfrage, ob O ein legaler Nachfolger wäre

**Tabelle 2:** 50 Testitems in Stringdarstellung (25 grammatikalisch, 25 nicht grammatikalisch)

Grammatikalische Lern-Strings	Grammatikalische Test-Strings	Nicht grammatikalische Test-Strings
LOOOOL	ROOOOL	RURRO
LOOLO	LOOOL	RUL
LOL	LOOLLU	RURUL
LOLLU	LOLLOL	OLLOR
LOLLUU	LOLLUR	OOOOL
LLLU	LLLUU	LOLL
LLLURR	ROLLUR	LULO
LLLOOL	LOOOL	LLLOR
LLLOL	RURU	LORRRU
LLLOLO	LLO	UULU
RUU	LOLO	LOOLOR
RURR	LOOL	ULLUR
RURRU	LLLUR	ORO
RURRRR	LLLOLO	LUULO
ROOOL	ROLO	RRRRU
ROOLLU	LOL	ORUUL
ROOLO	ROLLU	RRURO
ROLLU	ROLLUR	RORRU
ROLLLOL	RUR	LOLUU
ROLO	RURRR	ROLLLL
	ROOL	ROO
	RURRRU	LOOLL
	ROOOL	LOOORU
	LLLURU	LOROLO
	ROL	RUULO

**Tabelle 3:** Wortstämme für den SLD-Test mit legalen Nachfolgebuchstaben

Stamm	Legale Nachfolger
RUR	R, U
LO	O, L
ROO	O, L
R	O, U
RURRR	R, U
LOOO	O, L
LLUR	U, R
ROOOL	O, L
ROOOO	O, L
RURR	R, U
LOOL	O, L
ROLL	O, U
ROLLU	U, R
LOOOL	O, L
LLLOL	O, L
LLLU	U, R
ROOLL	O, U
Null	R, L
L	O, L
LLLOO	O, L
RO	O, L
RU	R, U
LOO	O, L
ROL	O, L
LOL	O, L
LLLO	O, L
ROOL	O, L
LLL	O, U
ROOO	O, L
ROLLO	O, L
LOOLL	O, U
LOLLO	O, L
LOOOO	O, L
LOLL	O, U
LL	O, L
LOLLU	R, U

## 3.3 Design des Webexperiments

Im Folgenden werden wir auf das Design unseres Webexperiments eingehen. Dabei werden wir die verwendeten Technologien und unsere Realisierung erklären.

### 3.3.1 Architektur

Das Experiment basiert auf eine Client-/Server-Architektur. Dabei gliedert sich das Design des Webexperiments in zwei Teile. Zum einen die Clientseite und zum anderen die Serverseite.

- Client:  
Auf der Clientseite wurden als Technologien HTML und CSS eingesetzt. Dabei stellt HTML die Struktur und Objekte wie Formularfelder zur Verfügung. Für die Darstellung und Positionierung wurden Cascading Stylesheets eingesetzt. Javascript wurde dazu verwendet die Programmlogik zu realisieren.
- Server:  
Mittels Common Gateway Interface wird auf dem Server eine Laufzeitumgebung zur Verfügung gestellt. Ein in Perl geschriebenes Programm lädt nun die Website vom Server zur Anzeige auf der Clientseite. Nun wartet der Server auf das Ende des Experiments, wodurch er ein Stringarray mit allen Informationen erhält. Diese Informationen werden in die Experiment-Tabelle der Datenbank geschrieben, wobei jedoch das Feld für die Mailadresse in eine separate Tabelle, aus Gründen des Datenschutzes, geschrieben wird.

### 3.3.2 Vorbereitung

Zu Beginn wird mittels normalverteiltem Zufallszahlengenerator ermittelt, welche Darstellung der Proband bekommen soll.

1. Letter-Strings
2. 2D
3. 2D+Control

Als nächstes wird zufällig bestimmt, welche Muster in der Lernphase gezeigt werden. Dies geschieht wieder durch eine generierte Zufallszahl, die den Index von einem der sechs Arrays mit unterschiedlichen Abfolgen von Mustern ermittelt.



Die letzte Zufallszahl bestimmt den Grad der Information

1. uninformiert
2. informiert

Diese drei Informationen werden in ein verstecktes Formularfeld der Website gespeichert. Als nächstes folgt die Abfrage einiger weniger demographischer Daten. Auch diese werden in einem verstecktem Feld gespeichert.

### 3.3.3 Durchlauf

Der Testdurchlauf gliedert sich in vier Abschnitte, die im Vorfeld vorbereitet wurden.

1. Lernphase  
Die in der Vorbereitungsphase bestimmte Abfolge von Mustern wird dem Probanden gezeigt. Im Falle einer String-Repräsentation geschieht dies durch die einfache Anzeige der Elemente des Arrays. Im Falle der 2D-Darstellung wird die Eingabe so transformiert, dass vom Mittelpunkt eines Rasters aus die Abfolge von Anweisungen (L,R,O,U) jedes einzelnen Elements visualisiert werden. Sollte auch Motorik angesprochen werden, werden die Anweisungen sukzessive visualisiert. Die nächste Anweisung wird erst freigeschaltet, wenn die vorherige richtig nachgetippt wurde.
2. Testphase  
Für diese und der darauf folgenden Phase gibt es genau ein Array, das für alle Probanden verwendet wird. In der Testphase werden dem Probanden nacheinander alle Elemente des Arrays gezeigt. Nun soll der Proband mit „Ja“ oder „Nein“ angeben, ob er dieses Muster in der Lernphase gesehen hat oder nicht. Die Muster und die Antworten werden in ein verstecktes Formularfeld der Website geschrieben.
3. SLD-Phase  
Dabei werden dem Probanden nacheinander Muster und eine mögliche Fortsetzung gezeigt. Diese Fortsetzung kann der Proband mit „Ja“ oder „Nein“ annehmen oder ablehnen. Diese Folge und die Antwort werden in einem verstecktem Formularfeld der Website gespeichert.
4. Freitext  
In der letzten Phase wird der Proband aufgefordert alle Regeln und alles was ihm aufgefallen ist in ein Textfeld zu schreiben.

Erst nach diesem letzten Schritt werden alle Felder der Website inklusive aller versteckten Felder mittels Formular-Methode „post“ zur, wie oben beschrieben, Weiterverarbeitung an den Server geschickt.

## 3.4 Methode

### 3.4.1 Stichprobe

Am Experiment nahmen insgesamt 55 (28 weibliche und 27 männliche) freiwillige Testpersonen teil. Diese waren zwischen 19 und 36 Jahre alt und überwiegend Studenten. Die Teilnehmer wurden in Lehrveranstaltungen, die an der Universität Bamberg stattfanden, angeworben. Zusätzlich zur mündlichen Beschreibung des geplanten Vorhabens wurden Flyer an die potentiellen Probanden verteilt, auf denen die für die Teilnahme am Experiment benötigte Webadresse vermerkt war.

### 3.4.2 Prozedur

Die Teilnehmer erhielten vor Beginn der Lernphase abhängig von der Testart und abhängig davon, ob sie der Gruppe „informiert“ oder „uninformiert“ zugeordnet waren, eine Anweisung. An dieser Stelle werden beispielhaft die Anweisungen für die Gruppe der Teilnehmer, denen die zu lernenden Items als Buchstabenstrings präsentiert wurden, aufgeführt. Anweisung für die uninformierte Lernphase zur String-Klassifikation:

*Es handelt sich um ein einfaches Gedächtnisexperiment. Sie sehen Buchstabenreihen bestehend aus den Buchstaben U, O, R und L. Diese Buchstabenreihen sind jeweils 3 - 6 Buchstaben lang. Eine mögliche Buchstabenreihe wäre zum Beispiel URRLO. Ihnen werden nun nacheinander unterschiedliche Buchstabenreihen präsentiert. Ihre Aufgabe ist es, so viele Buchstabenreihen wie möglich zu lernen und zu erinnern. Bitte versuchen Sie, sich während dieser Phase auf die Buchstabenreihen zu konzentrieren, auch wenn es schwierig ist. Jede Buchstabenreihe erscheint für ca. 5 Sekunden, nach etwa einer Sekunde Pause erscheint der nächste. Insgesamt dauert diese Phase etwa 10 Minuten. Drücken Sie auf OK, wenn Sie bereit sind. Der Versuch startet dann sofort.*

Anweisung für die informierte Lernphase zur String-Klassifikation:

*Es handelt sich um ein einfaches Gedächtnisexperiment. Sie sehen Buchstabenreihen bestehend aus den Buchstaben U, O, R und L. Diese Buchstabenreihen sind jeweils 3 - 6 Buchstaben lang. Ihre Aufgabe ist es, so viele Buchstabenreihen wie möglich zu lernen und zu erinnern. Die Reihenfolge der Buchstaben in den Reihen ist durch eine Menge komplexer Regeln festgelegt. Diese Regeln legen fest, welche Buchstaben auf welche folgen dürfen. Da es Ihre Aufgabe ist, die Buchstabenreihen zu lernen, wird es Ihnen helfen sich zu überlegen, nach welchen Regeln die Reihenfolge der Buchstaben festgelegt ist. Bitte versuchen Sie, sich während dieser Phase auf die Buchstabenreihen zu konzentrieren, auch wenn es schwierig ist. Jede Buchstabenreihe erscheint für ca. 5 Sekunden, nach etwa einer Sekunde Pause erscheint der nächste. Insgesamt dauert*

*diese Phase etwa 10 Minuten. Drücken Sie auf OK, wenn Sie bereit sind. Der Versuch startet dann sofort.*

Die entsprechenden Anweisungen für 2D und 2D+Control sind im Anhang zu finden. Nach der Lernphase folgte die Klassifikationsphase. An dieser Stelle wurden nun auch Probanden der uninformierten Lernphase darauf hingewiesen, dass die gezeigten Buchstabenreihen nach gewissen Regeln (bzw. Grammatiken) erzeugt wurden. Während der Klassifikationsphase wurden alle Testpersonen darauf hingewiesen, dass sie weitere Items gezeigt bekommen, die den Regeln der gelernten Items entweder folgen oder diese verletzen. Ob die zugrundeliegenden Regeln eingehalten wurden, sollten Probanden für jeden einzelnen Item mit ja oder nein entscheiden. Jedes Item wurde solange angezeigt, bis die Testperson eine Antwort gegeben hatte. Bei Unsicherheit sollten sie aus dem Bauch heraus entscheiden.

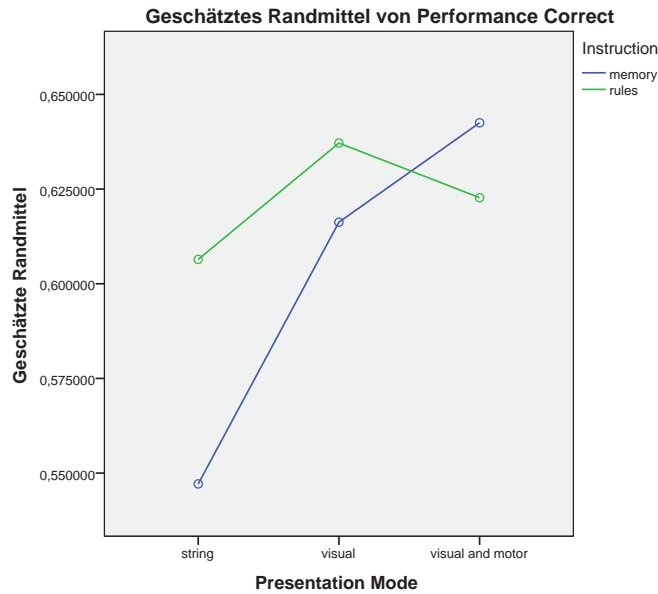
Im Anschluss an den Klassifikationstest folgte der SLD-Test und schließlich der freie Bericht. Vor dem SLD-Test wurden die Testpersonen darauf hingewiesen, dass ihnen nun die ersten Buchstaben von weiteren Buchstabenreihen gezeigt werden. Die Probanden sollten während des Tests für 32 verschiedene Wortstämme entscheiden, ob jeweils ein gezeigter Buchstabe gemäß der zugrundeliegenden Grammatik an den Wortstamm angehängt werden darf oder nicht.

Beim freien Bericht sollte in textueller Form beschrieben werden, anhand welcher Regeln sie zu dem Entschluss kamen, dass gewisse Items der zugrundeliegenden Grammatik folgen würden. Sie sollten ferner angeben, ob weitere Strategien bei der Klassifikation der Items verwendet wurden und an welche konkreten Buchstabenreihen der Lernphase sie sich erinnern konnten.

### **3.4.3 Auswertung und Ergebnisse**

Ausgangspunkt für die Auswertung des Experiments waren 55 Datensätze, die zur statistischen Analyse in SPSS importiert wurden. Die primären Ergebnisse werden anhand von Abbildung 5 und Abbildung 6 verdeutlicht, in denen jeweils in Form von Liniendiagrammen die Ergebnisse einer univariaten Varianzanalyse dargestellt werden. Abhängig von der Art der Präsentation (string, visual, visual and motor) werden die korrekten Antworten (correct accepted und correct rejected) der Probanden sowohl für implizites als auch für explizites Lernen dargestellt. Die Auswertungen wurden jeweils für SLD (vgl. Abbildung 6) und Performance (vgl. Abbildung 5) durchgeführt.

**Performance:** In Abbildung 5 erkennt man, dass die Performance bei implizitem Lernen von string über visual zu visual/motor stetig steigt, was vermuten lässt, dass die Art der Präsentation bei implizitem Lernen bedeutenden Einfluss auf die erzielten Resultate der Probanden hat. Unter expliziten Versuchsbedingungen schnitten Probanden bei Darbietung von Strings und 2D besser ab als unter impliziten Bedingungen. Überraschenderweise gilt dies jedoch nicht für 2D+Control, da hier



**Abbildung 5:** Ergebnisse der Performance-Tests abhängig von Präsentations- und Informationsart

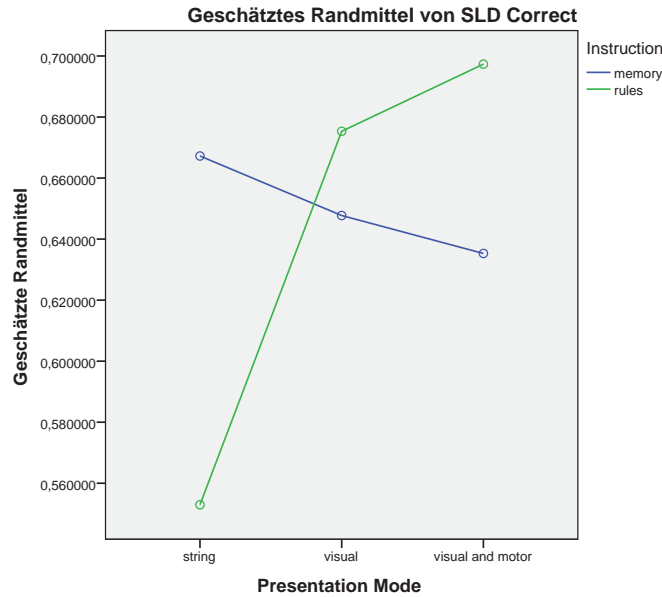
Probanden ohne vorherigen Hinweis auf explizite Regeln besser abschnitten. Darüber hinaus ist festzuhalten, dass sowohl unter expliziten als auch unter impliziten Versuchsbedingungen Antworten häufiger korrekt waren, wenn die gezeigten Muster visuell, also in Form von 2D oder 2D+Control, dargeboten wurden.

In Bezug auf die in Abschnitt 3.1 genannten Hypothesen ist festzuhalten, dass  $P_L < P_V$  sowohl für implizites als auch für explizites Lernen gilt. Das Verhältnis von 2D zu 2D+Control ( $P_V ? P_P$ ) ist abhängig von der bereitgestellten Information. Während für implizites Lernen  $P_V < P_P$  gilt, verhält es sich bei explizitem Lernen genau umgekehrt.

Insgesamt hat sich bei den Performance-Tests gezeigt, dass Probanden mit vorheriger Information in den meisten Fällen bessere Resultate erzielten. Dass dies bei 2D+Control nicht der Fall ist, lässt sich möglicherweise auf die ungleichmäßige Verteilung der Testpersonen auf die jeweiligen Testarten bzw. auf ein gestiegenes Maß an Sinneseinflüssen bei 2D+Control zurückführen.

**SLD:** Abbildung 6 veranschaulicht die Ergebnisse der SLD-Tests. Auffällig ist hierbei, dass unter impliziten Lernbedingungen die Zahl der korrekten Antworten von Strings über 2D zu 2D+Control zunehmend geringer wird. Unter expliziten Versuchsbedingungen verhält es sich genau umgekehrt (mit einem stetigen Anstieg der Erfolgsrate von String zu 2D+Control). Bei expliziter Information fällt außerdem ein gravierender Unterschied zwischen zeichenbasierter und visueller Darstellung auf.

Die Hypothese  $S_L \approx S_V$  kann für implizites Lernen annähernd bestätigt werden, für explizites Lernen jedoch nicht. Die Hypothese  $S_V < S_P$  kann wiederum für explizites, jedoch nicht für implizites Lernen bestätigt werden. Die Frage, warum unter



**Abbildung 6:** Ergebnisse der SLD-Tests abhängig von Präsentations- und Informationsart

impliziten Lernenbedingungen die Resultate bei String-Repräsentation besser waren als bei 2D+Control, kann möglicherweise dadurch beantwortet werden, dass sich entsprechende Probanden bei visueller Darstellung nur Items gemerkt haben und daher nur selten die zugrundeliegenden Regeln erkannten. Strings hingegen konnten aufgesagt und evtl. generalisiert werden. Die explizite Suche nach dem nächsten Buchstaben funktioniert mit 2D+Control besser, da der Pfad sequentiell eingegeben werden muss. Die Probanden konzentrieren sich also auf die Frage, welcher Pfeil auf den gerade eingegebenen folgen kann, ähnlich wie im Serial Reaction Time Task. Das erklärt auch, warum die Probanden bei impliziter Anweisung mit Motorik schlechter abschneiden, weil sie nicht wissen, dass die Abfolge der Buchstaben eine wichtige Information ist.

Zur Prüfung der Hypothesen  $P_I \approx P_E$  und  $S_I \approx S_E$  wurden die Mittelwerte für Performance implizit/explicit sowie für SLD implizit/explicit ermittelt (vgl. Tabelle 4). Beide Thesen lassen sich unter der Bedingung, dass die Mittelwerte für Performance und SLD jeweils für die verschiedenen Arten der Präsentation aggregiert werden, annähernd bestätigen.

**Tabelle 4:** Mittelwerte für Performance und SLD

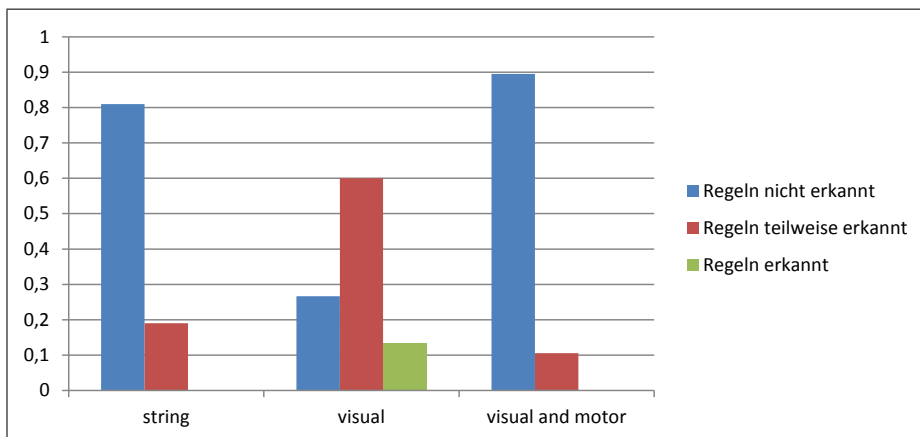
$P_I$	$P_E$	$S_I$	$S_E$
0,6043	0,6121	0,6493	0,6293

**Free Report:** Die Hypothese  $FR_L > FR_V$  kann nicht bestätigt werden. Genau das Gegenteil fällt auf, wenn man die Verteilung der Häufigkeiten betrachtet (vgl. Abbildung 7). Möglicherweise lies bei Probanden, denen Strings gezeigt wurden,

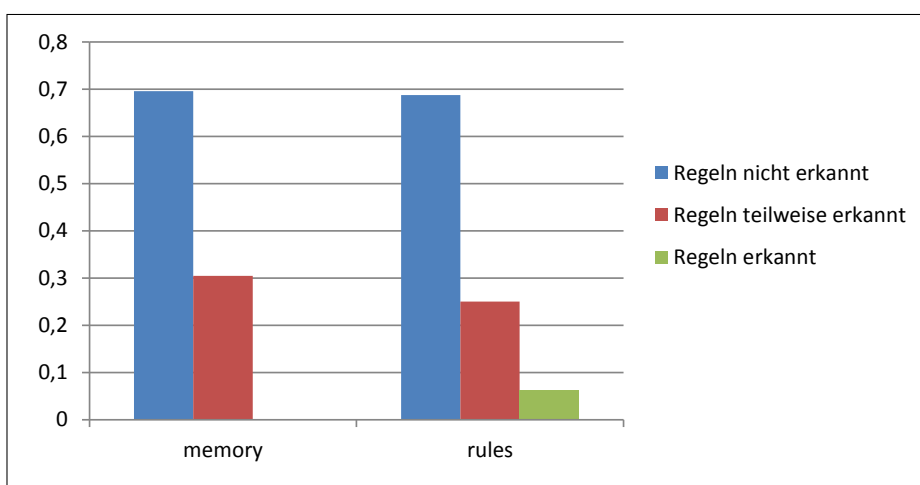
nach einer gewissen Zeit die Motivation nach. Außerdem wird anhand der visuellen Darstellung leichter ersichtlich, dass beispielsweise auf L kein R folgen kann, wodurch i.A. die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Angabe erhöht wird.

Auch die Hypothese  $FR_V < FR_P$  kann nicht bestätigt werden (vgl. ebd.). Die Vermutung liegt nahe, dass Probanden bei 2D+Control, aufgrund der zusätzlichen Eingabe, abgelenkt waren und somit schlechtere Resultate erzielten.

Die Hypothese  $FR_I < FR_E$  kann bestätigt werden (vgl. Abbildung 8). Der prozentuale Anteil von Personen, die im Free Report keine korrekte Regel angaben, unterscheidet sich jeweils für explizite bzw. implizite Instruktion nur sehr geringfügig. Ähnliches gilt für die prozentualen Anteile der erkannten und teilweise erkannten Regeln. Lediglich unter expliziten Versuchsbedingungen konnten Probanden im Free Report einen Großteil der zugrundeliegenden grammatikalischen Regeln korrekt benennen. Das Ergebnis lässt vermuten, dass einige wenige Probanden unter expliziten Versuchsbedingungen evtl. gezeigte Muster notiert und anschließend analysiert haben.



**Abbildung 7:** Relative Häufigkeit erkannter, nicht-erkannter und teilweise erkannter Regeln in Abhängigkeit von der Präsentationsart



**Abbildung 8:** Relative Häufigkeit erkannter, nicht-erkannter und teilweise erkannter Regeln in Abhängigkeit von der Art der Information

## 4 Bewertung und Ausblick

Der Mittelwert an richtigen Antworten lag abhängig von der Testgruppe bei 0.55 - 0.64 (für Performanz), bzw. bei 0.55 - 0.70 (für SLD). Gleichzeitig wurden die Regeln im Free Report meist überhaupt nicht, oder nur unvollständig angegeben. Es hat also in allen Gruppen ein impliziter Lernprozess stattgefunden.

Im SLD-Test mit expliziter Information schnitt die Gruppe Visuell+Motorik (2D+Control) besser ab, als die Gruppe Visuell (2D), welche besser abschnitt, als die String-Gruppe, ähnlich wie im Performanz-Test mit impliziter Information.

Dies kann dadurch erklärt werden, dass der Performanz-Test eher das implizite Wissen abfragt, während der SLD-Test Kenntnis über die First-Order und Second-Order Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Buchstaben verlangt [DBB91]. In allen Fällen hat die Präsentationsart (String oder 2D) einen höheren Einfluss, als das Vorhandensein des Motorik-Tasks. Eine statistische Signifikanz konnte jedoch nicht erreicht werden.

In der String-Gruppe erzielten Probanden im Performanz-Test ein besseres Ergebnis, sofern sie die explizite Instruktion bekamen, dafür ein schlechteres Ergebnis im SLD-Test. In der Gruppe Visuell+Motorik verhält es sich umgekehrt. Möglicherweise hat der Motorik-Task mit dem impliziten Lernen interferiert, wie es Hayes (vgl. [Hay87]) mit einem Random-Number-Generation Task nachweisen konnte.

Reber konnte 1976 belegen, dass die explizite Instruktion zu einem schlechteren Ergebnis im Performanz-Test führt [Reb76]. Dies konnte in späteren Arbeiten nicht reproduziert werden, im Online-Experiment schnitten jedoch die Probanden mit expliziter Instruktion im SLD-Test schlechter ab. Dienes hielt fest, dass eine Korrelation zwischen der Leistung eines Probanden im Performanz-Test und dessen Leistung im SLD-Test besteht [DBB91]. Die Mittelwerte der einzelnen Gruppen betrachtend, konnte diese Korrelation nicht reproduziert werden.

Dieses Experiment wird Gegenstand einer Bachelor-Arbeit der Universität Bamberg sein, dazu soll ein kognitives Modell in ACT-R erstellt werden. Der deklarative Speicher von ACT-R soll dabei das explizite Wissen abbilden, während implizites Wissen im prozeduralen Speicher abgelegt wird. Vorbild für die Visuelle Repräsentation wird die Arbeit von Gunzelmann & Lyon [G<sup>+</sup>07], während für den Präsentationsmodus 2D+ mit einer Reaktionszeit ein motorischer Task ausgeführt wird, ähnlich wie in [LWT98].

## Literatur

- [CD07] CLEEREMANS, Axel ; DIENES, Zoltan: Computational models of implicit learning. In: *Cambridge handbook of computational psychology* (2007), S. 396–421
- [DBB91] DIENES, Zoltan ; BROADBENT, Donald ; BERRY, Dianne: Implicit and explicit knowledge bases in artificial grammar learning. In: *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 17 (1991), S. 875–887
- [Die92] DIENES, Zoltan: Connectionist and Memory-Array Models of Artificial Grammar Learning. In: *Cognitive Science* 16 (1992), S. 41–79
- [G<sup>+</sup>07] GUNZELMANN, Glenn u. a.: *Cognitive Architectures: Valid Control Mechanisms for Spatial Information Processing*. 2007
- [Hay87] HAYES, N.A.: *Systems of explicit and implicit learning*. University of Oxford, 1987
- [LWT98] LEBIERE, Christian ; WALLACH, Dieter ; TAATGEN, Niels ; RITTER, Frank (Hrsg.) ; YOUNG, Richard (Hrsg.): *Implicit and explicit learning in ACT-R*. 1998
- [Pai71] PAIVIO, Allen: *Imagery and Verbal Processes*. (1971)
- [Reb65] REBER, Arthur S.: *Implicit learning of artificial grammars*. Brown University, 1965
- [Reb76] REBER, Arthur S.: Implicit Learning of Synthetic Languages: The Role of Instructional Set. In: *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory* 2 (1976), S. 88–94
- [Reb89] REBER, Arthur S.: Implicit learning and tacit knowledge. In: *Journal of Experimental Psychology-general* 118 (1989), S. 219–235
- [RKLC80] REBER, Arthur S. ; KASSIN, Saul M. ; LEWIS, Selma ; CANTOR, Gary: On the relationship between implicit and explicit modes in the learning of a complex rule structure. In: *Journal of Experimental Psychology: Human Learning Memory* 6 (1980), S. 492–502
- [Rob07] ROBERTSON, Edwin M.: The serial reaction time task: implicit motor skill learning? In: *J Neurosci* 27 (2007), Nr. 38, S. 10073–10075
- [S<sup>+</sup>89] STANLEY u. a.: Insight without awareness. In: *Quarterly Journal of Experimental Psychology* (1989), Nr. 41A, S. 553–577
- [Sha03] SHAUGHNESSY, Michael: CALL, commercialism and culture: inherent software design conflicts and their results. In: *ReCALL* 15 (2003), November, S. 251–268



- [SMP01] SUN, R. ; MERRILL, E. ; PETERSON, T.: From implicit skill to explicit knowledge: A bottom-up model of skill learning. In: *Cognitive Science* (2001), Nr. 25(2), S. 203–244
- [SOB93] SCHOOLER, Jonathan W. ; OHLSSON, Stellan ; BROOKS, Kevin: Thoughts beyond words: When language overshadows insight. In: *Journal of Experimental Psychology-general* 122 (1993), S. 166–183

# Anhang

## A Instruktionen zu den einzelnen Tests

### A.1 Strings ohne Instruktion

#### Ablauf Lernphase:

*Es handelt sich um ein einfaches Gedächtnisexperiment. Sie sehen Buchstabenreihen bestehend aus den Buchstaben U, O, R und L. Diese Buchstabenreihen sind jeweils 3 - 6 Buchstaben lang. Eine mögliche Buchstabenreihe wäre zum Beispiel URRLO. Ihnen werden nun nacheinander unterschiedliche Buchstabenreihen präsentiert. Ihre Aufgabe ist es, so viele Buchstabenreihen wie möglich zu lernen und zu erinnern. Bitte versuchen Sie sich, während dieser Phase auf die Buchstabenreihen zu konzentrieren, auch wenn es schwierig ist. Jede Buchstabenreihe erscheint für ca. 5 Sekunden, nach etwa einer Sekunde Pause erscheint der nächste. Insgesamt dauert diese Phase etwa 10 Minuten. Drücken Sie auf OK, wenn Sie bereit sind. Der Versuch startet dann sofort.*

#### Ablauf „Klassifikations-Test“:

*Die von Ihnen gelernten Buchstabenreihen wurden nach konkreten Regeln, auch Grammatik genannt, erzeugt. Diese Regeln schreiben vor, welcher Buchstabe auf welchen Buchstaben folgen darf. Im Folgenden werden Ihnen neue Buchstabenreihen präsentiert: Einige davon wurden nach denselben Regeln, wie die gelernten Buchstabenreihen erzeugt. Die anderen verletzen diese Regeln in irgendeiner Weise. Geben Sie bei jeder Buchstabenreihe an, ob Sie denken, dass sie auf denselben Regeln basieren, wie die ursprünglich gelernten Buchstabenreihen, [Y] oder nicht [N]. Auch wenn Sie der Meinung sind, diese Entscheidung nicht treffen zu können, entscheiden Sie bitte einfach aus dem Bauch heraus.*

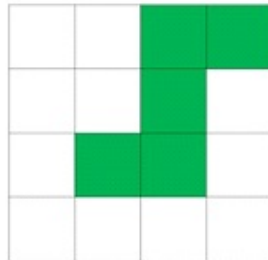
#### Ablauf „SLD-Test“

*Sie sehen nun die ersten Buchstaben von weiteren Buchstabenreihen, sogenannte Wortstämme. Bitte geben Sie jeweils an, ob der letzte gezeigte Buchstabe in der Reihe gemäß den Regeln als nächstes folgen darf, oder nicht. Wenn Sie der Meinung sind, dass der gezeigte Buchstabe korrekt ist, drücken Sie bitte [Y], wenn Sie der Meinung sind, dass der gezeigte Buchstabe nicht der Grammatik entspricht, drücken Sie bitte [N]. Auch wenn Sie der Meinung sind, diese Entscheidung nicht treffen zu können, entscheiden Sie bitte einfach aus dem Bauch heraus. Ablauf „Free Report.“ Bitte geben Sie an, nach welchen Regeln Sie entschieden haben, ob eine Buchstabenreihe zur Grammatik gehört, also nach denselben Regeln gebildet wurde, wie die anfangs gelernten Buchstabenreihen, oder nicht. Bitte geben Sie auch Regeln an, wenn sie sich bezüglich deren Korrektheit nicht ganz sicher sind. Eine mögliche Regel bei Buchstabenreihen mit den Buchstaben X, Y, Z wäre „Nach X folgt niemals Y“. Welche Strategien haben Sie außerdem benutzt? An welche konkreten Buchsta-*

benreihen der Lernphase können Sie sich noch erinnern? Bitte geben Sie so viele wie möglich an.

## A.2 2-D Figuren Passiv ohne Instruktion

Ablauf Lernphase:



Es handelt sich um ein einfaches Gedächtnisexperiment. Sie sehen unterschiedliche Figuren, bestehend aus grünen Kästen. Die Figuren enthalten immer zwischen 4 - 7 Kästen, die auf verschiedene Weise miteinander verknüpft sind. Eine mögliche Figur wäre also folgende: Ihnen werden nun nacheinander unterschiedliche Figuren präsentiert. Ihre Aufgabe ist es, so viele Figuren wie möglich zu lernen und zu erinnern. Bitte versuchen Sie sich, während dieser Phase auf die Figuren zu konzentrieren, auch wenn es schwierig ist. Jede Figur erscheint für ca. 5 Sekunden, nach etwa einer Sekunde Pause erscheint die nächste. Insgesamt dauert diese Phase etwa 10 Minuten. Drücken Sie auf OK, wenn Sie bereit sind. Der Versuch startet dann sofort.

### Ablauf „Klassifikations-Test“

Die von Ihnen gelernten Figuren wurden nach konkreten Regeln, auch Grammatik genannt, erzeugt. Diese Regeln schreiben vor, wie die unterschiedlichen Kästen miteinander verbunden sind. Im Folgenden sehen Sie neue Figuren: Einige davon wurden nach denselben Regeln wie die gelernten Figuren erzeugt. Die anderen verletzen diese Regeln in irgendeiner Weise. Geben Sie bei jeder Figur an, ob Sie denken, dass sie auf denselben Regeln basieren, wie die ursprünglich gelernten Figuren, [Y] oder nicht [N]. Auch wenn Sie der Meinung sind, diese Entscheidung nicht treffen zu können, entscheiden Sie bitte einfach aus dem Bauch heraus.

### Ablauf „SLD-Test“:

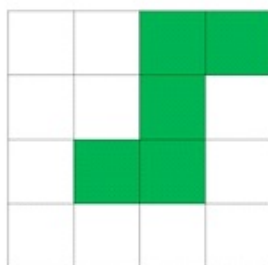
Sie sehen nun die ersten Kästen von weiteren Figuren, sogenannte Figurstämme. Bitte geben Sie jeweils an, ob der letzte gezeigte Kasten gemäß den Regeln als nächstes folgen darf, oder nicht. Wenn Sie der Meinung sind, dass der gezeigte Kasten korrekt ist, drücken Sie bitte [Y], wenn Sie der Meinung sind, dass der gezeigte Buchstabe nicht der Grammatik entspricht, drücken Sie bitte [N]. Auch wenn Sie der Meinung sind, diese Entscheidung nicht treffen zu können, entscheiden Sie bitte einfach aus dem Bauch heraus.

### Ablauf „Free Report“:

Bitte geben Sie an, nach welchen Regeln Sie entschieden haben, ob eine Figur zur Grammatik gehört, also nach denselben Regeln gebildet wurde, wie die anfangs gelernten Figuren, oder nicht. Bitte geben Sie auch Regeln an, wenn sie sich bezüglich deren Korrektheit nicht ganz sicher sind. Eine mögliche Regel wie diese Figuren gebildet werden wäre: „Auf einen Kasten nach oben folgt niemals ein Kasten nach rechts“. Welche Strategien haben Sie außerdem bei der Zuordnung der Figuren benutzt? An welche konkreten Figuren der Lernphase können Sie sich noch erinnern? Bitte geben Sie so viele, wie möglich an.

### A.3 2D-Figuren Aktiv ohne Instruktion

#### Ablauf Lernphase:



Es handelt sich um ein einfaches Gedächtnisexperiment. Sie sehen unterschiedliche Figuren, bestehend aus grünen Kästen. Die Figuren enthalten immer zwischen 4 - 7 Kästen, die auf verschiedene Weise miteinander verknüpft sind. Eine mögliche Figur wäre also folgende: Ihnen werden nun nacheinander unterschiedliche Figuren präsentiert. Bevor Ihnen die nächste Figur präsentiert wird, müssen Sie die aktuelle Figur mit den Cursortasten anhand der Pfeilrichtungen „ablaufen“. Ihre Aufgabe ist es, so viele Figuren wie möglich zu lernen und zu erinnern. Bitte versuchen Sie sich während dieser Phase auf die Figuren zu konzentrieren, auch wenn es schwierig ist. Drücken Sie auf OK, wenn Sie bereit sind. Der Versuch startet dann sofort. Ablauf „Klassifikations-Test“, Die von Ihnen gelernten Figuren wurden nach konkreten Regeln, auch Grammatik genannt, erzeugt. Diese Regeln schreiben vor, wie die unterschiedlichen Kästen miteinander verbunden sind. Im Folgenden sehen Sie neue Figuren: Einige davon wurden nach denselben Regeln wie die gelernten Figuren erzeugt. Die anderen verletzen diese Regeln in irgendeiner Weise. Laufen Sie jede der Figuren mit den Cursortasten anhand der Pfeilrichtungen ab, und geben Sie bei jeder Figur an, ob Sie denken, dass sie auf denselben Regeln basieren, wie die ursprünglich gelernten Figuren, [Y] oder nicht [N]. Auch wenn Sie der Meinung sind, diese Entscheidung nicht treffen zu können, entscheiden Sie bitte einfach aus dem Bauch heraus.

#### Ablauf „SLD-Test“:

Sie sehen nun die ersten Kästen von weiteren Figuren, sogenannte Figurstämme. Gemäß den Regeln, nach denen die Figuren aufgebaut sind, dürfen nun verschiede-

*ne Kästen auf die jeweiligen Stämme folgen. Bitte laufen Sie mit den Cursortasten nacheinander jeweils in die Felder, die Ihrer Meinung nach an den jeweiligen Figurstamm angehängt werden dürfen. Wenn Sie der Meinung sind, dass kein weiterer Kasten regelkonform an den Stamm angehängt werden darf, bestätigen Sie bitte mit dem Button „Weiter“. Auch wenn Sie der Meinung sind, diese Entscheidungen nicht treffen zu können, entscheiden Sie bitte einfach aus dem Bauch heraus.*

#### **Ablauf „Free Report“:**

*Bitte geben Sie an, nach welchen Regeln Sie entschieden haben, ob eine Figur zur Grammatik gehört, also nach denselben Regeln gebildet wurde, wie die anfangs gelernten Figuren, oder nicht. Bitte geben Sie auch Regeln an, wenn sie sich bezüglich deren Korrektheit nicht ganz sicher sind. Eine mögliche Regel wie diese Figuren gebildet werden wäre: „Auf einen Kasten nach oben folgt niemals ein Kasten nach rechts“. Welche Strategien haben Sie außerdem bei der Zuordnung der Figuren benutzt? An welche konkreten Figuren der Lernphase können Sie sich noch erinnern? Bitte geben Sie so viele, wie möglich an.*

## **A.4 Strings mit Instruktion**

#### **Ablauf Lernphase:**

*Es handelt sich um ein einfaches Gedächtnisexperiment. Sie sehen Buchstabenreihen bestehend aus den Buchstaben U, O, R und L. Diese Buchstabenreihen sind jeweils 3 - 6 Buchstaben lang. Ihre Aufgabe ist es, so viele Buchstabenreihen wie möglich zu lernen und zu erinnern. Die Reihenfolge der Buchstaben in den Reihen ist durch eine Menge komplexer Regeln festgelegt. Diese Regeln legen fest, welche Buchstaben auf welche folgen dürfen. Da es Ihre Aufgabe ist, die Buchstabenreihen zu lernen, wird es Ihnen helfen sich zu überlegen, nach welchen Regeln die Reihenfolge der Buchstaben festgelegt ist. Bitte versuchen Sie sich, während dieser Phase auf die Buchstabenreihen zu konzentrieren, auch wenn es schwierig ist. Jede Buchstabenreihe erscheint für ca. 5 Sekunden, nach etwa einer Sekunde Pause erscheint der nächste. Insgesamt dauert diese Phase etwa 10 Minuten. Drücken Sie auf OK, wenn Sie bereit sind. Der Versuch startet dann sofort.*

#### **Ablauf „Klassifikations-Test“:**

*Im Folgenden werden Ihnen neue Buchstabenreihen präsentiert: Einige davon wurden nach denselben Regeln, wie die gelernten Buchstabenreihen erzeugt. Die anderen verletzen diese Regeln in irgendeiner Weise. Geben Sie bei jeder Buchstabenreihe an, ob Sie denken, dass sie auf denselben Regeln basieren, wie die ursprünglich gelernten Buchstabenreihen[Y], oder nicht [N]. Auch wenn Sie der Meinung sind, diese Entscheidung nicht treffen zu können, entscheiden Sie bitte einfach aus dem Bauch heraus.*

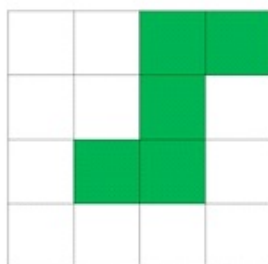
#### **Ablauf „SLD-Test“:**

*Sie sehen nun die ersten Buchstaben von weiteren Buchstabenreihen, sogenannte*

Wortstämme. Bitte geben Sie jeweils an, ob der letzte gezeigte Buchstabe in der Reihe gemäß den Regeln als nächstes folgen darf, oder nicht. Wenn Sie der Meinung sind, dass der gezeigte Buchstabe korrekt ist, drücken Sie bitte [Y], wenn Sie der Meinung sind, dass der gezeigte Buchstabe nicht der Grammatik entspricht, drücken Sie bitte [N]. Auch wenn Sie der Meinung sind, diese Entscheidung nicht treffen zu können, entscheiden Sie bitte einfach aus dem Bauch heraus. Ablauf „Free Report“, Bitte geben Sie an, nach welchen Regeln Sie entschieden haben, ob eine Buchstabenreihe zur Grammatik gehört, also nach denselben Regeln gebildet wurde, wie die anfangs gelernten Buchstabenreihen, oder nicht. Bitte geben Sie auch Regeln an, wenn sie sich bezüglich deren Korrektheit nicht ganz sicher sind. Eine mögliche Regel bei Buchstabenreihen mit den Buchstaben X, Y, Z wäre „Nach X folgt niemals Y“. Welche Strategien haben Sie außerdem benutzt? An welche konkreten Buchstabenreihen der Lernphase können Sie sich noch erinnern? Bitte geben Sie so viele wie möglich an.

## A.5 2D-passiv mit Instruktion

### Ablauf Lernphase:



Es handelt sich um ein einfaches Gedächtnisexperiment. Sie sehen unterschiedliche Figuren, bestehend aus grünen Kästen. Die Figuren enthalten immer zwischen 4 - 7 Kästen, die auf verschiedene Weise miteinander verknüpft sind. Eine mögliche Figur wäre also folgende: Ihnen werden nun nacheinander unterschiedliche Figuren präsentiert. Ihre Aufgabe ist es, so viele Figuren wie möglich zu lernen und zu erinnern. Die Reihenfolge der Kästen in den Figuren ist durch eine Menge komplexer Regeln festgelegt. Diese Regeln legen fest, welche Kästen auf welche folgen dürfen. Da es Ihre Aufgabe ist, die Figuren zu lernen, wird es Ihnen helfen sich zu überlegen, nach welchen Regeln die Reihenfolge der Kästen festgelegt ist. Bitte versuchen Sie sich, während dieser Phase auf die Figuren zu konzentrieren, auch wenn es schwierig ist. Jede Figur erscheint für ca. 5 Sekunden, nach etwa einer Sekunde Pause erscheint die nächste. Insgesamt dauert diese Phase etwa 10 Minuten. Drücken Sie auf OK, wenn Sie bereit sind. Der Versuch startet dann sofort.

### Ablauf „Klassifikations-Test“:

Im Folgenden sehen Sie neue Figuren: Einige davon wurden nach denselben Regeln wie die gelernten Figuren erzeugt. Die anderen verletzen diese Regeln in irgendeiner Weise. Geben Sie bei jeder Figur an, ob Sie denken, dass sie auf denselben Regeln

basieren, wie die ursprünglich gelernten Figuren, [Y] oder nicht [N]. Auch wenn Sie der Meinung sind, diese Entscheidung nicht treffen zu können, entscheiden Sie bitte einfach aus dem Bauch heraus.

#### Ablauf „SLD-Test“:

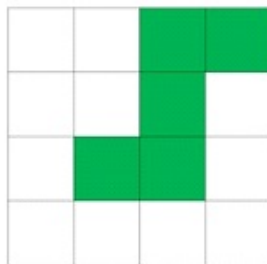
Sie sehen nun die ersten Kästen von weiteren Figuren, sogenannte Figurstämme. Bitte geben Sie jeweils an, ob der letzte gezeigte Kasten gemäß den Regeln als nächstes folgen darf, oder nicht. Wenn Sie der Meinung sind, dass der gezeigte Kasten korrekt ist, drücken Sie bitte [Y], wenn Sie der Meinung sind, dass der gezeigte Kasten nicht der Grammatik entspricht, drücken Sie bitte [N]. Auch wenn Sie der Meinung sind, diese Entscheidung nicht treffen zu können, entscheiden Sie bitte einfach aus dem Bauch heraus.

#### Ablauf „Free Report“:

Bitte geben Sie an, nach welchen Regeln Sie entschieden haben, ob eine Figur zur Grammatik gehört, also nach denselben Regeln gebildet wurde, wie die anfangs gelernten Figuren, oder nicht. Bitte geben Sie auch Regeln an, wenn sie sich bezüglich deren Korrektheit nicht ganz sicher sind. Eine mögliche Regel wie diese Figuren gebildet werden wäre: „Auf einen Kasten nach oben folgt niemals ein Kasten nach rechts“. Welche Strategien haben Sie außerdem bei der Zuordnung der Figuren benutzt? An welche konkreten Figuren der Lernphase können Sie sich noch erinnern? Bitte geben Sie so viele, wie möglich an.

## A.6 Aktiv mit Instruktion

#### Ablauf Lernphase:



Es handelt sich um ein einfaches Gedächtnisexperiment. Sie sehen unterschiedliche Figuren, bestehend aus grünen Kästen. Die Figuren enthalten immer zwischen 4 - 7 Kästen, die auf verschiedene Weise miteinander verknüpft sind. Eine mögliche Figur wäre also folgende: Ihnen werden nun nacheinander unterschiedliche Figuren präsentiert. Bevor Ihnen die nächste Figur präsentiert wird, müssen Sie die aktuelle Figur mit den Cursortasten anhand der Pfeilrichtungen „ablaufen“. Ihre Aufgabe ist es, so viele Figuren wie möglich zu lernen und zu erinnern. Die Reihenfolge der Kästen in den Figuren ist durch eine Menge komplexer Regeln festgelegt. Diese Regeln legen fest, welche Kästen auf welche folgen dürfen. Da es Ihre Aufgabe ist, die Figuren zu lernen, wird es Ihnen helfen sich zu überlegen, nach welchen Regeln

die Reihenfolge der Kästen festgelegt ist. Bitte versuchen Sie sich während dieser Phase auf die Figuren zu konzentrieren, auch wenn es schwierig ist. Drücken Sie auf OK, wenn Sie bereit sind. Der Versuch startet dann sofort.

### **Ablauf „Klassifikations-Test“:**

Im Folgenden sehen Sie neue Figuren: Einige davon wurden nach denselben Regeln wie die gelernten Figuren erzeugt. Die anderen verletzen diese Regeln in irgendeiner Weise. Laufen Sie jede der Figuren mit den Cursortasten anhand der Pfeilrichtungen ab, und geben Sie bei jeder Figur an, ob Sie denken, dass sie auf denselben Regeln basieren, wie die ursprünglich gelernten Figuren, [Y] oder nicht [N]. Auch wenn Sie der Meinung sind, diese Entscheidung nicht treffen zu können, entscheiden Sie bitte einfach aus dem Bauch heraus.

### **Ablauf „SLD-Test“:**

Sie sehen nun die ersten Kästen von weiteren Figuren, sogenannte Figurstämme. Gemäß den Regeln, nach denen die Figuren aufgebaut sind, dürfen nun verschiedene Kästen auf die jeweiligen Stämme folgen. Bitte laufen Sie mit den Cursortasten nacheinander jeweils in die Felder, die Ihrer Meinung nach an den jeweiligen Figurstamm angehängt werden dürfen. Wenn Sie der Meinung sind, dass kein weiterer Kasten regelkonform an den Stamm angehängt werden darf, bestätigen Sie bitte mit dem Button „Weiter“. Auch wenn Sie der Meinung sind, diese Entscheidungen nicht treffen zu können, entscheiden Sie bitte einfach aus dem Bauch heraus.

### **Ablauf „Free Report“:**

Bitte geben Sie an, nach welchen Regeln Sie entschieden haben, ob eine Figur zur Grammatik gehört, also nach denselben Regeln gebildet wurde, wie die anfangs gelernten Figuren, oder nicht. Bitte geben Sie auch Regeln an, wenn sie sich bezüglich deren Korrektheit nicht ganz sicher sind. Eine mögliche Regel wie diese Figuren gebildet werden wäre: „Auf einen Kasten nach oben folgt niemals ein Kasten nach rechts“. Welche Strategien haben Sie außerdem bei der Zuordnung der Figuren benutzt? An welchen konkreten Figuren der Lernphase können Sie sich noch erinnern? Bitte geben Sie so viele, wie möglich an.