

## **Diplomarbeit**

Titel der Diplomarbeit

„(verbales) Lernen und Gedächtnismodelle am Beispiel  
des kindlichen past-tense - Erwerbs“

Verfasserin

**Silvana Steinhauser**

Angestrebter akademischer Grad  
Magistra der Philosophie (Mag.phil.)

Wien, 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A328

Studienrichtung lt. Studienblatt: Sprachwissenschaft

Betreuerin: Ao. Univ.-Prof. Dr. Chris Schaner-Wolles

## **Inhaltsverzeichnis:**

|                                                           |                |
|-----------------------------------------------------------|----------------|
| <b>1. Einleitung</b>                                      | <b>Seite 3</b> |
| <b>2. Grundlagen</b>                                      | <b>Seite 4</b> |
| 2.1. Grundlagen im Gehirn                                 | Seite 4        |
| 2.2. Überblick: Geschichtliche Grundlagen                 | Seite 4        |
| 2.3. Lernarten in Experimenten                            | Seite 7        |
| <b>3. Gedächtnismodelle und Lernprozesse</b>              | <b>Seite 8</b> |
| 3.1. Gedächtnis: Wozu?                                    | Seite 8        |
| 3.2. Prozesse in verschiedenen Systemen                   | Seite 9        |
| 3.3. Kodierung im Gedächtnis                              | Seite 10       |
| 3.4. Lernen als Prozess                                   | Seite 11       |
| 3.5. Konzepterwerb                                        | Seite 13       |
| 3.6. Gedächtnissysteme                                    | Seite 14       |
| 3.6.1. Visuelles Gedächtnis                               | Seite 14       |
| 3.6.1.1. Sensorisches Gedächtnis                          | Seite 14       |
| 3.6.1.2. Ikonisches Gedächtnis                            | Seite 14       |
| 3.6.1.3. Visuelles Kurzzeitgedächtnis                     | Seite 15       |
| 3.6.1.4. Visuelles Langzeitgedächtnis                     | Seite 16       |
| 3.6.2. „Blitzlicht“ (Flashbulb) Gedächtnis                | Seite 16       |
| 3.6.3. Auditives Gedächtnis                               | Seite 17       |
| 3.6.3.1. Echoisches Gedächtnis                            | Seite 17       |
| 3.6.3.2. Auditives Kurzzeitgedächtnis                     | Seite 18       |
| 3.6.3.3. Auditives Langzeitgedächtnis                     | Seite 18       |
| 3.7. Ein- oder Mehrspeichersysteme?                       | Seite 20       |
| 3.8. Das modale Modell                                    | Seite 22       |
| 3.9. Das Modell des Arbeitsgedächtnisses (Baddeley, 1997) | Seite 23       |
| 3.9.1. Die phonologische Schleife                         | Seite 23       |
| 3.9.2. Der visuell-räumliche Notizblock                   | Seite 25       |
| 3.9.3. Der episodische Buffer                             | Seite 26       |
| 3.9.4. Die zentrale Exekutive                             | Seite 26       |
| 3.10. Das Norman und Shallice SAS (1986) – Modell         | Seite 26       |
| 3.11. Nairne's (2002) Standard – Modell                   | Seite 27       |
| 3.12. Levels of processing                                | Seite 27       |

|                                                                                   |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 3.13. Konnektionistische Netzwerke                                                | Seite 28        |
| 3.14. Lernen im Kortex                                                            | Seite 29        |
| 3.15. Deklaratives vs. Nicht-Deklaratives Gedächtnis                              | Seite 30        |
| 3.16. Vergessen                                                                   | Seite 32        |
| <b>4. (kindliche) sprachliche Lernprozesse</b>                                    | <b>Seite 34</b> |
| 4.1. Grundlagen des kindlichen Lernens                                            | Seite 34        |
| 4.2. Barrett's (1986) Modell der frühen lexikalischen Entwicklung                 | Seite 36        |
| 4.3. Lernen in konnektionistischen Netzwerken                                     | Seite 38        |
| 4.4. Abrufen aus dem Gedächtnis                                                   | Seite 40        |
| 4.5. Fehlleistungen des Gedächtnisses                                             | Seite 41        |
| 4.6. Logische Regeln und Produktionsregeln                                        | Seite 41        |
| <b>5. Der past-tense - Erwerb</b>                                                 | <b>Seite 42</b> |
| 5.1. Überprüfungsmöglichkeiten                                                    | Seite 42        |
| 5.2. Assoziative vs. Regel-basierte Speicherung                                   | Seite 43        |
| 5.3. Unterscheidung von regulären und irregulären Verben                          | Seite 50        |
| 5.4. Modell eines past-tense - Erwerbs                                            | Seite 51        |
| 5.5. Das ACT-R - Modell                                                           | Seite 51        |
| 5.6. Erwerb von past-tense in Bezug auf phonotaktische Unterschiede<br>der Verben | Seite 53        |
| 5.7. Primärer regulärer oder irregulärer Flexions-Erwerb?                         | Seite 55        |
| 5.8. Die Regel der regulären Flexion                                              | Seite 58        |
| 5.9. Irreguläre Verben                                                            | Seite 60        |
| 5.10. Unübliche Übergeneralisierungen                                             | Seite 61        |
| 5.11. past-tense - Erwerb in konnektionistischen Netzwerken                       | Seite 62        |
| 5.12. Speicherung unterschiedlicher past-tense - Formen im Gedächtnis             | Seite 64        |
| <b>6. Exkurs: Problemlösen</b>                                                    | <b>Seite 66</b> |
| <b>7. Konklusion</b>                                                              | <b>Seite 67</b> |
| <b>8. Bibliografie</b>                                                            | <b>Seite 69</b> |
| <b>9. Anhang</b>                                                                  | <b>Seite 80</b> |
| Zusammenfassung                                                                   | Seite 80        |
| Abstract                                                                          | Seite 82        |
| Lebenslauf                                                                        | Seite 83        |

## **1. Einleitung**

Gerade in der Gedächtnisforschung existieren zum Teil sehr unterschiedliche Meinungen und Auffassungen in Bezug auf das Lernen. Die Ansichten und Erkenntnisse änderten sich sehr schnell und wurden immer wieder erweitert. Einen großen Streitpunkt stellte die Frage dar, ob es ein Ein- oder Mehrspeichersystem gäbe und wie Prozesse, die zu einem Lernerfolg führen, verarbeitet werden. Für ein besseres Verständnis eignen sich hier Untersuchungen am Erstspracherwerb sehr gut, denn somit erhält man Einsicht und Klarheit bezüglich der Mechanismen, die zum korrekten Verständnis und Performanz einer Sprache führen.

In meiner Arbeit möchte ich verschiedene Gedächtnisstrukturen und Modelle und daraus resultierendes Lernen am konkreten Beispiel des kindersprachlichen past-tense - Erwerbs erläutern. Nach der Einleitung wird im Abschnitt 2 ein Überblick über die Grundlagen des Lernens gegeben, vor allem welche Areale im Gehirn wichtig für Selbiges sind. Außerdem erhält der Leser eine geschichtliche Einführung über die bisherigen Forschungsgrundlagen. Ebenfalls werde ich verschiedene Möglichkeiten erwähnen, die nötig sind, um überhaupt an Datenmaterial für Analysen aus Lernprozessen zu gelangen.

Im nächsten großen Kapitel (3.) werden verschiedene Arten von gängigen Gedächtnismodellen und daraus resultierenden Lernmechanismen und Prozessen erklärt. Unterschiedliche Modelle werden miteinander verglichen und anhand von Experimenten veranschaulicht.

Generelle und kindliche Lernprozesse erläutere ich im 4. Kapitel, das sowohl die Grundlagen des kindlichen Lernens beinhaltet, als auch Regelmäßigkeiten im Erwerb und mögliche Fehlleistungen des Gedächtnisses erklärt.

Das Beispiel anhand des past-tense - Erwerbs ist im 5. Kapitel ersichtlich, hier werden ebenfalls unterschiedlichste Lern-Modelle vorgestellt, wie das Lernen in konnektionistischen Netzwerken oder im ACT-R - Modell. Außerdem erhält der Leser eine Zusammenfassung über mögliche Arten von past - tense - Übergeneralisierungen bei Kindern und welche Phasen sie in verschiedenen Erwerbsstadien durchlaufen.

## **2. Grundlagen des Lernens**

### **2.1. Grundlagen im Gehirn**

Was genau geschieht bei einem Lernvorgang im Gehirn? Ein Gehirn besteht einerseits aus dem zerebralen Kortex, der die Oberfläche darstellt und in dem auch die meisten kognitiven Fähigkeiten verankert sind und andererseits aus subkortikalen Bereichen. In unterschiedlicher Literatur können Größenangaben des Kortex zwischen 2200 und 2400 qcm gefunden werden. Der Kortex wird in unterschiedliche „Lappen“ eingeteilt: Temporallappen (auditiver Bereich und Zentrum für Wiedererkennung von Objekten), Parietallappen (sensorische Funktionen), Frontallappen (dieser spaltet sich wiederum in das Bewegungszentrum und in den Präfrontalen Kortex auf, der für verschiedene Mechanismen wie z.B. Planen von Konzepten zuständig ist) und Okzipitallappen (das Sehzentrum ist hier beheimatet). Hintere Gehirnregionen wie die Medulla kontrollieren lebenserhaltende Funktionen wie Atmung, Herzschlag, etc. Das Kleinhirn oder Cerebellum ist das Zentrum für Bewegungen und Orientierung im Raum. Verschiedene Triebe werden vom Hypothalamus gesteuert. Die Regionen unter dem Kortex bezeichnet man auch als limbisches System, das mit dem Hippocampus wichtig für das Lernen an sich ist.

Neuronen sind informationsvermittelnde Zellen in unserem Gehirn, die für den Informationsfluss unerlässlich sind. Sie bestehen aus Zellkörper und Fortsätzen, den Dendriten. Durch Axone, den Nervenfasern zwischen verschiedenen Bereichen im Gehirn, werden Informationen weitergeleitet. An den Stellen, wo Axone mit anderen Neuronen Information austauschen, spricht man von Synapsen. Information wird mithilfe von Neurotransmittern weitergeleitet, die in der anderen Zelle einen Wechsel des elektrischen Potenzials erreichen, dies funktioniert entweder excitatorisch oder inhibitorisch und als Resultat erfolgen Aktionspotentiale. Nervenimpulse besitzen also eine gewisse „Feuerungsrate“, je aktiver ein Neuron, umso schneller feuert es. Beim Prozess des Lernens entstehen also neue Verbindungen zwischen Neuronen oder bestehende werden ausgebaut, außerdem werden Zellmembranen empfänglicher für Neurotransmitter.

### **2.2. Überblick: Geschichtliche Grundlagen**

Anderson (2000: 4) definiert Lernen folgendermaßen: „Lernen ist jener Prozess, bei welchem lang anhaltende Veränderungen im Verhaltens-Potential als Resultat der Erfahrung auftreten.“

Anhand dieser einfachen Definition lässt sich aber schon vermuten, dass die Erforschung des Lernens kein einfaches Unterfangen sein kann. Es müssen erst verschiedene Fragen geklärt werden, wie z.B.: Was geschieht während des Lernens im Gehirn? Wieso wird diese Information besser behalten als andere? Was ist überhaupt das Gedächtnis und wie funktioniert es?

Der Behaviorismus (z.B. Skinner 1957) verbreitete sich rasant anfangs des 20. Jahrhunderts in den USA. Etliche Tierversuche wurden durchgeführt und die Ergebnisse dieser Versuche wurden 1:1 auf den Menschen umgelegt. So wurde Lernen als das Resultat verschiedener Prozesse und Mechanismen in Interaktion mit der Umwelt angesehen und der Lernvorgang des Menschen wurde mit den Lernprozessen von Tieren verglichen. Doch die für den Behaviorismus typischen „Reiz/ Response“ – Muster standen bald im Zentrum der Kritik einer neuen Strömung, nämlich die des Kognitivismus. Dieser wurde in den 1950ern populär. Anhänger des Kognitivismus (z.B. Neisser 1967) forderten eine vermehrte Inklusion des menschlichen Geistes und Gedächtnisses, da dies bis dato im Behaviorismus nicht berücksichtigt wurde. Erstmals wurden (simple) Lern-Experimente an Menschen durchgeführt. Probanden mussten verschiedene Textpassagen auswendig lernen, um später überprüfen zu können, was und wie viel gemerkt wurde.

Einer der ersten, die mit Untersuchungen des Gedächtnisses begannen, war Hermann Ebbinghaus. Er veröffentlichte 1885 „Über das Gedächtnis“, das viele Studien mit ihm selbst als Versuchsperson beinhaltet. Ebbinghaus lernte Wortlisten mit Nonsense-Silben auswendig, um dann zu überprüfen ab welchem Zeitpunkt die Silben nicht mehr abrufbar waren, somit entstand seine bekannte „Vergessenskurve“.

Die Forschung von Ivan Petrovich Pavlov hingegen beruhte auf dem Prinzip der klassischen Konditionierung. Er führte Experimente mit Hunden durch, bei welchen er, mithilfe unterschiedlicher Hilfsmittel wie z.B. die Ertönung einer Glocke, den Speichelfluss vor Futtergabe maß. Pavlov (1927) hielt unter anderem vier Thesen in Bezug auf Lernen fest: 1. die Erwerbsphase, 2. die Löschung, 3. spontane Wiederherstellung und 4. Sonderformen der bedingten Reaktion. Allgemein festgehalten, entdeckte Pavlov den Effekt eines neutralen Stimulus, der mit einem signifikanten biologischen Stimulus gekoppelt wird und so eine Reaktion auf den neutralen Stimulus hervorrufen kann. Edward L. Thorndike wurde 1898 durch die „Thorndike-Box“ bekannt. Er platzierte vor der Box Futter und in der Box befand sich eine Katze. Der Katze war es möglich, die Box durch verschiedene Operationen zu öffnen, z.B. durch „Ziehen“ an einem Strick. Durch stetige Wiederholung festigte sich dieser

Lernvorgang und die Katze konnte die Box immer schneller öffnen. Dies wurde als instrumentelle Konditionierung bezeichnet. Auch in Thorndikes Experiment wurde ein Reiz, den die Box selbst darstellte, dargebracht. Clark L. Hull, ein Behaviorist, hingegen war an einer Theorie interessiert, die erklären sollte, wie es zu menschlichen Verhaltensweisen wie Trieben, Anreiz oder Motivation kommt. Hull (1952) stellte eine Gleichung auf, mit der er Reaktionspotenziale berechnete. Doch Hull stand auch oft im Zentrum diverser Kritiken, da seine Berechnungen auf sehr theoretischen und formalen Aspekten beruhten. Solch ein Kritiker war Edward C. Tolman, der eine kognitivistischere Sicht der Dinge forderte, obwohl er auch gleichzeitig behavioristische Standpunkte vertrat. Auf Tolman und Honzik (1930) geht der Begriff des latenten Lernens zurück, das sie eindrucksvoll mit einem Experiment bewiesen: Sie setzten Ratten in ein Labyrinth und teilten sie in drei Gruppen ein. Die erste Gruppe erhielt immer Futter am Ende des Labyrinths, die zweite Gruppe erhielt niemals Futter und der dritten Gruppe wurde nur zu einem bestimmten Zeitpunkt Futter verabreicht. Das Ergebnis besagte, dass die Ratten, die kein Ziel (Futter) erhielten, am längsten lernten und so Belohnungen zwar nicht wichtig für den Lernprozess selbst sei, sondern nur für die zeitliche Dauer des Prozesses. Auch B. F. Skinner (1904-1990) spielte eine große Rolle bei der Erforschung des Lernens, seine Experimente beeinflussten nachfolgende Erkenntnisse gewaltig. Skinner kreierte und perfektionierte das Konzept des operanten Konditionierens mithilfe der „Skinner-Box“. Er ließ Tiere wie Ratten oder Tauben Knöpfe oder Schalter betätigen, um Futter zu erhalten. Den Lernvorgang, den er dabei beobachtete, dokumentierte er genau und modifizierte ihn immer wieder, so entstanden seine Konzepte. 1961 wurde ein „General Problem Solver“ von Newell und Simon entwickelt, der menschliche Kognition simulieren sollte. Sie wollten Lernen nicht durch den Vorgang selbst erklären, sondern durch Prozesse ähnlich dem „Problemlösen“. Newell und Simons Programm basiert auf verschiedenen Leveln der Analyse: Zuerst wird eine Situation mit dem gewünschten Ziel verglichen und die Unterschiede werden abstrahiert und analysiert. Mithilfe eines „Operators“, der mit Skinners „Operanten“ gleichzusetzen ist, werden verschiedene Tätigkeiten herbeigeführt, die notwendig sind, um dem gewünschten Endziel näher zu kommen. Schließlich wird überprüft, ob dieser Operator auf das Endziel angewendet werden kann. Falls dies der Fall ist, ist das Ziel erreicht, falls nicht, beginnt der Prozess von neuem. Dies ist natürlich nur eine extrem vereinfachte Erklärung des Modells, doch mithilfe dieses Modells konnte annähernd gezeigt werden, dass menschliche Kognition ein komplexes Phänomen darstellt. 1968 entwickelten Atkinson und Shiffrin ein Gedächtnismodell, auf das

ich später noch genauer eingehen werde. An dieser Stelle soll bloß erwähnt werden, dass dies ein Modell war, das viele Einflüsse, die zu diesem Zeitpunkt gängig waren, vereinte.

Hermann Ebbinghaus (1885) war einer der Ersten, der „höhere mentale Prozesse“ zu untersuchen begann. Er erforschte wichtige Kriterien des Gedächtnisses, die bis dahin noch nicht erkannt waren. Zur gleichen Zeit (in den 1960ern) war der Behaviorismus in Nordamerika weit verbreitet, der auch gleichzeitig die Gedächtnis-Forschung dominierte. In der kognitiven Psychologie beeinflussten Computer-basierte Termini wie z.B. „Gedächtnisspeicher“, „Feedback“, „Abrufung“ etc. wiederum die Gedächtnisforschung. Neisser (1976) kritisierte Ebbinghaus' Theorien mithilfe seiner auf Brunswik (1957) und Gibson (1979) gestützten „ecological validity“: Er meinte, dass man das Gedächtnis mehr in der Perzeption der realen Welt und nicht unter Laborbedingungen erfassen sollte. In seinem Buch „Memory observed“ sammelte Neisser (1982) verschiedenste Gedächtnisstudien. Meist waren diese auf alltägliche Phänomene gestützt. Baddeley schätzte Neissers Kritik sehr, obgleich er auf die Wichtigkeit von laborgestützten Beobachtungen hinwies.

### 2.3. Lernarten in Experimenten

Es existieren hinsichtlich verbalen Lernens einige Lernarten, wie z.B. das Paarassoziationslernen. Dies wird beim Erlernen von neuen Vokabeln angewendet. Ein Stimulus wird mit einem Antwort-Item verlinkt, welches zunächst eingeprägt werden muss, um schließlich eine Automatisierung hervorzurufen. Später kann es mit dem Ausgangs- oder Reiz-Item schnell assoziiert werden. In Experimenten werden zwei verschiedene Arten des Paarassoziationslernen praktiziert: 1. Die Reizwörter werden sukzessiv mit den Antwort-Items dargebracht, der Lernende erhält also eine gewisse Lernmöglichkeit, denn es gibt eine Zeitspanne, um sich die Antwort-Items einzuprägen. 2. Reiz- und Antwort-Items werden gleichzeitig gezeigt, um später mithilfe der Ausgangs-Items die Antworten abzurufen. Sind die Items in solchen Experimenten Wörter, die imaginiert werden können, steigt der Lernerfolg deutlich an. Dies erklärt auch den Aspekt des Erlernens sinnloser Silben, wie es anfänglich in der Gedächtnisforschung angewendet wurde: Diese werden nicht so gut wie reale Wörter behalten.

Beim seriellen Lernen wird jedes Wort oder jede Silbe, etc. nacheinander gelernt und die Wörter besitzen eine bestimmte Reihenfolge. Eine Besonderheit stellt das erste Reizwort dar, es soll die Assoziation der nachfolgenden Wörter hervorrufen.

Beim freien Reproduzieren hingegen soll die Versuchsperson aus einer Wortliste so viele Items wie möglich wiedergeben, die Reihenfolge spielt hier keine Rolle. Dies wird auch beim Wiedererkennen praktiziert, wo Probanden gefragt werden, ob verschiedene Wörter „alt“ oder „neu“ sind. Mithilfe von Ablenkern werden die „alten“ Wörter hinsichtlich ihrer Behaltbarkeit überprüft.

Diskriminationslernen ist dem Paarassoziationslernen ähnlich, auch hier werden 2 Items, die es zu verknüpfen gilt, gezeigt.

### **3. Gedächtnismodelle und Lernprozesse**

#### **3.1. Gedächtnis: Wozu?**

Die Bandbreite der Speicherkapazität schwankt zwischen winzigen Gedächtnisspeichern bis hin zum Langzeitgedächtnis, das es unter Umständen mit dem größten Computer aufnehmen kann.

Baddeley (1997) beschreibt einen Mann, der durch einen Virus mehrere Wochen im Koma gelegen hatte und danach sein Kurzzeitgedächtnis verlor. Dieses Phänomen ist nicht oft beobachtbar, meist kommt es durch diverse Läsionen zu einer Schädigung des Langzeitgedächtnisses. Dieser Patient konnte sich nur an die letzten Momente seines Lebens erinnern und an seine Vergangenheit, z.B. wo er zur Schule ging, etc. Würde er alleine das Haus verlassen, wäre er allerdings verloren, weil er den Weg zurück nicht kennt und auch nicht wüsste, wohin er eigentlich gehen wollte. Ein menschliches Gedächtnis, das imstande ist zu lernen und neue Informationen längerfristig speichern kann, referiert demnach unter anderem auf die persönliche Vergangenheit und Erlebnisse. Ein Organismus muss eine gewisse Art von „Vorprogrammierung“ bereithalten, um ein Gedächtnis und daraus resultierende Lernvorgänge und Operationen überhaupt zu ermöglichen. Um an der Realität teilzunehmen benötigt man ein semantisches Gedächtnis. Jegliche Art von Kommunikation wäre sonst nicht denkbar. Doch das Gedächtnis ist auch imstande Informationen wieder zu vergessen oder zu löschen, sonst bestünde ein menschliches Gedächtnis aus einer undenkbar großen Speicherkapazität. Baddeley (1997) beschäftigte sich vor allem mit dem Arbeitsgedächtnis, welches verschiedene Module und Systeme beinhaltet, die für das Lernen und das Verstehen relevant sind. Anhand der Forschung mit kognitiv beeinträchtigten Menschen (wie z.B. Amnesie- oder auch Aphasiepatienten) lässt sich die Wichtigkeit eines Gedächtnisses erkennen. Baddeley (1997) wollte ein Modell schaffen, das immer wieder modifizierbar und erweiterbar ist. Er wollte mit seinen Annahmen einen Grundstein schaffen

und so das Popper'sche (1959) Gesetz („Eine Hypothese ist so lange richtig, bis sie falsifizierbar ist“) außer Acht lassen. Baddeley selbst ergänzte seine Annahmen schließlich erst 25 Jahre nach den ersten Entwürfen seines Modells.

### 3.2. Prozesse in verschiedenen Systemen

Generelle Prinzipien lassen sich z.B. bei Tulving's (1983) „encoding specificity principle“ finden, welches die Prinzipien des Lernens und der Abrufbarkeit inkludiert, oder die „levels of processing“ von Craik und Lockhart (1972). Diese Thesen stützen sich auf die Beobachtungen von Abrufungsprozessen ohne aber Situationen des Versagens oder Fehlleistungen zu berücksichtigen. Aber Gesetze und Prinzipien spiegeln nur das Beobachtbare wider, während Modelle und Theorien eine ausbaufähige Basis des aktuellen Wissens darstellen. Gesetze sind für Baddeley (1997) starre Konstrukte, die menschliche Kognition aber nicht. Diverse Regeln und „Gesetze“, die in einem Menschenleben erworben werden, sind schließlich meist auch beliebig erweiterbar. Schließlich wird in der Computerforschung versucht das menschliche Gehirn zu simulieren, was ohne Erschaffung eines (optionalen) Gedächtnismodells nicht möglich wäre.

Bezüglich verschiedener Lernprozesse unterscheidet man folgende Prozessarten: Zum einen bottom-up processing, das durch einen Reiz selbst hervorgerufen wird, zum anderen top-down processing, das durch (Welt-)Wissen des Individuums entsteht, nicht nur durch den bloßen Reiz. Die Idee des serial processings (sukzessiver Prozess) ist längst überholt, da diese These schlicht zu simpel zu sein scheint und bei einem Lernprozess auch andere Faktoren beteiligt sind, wie beispielsweise Eysenck und Keane (2005) behaupten.

Eine relativ einfache und auch anfänglich gebrauchte Darstellung der Informations-Verarbeitung im Gedächtnis wäre: Ein Stimulus erfordert Aufmerksamkeit. Durch diverse Denkprozesse und den daraus resultierenden Entscheidungen entstehen nun Antworten, Aktionen, Handlungen etc.

Heute geht man davon aus, dass ein Mensch zur Verarbeitung von diversen Informationen sowohl bottom-up, also auch top-down Prozesse gebraucht. Weitere Begriffe hierfür wären z.B. „parallel processing“: Dieser Prozess beschreibt das gleichzeitige Erfüllen von Aufgaben zur selben Zeit. Eine Untergruppe dieses Prozesses ist das „cascade processing“, wo spätere Prozesse erst nach vorangegangenen einsetzen, wie z.B. gleichzeitige Handlungen wie Autofahren und Telefonieren (Eysenck & Keane, 2005). Erst wenn eine Tätigkeit automatisiert ist, treten keine Probleme beim Ausführen gleichzeitiger Handlungen auf.

Eysenck und Keane (2005) unterscheiden verschiedene Forschungsmodule, die auf die generelle kognitive Psychologie referieren:

- o) Experimentelle kognitive Psychologie: Hier werden zwecks Erforschung der Kognition (meist unter Laborbedingungen) Experimente an gesunden Menschen durchgeführt.
- o) Kognitive Neuropsychologie: Betrifft Forschungen und Studien bei Menschen mit diversen Läsionen im Gehirn, um Allgemeinheiten und Muster kognitiver Beeinträchtigungen auszumachen.
- o) Rechnerische Kognitionsforschung: Basiert auf diversen rechnerischen Modellen.
- o) Kognitive Neurowissenschaft: Gehirnfunktionen und Strukturen werden gemessen. Fragen wie z.B. „Wo im Gehirn sind spezifische Prozesse oder Regionen lokalisierbar?“ werden erörtert. Korbinian Brodmann entwickelte eine Zytoarchitektur des Gehirnes.

In der kognitiven Neuropsychologie werden diverse Modularitäten untersucht. Ein Modul ist laut Coltheart (1999) ein kognitives System, das außerdem domänen-spezifisch ist. Somit basieren diverse Fähigkeiten auf verschiedenen Modul-Sets. Fodor (1983) unterschied zwischen Input-Modulen. Diese sind für die Verarbeitung verschiedenster Wahrnehmungen und Reize verantwortlich. Das nicht-modulare zentrale System wird hingegen für „höhere“ kognitive Aufgaben, wie z.B. dem Denken gebraucht. In diverser Literatur, wie z.B. bei Eysenck und Keane (2005) ist zu lesen, dass Fodor's Hypothese nicht belegbar ist und auch nicht weiterentwickelt wurde.

Produktionssysteme spielen in der Rechnerischen Kognitionsforschung eine essenzielle Rolle. Anderson (1993) war hier sicherlich einer der bedeutendsten Forscher. Er entwickelte in Bezug auf diese Produktionssysteme seine ACT-R – Theorie. Die Basis hierfür stellen ein Arbeitsgedächtnis und Lernregeln dar, wie z.B. eine „WENN....DANN“ – Regel. Diese Produktionssysteme sind Bestandteile des Arbeitsgedächtnisses, die „IF – Teile“ agieren mit den „WENN – Teilen“ der Regel. Wenn Information im Arbeitsgedächtnis mit vielen „IFs“ korreliert, wird immer die „beste“ und produktivste Regel zu Rate gezogen.

In der Rechnerischen Kognitionsforschung werden aber auch andere Thesen und Modelle behandelt und überprüft, wie z.B. die konnektionistischen Netzwerke von Rumelhart und McClelland, die in einem späteren Abschnitt noch erläutert werden.

### 3.3. Kodierung im Gedächtnis

Ein Reiz jeglicher Art löst in den sensorischen Feldern des Gehirns messbare elektrische Aktivitäten aus. Dieser Reiz kann als sogenanntes Nachbild im Gedächtnis bestehen bleiben. Doch dieses Nachbild bleibt nicht lange vorhanden, der Effekt kann allerdings mittels verschiedener Techniken hinausgezögert werden, wie z.B. die Veränderung des Helligkeitsgrades in einem Experiment. Auch benötigt die Verarbeitung eine gewisse Zeitspanne, wie Massaro (1970) zeigte: Er spielte Probanden Töne für jeweils 20 Millisekunden vor. Die Versuchspersonen sollten entscheiden, ob es sich um einen hohen oder tiefen Ton handelte, was ihnen jedoch aufgrund der kurzen Dauer kaum möglich erschien. Erst nachdem Massaro (1970) auch einen Markierungston vor dem eigentlichen Ton einführte, konnte der zu überprüfende Ton verarbeitet und identifiziert werden. Wiederum ist der Aspekt der Aufmerksamkeit im sensorischen Gedächtnis wichtig, denn enorm viel an (unbewusst) rezipierter Information verfällt sofort wieder. Erst wenn (bewusst) Gedächtnisspuren ausgebildet werden, gelangt Information in das kapazitätsbegrenzte Kurzzeitgedächtnis. Gleiche Items werden meist auf die selbe Art und Weise kodiert und abgespeichert, was wiederum den Fakt belegt, dass sinnarme Silben meist nicht so gut behalten werden können, da jegliche Assoziationsmuster nicht herzustellen sind. Hingegen können unterschiedliche Stimuli wie Lichtblitze, Töne oder auch Silben etc. auf verschiedene Arten im Gedächtnis kodiert werden: Meist werden nur Teile davon memoriert, nicht aber der gesamte Reiz. Somit besteht also auch Verwechslungsgefahr bei phonetischer Ähnlichkeit, denn bei Neuerwerb ähnlicher Wörter ist die Behaltens-Zeitspanne kurz. Items, die auswendig gelernt werden sollen, können also aufgrund ihrer semantischen Attribute besser gespeichert werden als andere.

### 3.4. Lernen als Prozess

Lernen besteht allgemein meist aus einer Verarbeitung und dem Hinzufügen von Informationen, die vorher nicht präsent waren. Prozedurales Lernen besteht bei Baddeley (1997) aus Lernprozessen, die durch immer schnellere Performanz gekennzeichnet sind. Doch nicht immer spielt Wissen über bestimmte Information eine Rolle: Menschen die rauchen, wissen, dass es nicht der Gesundheit dient, doch ändern sie aus diesem Grund trotzdem nicht ihre Gewohnheit. „Lernen“ kann durch verschiedenste Situationen, Tätigkeiten oder Aktionen entstehen. Ein Mensch ist imstande, sich an verschiedenste Gegebenheiten zu erinnern oder

aber er kann eine neue Tätigkeit erwerben. Alte Verhaltensmuster können verlernt oder auch modifiziert werden. Es können Regeln erworben werden, die beim Erwerb verschiedenster Fähigkeiten eine Rolle spielen.

Lernen besteht aus Theorien, die der Lerner entweder selbst aufstellt, oder welche schon im individuellen Weltwissen gegeben sind. Generalisierungen können aufgrund des Weltwissens eines Individuums getätigt werden. Auch im Bereich des Lernens existiert keine universell gültige Theorie, verschiedene Denkansätze werden immer wieder neu aufgearbeitet, meist aufgrund von diversen Studien oder Beobachtungen. Eine neu erworbene Fähigkeit kann ebenso wie ein neu erlerntes Wort vergessen werden, praktische Wiederholungen sind unerlässlich. Und eine neue Regel muss sich erst einmal als akzeptierbar erweisen, um später abgewandelt werden zu können. Außerdem muss der neue Input erst einmal organisiert und verarbeitet werden, was wiederum auf vergangene Lernprozesse referiert. Zusammengefasst heißt das also: Lernen besteht aus Praxis, Wiederholungen und Frequenz.

Der Aufmerksamkeitsfokus kann natürlich auf neuen Input gerichtet sein, oder aber auch nicht. Wir lernen eine Menge Dinge, die wir bewusst gar nicht wahrnehmen. Es existieren eine Menge Berichte von Patienten, die sich während der Operation und unter Narkose an Gesprächsfragmente der Ärzte und des Pflegepersonals erinnern können, doch diese Erinnerungen sind umstritten. Baddeley (1997) vergleicht dies mit dem Lernen im Schlaf, das auf verschiedenen tiefe Schlafphasen abzielt, somit können einige Wörter, Phrasen oder gar Sätze in wachernen Stadien des Schlafes im Gedächtnis bleiben, doch dies wäre Fokus der Bewusstseinsforschung und somit für das Lernen im sprachlichen Bereich nicht relevant. Auch der Aspekt der Motivation darf beim generellen Lernen nicht außer Acht gelassen werden: Studenten z.B., denen finanzielle Unterstützung geboten wird, lernen lieber als ihre Kollegen, denen kein Geld versprochen wurde (Nilsson 1987). Der Mensch tendiert dazu, einige erstrebenswerte Ziele zu finden und diese auch zu erreichen, auch wenn es mit eventuellen Anstrengungen verbunden ist.

Informationen oder Items werden im Gedächtnis verschieden abgespeichert, wobei die kürzeste Speicherung oft nur Millisekunden betragen kann. Dies stellt nur eine Komponente des Wahrnehmungsprozesses dar und Baddeley (1997) definiert dies als auditives und visuelles Kurzzeitgedächtnis. Wird neue Information rezipiert, beginnt unmittelbar nach der Wahrnehmung der Verarbeitungsprozess. Die neuen Items hinterlassen eine Gedächtnisspur, um sich später (oder auch sofort) erinnern zu können.

Außerdem existiert ein Langzeitgedächtnis, das für längerfristige Speicherungen zuständig ist. Mithilfe einer Fotografie einer berühmten Person z.B. kann das Langzeitgedächtnis

Gedächtnisspuren der jeweiligen Person auf dem Foto herstellen und so schon gespeicherte Informationen abrufen.

### 3.5. Konzepterwerb

In Bezug auf das Lernen gilt es Konzepte und Kategorien zu unterscheiden. Erstere stellen mentale Repräsentationen dar, während Kategorien in verschiedenen Konzepten integriert sind. Konzepte können natürlich oder kohäsiv (z.B. Markman 1989) sein und dienen der Vorhersagbarkeit. Unser Weltwissen erstreckt sich über unterschiedlichste Auffassungen von Konzepten, die schlussendlich der Kommunikation dienen. Konzepte erleichtern den (kindlichen) Lernvorgang, denn mit deren Hilfe kann leichter auf unterschiedlichste Oberbegriffe referiert werden, wie z.B. auf „Tiere“ oder im Speziellen auf „Hunde“. Gewisse Prototypen werden so aktiviert und der Erwerb eines Wortes wird so erleichtert, da leichter Verknüpfungen hergestellt werden können. Ein Konzept besitzt bestimmte Merkmale, das man unter Umständen auch auf das Wortlernen selbst umlegen kann, oder z.B. auf den past-tense – Erwerb. Somit besitzt eine past-tense – Form ebenfalls konzeptuelle Eigenheiten, die als Vergangenheits-Marker erkannt werden. Konzepte können sowohl abstrakt als auch konkret sein oder auch (Welt-) wissens-basiert. Schon erworbenes Wissen wird als Basis für den Erwerb späterer Fähigkeiten genutzt. Ein einzelnes Konzept hätte demnach wenig Sinn, es erhält seine Berechtigung erst in Verbindung mit Anderen. Bezüglich des generellen Lernens heißt das also, dass die assoziativen Fähigkeiten einen Lernvorgang deutlich beschleunigen können. Beim Konzepterwerb sind mehrere Mechanismen beteiligt, wie schon die These besagt, die davon ausgeht, dass das Weltwissen Einfluss auf Konzepte einbringt. Merkmale werden identifiziert und mit anderen Merkmalen eines ähnlichen Konzepts verbunden. Doch konzeptuelle Repräsentationen sind keine fixen Instanzen, sie können ein Leben lang verändert und angepasst werden.

### 3.6. Gedächtnissysteme

#### 3.6.1. Visuelles Gedächtnis

##### 3.6.1.1. Sensorisches Gedächtnis

Das visuelle und auditive Kurzzeitgedächtnis wurde von Neisser (1967) in das ikonische und das echoische Gedächtnis eingeteilt, dies fasste Baddeley (1997) als sensorisches Gedächtnis zusammen. Jegliche Art von visueller Wahrnehmung wird hier verarbeitet und repräsentiert.

##### 3.6.1.2. Ikonisches Gedächtnis

Wiederum ein Subsystem des sensorischen Gedächtnisses stellt das ikonische Gedächtnis dar. Schon Sperling (1960) lieferte dazu eine Studie, in der Versuchspersonen Buchstaben frei wiedergeben sollten. Diese Buchstaben waren in 3 Reihen mit jeweils 4 Items angeordnet und wurden nur für 50 Millisekunden gezeigt. Die Teilnehmer konnten nur etwa 4 oder 5 Buchstaben wiedergeben, meinten aber, viel mehr gesehen zu haben. Dies impliziert, dass die visuelle Information noch vor der Verarbeitung gelöscht wurde. Ein anderes Sub-Gedächtnis des sensorischen ist das echoische Gedächtnis, das einen auditiven Speicher beschreibt und das in dieser Arbeit als Unterpunkt des auditiven Gedächtnisses behandelt wird.

Wahrgenommenes Material wird hier für ca. zwei Sekunden gespeichert. Ein wichtiger Aspekt dieses Gedächtnisses (auch bei Baddeley, z.B. 1997) ist das „Zurückspulen“ eines Stimulus oder Aussage etc. Wenn es dunkel ist und man mit einer glühenden Zigarette in der Luft einen Kreis beschreibt, merkt man sich den Anfangs- und den Endpunkt des Kreises, obwohl diese nicht erkennbar sind. Schon Sir William Hamilton (1859) meinte, dass wenn man eine Handvoll Murmeln auf den Boden wirft, es unmöglich sei, alle gleichzeitig zu beobachten. Leichter wäre es, sie optisch in Gruppen einzuteilen, denn das Gehirn registriere diese Gruppen als Einheiten. Sperling führte 1960 ein Experiment durch: Er zeigte seinen Probanden drei Spalten mit jeweils vier Buchstaben für 50 Millisekunden, danach folgte ein bloßes weißes Feld. Die Teilnehmer konnten durchschnittlich nur vier oder fünf der zwölf Buchstaben wiedergeben. Die Frage war nun, ob die Probanden alle gesehen haben, doch diese wieder vergaßen, oder ob sie nur diese vier oder fünf Buchstaben tatsächlich sahen. Sperling löste das Problem folgendermaßen: Er sagte den Teilnehmern nun, dass sie nur eine Reihe wiedergeben müssen. Ein hoher Summertone nach der Konfrontation mit den Buchstaben stand für die 1. Reihe, ein mittlerer Ton für die 2. und ein tiefer Ton bedeutete,

dass sie die letzte Reihe wiedergeben sollten. Sperlings Probanden konnten nun tatsächlich drei oder vier Buchstaben der erfragten Reihe wiedergeben. Zu diesen Ergebnissen meinte Sperling (1960), dass die Buchstaben aus einer schnell verfallenden visuellen Gedächtnisspur gelesen würden.

Farben und Formen können als Hilfe zur Abspeicherung im ikonischen Gedächtnis dienen, wie es oft beim z.B. Vokabellernen angewendet wird. Diese Merkmale können nun mit den Wörtern verknüpft werden, sie werden somit also nicht in einen weiteren visuellen Speicher übertragen. Turvey (1973) zeigte bei einem Experiment, dass das ikonische Gedächtnis eher eine Plattform im Prozess der visuellen Wahrnehmung darstellt als ein eigenes Modul. Er zeigte z.B. Probanden Buchstaben-Fragmente und bestimmte Muster, um diese danach miteinander in Verbindung zu bringen. Die Teilnehmer dieser Studie sahen ein Muster z.B. am linken Auge, den Buchstaben am rechten. Die beiden Stimuli konnten so später miteinander verknüpft werden. Das ikonische Gedächtnis scheint einen Reiz nach dem anderen zu verarbeiten und kann so einen logischen Verlauf oder einen Hergang einer Situation, Aktion, etc. herstellen oder rückverfolgen. Am Beispiel eines Films lässt sich die Wirkkraft gut erkennen: Ein Film besteht aus kleinsten Sequenzen und Abfolgen, welche erst zusammen ein Stück mit Wiedererkennungswert ergeben.

### 3.6.1.3. Visuelles Kurzzeitgedächtnis

Im ikonischen Gedächtnis werden unmittelbar rezipierte Informationen verarbeitet. Diese Informationen müssen später im visuellen Kurzzeitgedächtnis abgespeichert werden. Evidenzen für ein solches System lieferten Posner, Boies, Eichelman und Taylor (1969): Probanden mussten feststellen, ob zwei Buchstaben die gleichen waren oder nicht, z.B.; „AA“ oder „Aa“ waren ein „Ja“, „AB“ oder „Ab“ hingegen waren ein „Nein“. Es war bemerkenswert, dass dieser Prozess schneller generiert werden konnte, wenn die Buchstaben identisch waren („AA“ oder „aa“). In einem weiteren Durchgang dieses Tests wurde zwar die gleiche Methodik verwendet, doch zwischen den Buchstaben erfolgte eine gewisse Pause, welche von Mal zu Mal variierte. Betrug diese Verzögerungszeit mehr als zwei Sekunden, war die Performanz am Schlechtesten. Posner et al. (1969) meinten in diesen Ergebnissen eine generelle Verschlechterung des Gedächtnisses nach zwei Sekunden gefunden zu haben. Doch Phillips und Baddeley (1971) zeigten, dass das nicht zwingend der Fall sein müsse: Zu Beginn wären die Teilnehmer durch einen visuellen Code beeinflusst, doch dieser Code müsse nicht nach zwei Sekunden ausgelöscht sein. Sie zeigten Probanden ein Schachbrett-Muster, in dem

die Kästchen entweder schwarz oder weiß waren. So wurde den Teilnehmern ein Muster gezeigt und nach einer Verzögerung (von 0-9 Sekunden) wurde ihnen entweder das gleiche Muster, oder ein Muster mit einem veränderten Kästchen präsentiert. Die Ergebnisse: Umso weniger Kästchen (4x4 z.B.) und umso kleiner die Verzögerung, desto richtiger waren die Antworten. Bei den 8x8- Kästchen lagen die richtigen Antworten bei 4 sekündiger Verzögerung nur mehr bei ca. 50%.

Das visuelle Kurzzeitgedächtnis unterliegt nicht dem freien Willen bestimmte Dinge zu ignorieren oder aus dem Bewusstsein auszuschalten. Wird z.B. beim Vokabellernen zeitgleich eine Rechenaufgabe gelöst, braucht der Prozess des Lernens viel länger. Man kann sich schlechter an ein Item erinnern, wenn man in der Verzögerungs-Zeit eine Rechenaufgabe löst. Solche Tätigkeiten beeinflussen hingegen das ikonische Gedächtnis wenig, es verarbeitet schließlich kürzeste Sequenzen und beschreibt ein eigenes System, das nicht unmittelbar in den Lernprozess involviert ist, sondern nur eine Durchlauf-Komponente darstellt.

#### 3.6.1.4. Visuelles Langzeitgedächtnis

Rock und Engelstein (1959) führten ein Langzeit-Experiment durch: Sie zeigten Testpersonen gewisse Muster, die sie dann nachzeichnen sollten. Die Fähigkeit dies zu tun nahm mit der Zeit immer schneller ab, doch die Personen konnten nach einem Monat das jeweilige Muster aus einer Tabelle von anderen Formen wiedererkennen. Nickerson (1965) führte Ähnliches durch: Er zeigte seinen Probanden 600 Bilder und testete den Wiedererkennungswert im Abstand von einem Tag bis zu einem Jahr später. Dazu mischte er die alten Bilder mit neuen. Nach einem Tag erreichte man 92% richtige Antworten, nach einem Jahr nur mehr 63%. Der Wiedererkennungswert bei solchen Experimenten ist deshalb besser als bloßes freies Wiedergeben, weil das Prinzip der Ähnlichkeit hier zum Einsatz kommt: Es wird nicht das ganze Bild als solches gespeichert, sondern nur bestimmte Merkmale. Ein wiedergegebener gleicher Stimulus verknüpft diese Fragmente mit dem Ganzen.

#### 3.6.2. „Blitzlicht“ (Flashbulb) Gedächtnis

Diese Definition des Gedächtnisses erschufen Brown und Kulik (1977). Sie sagten ihren Testpersonen, sie sollten Details vom Tod John Kennedy's wiedergeben. Brown und Kulik (1977) (sowie auch andere Forscher, die ähnliche Fragen gestellt hatten) fanden heraus, dass je dramatischer eine Neuigkeit ist, desto lebendiger und genauer konnten die Probanden

darüber berichten, was aber nicht zwangsläufig zur Wahrheit führen musste: Desto dramatischer eine Nachricht zu sein scheint, umso einprägsamer ist sie (Brown und Kulik, 1977). Doch sind Augenzeugenberichte nicht immer wahrheits- und detailgetreu, denn der Aufmerksamkeitsfokus liegt hier nicht nur auf den eigentlichen Fakten. Es wird gerade in solchen Nacherzählungen versucht, die eigenen Emotionen mitzuliefern. Beobachtet ein Augenzeuge einen möglichen Täter, ergeben sich beim Versuch diesen Täter möglichst genau zu beschreiben etwaige Komplikationen: Verbale Limitierungen beim Beschreiben einer Person oder auch zeichnerische Fähigkeiten, die wiederum von der verbalen Beschreibung des Zeugen abhängig sind. Das Problem hier ist unter anderem, dass die Augenzeugen z.B. durch die Kleidung beeinflusst werden und so eventuell auch etliche Klischees beschreiben, die mit dem tatsächlichen Aussehen des Täters nicht mehr viel gemein haben. Da das Beobachtete manchmal nur als Fragment abgespeichert wird, wird es aus menschlich-logischen Rückschlüssen zusammengesetzt. Das menschliche Gedächtnis vermeidet somit Gedächtnislücken, was aber in gewissen Sachverhalten nicht immer mit der Realität konform geht, wie schon von Nickerson und Adams (1979) beobachtet: Auf die Frage, was sich auf den Rückseiten diverser amerikanischen Münzen verberge, konnten die (amerikanischen) Probanden zwar einige Merkmale wiedergeben, doch alle Kriterien wurden nicht genannt, obwohl es sich um einen Gegenstand handelte, den man fast täglich in Händen hält. Dies ist auch das Dilemma bei Augenzeugenberichten: Meist werden nur auffällige Merkmale wie z.B. Narben eines möglichen Täters genannt, die Kleidung, Frisur, etc. wurde nicht bewusst wahrgenommen und somit nicht gespeichert. Das Gedächtnis tendiert in solchen Fällen dazu logische Rückschlüsse herzustellen.

### 3.6.3. Auditives Gedächtnis

#### 3.6.3.1. Echoisches Gedächtnis

Baddeley (1997) unterteilt das auditiv-sensorische Gedächtnis in drei Bestandteile: Das echoische Gedächtnis, das ein paar Millisekunden eines Tones oder Wortes speichert, das auditive Kurzzeitgedächtnis, das 5 bis 10 Sekunden speichert und das auditive Langzeitgedächtnis.

Plomp (1964) spielte seinen Probanden ein 200 Millisekunden langes Geräusch vor, gefolgt von variierenden Intervallen von einem zweiten Geräusch. Die Testperson musste trotz

Geräuschkulisse des 1. Geräusches das zweite ausfindig machen. Das 2. Geräusch wurde in seiner Intensität lauter und auch leiser. Die Ergebnisse: Wenn das 2. nur 2,5 Millisekunden nach dem 1. Geräusch abgespielt wurde, war es notwendig, es auf 65 Dezibel zu erweitern. Doch nach 80 Millisekunden reichten auch nur 15 Dezibel, um das 2. Geräusch zu erkennen. Diese Effekte gehen mit dem ikonischen Gedächtnis konform, es lässt sich mit den Analysen des Erkennens diverser Muster vergleichen.

### 3.6.3.2. Auditives Kurzzeitgedächtnis

Moray, Bates und Barnett (1965) erforschten ein Phänomen, das in der auditiven Gedächtnisforschung immer wieder auftauchte: Sie spielten ihren Probanden verschiedene Konsonanten aus verschiedenen Richtungen des Raumes vor: Die Performanz der Probanden war beim Wiederholen aus nur einer Richtung besser, als wenn eine gesamte Wiedergabe (von allen Richtungen) verlangt wurde. Beim „Double-take – effect“ ist es dem Zuhörer möglich, noch einmal „zurückzuspulen“ und das Nicht-Verstandene noch einmal durchzulaufen, ohne danach fragen zu müssen.

Der Modalitäts-Effekt besagt, dass die letzten Items besser behalten werden, z.B. beim Merken einer Telefonnummer: Hört man Zahlen in einer gewissen Reihenfolge werden die letzten zwei oder drei Ziffern besser gespeichert als die ersten. Dieser auditive Suffix-Effekt wurde besonders von Crowder und Morton (1969) erforscht: Sie zeigten, dass non-verbale Töne wie z.B. ein Buzzer oder ein beliebiger Ton die Performanz allerdings nicht beeinflussen, da diese in anderen Systemen verarbeitet werden und nur wahrgenommen, nicht aber mit Merkmalen verlinkt werden können. Doch dies ist noch immer umstritten, da diese Systeme in Verbindung mit solchen Studien nicht genügend erforscht sind.

Auch Penney (1989) meinte, dass visuelles und auditives Material in separaten Systemen behandelt wird, und dass akustische Informationen in auditiven und phonologischen Systemen gespeichert werden. Dies sei anders kodiert und stelle somit eigene Bereiche dar.

### 3.6.3.3. Auditives Langzeit-Gedächtnis

Ein eigener auditiver Speicher kodiert und verarbeitet Sprache, während andere Speicher für Musik und diverse Geräusche zuständig sind. Musiker wie z.B. Mozart, die fähig sind ein Stück nach einmaligem Hören nachzuspielen und aufzuschreiben, besitzen oft große Kapazitäten ihres musikalischen Speichers.

Bei der Wiedererkennung von Stimmen spielt die Vertrautheit eine große Rolle: Von Personen, die bekannt sind, wird die Stimme schnell und problemlos zugeordnet, während bei nicht vertrauten Personen eventuell Probleme bei der Zuordnung auftauchen können. Dies stellt einen eigenen Forschungsbereich bei Amnesiepatienten dar: Werden ehemals bekannte Personen und Stimmen nicht mehr erkannt, fällt der Aspekt des Vertraut-Seins weg und Stimmen werden unmittelbar verarbeitet.

Das ikonische und echoische Gedächtnis, die man als Teil des Prozesses der Speicherung betrachten kann, speichern also visuelle und auditive Informationen nur für den Bruchteil einer Millisekunde. Durch sie wird weitere Verarbeitung erst ermöglicht, wie im auditiven und visuellen Kurzzeitgedächtnis, die die Speicherung von Information von Millisekunden bis Sekunden ermöglichen und deren Speicherkapazitäten limitiert sind. Die Formen sind Teil eines multidimensionalen Gedächtnisses unter das auch das Langzeitgedächtnis fällt.

Beim schon vorher erwähnten Lernen einer Telefonnummer ist es hilfreich, die Ziffern in Dreier- Gruppen einzuteilen (Wickelgren, 1964), und außerdem speichert man sie besser, wenn man sie gehört hat, als nur gesehen, da so das auditive Modul schneller abrufbar ist. Es wurde auch von Slak (1970) gezeigt, dass Buchstabencodes besser als Zahlencodes gemerkt werden, z.B. wird das Wort „WUG“ schneller als eine beliebige Telefonnummer gespeichert und somit können dessen einzelne Merkmale schließlich schneller abgerufen werden. Das Nonsense-Wort „BADFILTUN“ kann demnach in drei Chunks, nämlich „BAD“, „FIL“ und „TUN“ zerlegt werden, die besser abrufbar sind (Baddeley, 1997). Natürlich kann man diese Tatsache auch bei Zahlen nutzen, doch dies wird nicht so effektiv wie sprachliche Codes in einer eigenen Komponente gespeichert. Georg Miller (1956) meinte, dass das Gedächtnis durch sogenannte Chunks (meist 7) determiniert sei, die einfach einen Teil der Information darstellen. Die Merkmale können jeweils mit den anderen in Verbindung gebracht werden und so sukzessiv abgerufen werden. Kommt es dennoch zu einer Fehlleistung wie etwa zum Vergessen, liegt dies in solchen Fällen höchstwahrscheinlich an der Zeitspanne oder an falschen Inferenzen. Ist die Zeitspanne einer Wahrnehmung bis zum nächsten (gleichen) Stimulus zu lange, kann die Gedächtnisspur nicht wiederhergestellt werden und es folgt eine Löschung des Items.

In Bezug auf falsche Rückschlüsse unterscheidet man zwischen proaktiver Interferenz und retroaktiver Interferenzen: Hier ist das Neuerlernte durch alte Muster gestört, wie z.B. beim Betätigen des falschen Wasserhahns in Italien, wo „C“ für „caldo“-„heiss“ steht, man aber „caldo“ mit „kalt“ oder „cold“ assoziiert (Baddeley, 1997). Diese Muster können auch über

längere Zeit bestehen, also als akzeptabel gespeichert werden. Retroaktive Interferenz tritt hingegen bei Neuerlerntem auf, das gänzlich alte Muster oder Assoziationen durchbricht, wie nach dem Erlernen einer eigenen neuen Telefonnummer: Die ehemals vertraute alte Nummer wurde durch die Neue ersetzt, da sie unter denselben semantischen Merkmalen abgespeichert wurde.

### 3.7. Ein- oder Mehrspeichersystem?

Die Dichotomie bezüglich Lang- und Kurzzeitgedächtnis war lange ein Streitpunkt, der noch immer nicht ganz geklärt ist. Eysenck und Keane (2005: 191) meinten dazu: „The distinction between a short-term and a long-term store is like the one proposed by William James (1890) between primary memory and secondary memory. Primary memory consists of information remaining in consciousness after it has been perceived and forming part of the psychological present. Secondary memory contains information about events that have left conscious and are therefore part of the psychological past.” In der traditionellen Auffassung ist die Speicherkapazität im Kurzzeitgedächtnis gering, wie Miller (1956) schon postulierte, können hier ca. 7 Items gespeichert werden („seven plus or minus two“). Peterson und Peterson (1959) führten eine Studie durch, die die „double dissociation“ (Zwei unterschiedliche Aufgaben benötigen auch unterschiedliche Mechanismen) erklären sollte: Den Testpersonen wurde ein Drei-Buchstaben-Stimulus präsentiert, dann sollten sie Rückwärtszählen und den Stimulus wiedergeben. Doch nach nur 6 Sekunden konnten nur mehr 50% der Buchstaben richtig erinnert werden. Dieses Phänomen ist laut Eysenck und Keane (2005) durch die Interferenzen, die Menschen ziehen, erklärbar: Der Fokus bewegt sich vom eigentlichen Stimulus weg. Anders das Vergessen im Langzeitgedächtnis, wo die Gedächtniseinträge zwar vorhanden, aber nicht erreichbar oder abrufbar sind.

Einige Gedächtnis-Forscher untersuchten diese Bereiche in Bezug auf eine dichotome Teilung, während andere Forscher glaubten, dass Langzeit- sowie Kurzzeitgedächtnis nur aus einem einzigen System stammen. Arthur Melton (1963) war solch ein Interferenz-Hypothetiker, der mithilfe von Vergessens-Phänomenen erklären wollte, dass es nicht nötig sei, einen dichotomen Ansatz zu verfolgen. So meinte Baddeley (1997:38) in seinem Buch „Human Memory – Theory and Practice“: „To take a concrete example, suppose I were testing your memory span for letters, and happened to present the sequence abcdefghijkl. You would almost repeat it back correctly. This would not however mean that you had short-term

storage capacity of 10 letters, since your recall would be largely based on prior long-term memory for the alphabet.“

Waugh und Norman (1965) modifizierten den schon von Willian James genannten Begriff „primary memory“, und postulierten, dass dies die Komponente darstelle, die für die kurzzeitige Speicherung zuständig sei. Das Kurzzeitgedächtnis definierten sie als Bereich, der erst unter Labor- und Testbedingungen zum Einsatz käme und ebenfalls eine geringe Speicherkapazität besäße. Zur Vervollständigung ihres Modells meinten sie, dass ein „secondary memory“, das wie ein Langzeitgedächtnis funktioniere, in enger Verbindung mit dem „primary memory“ stünde. Das Modell von Waugh und Norman (1965) konnte aber nie bestätigt werden.

Evidenzen, die gegen das Ein-System-Prinzip sprechen, ergeben sich z.B. aus den Versuchen mit freiem Nachsprechen: Den Probanden werden hier Listen mit Wörtern gezeigt und sie werden danach aufgefordert, so viele Wörter wie möglich in beliebiger Reihenfolge zu wiederholen. Auch hier tritt der schon oben beschriebene „Recency-Effekt“ ein: Die zuletzt gesehenen Wörter können besser abgerufen werden. Erste Wörter werden wahrscheinlich im Langzeit-Gedächtnis-System gespeichert, während die späteren in einem „vorläufigen“ Kurzzeitgedächtnissystem gespeichert werden. Ein weiteres Argument gegen das Ein-System-Gedächtnis, mit dem der „Recency-Effekt“ gut erklärbar wird, ist, dass das Kurzzeitgedächtnis nur begrenzte Kapazität besitzt, aber schnelle Abrufbarkeit.

Baddeley (1997) betont noch, dass die Hypothese der phonologischen Speicherung im Kurzzeitgedächtnis und der semantischen Speicherung im Langzeitgedächtnis nicht bestätigt wurde. Die ersten Untersuchungen zur Unterscheidung von Kurz- und Langzeitgedächtnis stammen von Forschungen an Patienten, die an verschiedenen Läsionen und Störungen im Gehirn litten. Baddeley und Warrington (1970) testeten amnestische Patienten. Der Versuch belief sich auf unmittelbares und verzögertes Nachsprechen einer Liste von Wörtern: Die Patienten zeigten einen mit der Kontrollgruppe vergleichbaren guten Recency-Effekt, doch das Wiederholen mit einer gewissen Zeitspanne nach der Präsentation der Wortlisten war stark beeinträchtigt, was die Hypothese getrennter Gedächtnis-Systeme bekräftigte. Baddeley und Warrington (1970) kamen zu dem Ergebnis, dass die getesteten amnestischen Patienten größtenteils ein funktionstüchtiges Kurzzeitgedächtnis besaßen, doch ein mehr oder weniger stark beeinträchtigtes Langzeitgedächtnis. Shallice und Warrington (1970) bewiesen hingegen, dass dies nicht die Regel in der Amnesieforschung darstellte: Sie beschrieben einen Patienten, dessen unmittelbare Gedächtnisspanne auf zwei oder drei Ziffern beschränkt war,

doch das Langzeitgedächtnis schien normale Kapazität und Abrufbarkeit zu haben. Dieser Patient litt an einer Läsion an der Stelle im Gehirn, wo Sprachverarbeitung lokalisiert ist, aber trotz diverser Sprachbeeinträchtigungen war er nicht aphasisch. Baddeley (1997) fand in diesen Fakten ebenfalls Evidenz für ein Gedächtnissystem mit verschiedenen Modulen.

### 3.8. Das modale Modell

In der Forschung der 1960er wurde meist nur grob zwischen Kurz- und Langzeitgedächtnis unterschieden.

Ein älteres und auch simpleres Modell stammt unter anderem von Atkinson und Shiffrin. Generell beschreibt das Multi-Speicher-Modell von Atkinson und Shiffrin (1968) drei Subgruppen, die miteinander verbunden sind: das Sensorische Gedächtnis, das Kurzzeit- und das Langzeitgedächtnis. Im sensorischen Gedächtnis werden z.B. Reize wie Sehen oder Hören verarbeitet, die Information wird hier allerdings nur sehr kurz gespeichert und gelangt schließlich durch Prozesse wie das „rehearsal“ in das Kurz- und eventuell auch in das Langzeitgedächtnis. Der Input gelangt also über ein sensorisches Modul (in dem sich wiederum ein visuelles, auditives und haptisches Modul befinden) in den Kurzzeitspeicher, der das temporäre Arbeitsgedächtnis darstellt: In diesem Speicher befinden sich Kontrollprozesse wie Kodieren, Wiederholen, Abrufstrategien und Entscheidungen. Dieser Kurzzeitspeicher ist für den Output verantwortlich, doch geht er auch weiter in den Langzeitgedächtnisspeicher, der dauerhafte Informationen enthält, aber auch wieder zurück in den Kurzzeitspeicher. In diesem Modell spielt der Kurzzeitspeicher eine wichtige Rolle, ohne ihn können keine Informationen in den Langzeitspeicher gelangen. Atkinson und Shiffrin (1968) meinten dazu, je länger Material im Kurzzeitspeicher behalten werde, umso größer sei die Wahrscheinlichkeit, dass es in den Langzeitspeicher übergehe, der Faktor des Wiederholen und Übens spiele hier eine große Rolle. Dieses Modell war keinesfalls ausgereift, aber es stellte eine gute Basis für spätere Hypothesen dar.

Doch mit diesem Modell ergeben sich auch etliche Probleme: Eine Studie, in der Patienten mit normaler Langzeitgedächtnis-Kapazität, aber mit erheblich beeinträchtigter auditiver Gedächtnisspanne untersucht wurden, zeigte, dass diese Testpersonen nicht mehrfach beeinträchtigt waren. Ihre Kapazität des Langzeitgedächtnis war im durchschnittlichen Bereich und sie wiesen bei diversen Studien keine Einschränkungen des Langzeitgedächtnisses auf, was aber in diesem Modell nicht möglich sein kann, denn der

Kurzzeitspeicher fungiert nur als vorübergehender Speicherort für das Langzeitgedächtnis. Somit wurde diese Idee größtenteils wieder verworfen oder modifiziert. Auch bezüglich des Recency-Effektes ergeben sich einige Probleme bei diesem Modell, doch unterschiedliche Studien führten hier zu verschiedenen Ergebnissen.

### 3.9. Das Modell des Arbeitsgedächtnisses (Baddeley, 1997)

Baddeley (1997) beschreibt ein eigenes Modell des Arbeitsgedächtnisses. Eine vereinfachte Erklärung davon wäre folgende: Die zentrale Exekutive stellt ein eigenes Modul dar, von dem sich jeweils der visuell-räumliche Notizblock, die phonologische Schleife und der episodische Speicher abspalten. Die letzte Komponente fügte Baddeley erst 25 Jahre nach Erstellung seines Arbeitsgedächtnismodells hinzu, weil er meinte, in seinem System fehle ein genereller Speicher, der zwischen phonologischer Schleife und visuell-räumlichen Notizblock agiere, denn die zentrale Exekutive sei kein Speichersystem schlechthin. Die Zentrale Exekutive ist durch „rehearsal“ mit der phonologischen Schleife und dem visuell-räumlichen Notizblock verbunden. Mit „rehearsal“ definiert Baddeley (1997) das innere Wiederholen der Informationen. Ähnliche Items besitzen auch ähnliche Kodierungen, die nicht gut voneinander unterschieden werden können.

#### 3.9.1. Die phonologische Schleife

Der phonologischen Schleife ist der phonologische Ähnlichkeits-Effekt zuzuschreiben: Die Wiedergabe einer Wortliste ist um ca. 25% schlechter, wenn die Wörter phonologisch ähnlich sind (Larsen, Baddeley und Andrade, 2000). Die phonologische Schleife beschreibt Baddeley (1997: 52) folgendermaßen: „The phonological loop is assumed to comprise two components, a phonological store that is capable of holding speech-based information, and an articulatory control process based on inner speech. Memory traces within the phonological store are assumed to fade and become unretrievable after about one-and-a-half to two seconds.“ Das heißt, visuell-räumliche und sprachliche Information werden nicht in einem Modul verarbeitet. Außerdem unterscheidet Baddeley (1986, 1997) in Bezug auf die phonologische Schleife zwischen einem sprachbasierten Speicher und einem artikulatorischen Kontrollprozess. Die Information gelangt demnach entweder direkt oder indirekt in den Speicher.

Der zentralen Exekutive liegt auch der „stroop effect“ zugrunde: Bei diesem Phänomen sollen Probanden den Namen einer Farbe vorlesen, die jedoch in einer anderen Farbe abgebildet ist (z.B. das Wort „Grün“ in blau gedruckt). Die Verarbeitung benötigt einen längeren Zeitraum als normales Vorlesen, da hier auch andere Systeme bei der Verarbeitung involviert sind, wie z.B. generelle visuelle Prozesse.

Ein weiterer Grund für die Belegbarkeit einer phonologischen Schleife stellte für Baddeley (1997) das Faktum dar, dass in dieser phonologische, aber keine semantische Information gespeichert und verarbeitet werden, denn diese Kodierungen werden unterschiedlich prozessiert. Diese Tatsache lässt sich mit schon oben genannten Studien belegen. Doch auch innerhalb dieses Systems werden unterschiedlich lange Wörter unterschiedlich erinnert: Monosilbische Wörter weisen eine bessere Wiedergabe auf als polysilbische. Dieser Effekt ist oft beim Lexikonerwerb zu beobachten, aber auch in der Erwachsenensprache wie beim Lernen neuer Vokabel einer Fremdsprache.

Ellis und Hennely (1980) gingen dieser Problematik nach und überprüften, welche Silbenanzahl besser erinnert wird. Sie untersuchten für diesen Zweck Englisch- und Walisisch sprechende Kinder und fanden heraus, dass die Walisisch-Sprecher die Vokale länger aussprachen, und in einigen Tasks eine langsamere Performanz zeigten, somit wiesen sie eine höhere Fehlerrate auf. Nicholson (1981) meinte auch, dass das rehearsal und die Performanz des Sprechens mit dem Alter schneller von statten gehe, somit hätten ältere Kinder gegenüber jüngeren einen Vorteil. Außerdem setze der Prozess des rehearsals bei kürzeren Wörtern schneller ein, was eine höhere Wiederholungsrate erlaube. Fehlleistungen würden dadurch minimiert. Die Hypothese der phonologischen Schleife ist somit an das rehearsal gebunden, bzw. an die Items, die in ca. zwei Sekunden wiederholt werden können.

Wilson und Baddeley (1988) testeten einen Patienten mit Dysarthrie, um sein inneres Wiederholen zu überprüfen. Stimuli stellten u.a. homophone (Nonsense-) Wörter wie „oshun“ dar. Kontrollwörter waren ähnlich den Nonsense-Wörtern, wie z.B. „ocean“. Mithilfe dieser Kontrollwörter wollte man die Aussprache überprüfen. Wilson und Baddeley (1988) kamen zu dem Ergebnis, dass das rehearsal nicht beeinträchtigt war, und somit nicht von der „äußeren“ Sprache abhängig ist. Laut Clark und Clark (1977) sollte ein rezipierter Satz in einem temporären Speicher behalten werden, während er grammatisch analysiert oder organisiert wird. Doch diese Hypothese kann widerlegt werden, weil es einige amnestische Patienten gibt, die viel längere Sätze verstehen, als sie laut dieser These eigentlich sollten (Vallar und Baddeley, 1984). Baddeley und Vallar (1984) erstellten deshalb die Konklusion,

dass der phonologische Input Speicher bei gewissen Satzkonstruktionen eine wesentliche Rolle spiele. Semantische Unterschiede in ähnlichen Sätzen könnten mitunter Fehlleistungen des Gedächtnisses hervorrufen.

### 3.9.2. Der visuell-räumliche Notizblock

Ein eigenes Modul der Verarbeitung für visuell-räumliche Wahrnehmungen ist essentiell, da diese Impressionen nichts mit der sprachlichen Komponente gemein haben. Sie werden anders kodiert und verarbeitet. Dem visuell-räumlichen Notizblock lassen sich laut Logie (1995) zwei Komponenten zuschreiben: Das Form- und Farb- Wahrnehmungs-Modul und das Räumlichkeiten- und Bewegungs- Modul.

Die visuelle Verarbeitung stand am Beginn der Gedächtnisforschung im Mittelpunkt. Galton (1883) betonte schon, dass belebte Objekte anders als starre Formen verarbeitet werden. Später wurde unter anderem Paivio (1969) einer der führenden Forscher auf diesem Gebiet. Beim Erlernen von neuen Wörtern wurde erkannt, dass es einfacher war, eine konkrete „innere“ Darstellung des jeweiligen Wortes zu imaginieren, und diese mit anderen imaginierten Darstellungen zu assoziieren (Bugelski, Kidd und Segmen, 1968). Hier half schon die Vorstellung an solch ein Bild, um ein Wort zu lernen. Laut Baddeley (1997) laufe dieses Vorstellen aber nicht wie normales Sehen ab, eher als innere Stimulation eines Bildes, wobei hier visuelle Erfahrung der Welt verknüpft wird, mit deren Hilfe wir uns Dinge vorstellen können. Baddeley (1997) wollte unter anderem wissen, ob dieses System nun eine räumliche oder eine visuelle Kodierung besitzt. Zu diesem Zweck sollten Probanden ein Pendel mit dem Strahl einer Taschenlampe verfolgen, das gleichzeitig einen hörbaren Ton erzeugte. Leuchteten die Probanden auf das Pendel, veränderte sich der Ton, da die Taschenlampe Fotozellen enthielt. Der Raum war dunkel, so sollten die Probanden möglichst exakt durch den Ton das Pendel in seiner Bewegung verfolgen. Baddeley (1997) stellte dabei fest, dass es den Testpersonen möglich war, Visuelles mit Auditivem zu assoziieren, also inneres auditiv-räumliches Vorstellen ist ebenso wie visuelles- räumliches Vorstellen möglich.

Der räumlich-visuelle Notizblock funktioniert analog zu der artikulatorischen Schleife, er kann also durch Wahrnehmungen oder auch durch innere Vorstellungen aktiviert werden. Dieser Notizblock ist für die räumliche Orientierung sowie für die Planung zuständig. Baddeley (1997) hält fest, dass diese innere Vorstellung zwar getrennte visuelle und räumliche Komponente enthält, diese aber miteinander verbunden sind.

### 3.9.3. Der Episodische Buffer

Der Episodische Buffer ist die Verbindung zwischen phonologischer Schleife und visuell-räumlichen Notizblock. Dieses System kann unterschiedliche Module miteinander verbinden, ist demnach als ein eigenes kleines Speichersystem zu verstehen.

### 3.9.4. Die Zentrale Exekutive

Dieses System ist für Baddeley (1997) ein Bewusstseinssystem. Es wird nicht als Gedächtnisspeicher betrachtet und wird durch verschiedene Studien, die das generelle Bewusstsein betreffen, erforscht. Auch das Kriterium der Aufmerksamkeit ist hier essentiell. Wie können wir z.B. Nebengeräusche ausblenden, um uns auf unseren Gesprächspartner zu konzentrieren? Treisman und Geffen (1967) führten hier einen Versuch durch, bei dem sie Probanden durch Kopfhörer verschiedene Geräusche in das rechte und linke Ohr vorspielten. Sie sollten das Wort, das sie auf einem Ohr hörten, wiederholen und gleichzeitig einen Knopf betätigen, wenn sie ein Tiergeräusch auf dem anderen Ohr wahrnahmen. Dies funktionierte ziemlich gut, wenn die Tiergeräusche auf dem gleichen Ohr, auf dem sie ein Wort wiederholen sollten, eingespielt wurden. War es jedoch auf dem anderen zu hören, wurden viel weniger Tiere erkannt. Mit diesem Experiment wollte der Frage nach der selektiven Aufmerksamkeit nachgegangen werden, die im Aspekt des Bewusstseins – und somit in Bezug auf die zentrale Exekutive – eine wichtige Rolle spielt.

### 3.10. Das Norman und Shallice SAS (1986) - Modell

Dieses Modell versucht eine Erklärung der Aktionskontrolle in der zentralen Exekutive zu liefern. Aktivierender Input gelangt von dem Wahrnehmungssystem in die Trigger(Auslöser)-Komponente und weiter in die „contention scheduling“, in welche auch das supervisorische Aufmerksamkeitssystem verlinkt ist. Diese „contention scheduling“ stellt einen Filter dar, über den der Input wiederum in das Effektorsystem gelangt. Aktionen können auf verschiedene Weise kontrolliert werden: Durch schon erlernte Verhaltensmuster, wobei das bereits Erlernte den Prozess beschleunigt, wie z.B. beim Autofahren: Man denkt an etwas und plötzlich erlangt man zur Erkenntnis, dass man die letzten Kilometer völlig automatisch gefahren ist. Es können natürlich auch Tätigkeiten kollidieren, wie z.B. beim Fahren und gleichzeitigen Sprechen: Einer Tätigkeit wird Priorität eingeräumt, womit diese Tätigkeit an

der „contention scheduling“ angelangt ist. Doch die Frage nach der Priorität einer Tätigkeit unterliegt nicht bewussten Entscheidungen, dies ist ein automatischer Prozess.

Um den Zusammenhang zwischen der Lesekapazität und der Arbeitsgedächtnisspanne festzulegen, führten Daneman und Carpenter (1980) ein Experiment durch: Probanden sollten sich das jeweils letzte Wort eines Satzes merken. Danach mussten sie die gelernten Wörter in chronologischer Reihenfolge wiederholen, wobei die Aufgabenstellung immer eine andere war: Einmal sollten die Testpersonen die Sätze, die am Ende das jeweilige zu merkende Wort enthielten, laut vorlesen, ein anderes Mal hörten sie einen Satz und mussten dann entscheiden, ob der jeweilige Satz sinnvoll oder nicht sei. Daneman und Carpenter (1980) entdeckten eine Übereinstimmung: Leute, bei denen die Arbeitsgedächtnisspanne mit der Lesefähigkeit korrelierte, wiesen eine bessere Performanz auf. Bei einigen anderen Tests waren ähnliche Resultate der Fall, woraus man schließen kann, dass Leute mit hoher Arbeitsgedächtnisspanne bessere Lesefähigkeiten und Schlussfolgerungen erzielen.

### 3.11. Nairne's (2002) Standard-Modell

Nairne's (2002) Modell des Kurzzeitgedächtnisses unterliegt folgenden Hauptthesen: Das Kurzzeitgedächtnis ist ein kollektives Set aus aktivierten Informationen. Diese Informationen können sofort und ohne zeitliche Verzögerung abgerufen werden. Doch somit kann das Neu-Erlernte genauso schnell wieder vergessen werden, wenn das „rehearsal“ nicht vorhanden ist oder durch diverse andere Einflüsse gestört wurde.

### 3.12. Levels of processing

Die Theorie der „Levels of processing“ wurde von Craik und Lockhart (1972) geschaffen. Ihre Hauptthese sagt aus, dass Wahrnehmungsprozesse, die zum eigentlichen Lernen führen, durch Informationsmaterial im Langzeitgedächtnis determiniert seien. Sie postulieren verschiedene Level der Tiefe, d.h., der Grad der Verarbeitung beeinflusst die Speicherung und Wiedererkennung. Tiefere Level einer Analyse führen somit zu elaborierten und stärkeren Gedächtniseinträgen. Außerdem existieren auch unterschiedliche „rehearsal- Formen“: Das simple Wiederholen von Analysen und die tiefere oder auch semantische Analyse des Informationsmaterials. Craik und Lockhart (1972) beziehen sich in ihrem Artikel zuerst auf die Mehr-Speicher-Modelle, um dann ihre Theorie zu präsentieren. Sie machen auch deutlich,

dass sie den Terminus Kurz- und Langzeit- „Speicher“ gebrauchen, um sich auf diese zwei Systeme zu beziehen. So ist bei Craik und Lockhart (1972) zu lesen, dass ihr Ansatz von einem bewussten Lernen und Erwerb ausgeht. Der Kurzzeitgedächtnis-Speicher verlangt Aufmerksamkeit des Individuums, besitzt jedoch, wie schon erwähnt, nur eingeschränkte Kapazität. Außerdem erwähnen Craik und Lockhart (1972), dass der Aspekt des Vergessens bei den Mehr-Speicher-Modellen nicht so leicht möglich (oder auch erklärbar) sei. In ihrer Kritik beziehen sich Craik und Lockhart (1972) auf Tulving und Patterson (1968), die wider der These argumentierten, Information würde von einem Speicher zum anderen gelangen. Craik und Lockhart (1972) nennen auch den Aspekt der Kapazität als Argument bezüglich ihrer Kritik: Es sei unklar, ob die begrenzte Kapazität des Kurzzeit-Speichers eine Frage der Speicherung oder anderer Prozesse sei. Außerdem sei Input-Material nicht nur phonemisch kodiert, es wird auch visuelles Material dekodiert.

So beschreibt also die Tiefe der Analyse bei der Wahrnehmung die Tiefe der kognitiven Prozesse. Wenn ein Stimulus auf ein Individuum trifft, kommt es nach der Theorie der „Levels of processing“ zur Elaboration. Craik und Lockhart (1972) vergleichen dies z.B. mit Assoziationen bei der Wahrnehmung eines bestimmten Wortes. Somit wären tiefere Analysen längerfristig und stärker gespeichert, das Behalten des Items ist also eine Frage der Tiefenanalyse. Ein Prozess, der beim Behalten eines Items zutage tritt, ist in dem „primary memory“ verankert. Dies impliziert, dass Items ständig im Bewusstsein des Individuums behalten werden müssen, um nicht vergessen zu werden. Das ständige Wiederholen von Analysen liegt dem Typ II –processing zugrunde, das eine tiefere Analyse beinhaltet und nur durch diesen Typus der Analyse gelangt man nach Craik und Lockhart (1972) zu einer besseren Gedächtnisleistung, durch die man Items besser und schneller abspeichert. Somit setzen Craik und Lockhart den Fokus ihres Modells also eindeutig auf das bewusste Lernen, das allen Analysen zugrunde liegt.

### 3.13. Konnektionistische Netzwerke

Rumelhart und McClelland entwickelten 1986 zusammen mit der PDP („parallel distributed processing“) - Research Group Modelle neuronaler Netzwerke, die aus elementaren Units oder Knoten bestehen. Diese Knoten sind miteinander verbunden und weisen spezifische Charakteristika auf: Die Knoten beeinflussen durch Stimulation oder Unterdrückung andere Knoten, jeder Knoten kann also mit anderen Knoten agieren. Außerdem enthalten sie die Summe aus allen Input-Verlinkungen und produzieren einen Output, wenn die Summe eine

gewisse Schwelle (bestehend aus einer mathematischen Formel) überschreitet. Die Netzwerke besitzen außerdem Strukturen und Schichten, die aus Input- und Output-Verbindungen bestehen. Das Aktivierungsmuster, das ein Input mit sich bringt, kann überall im Netzwerk gespeichert werden, ohne unterschiedliche Muster miteinander in Verbindung zu bringen. Der erste Knoten besitzt beispielsweise die Schwelle „1“. Wenn der eintreffende Input nun „1“ überschreitet, reagiert das System mit „+1“, wenn der Input weniger als „1“ ist, reagiert es mit „-1“. Eine Regel, die das Lernen in diesem Modell beschreibt, ist das „backward propagation of errors“. Diese Regel ermöglicht dem System das Merken eines Fehlers, indem ein Input-Muster mit einem Output-Muster verglichen wird. Es werden also aktuelle mit korrekten Antworten verglichen.

Das Modell spiegelt kognitive Fähigkeiten ohne explizite Regel, dies ist sowohl bei Rumelhart und McClelland's Modell, als auch bei Produktionssystemen essentiell. Die Regeln, die sich erst aus diesem Lernmuster ergeben, besitzen die Struktur: „WENN dies und dies eintrifft, DANN Handlung X.“ Somit sind Wissen und Informationen nicht lokal gebunden.

### 3.14. Lernen im Kortex

Als Gedächtnis definiert man generell eine funktionale Fähigkeit, die nicht exakt lokalisierbar ist. Gedächtnis muss interdisziplinär und assoziativ sein, außerdem besteht es aus einem Netzwerk an Neuronen inklusive seiner Verbindungen. Das perzeptive Gedächtnis sitzt im posterioren Kortex, hinter der Zentralfurche. Beim Mensch macht das perzeptive Gedächtnis einen großen Teil des Neokortex aus, es ist unter anderem für Wiedererkennung und Speicherung von Objekten, Orten, Personen und Tiere zuständig. Weiters existiert das motorische Gedächtnis, welches für (automatische) motorische Fähigkeiten verantwortlich ist und im Frontallappen lokalisiert ist. Es muss also eine ständige Interaktion von Perzeption und Aktion im Gedächtnis vorherrschen. Einigen Autoren, wie z.B. Fuster (1995) nennen noch weitere Unterscheidungen: das phyletische Gedächtnis, welches deklaratives, episodisches und semantisches Gedächtnis zusammenfasst und das menschliche Gedächtnis schlechthin repräsentiert. Das phyletische Gedächtnis ist angeboren, genetisch festgelegt und besteht demnach aus sensorischen und motorischen neokortikalen Systemen.

Das individuelle Gedächtnis entwickelt sich ein ganzes (Menschen-)Leben lang, es wird in diesem Zusammenhang auch oft als eine Erweiterung des phyletischen Gedächtnisses erklärt,

was nur bedingt zutrifft, denn das individuelle Gedächtnis ist in das phyletische Gedächtnis integriert und führt nur durch Interaktionen mit anderen Fähigkeiten zum gewünschten Lernziel. Diese Assoziationen können zwischen sensorischen Fähigkeiten, zwischen motorischen Fähigkeiten und zwischen sensorischen und motorischen Fähigkeiten stattfinden. Verschiedene Gedächtnis-Systeme wurden immer schon zu unterscheiden versucht, was zu folgenden Kriterien und Bestandteilen des Gedächtnisses führt: 1.) Der Inhalt von Informationen, den diese Systeme speichern, 2.) Die Prinzipien der Operationen, 3.) Speicherkapazität, 4.) Die Dauer der Speicherung und 5.) Die neuronalen Strukturen und Mechanismen, die in diverse Operationen involviert sind.

Verschiedene Läsionen des Gehirns rufen Einschränkungen auf das Kurz- oder auch auf das Langzeitgedächtnis hervor, wie z.B. beim Korsakoff-Syndrom: Diese Patienten haben erhebliche Schwierigkeiten Begriffe oder Informationen aus dem Langzeitgedächtnis abzurufen.

Zum Kurzzeitgedächtnis zählt auch noch das Primary Memory. Der erste, der hier Forschungen betrieb und es als solches beschrieb, war William James (1890). Er definierte dieses Modell als Gedächtnis der unmittelbaren Vergangenheit und als Objekt selektiver Aufmerksamkeit.

Zusammengefasst lässt sich sagen, es existiert einerseits die Hypothese, in der das Kurzzeitgedächtnis nur eine Speicherungs-„Plattform“ darstellt, andererseits die Hypothese der vorübergehenden Speicherung eines Items, um Lernen eines neuen Items zu beeinflussen. Doch beide Thesen implizieren die Verknüpfung des Langzeit- und Kurzzeitgedächtnisses. Anhand eines Beispiels wird das ersichtlich: Man muss ein Wort, oder wenigstens das Symbol, das es repräsentiert gut genug kennen, um es ohne Mühe aus dem Kurzzeitgedächtnis abrufen zu können. Nonverbale Items können nur sehr schwer von dem Kontext, in dem sie gelernt wurden, unterschieden werden, und dieser Kontext ist mit dem Langzeitgedächtnis verknüpft.

Zusätzlich gibt es nun auch die Meinung, dass das Kurzzeitgedächtnis im Prinzip nichts anderes als der aktive Teil des Langzeitgedächtnisses ist (Norman, 1968; Wickelgren, 1975).

### 3.15. Deklaratives vs. Nicht-Deklaratives Gedächtnis

Das deklarative (oder explizite) Gedächtnis hingegen repräsentiert (bewusste) Fakten und Begebenheiten, es wird auch als persönliches Gedächtnis verstanden. Ein Teil davon kann als

episodisches Gedächtnis (Tulving, 1983, 1987) charakterisiert werden. Tulving (1987) definierte auch das semantische Gedächtnis, welches Konzepte, Abstraktionen und Evidenz der Realität, ohne „bewusste“ Erinnerung an das Erworbenes beinhaltet. Die Grenze zwischen episodischem und semantischem Gedächtnis verschwimmt oft, da Charakteristika ziemlich ähnlich sind.

Im Gegensatz zum deklarativen Gedächtnis steht das Implizite, das ein breites Spektrum an (unbewussten) mentalen Operationalisierungen und Fähigkeiten enthält. Es ist öfters zu beobachten, dass bei amnestischen Patienten dieser Teil erhalten bleibt, die Retardierung beschränkt sich auf die Fähigkeit, ein neues, permanentes deklaratives Gedächtnis zu produzieren.

Priming (die „Vor-Bewusstmachung“ eines Stimulus durch Inputs eines anderen, vorangegangenen assoziierten Stimulus, der dem Probanden meist aber nicht bewusst ist) spielt eine wesentliche Rolle in der Erforschung des prozeduralen Gedächtnisses, das automatisierte Handlungen speichert. Tulving et al. (1988) meinten, dass Priming eher nicht-deklarativen Gedächtnissystemen zuzuschreiben sei und somit Teil des impliziten Gedächtnisses sei.

Hebb veröffentlichte 1949 seine Prinzipien der Gedächtnis - Formation, nämlich durch Kontakt zwischen Neuronen. Hebb erklärte in seinem Postulat: „When an axon of cell A is near enough to excite a cell B and repeatedly or persistently takes part in firing it, some growth process or metabolic change takes place in one or both cells such that A's efficiency, as one of the cells firing B, is increased.“ (Hebb, 1949:62). Dieser schon von Hebb beschriebene Mechanismus der wiederholten Impulse von Zelle A zu Zelle B führt zu dauerhaften Veränderungen.

Auch wenn man davon ausgehen kann, dass Hebb's Postulat richtig ist, kann man damit nicht das Prinzip des assoziativen Lernens erklären. Der optimale assoziative Effekt der Simultanität der Inputs bei einem Neuron sollte der sein, dass der Neuron nach dem Aussetzen von zwei oder mehr gleichzeitigen Stimuli, als Antwort auf diese Stimuli feuern wird. Hebb erklärte diesen Effekt der Input- Synchronizität durch Summierung der Erregungsphasen der synaptischen Teile – die Neuronen müssen also gleichzeitig auf dieselben Synapsen konvergieren. Die Synapse entwickelt sich also nach der Hebb'schen Regel durch gleichzeitige Aktivierung. Synchronizität ist aber nicht mit assoziativem Lernen zu verwechseln. Man kann dies eher mit einem Stimulus, der mit einem anderen Stimulus

verknüpft werden kann, beschreiben. Beinahe-Synchronizität ist innerhalb einer Zeitspanne für assoziatives Lernen ausreichend.

Dieser Prozess alleine würde aber nicht ausreichen, um effektives Lernen zu ermöglichen, deswegen braucht er einen Gegensatz: die synchrone Divergenz. Bei der Divergenz übertragen sich Erregungen von einem Neuron auf andere.

Die Aktivierung der Neuronen muss einige Zeit andauern, um dauerhafte Veränderung herbeizuführen. Laut Hebb funktioniert dies aufgrund des Echos, das die Aktivierung einer Zellgruppe hinterlässt. Hebb definierte dies als Basis des Kurzzeitgedächtnisses. Dank diverser Veränderungen wird eine Gedächtnisspur in den Zellen errichtet.

Neuronen im cerebralen Kortex sind verschiedenen Neurotransmitter-Systemen unterlegen. Diese regulieren verschiedene Phasen von Schlaf-/Wachzustand, Aufmerksamkeit etc. Ob Gedächtnisstrukturen durch chemische Stoffe beschleunigt werden können, ist noch immer ungeklärt.

Die Struktur des Neokortex ist durch regelmäßige horizontale und vertikale Regelmäßigkeiten in den Zellen und Fasern gekennzeichnet, es besteht außerdem eine Konnektivität zwischen den kortikalen Neuronen.

Nach der kritischen Periode eines Kindes sind die Wachstumsvorgänge bei den Zellen, Axonen und Dendriten größtenteils abgeschlossen, nun basieren die Lern-Assoziationen auf der Stärke und Entwicklung der Synapsen.

### 3.16. Vergessen

Generell wird das Gedächtnis nun in ein sensorisches Modul, ein Kurzzeit- und ein Langzeitspeichersystem unterteilt. Diese Systeme lassen sich aber nicht klar untereinander trennen, ein Modul greift in das andere ein und die Folgen eines Lernprozesses stellen die gemeinsamen Produkte dieser Systeme dar. Der Lernprozess erfolgt mittels Kodierung in den verschiedenen Systemen, die Folge dieser Prozesse stellen die Gedächtnisspuren dar.

Doch gerade im Bereich der Vergessensforschung postulierten einige Wissenschaftler wie Broadbent (1958, 1963) mehr oder weniger klare Trennungslinien zwischen diesen Systemen. Da z.B. das Vergessen im Langzeitgedächtnis anders als das Vergessen im Kurzzeitgedächtnis funktioniert, war für Broadbent (1958, 1963) der Beweis eines separaten Kurzzeitspeichers erbracht.

Unmittelbar nach einer Reizwiedergabe wie z.B. der Darbietung eines zu wiederholenden Wortes ist es dem Probanden möglich, das Item sofort wiederzugeben. Werden Versuchspersonen zusätzlich auch mit Störungs- oder Ablenkungs-Items konfrontiert, ist es schon erheblich schwieriger diese Aufgabe zu bewältigen.

Die gängigsten Theorien bezüglich Vergessens sind die Spurenerfallstheorie und die Interferenztheorie. Die Spurenerfallstheorie geht davon aus, dass Items, die aufgrund diverser Umstände keine ausreichend starken Gedächtnisspuren hinterlassen können, wieder gelöscht werden, während die Interferenztheorie das Vergessen mittels Aufmerksamkeit nachfolgender Stimuli erklärt. Auch diese beiden Theorien sind nicht klar voneinander trennbar. Zusätzlich wird eine Trennung dieser zwei Thesen durch den Fakt erschwert, dass es kaum möglich ist, Experimente zu schaffen, wo die Versuchspersonen nicht durch andere Faktoren abgelenkt sind, um so den Spurenerfall zu überprüfen. Posner und Rossman (1965) führten verschiedene Experimente durch, in welchen sie ihre Versuchspersonen baten, verschiedene Aufgaben zu bewältigen: Den Probanden wurden Ziffern vorgesagt, danach mussten sie eine andere Aufgabe wie z.B. Rückwärts-Zählen durchführen und danach sollten sie die gehörten Ziffern wiedergeben. Posner und Rossman (1965) meinten nach der Analyse der Ergebnisse, dass eine gewisse Kapazität für das Ausbilden von Gedächtnisspuren existieren würde. Bei gleichzeitigen Aufgaben wie in diesem Experiment wäre diese Kapazität nicht nur für einen einzigen Prozess verfügbar, es können also nicht so viele Zahlen behalten werden, wie wenn diese Leistung nur für eine Aufgabe gebraucht werde. Doch auch die Art der Stimuli spielt eine wesentliche Rolle: Werden in einem Versuch beispielsweise Ziffern zum freien Wiedergeben gezeigt, tritt eine Art „Gewöhnungseffekt“ auf: Umso mehr Items dargeboten werden, desto schwieriger gestaltet sich das Wiederholen. Werden hingegen mitten oder nach solch einer Aufgabe plötzlich Buchstaben oder Wörter gezeigt, können diese wieder besser erinnert werden (z.B. Goggin und Wickens, 1971). Dieser Effekt trifft auch auf, wenn zwischen Sprachen gewechselt wird. Die Möglichkeiten einer Erklärung dieses Effekts sind vielfältig: Einerseits sind gleiche Stimuli mit Zunahme an gezeigtem Material immer schwieriger zu behalten, andererseits könnten sich die Gedächtnisspuren ähnlicher Reize überschneiden, auch sind Verwechslungen der Items aufgrund von Ähnlichkeiten möglich. Doch auch das Zusammenfügen verschiedener Items („Chunking“, Miller, 1956) hat Einfluss auf das Behalten oder Vergessen: Kintsch (1982: 170) schreibt dazu: „Es ist also für das Kurzzeitgedächtnis wesentlich, wie ein Reiz wahrgenommen wird. Wenn man mehrere Elemente, wie z.B. die Wörter eines Satzes, als eine Einheit kodiert, wird das Behalten leichter sein, weil die Grenzen des Kurzzeitgedächtnisses durch die Zahl der kodierten

Einheiten bestimmt werden, unabhängig davon, wie viel Information in diesen Einheiten enthalten ist.“

#### **4. (kindliche) Sprachliche Lernprozesse**

##### **4.1. Grundlagen des kindlichen Lernens**

Ein Kind muss beim Erstspracherwerb viele Aspekte berücksichtigen: Phonetik, Phonologie, Lexikon, Morphologie, Syntax, aber auch pragmatische wie kommunikative Funktionen, Konversation und Diskurs.

Es existieren drei Hauptthesen, warum der Mensch überhaupt dazu geneigt ist, Kommunikation zu erlernen und auszuüben, bzw. wie ein Kind seine Intention zu Sprechen erhält:

###### **1. Die kognitive Theorie:**

Diese geht mit Piagets Analyse der Intentionalität konform. Kommunikation ist nichts anderes als ein Austausch von verschiedenen Individuen, es ist ein Sender und ein Empfänger notwendig. Der Empfänger versteht die Intention des Senders, überhaupt etwas mitteilen zu wollen, was wiederum das menschliche Bewusstsein und erlernbare kognitive Fähigkeiten impliziert.

###### **2. Die soziale konstruktivistische Theorie:**

Die Intention des Sprechers wächst allmählich, erst durch die Kommunikation selbst wird sich der Sprecher durch soziale Normen und Strukturen bewusst, welche Auswirkungen ein Diskurs hat. Auch nonverbale Kommunikation wird so erlernt: Gesten und Mimiken werden erst nach und nach zu deuten gelernt, ein Kind erhält Feedback bezüglich seiner Konversation und erhält somit durch diesen Prozess seine Intention, die erst mit der Zeit und mit der Kommunikation selbst entsteht.

###### **3. Die nativistische Theorie:**

Diese Theorie geht davon aus, dass der Mensch schon mit einer kommunikativen Intention geboren wird. Ein Kind besitzt angeborene Fähigkeiten, eine davon ist die, sprechen zu wollen und dies auch erlernen zu können. Die Prozesse, kommunikative Intention oder auch nonverbale Prozesse zu deuten, funktionieren ganz automatisch, sie unterliegen einem „inneren Plan“.

Die vorsprachliche Entwicklung eines Kindes in den ersten Lebensmonaten und -jahren möchte ich in meiner Arbeit nur der Vollständigkeit halber erwähnen. Die ersten Wochen und Monate sind vor allem durch imitatives Verhalten gekennzeichnet. Das soziale Lächeln setzt zwischen 4 und 8 Wochen ein, generell „trainiert“ ein Kind hier schon Gesichtszüge, aber auch die Zunge durch diverse Laute. Mit zwei oder drei Monaten nehmen Kinder schon aktiv die Umwelt wahr. Sie wenden sich z.B. lieber Lichtern oder Geräuschen zu als ihren Bezugspersonen (Trevvarthen, 1977). Ein Kind kann in diesem Stadium schon die Aufmerksamkeit durch z.B. Schreien aktiv auf sich selbst lenken. Zwischen 8 und 11 Monaten kann ein Kind nun schon z.B. einen Gegenstand zum Topic machen, indem es diesen Gegenstand einer anderen Person zeigt oder gibt und mit 8 Monaten kann es schon positive Aufmerksamkeit erzeugen, indem es z.B. Grimassen schneidet oder in die Hände klatscht. Der Einfluss, den es auf andere Menschen hat, ist ihm nun bewusst. Mit ca. 9 Monaten ist sich ein Kind schon den sozialen Normen, die es umgeben, bewusst. Es versteht nun, dass gewisse Aktionen, die es selbst setzt, wie z.B. Gewalt, etwas in Anderen bewirken und dass dies nicht erwünscht ist, da diese Normen es so vorschreiben. Das proto-imperative und das proto-deklarative Zeigen setzen mit ca. 12 bis 15 Monaten ein. Beim proto-imperativen Zeigen weist das Kind auf einen Gegenstand, den es haben möchte, und überzeugt sich dann, ob die andere Person dies auch verstanden hat. Beim proto-deklarativen Zeigen möchte das Kind nur seine Freude etc. über etwas mit dem jeweils anderen teilen, und auch hier wird auf die Gestik und Mimik der anderen Person geachtet.

Das Kind lernt also nach und nach, auf Emotionen, Gestiken und Mimiken anderer Menschen einzugehen und auch, wie es die Aufmerksamkeit anderer Menschen auf etwas richten kann, was dem Kind gerade wichtig erscheint. Somit lernt es also gleichzeitig die Intentionen anderer Personen zu verstehen und zu deuten, was wiederum essentiell für das spätere Sprachverständnis ist.

Bevor Kinder ihr grammatisches Wissen lernen und erweitern, müssen sie Wortklassen voneinander unterscheiden können. So ist z.B. das Wissen, dass das Nomen „Tisch“ einen Gegenstand und keine Handlung beschreibt, essentiell für die Syntax, aber auch für das Lexikon. Doch wie funktioniert dieser Prozess? Wie lernt ein Kind diese Wörter zu unterscheiden? Hier existieren einige Theorien, die ich nun beschreiben werde.

Kinder stellen die Referenz zu einem Wort besonders in verschiedenen Kontexten her. Barrett (1986, 1995) zeigte dies mit einem Beispiel: Adam, ein von ihm untersuchtes Kind, spielte oft mit einer Plastikente (die er auch „Ente“ nannte) beim Baden. Zunächst konnte er dieses Spielzeug nur in dieser spezifischen Situation benennen, doch als sich sein Wortschatz

erweiterte, war diese Ente nicht mehr kontext-gebunden und wurde auch von ihm in anderen Kontexten benannt, der Gegenstand wurde de-kontextualisiert. Adam konnte nun auch bei realen Enten auf das Wort „Ente“ referieren, da seine Ente nun nicht mehr situationsgebunden war.

Beim Erstpracherwerb durchläuft ein Kind also (wie schon beschrieben) verschiedene Phasen. Eine davon stellt die Mehrwort-Äußerungs – Phase dar, wo schon Verben eingesetzt werden. Hier wird ein erstes Erkennen und Konzeptionieren des Verbs festgelegt, da das Kind alle anderen Wörter bereits mit dem Verb koordiniert (Bloom und Lahey, 1978), obwohl dies natürlich auch Ausnahmen beinhaltet. Generell können Äußerungen, die ein Verb beinhalten, aktionsbezogen oder lokativ sein.

Generelle Beobachtungen, die im Erstpracherwerb gemacht werden können, sind nach Bloom und Lahey (1978:471) folgende:

1. häufiger Gebrauch von Subjekten als Aktions-Agenten
2. häufiger Gebrauch von Verben in lokativen Äußerungen
3. Intentionen in lokativen und aktionsbezogenen Äußerungen ausdrücken („gonna“, „wanna“)
4. Rekurrenz in Aktions-Äußerungen koordinieren
5. Attribute in aktionsbezogenen Äußerungen koordinieren
6. den Ort in aktionsbezogenen Äußerungen koordinieren
7. Nicht-Existentes in aktionsbezogenen Äußerungen koordinieren
8. Present Progressive („-ing“) in aktionsbezogenen Äußerungen koordinieren
9. Präpositionen („in“ und „on“) in lokativen Äußerungen gebrauchen

Weitere Ziele betreffen z.B. Existenzäußerungen wie z.B. „that’s another dog“ oder optionale Ziele wie den Gebrauch von Plural „-s“ zu optimieren.

#### 4.2. Barrett’s (1986) Modell der frühen lexikalischen Entwicklung

Barrett unterscheidet zwei Klassen der frühkindlichen lexikalischen Entwicklung: Kontextgebundene, soziale pragmatische Wörter und referenzielle Wörter; Ersteres ist an ganzheitliches Geschehen gebunden, referenzielle Wörter hingegen zielen auf mentale kategoriale Repräsentationen, wie z.B. Prototypen ab. Dieses Modell beschreibt fünf Stadien, die durchlaufen werden: Im Stadium A wird eine Abbildung eines neuen Wortes auf einen

kategorialen Prototypen geschaffen. Im Stadium B wird dieses neue Wort nun an passende Objekte oder Situationen angepasst. Nun lernt das Kind eine einzelne Konstituente dieser Modifizierung hervorzuheben, dies beschreibt nun den prototypischen Referenten des Wortes (Stadium C). Nun kann das Kind in Stadium D diesen Referenten auch auf ähnliche Dinge anwenden, da es die prototypische und bekannte Ähnlichkeit erkennt. Es ist sich aber auch gleichzeitig seiner Unterschiedlichkeit bewusst, kann aber dennoch das neue Wort übergeneralisieren. Im Stadium E kann das Kind nun Wörter in semantische Klassen einteilen, semantische Identifikationen werden getätigt. Laut Barrett kann dieses Modell nicht nur den Lexikon-Eintrag eines neu erlernten Wortes erklären, man kann es auch auf generelles sprachliches sowie kognitives Wissen adaptieren. Dieses Modell basiert auf Nelson (1985), der postulierte, dass in der frühen Kindheit mentale Repräsentationen zu immer wiederkehrenden Ereignissen gebildet werden.

Auch Brown (1957) zeigte in einem Experiment, dass Kinder im syntaktischen Kontext die Bedeutung der Wörter lernen: Kindern wurde ein Bild gezeigt und dieses Bild wurde drei Gruppen von Kindern mit jeweils einer anderen Erklärung beschrieben. Die Nonsense-Wurzel „sib“ war jedoch in allen 3 Beschreibungen enthalten, welche lauteten: 1. „in this picture you see sibbing“, 2. „in this picture you can see a sib“ und 3. „in this picture you can see sib“. Danach wurden die Probanden befragt: „what is sib?“ Die erste Gruppe antwortete, dass dies eine Aktion sei, die zweite Gruppe meinte, es sei ein Objekt und die dritte Gruppe meinte, dass dies einen Inhalt darstelle.

Markman (1989, 1992, 1993) postulierte, dass Kinder ein neues Wort folgenderweise lernen: In Bezug auf ein neues Objekt wird 1. auf das ganze Objekt referiert und 2. auch gleichzeitig auf ähnliche thematische Objekte Bezug genommen. Erst später können Kinder durch spezifische Kontexte oder Feinheiten des Objekts differenzieren, ob es der gleiche oder ein ähnlicher Gegenstand ist, wie z.B. beim Wort „Tasse“: Welche Farbe und Form besitzt diese, ist Flüssigkeit darin, ist es durchsichtig etc.

So durchlaufen Kinder also verschiedene Phasen des Wort-Lernens. In der ersten Phase werden neue Wörter überhaupt gelernt und gefestigt. In der zweiten Phase jedoch verringert sich die Lernzeit bezüglich neuer Wörter, da die Kinder nun semantische Kategorien bilden, sie syntaktischen Bezug herstellen können und ihre erlernten Wörter nicht mehr kontextgebunden sind, sie erfahren so eine Vokabelexplosion.

#### 4.3. Lernen in konnektionistischen Netzwerken

Während in den gängigen Modellen das Kurzzeitgedächtnis nur eine begrenzte Aufmerksamkeitsspanne besitzt, ist das Langzeitmodell in Bezug auf die Kapazität dauerhaft anwendbar. Im Modell der konnektionistischen Netzwerke wird Information auf zwei verschiedene Arten gespeichert: Strukturabhängig und Prozessabhängig. Die Erste zielt darauf ab, wie die Information gespeichert wird und die Zweite richtet sich nach dem Abrufungsprozess der Items. Eine Ausnahme stellt hier das Modell von Anderson (1983) (die „TRI-Code – Theorie“) dar, das besagt, dass Informationen im Langzeitgedächtnis auf drei Grundlagen basieren: einerseits auf die „temporal strings“, die Geschehnisse repräsentieren, andererseits auf „spatial images“, die visuelles Wissen enthalten, und außerdem auf die „abstract propositions“, die semantisches Wissen spiegeln.

Semantisches Wissen stellt in vielen Theorien den tiefsten Grad der Verarbeitung dar, da hier unterschiedliches (Welt-)Wissen und Fakten eingearbeitet werden können. Klimesch (1994) unterscheidet bezüglich der Netzwerkmodelle strikt hierarchische Systeme und nicht-strikt hierarchische. Strikt hierarchische Modell sind Repräsentationen von z.B. Items, die unabhängig voneinander erlernt und gemerkt, oder auch abgerufen werden. Anderson (1983) führte hier ein Experiment durch, in dem er die Abrufung von Fakten aus dem Gedächtnis überprüfte. Er gab den Testpersonen ein gewisses Set an Sätzen, die gelernt und wiedergegeben werden mussten, wobei jeder Satz zwei Konzepte beinhaltete: Konzept X, das eine Person darstellte und Konzept Y, das eine Örtlichkeit widerspiegelte, z.B. „A doctor is in the bank.“ oder „A lawyer is in the church.“ (Anderson, 1976:255). Es trat der sogenannte „Fan-Effekt“ auf: Die Fakten, die über ein gewisses Konzept gelernt wurden, beeinflussen den Prozess der Wiedererkennung. Anderson (1976) schlussfolgerte, dass die Anzahl der Sätze die Reaktionszeit (bei Wiedererkennungs-Überprüfungen mit „Ja/Nein – Fragen“) stark beeinflusste, also je mehr Sätze zu lernen waren, desto länger wurde die Reaktionszeit. Das Konzept startet also beim Basisknoten, der in diesem Fall als „Person“ repräsentiert wird und bildet dann Verbindungen zu den Örtlichkeiten. Wenn Sätze die gleiche Person, aber verschiedene Orte aufweisen, bilden sich so viele Verbindungen wie es Orte gibt. Außerdem bilden sich prä-experimentale und experimentale Verbindungen: Aktiviert werden (oder wird) die Verbindung(en), die in den erlernten Sätzen im Experiment zugeordnet werden können (oder kann).

Bei nicht-strikt hierarchischen Modellen hingegen können die Verbindungen innerhalb oder zwischen den verschiedenen Knoten oder Levels interagieren, sie können also verschiedene Ebenen überspringen. Zwei unterschiedliche Konzepte, die nicht miteinander verbunden sind, können so zu einem einzigen Konzept zusammengefügt werden: Klimesch (1994: 62) zeigt dies anhand von drei Sätzen: „Marty broke the bottle“ und „Marty did not delay the voyage“ sind zwei völlig unterschiedliche Konzepte. Miteinander verlinkt werden sie erst durch den Satz „Marty had been chosen to christen the ship“. Durch diese indirekte semantische und nicht-strikte hierarchische Aktivierung wird der Prozess der Wiedererkennung nicht langsamer, sondern sogar schneller, obwohl er an Komplexität zunimmt.

Außerdem ist nach Klimesch (1994) bezüglich der konnektionistischen Netzwerke zwischen Abrufung an Fakten und Abrufung von Wortbedeutungen zu unterscheiden. Wortbedeutungen stellen schon eigene Konzepte dar, es existieren entweder super- oder subordinierte Verbindungen, die verschiedene Merkmale beinhalten (innerkonzeptuelle Information), während der Aspekte der Fakten-Abrufungen verschiedene Konzepte erst miteinander verbinden müssen (interkonzeptuelle Information). Klimesch (1994) weist darauf hin, dass diese Unterscheidung dem episodischen und semantischen Modell von Tulving (1983) sehr ähnlich sei (siehe Kapitel 3.15.). Kontextuelles, also episodisches Wissen muss in die Analyse mit eingebracht werden, um die neue Information von den schon Vorhandenen zu unterscheiden. Die semantische Komponente überprüft, ob ein Unterbegriff (z.B. „Hund“) zu einem superordinierten Knoten gehört (z.B. „Säugetier“), dabei werden semantische Marker (Katz und Fodor, 1963) immer am höchsten Level als möglich gespeichert, das Konzept „4 Beine“ wird schon mit dem Knoten „Säugetier“ verbunden, nicht erst mit „Hund“. Diese semantischen Marker beziehen sich allerdings nur (bei strikt hierarchischen Netzwerken) auf Nomen, Klimesch (1994) nennt diese Marker bei Verben „semantische Primitive“. Nach Katz und Fodor (1963) sind des Weiteren sogenannte „soziale Marker“ (generelle Merkmale) von „Distinguishern“ zu unterscheiden. Letztere geben den Lexikoneinträgen erst die spezielle Bedeutung, die es von anderen Einträgen unterscheidet. Somit wird jeder Eintrag auf verschiedene Aspekte analysiert, wie syntaktische und grammatische Merkmale. Grammatikalische Marker überprüfen hier beispielsweise, ob es sich um ein Nomen, Verb, Adjektiv etc. handelt.

Referierend auf die zuvor erwähnten Analysen der Konzepte stößt man nach Klimesch (1994) nun auf die Frage, weshalb der Lexikoneintrag „Adler“ schneller mit seinem superordinierten Konzept in Verbindung gebracht werden kann, als der Eintrag „Pinguin“. Hier ist anhand der

nicht-strikten hierarchischen Modelle zu argumentieren, dass umso mehr typische Merkmale miteinander verbunden sind, desto schneller geht der Prozess der Wiedererkennung vonstatten.

#### 4.4. Abrufen aus dem Gedächtnis

Informationen sind im Gedächtnis oft verfügbar, aber nicht erreichbar (Tulving 1983). Das geschieht aufgrund von unterschiedlich starken Gedächtnisspuren, das heißt also, dass Wörter, die zwar gespeichert wurden, dennoch nicht immer abrufbar sind. Es gibt einige Experimente, in denen die Versuchsleiter bestimmte Reize zu Hilfe nahmen, um das Lernen und die Abrufbarkeit zu erleichtern. Dieser Fall funktioniert natürlich auch umgekehrt, wie die nächste Studie zeigt: Godden und Baddely (1975) ließen Probanden Wortlisten entweder im Wasser oder an Land lernen. Wiederholen mussten die Testpersonen die gelernten Wörter am jeweils anderen Ort, wo sie die Wörter gelernt hatten. Es kam zu einem kontextspezifischen Effekt: Wenn sie die Wörter beispielsweise im Wasser gelernt hatten, sie aber an Land wiedergeben sollten (oder auch umgekehrt), konnten sie rund 40% weniger Wörter wiederholen, als wenn dies am gleichen Ort geschah. So besitzt unsere Umwelt Einfluss auf die Wiedergabe-Kapazität. Abgerufen werden kann ein Item entweder bewusst oder unbewusst, meist verbunden mit bestimmten Stimuli, die die Merkmale des jeweiligen Items plötzlich herstellen.

Sternberg (1969) erstellte eine Theorie des Abrufens, die als Basis weiterer Forschungen diente. Mithilfe diverser Experimente unterschied er verschiedene Stufen der Wiedererkennung: Versuchspersonen sollten sich eine gewisse Zahlenreihe einprägen. Danach fragte der Versuchsleiter, ob eine bestimmte Zahl in dieser Reihe präsentiert wurde. Das Hauptaugenmerk lag hierbei bei der Frage, wie schnell die Probanden antworten konnten. Mithilfe dieses Experiments folgte Sternberg (1969), dass die Versuchspersonen jedes Mal die ganze Liste wiederholen müssen, um eine „Ja/ Nein“ - Entscheidung treffen zu können. Dies nimmt bei längeren Listen natürlich mehr Zeit in Anspruch. Sternberg (1969) folgte mithilfe dieses Experiment: Wird ein Reiz wahrgenommen, erfolgt sogleich eine Reizkodierung. Danach wird diese Kodierung mit anderen Items verglichen, was von der Größe der möglichen Antwortgruppe beeinflusst wird. Nun kommt es zu einer Entscheidung, diese ist wiederum von der Antwortart abhängig. Schließlich erfolgt die Antwortrealisierung. Diese These lässt sich durch diverse Fakten belegen, wie den Aspekt von „Ja“ oder „Nein“ –

Antworten: Entscheidungen die auf „Nein“ abzielen, sind zeitlich etwas verzögert. Es dauert also länger, eine „Nein“ - Entscheidung als ein „Ja“, also eine Übereinstimmung zu treffen.

#### 4.5. Fehlleistungen des Gedächtnisses

Marcus et al. (1995: 197) zählen Umstände auf, die beim Abrufen von gelisteten Wörtern auftreten können und so die Abrufbarkeit zum Versagen bringen:

1. Kein Basiseintrag
2. Schwacher Eintrag
3. Keine ähnlichen Einträge
4. Konkurrierende Basiseinträge (Homophone)
5. Konkurrierende ähnliche Basiseinträge (Reime)
6. Lautmalereien
7. Nicht gebräuchliche Phrasen wie z.B. Zitate
8. Opake Namen
9. Fremdsprachen
10. Verdrehungen der Basis
11. Künstliche Namen
12. Derivation von verschiedenen Kategorien (z.B. Nominalisierungen)
13. Derivation via verschiedener Kategorien (z.B. „fled out“)
14. Derivation via Namen (z.B. „Mickey Mouses“)
15. Referent verschieden von der Basis
16. Lexikalisierung einer Phrase (z.B. nominalisierte VPs)
17. Übergeneralisierungen
18. Sprechfehler
19. Alzheimer
20. Williams-Beuren-Syndrom
21. Aphasie

#### 4.6. Logische Regeln und Produktionsregeln

Taatgen (2003) unterscheidet logische Regeln und Produktionsregeln. Erstere beschreiben so genannte „Horn clauses“ mit der Form „L1 und L2 und... und Ln  $\rightarrow$  H“. Produktionsregeln setzen sich hingegen aus Bedingungen zusammen: „WENN Bedingung 1 und Bedingung 2

und... und Bedingung n DANN Aktion 1 und Aktion 2 ...Aktion n“. Beim maschinellen Lernen müssen Konzepte erkannt werden, wie z.B. das Konzept „Hund“ oder „Baum“. Der Unterschied zum menschlichen Lernen besteht aus dem Erwerb verschiedener Regeln. Versagt eine Regel, wird sie überarbeitet um akzeptierbar zu fungieren. Eine einfache Art des Lernens wäre, alle Hypothesen zu listen, was natürlich enorme Speicherkraft benötigt, somit ist diese Art des Lernens nicht sehr zielführend.

Bei „Version Space“ hingegen werden sowohl Generalisierungen als auch Spezialisierungen benötigt, z.B. „Regel p ist allgemeiner als Regel q, wenn alle Umstände von Regel q auch in Regel p enthalten sind.“ Eine übergeordnete Regel ist somit eine, die alle Umstände eines Konzepts einschließt und die Spezifischste ist jene, die fast keine inkludiert. Sinnvoller ist es, die übergeordneten Hypothesen (G) zu speichern, die mit allen verfügbaren Beispielen übereinstimmen, plus den spezifischsten Hypothesen (S).  $G = \{\text{Wahr}\}$  und  $S = \{\text{Falsch}\}$ .

## **5. Der past-tense - Erwerb**

### **5.1. Überprüfungsmöglichkeiten**

Um den Erstspracherwerb oder einzelne Aspekte davon zu dokumentieren und zu analysieren, eignen sich unterschiedliche Beobachtungsarten: Zum Einen kann man Langzeitbeobachtungen anwenden, zum Anderen sind auch oft Experimente ein geeigneter Weg, um Daten festzulegen. Erstere veranschaulichen auf eine natürliche Art und Weise den Spracherwerb ohne jegliche Manipulationen. Experimente besitzen hingegen einen festen Ablauf und können mitunter multi-disziplinär sein.

Bezüglich des Erstspracherwerbs werden bei linguistischen Studien oft Kinder verschiedenster Altersgruppen herangezogen. Meist wird bei einem past-tense - Experiment das Kind nach einer möglichen Antwort befragt, oft auf eine spielerische Weise, um nicht den klassischen Experiments-Charakter zu kreieren und um das Kind nicht zu überfordern oder einzuschüchtern. Oft lassen Forscher Kinder etwas nacherzählen, Sätze komplettieren, etc. Langzeitstudien werden nicht selten von Eltern durchgeführt. Verschiedene (sprachliche) Entwicklungsstadien von mehreren Kindern können so verglichen werden. Außerdem können externe Faktoren berücksichtigt werden. Auch werden so Regularitäten abstrahiert und analysiert, der Kontext wird aber selten außer Acht gelassen. In Langzeitstudien werden die Kinder meist auf Tonband aufgenommen oder gefilmt und das gewonnene Datenmaterial wird transkribiert. Kindliche Äußerungen werden oft nach ihren Entwicklungsstadien klassifiziert, wie Bloom und Lahey (1978) schreiben:

1. Äußerungen können nach Phasen eingeteilt werden, z.B. Ein-Wort - Phase, Zwei-Wort-Phase etc.
2. Äußerungen können auch nach der Wortreihenfolge kategorisiert werden, wie z.B. Objekt-Verb - Verhältnis oder Auftreten eines bestimmten Wortes.

Nach diesen Unterteilungen und Analysen wird nach bestimmten und immer wieder auftretenden Regelmäßigkeiten gesucht, am Beispiel des past-tense - Erwerbs z.B. nach Übergeneralisierungen. Es wird berechnet und ausgewertet, wie oft und in welchem Kontext eine bestimmte Übergeneralisierung produziert wurde. Somit lassen sich Regeln festlegen, die immer wieder erscheinen.

Bei Studien oder Experimenten werden meist Kinder derselben Altersgruppe herangezogen, wobei allerdings oft der MLU („mean length of utterances“) berechnet wird, um einen direkten Vergleichswert zu erhalten.

## 5.2. Assoziative vs. Regel-basierte Speicherung

Pinker (1993) betont zwei grundlegende Theorien im Bezug auf das Gedächtnis und den past-tense - Erwerb: die konnektionistische Theorie, bei der assoziative Fähigkeiten des Gehirns postuliert werden und die besagt, dass das Gehirn aus einem homogenen Netzwerk besteht, in welchem lediglich verschiedene Module existieren. Weiters besteht Grund zur Annahme einer Regel-basierten Theorie, bei der verschiedene Mechanismen, auf deren Basis linguistische Regelmäßigkeiten funktionieren und generiert werden, zum Einsatz kommen. Andere, wenn auch nicht essentielle Hypothesen besagen, die Organisation des Gedächtnisses wird durch Genetik festgelegt, in der Sprache nur ein System unter vielen darstellt.

Die Untersuchung des past-tense - Erwerbs ist deshalb ein recht simples

Untersuchungsobjekt, da man dieses Modul von anderen Aspekten der Linguistik relativ einfach abtrennen kann. Dieser Prozess repräsentiert ein eigenes Subsystem, das von anderen separiert werden kann. Dank der produktiven Regel, die bei den regulären Verbformen angewendet wird, sind diese Formen vollkommen vorhersagbar, anders bei den irregulären Verben, die eigens als solche erlernt und im Lexikon gespeichert werden. Wenn dieser Prozess bei Kindern noch nicht eingesetzt hat, kommt es zu Übergeneralisierungen.

Doch nur ein kleiner Prozentsatz an irregulären Formen wird laut Pinker (1993) als Einheit gespeichert, meist nur hochfrequente Verben wie z.B. „be“. Bei den restlichen, meist niedrig-frequenten Formen, müssen phonologische Aspekte wie Vokaländerung berücksichtigt

werden („i“ wird zu „a“ wie bei „ring-rang“). Pinker (1993: 474) meint dazu: „Moreover, a given irregular pattern such as a vowel change is typically seen in a family of phonetically similar items, such as *sing-sang*, *ring-rang*, *spring-sprang*, *shrink-shrank*, and *swim-swam*, or *grow-grew*, *blow-blew*, *throw-threw*, and *fly-flew*.“ Doch das impliziert, dass bei abweichenden Verben diese Regel versagen müsste, wie z.B. bei „bring-brought“ (Pinker, 1993).

Rumelhart und McClelland (1986) konstruierten ein Modell bezüglich eines assoziativen Ansatzes. Sie entwickelten ein konnektionistisches Programm, das in der Lage sein sollte, past-tense-Formen zu generieren. Rumelhart und McClelland postulierten die Drei-Phasen-Theorie des past-tense - Erwerbs, die auch von Taatgen und Anderson vertreten wurde. Unter Berücksichtigung der phonologischen Aspekte entwarfen sie ein Modell, das aus zwei Hauptkomponenten besteht: ein „pattern associator“ und ein „decoding network“; Der Prozess des Lernens findet im „pattern associator“, der zwei Module inkludiert, das Input-Modul und das Output-Modul. Das Input-Modul stellt die Basis des Verbs her und das Output-Modul produziert die past-tense in Verbindung mit der Wurzel des Wortes. Der „pattern associator“ erhält kein Feedback. Es existieren außerdem modifizierbare Verbindungen zwischen jedem Input und jedem Output. Wiederum durch ein Subset an Input-Knoten wird ein Signal zum Output-Knoten gesendet, der mithilfe des Musters im Stamm past-tense herstellen soll. Der Output-Knoten „sammelt“ verschiedene Signale und schaltet sich ein, wenn eine „Soundschwelle“ überschritten wird. Es kommt also zum Output, wenn ein Wort mit dem Set der Output-Knoten übereinstimmt, z.B. wird „clung“ produziert, weil „ing“ mit „ung“ in der Phase des Lernens verlinkt wurde (Pinker, 1993). Doch Pinker (1993) kritisiert dieses Modell, denn es ist nicht imstande Homophone miteinander in Verbindung zu bringen, die verschiedene past-tense-Formen besitzen, wie z.B.: „lie-lie, lie-lay, meet-met und mete-meted“ (Pinker, 1993).

Pinker (1993) will mit seiner Arbeit belegen, dass die beiden oben genannten Hypothesen (die Assoziations-Theorie und die Regel-Theorie) auch gleichzeitig existieren können und sich nicht gegenseitig ausschließen. Wenn die irregulären Formen im assoziativen Gedächtnis durch Analogien abgerufen werden, kann es hier ebenfalls wie bei der produktiven Regel zu Übergeneralisierungen kommen, somit wären Formen wie „bring-brung“ erklärbar.

Einige Aspekte spielen hier eine wesentliche Rolle, wie die Frequenz und die Ähnlichkeit der Phoneme. In der Geschichte der englischen Sprache ist zu beobachten, dass niedrig-frequente irreguläre Verben allmählich regulär realisiert wurden. Alte Englische Formen („abide-abode“) waren häufiger irregulär als moderne englische (Pinker, 1993). Doch hoch-frequente

irreguläre Formen wie „be“ oder „have“ hielten sich standhaft. Auch ist die Verarbeitung und Produktion von hoch-frequenten irregulären Formen viel schneller und effektiver als die von niedrig-frequenten Formen. Pinker schreibt: „When subjects see verb stems on a screen and must utter the past form as quickly as possible, they take significantly less time (16-to 29-msec difference) for irregular verbs with high past frequencies than irregular verbs with low past frequencies (stem frequencies equated), but show so such difference for regular verbs( < 2-msec difference).“ (Pinker 1993: 477)

Der Ähnlichkeit von Phonemen sind zwei Subsets unterzuordnen, zum Einen ein gleicher Stamm, zum Anderen die gleiche past-tense - Form. Auch kritisiert Pinker (1993) in Bezug auf diesen Aspekt das Modell von Rumelhart und McClelland (1986), denn dieses Modell kann keine past-tense für Novum- oder Nonsense-Wörter bilden, die nicht im Trainingsset abgedeckt waren, wo sich also keine vergleichbaren Phonem-Cluster finden ließen.

Irreguläre Verben, die von einem Nomen oder Adjektiv abgeleitet wurden, werden mithilfe der produktiven Regel gebildet, wie z.B. „grandstanded“ oder „high-sticked“ (im Gegensatz zu „grandstood“ und „high-stuck“) (Pinker, 1993). Nomen oder Adjektive werden als möglicher past-tense-Träger nicht erkannt, somit werden diese Wörter mit der regulären Regel gebildet. „Subjects presented with novel irregular-sounding verbs (for example *to line-drive*) strongly prefer the regular past tense form (*line-driven*) if it is understood as being based on a noun (“to hit a line drive”), but not in a control condition for unfamiliarity where the items were based on existing irregular verbs (“to drive along a line”); here the usual irregular form is preferred.“ (Pinker, 1993: 479) Doch dazu ist zu erwähnen, dass dieses Phänomen nur bei Vorschulkindern und bei Erwachsenen ohne Hochschulbildung zu beobachten ist.

Als Beweis für seine Hypothese, die besagt, dass beide oben genannten Thesen nebeneinander existieren können, nennt Pinker (1993) Übergeneralisierungen bei Kindern: Erst wenn Kinder die produktive Regel anwenden können, kommt es zu häufigen Fehlern bei irregulären Formen. Vorher bilden sie die irregulären Formen richtig. Auch in der Aphasieforschung lassen sich Belege finden, die einen Irrtum Pinkers (1993) ausschließen: Bei der Broca-Aphasie, deren Leitsymptom der Agrammatismus darstellt, können Sprachsysteme zerstört sein, die zwar die reguläre Regel inkludieren, nicht aber die Lexikoneinträge. Somit können diese Patienten keine regelmäßigen Verben verarbeiten, sondern nur die irregulären, die als Ganzes gespeichert sind.

Diese dual-representation - Theorie wird auch durch den Frequenzaspekt gestützt: Höher frequente, irreguläre Verben können schneller produziert werden (Prasada, Pinker und Snyder, 1990) als niedrig-frequente. Bei regulären Verben spielt die Ähnlichkeit keine Rolle, da sie in Bezug auf diese These anders gehandhabt werden als irreguläre. Doch auch durch die Forschung mit Erwachsenen, die an verschiedenen Gehirnläsionen leiden, lässt sich die dual-representation - Theorie stützen, aber auch mithilfe verschiedener Experimente anhand von G-SLI - Kindern („Grammatical specific language impaired“). Diese weisen Defizite in den Komponenten Syntax, Morphologie und Phonologie auf, doch andere kognitive Aspekte sind intakt. Sollte sich die Hypothese der dual-representation - Theorie bewahrheiten, müssten G-SLIs ebenfalls eine Frequenz-abhängige Generierung der irregulären past-tense - Formen zeigen. In diesem Fall müsste der Erwerb einer regulären Regel gestört sein. Hinsichtlich der single-representation - Theorie sollten irreguläre und reguläre Formen gleich behandelt werden, dürften sich in der Produktion also nicht voneinander unterscheiden. Van der Lely und Ullman (1996) überprüften dies: Sie nahmen an, dass in Übereinstimmung mit der dual-representation - Theorie normal entwickelte Kinder reguläre und irreguläre Verben auf zwei Arten prozessieren würden, SLI - Kinder hingegen alle Verben im assoziativen Modul verarbeiten. Sollte hingegen die single-Hypothese stimmen, wäre es laut van der Lely und Ullman (1996) unklar, welchen Einfluss dies auf die G-SLI - Kinder ausüben würde. Van der Lely und Ullman (1996) testeten 12 G-SLI – Kinder (9;3 – 12;10) und verglichen diese mit 3 Gruppen von jeweils 12 normal entwickelten Kindern. Die 1. Kontrollgruppe (5;5 – 6;4) wurde mittels verschiedener Tests (z.B. TROG, ein Sprachverständnistest) auf die SLI - Kinder abgestimmt, die 2. (6;5 – 7;4) und 3. Kontrollgruppe (7;5 – 8;9) mittels verschiedener Sprachverständnis- und Ausdruckstests. Sie führten zwei Tests durch, einen Produktions- und einen Urteilstest. Im Produktionstest wurden 60 Verben gebraucht, im Urteilstest 64. Die Verben bestanden aus 32 real-existierenden Verben, davon 16 irreguläre und 16 reguläre, sowohl hoch- als auch niedrig-frequent, außerdem 16 irreguläre Pseudoverben, 12 reguläre Pseudoverben, 16 davon im Urteilstest.

Im Produktionstest wurden den Kindern Sätze vorgesprochen, die diese dann in die Vergangenheitsform setzen sollten. In den Resultaten zeigte sich, dass die SLI - Kinder bezüglich der Generierung beider Formen (regulärer und irregulärer) gleichermaßen schlecht abschnitten. Im Fall von „looked“ erreichten die SLI - Kinder etwas über 20% korrekter Antworten, die Kontrollgruppen deutlich mehr (die erste Kontrollgruppe produzierte fast 60% richtige Formen, die dritte fast 80% und die zweite Gruppe lag dazwischen). Beim irregulären Beispiel von „gave“ lässt sich Ähnliches beobachten, die SLI – Kinder erreichten wiederum

nur knapp 20%, die Kontrollgruppen hingegen ca. 30% bis knapp 60%. Anhand dieses Items wiesen die SLI - Kinder aber dennoch keine signifikant schlechteren Ergebnisse als die 1. Kontrollgruppe auf, unterschieden sich jedoch stark von den anderen Gruppen.

Hinsichtlich der niedrig-frequenten regulären Verben schnitten die SLIs aber deutlich schlechter als ihre Kontrollgruppen ab, sie schafften nur ca. 10% richtiger Antworten, die Kontrollgruppen lagen alle deutlich über 60%. Bei den hoch-frequenten regulären Verben wiederum unterschieden sich die SLIs mit ca. 30% korrekter Formen wiederum nicht stark von der 1. Kontrollgruppe, die über 40% schafften, aber doch von den anderen 2 Gruppen, die über 70% richtige Formen generierten. Ähnlich die Ergebnisse bei den niedrig-frequenten irregulären Verben (SLIs: etwas über 10%, 1. Kontrollgruppe nicht ganz 20%, die anderen 2 Kontrollgruppen schafften über 40%). Auch bei den hoch-frequenten irregulären Formen lagen die SLI – Kinder zwar über der 20% - Marke, die 2. und 3. Kontrollgruppe erreichte über 60%, die 1. Gruppe schaffte es knapp nicht über die 40%. Das Abschneiden der SLI - Kinder lässt vermuten, dass sie tatsächlich beide Formen aus dem assoziativen Gedächtnis abrufen.

Bei den regulären Pseudoverben schnitten die SLIs ebenfalls am Schlechtesten ab, während die Performanz bei den irregulären Pseudoformen generell sehr schlecht war: alle vier Gruppen lagen unter 10% korrekter Antworten. Somit hatten die SLIs offensichtlich Probleme beim Generieren von regulärer past-tense, unterschieden sich aber (fast) nicht von den Kontrollgruppen. Die normal entwickelten Kinder produzierten öfter richtige reguläre Formen, was die These der dual - representation - Theorie stützt, denn eine Regelkomponente dürfte tatsächlich hinsichtlich der SLI – Kinder beeinträchtigt sein.

Im 2. Teil des Experiments wurden die Kinder zu ihrer Akzeptanz bezüglich verschiedener Verben befragt. Die Verben waren ähnlich den Verben in Teil 1 klassifiziert. Im Großen und Ganzen verhielten sich in diesem Test die SLIs und die Kontrollgruppen ähnlich, signifikant ist nur der Unterschied bei Übergeneralisierungen: SLIs stuften diese (z.B. „\*gaved“) öfter als alle anderen Kontrollgruppen als richtig ein (SLIs: 65%, die 1. Kontrollgruppe akzeptierte hingegen „\*gaved“ nur zu 43%).

Auch die regulären Novum- Verben wurden von allen Gruppen häufiger als passend empfunden als die Irregulären.

Diese Ergebnisse zeigen, dass normal entwickelte Kinder irreguläre und reguläre Verben tatsächlich unterschiedlich speichern und abrufen, bzw. generieren, SLI - Kinder weisen in dieser Studie defekten Regel-Erwerb auf. Van der Lely und Ullman (1996) meinen zu ihrem

Experiment, dies sei demnach ein Hinweis auf ein rein assoziatives Gedächtnis bei einem Defizit wie SLI.

Auch Marcus (2000) beschreibt Prozesse, die die Basis des Lernens und Übergeneralisierens darstellen. Er postuliert einen sog. Statistischen Mechanismus, der mit dem assoziativen Gedächtnis gleichzusetzen ist. Mit dessen Hilfe lassen sich Umweltaspekte erläutern und erklären. Und außerdem einen Regelmechanismus, mit diesem werden Kategorisierungen angestellt. Auch Marcus (2000) geht davon aus, dass irreguläre Verben in einem statistisch-basierten Gedächtnis gespeichert werden, während Reguläre regelbasiert sind. Doch die Speicherung der irregulären Formen kann nicht einzigartig sein, das heißt, dass nicht jedes Verb anders bearbeitet wird, denn sonst würde der Frequenz-Effekt nicht auftreten. Vielmehr existieren bezüglich irregulärer Verben ähnliche Konsonantencluster, die somit eine idente past-tense - Generierung hervorrufen (wie z.B. Vokalwechsel). Da die Regel zu einer Generalisierung veranlasst, werden hier alle Verben gleich behandelt. Marcus (2000) sieht die „-ed“ - Regel als „letzte Instanz“, die zum Einsatz gelangt, wenn andere Gedächtnis-Abrufungsstrategien scheitern oder blockiert sind, was schon am Beispiel von Novum – Wörtern ersichtlich ist (z.B. „wug – wugged“). Somit werden Übergeneralisierungen nur bei niedrig-frequenten irregulären Verben produziert, wie es auch in der Erwachsenen-Sprache geschehen kann. Mit stärkeren Gedächtnisspuren sollten die Übergeneralisierungen immer weniger präsent werden.

In den konnektionistischen Netzwerken werden, wie schon erklärt, keine Unterschiede in der Generierungsart beschrieben: gleiche Muster oder Konsonantencluster werden ähnlich prozessiert, es wird keine Unterscheidung zwischen regulären und irregulären Formen getätigt. Auch ist die Produktion nicht wie beim Regel-Modell kontextabhängig (z.B. „I played yesterday“). Übergeneralisierungen treten hier nur als Effekt von Ähnlichkeiten auf. Dies stellt einen großen Unterschied zum Regel-Modell dar: Während sich in diesem die Übergeneralisierungen mit wachsendem Wortschatz und höherer Frequenz verringern, werden in konnektionistischen Netzwerken die Übergeneralisierungen bis zu einem gewissen Zeitpunkt häufiger. Doch im kindlichen Spracherwerb lässt sich mit zunehmendem Alter beobachten, dass die Formen immer öfter korrekt eingesetzt werden. Marcus (2000) beschreibt dennoch Umstände, wo der Ähnlichkeitsfaktor und die Regel gleichzeitig auftreten können, wie z.B. bei der Sprachwahrnehmung: Distinktive Phoneme können mitunter als gleich oder ähnlich wahrgenommen werden, oder im umgekehrten Fall können gleiche

Phoneme als verschieden erlebt werden, somit wird dies kategorisch verarbeitet. Doch auch hinsichtlich der Kategorisierung existieren Lücken: Marcus (2000:11) beschreibt ein Beispiel, um den gleichzeitigen Einsatz von Regel und statistischen Operationen zu demonstrieren: Die Zahl 4263 wird subjektiv nicht so prototypisch ungerade wie die Zahl 7 wahrgenommen, doch mithilfe einer Regel wissen wir dennoch, dass sie ungerade ist. In anderen Fällen können statistische Informationen zwar vorhanden sein aber außer Acht gelassen werden, wenn mithilfe der Regel eine Alternative aufgestellt werden kann. Somit könnten zwei unabhängige Systeme (wie konnektionistische Netzwerke und ein Regel-Modell) gleichzeitig nebeneinander existieren, was auch oft notwendig ist, da eine Regel ebenso wie jede andere Abrufstrategie nicht unfehlbar ist und versagen kann.

Konnektionistische Netzwerke sind von Algorithmen, die sich fortsetzen, geprägt. Plunkett und Marchman (1991) unterstützten solche Modelle, denn sie meinten, dass dies auf Spracherwerbsprozessen adaptierbar sei. Marcus (1995) führte einen direkten Vergleich durch, in dem er solch ein konnektionistisches Netzwerks-Modell mit dem kindlichen Spracherwerb verglich. Er benutzte Plunkett und Marchmans (1993) Analysen einer Studie, um das konnektionistische Modell den Ergebnissen einer Langzeitstudie mit Kindern gegenüberzustellen. Doch Marcus (1995) weist auch gleichzeitig darauf hin, dass sich die Ergebnisse beider Studien nicht exakt miteinander vergleichen lassen, denn die Kinderdaten sind stark altersabhängig, während das Netzwerk durch die Vokabelgröße determiniert ist. Darauf wird beim direkten Vergleich keine Rücksicht genommen. Übergeneralisierungen werden bei dem Kind durch Tokens in Bezug auf das Alter, beim Netzwerkmodell durch Types bezüglich der Vokabelgröße berechnet.

In dem Plunkett und Marchman (1993) - Modell werden Übergeneralisierungen erst deutlich, wenn der Input, den das Kind erhält, größer als das Vokabelwissen des Kindes ist. Marcus (1995) schließt aus diesen Daten, dass Übergeneralisierungen eines Kindes keinen externen Mechanismen oder Prinzipien unterliegen, sondern ein eigenes (menschliches) Spracherwerbsmuster bezeichnen. Das konnektionistische Netzwerk-Modell ist konträr dazu durch externe Faktoren angewiesen, past-tense zu erlernen. Somit beschreibt die U-Kurve eines solchen Modells keine direkte Vergleichbarkeit mit der eines Kindes. Diese spezielle Kurve wird als U-förmig definiert, da sie in einer graphischen Darstellung die Form eines „U“ erhält. Dieser Punkt wird im nächsten Abschnitt genauer erklärt. Auch hängt der Grad an Übergeneralisierungen von der Art des Inputs ab, wie Egedi und Sproat (1991) bewiesen: Unterteilt man Wörter nach Ähnlichkeiten, z.B. ähnliche Cluster, lässt sich beim Netzwerk-

Modell ebenfalls eine U-förmige Lernkurve festmachen. Wird das System völlig ohne jegliche Unterscheidung nach gleichen Clustern mit Wörtern gefüttert, ist keine solche Kurve zu beobachten.

In dem bereits erwähnten Experiment wurde jedes Wort 5 Mal trainiert. Wenn hundert Wörter erreicht wurden, nur mehr ein Mal (Plunkett und Marchman, 1995). Zu diesem Zeitpunkt treten die ersten Übergeneralisierungen auf. Dennoch ist nach Marcus (1995) nicht anzunehmen, dass der Vokabelspurt eines Kindes Übergeneralisierungen auslöst. Die Übergeneralisierungen eines Netzwerk-Modells unterscheiden sich in diesem Vergleich stark von denen eines Kindes: Kinder tendieren dazu Verben zu übergeneralisieren, die eine Vokaländerung beinhalten („\*singed“). Das Netzwerk-Modell produzierte eher falsche Formen, die auf keinerlei Vokalwechsel basierte. Marcus (1995) fasst zusammen:

1. Die U-förmige Lernkurve unterliegt keinen Input-Veränderungen bei Kindern; im konnektionistischen Modell tritt eine Übergeneralisierung meist nur nach Änderung einer Übungseinheit auf.
2. Kinder produzieren öfters als das konnektionistische Modell falsche Vokaländerungsformen.
3. Beim kindersprachlichen Erwerb werden mehr reguläre als irreguläre Formen übergeneralisiert, beim Netzwerk-Modell ist der gegenteilige Effekt in dieser Studie zu beobachten.

### 5.3. Unterscheidung von regulären und irregulären Verben

Die meisten irregulären Verben unterscheiden sich bis auf einige Ausnahmen nicht stark von ihrer Stammform („ring“ und „rang“). Hypersimilare Verben bestehen aus ähnlichen initialen und finalen Konsonantenclustern. Der Aspekt der Ähnlichkeit muss bei hypersimilaren Verben miteinbezogen werden, da so stärkere Gedächtnisspuren konstruiert werden können. Merkmale der Ähnlichkeit können miteinander im assoziativen Gedächtnis verbunden werden, nicht aber die Wörter selbst. Folglich wäre das konnektionistische Netzwerk von Rumelhart und McClelland besser bedient, wenn man den Netzwerken zusätzlich Regeln hinzufügen würde. Die regulären Regeln beschreiben also eine offene und größere Kategorie als die irregulären, somit wäre die logische Konsequenz, dass so etwas wie eine Regel beim Spracherwerb gebraucht wird, da sonst das assoziative Gedächtnis unendliche Kapazität zeigen müsste. Im „patternassociator“ wird das Verb „sing“ mit „sang“ verknüpft, nicht aber mit der Struktur „i wird zu a“.

Ein Problem bei Modellen wie den konnektionistischen Netzwerken wäre, dass dieses nicht mit Sprachen umgehen könnte, wo die Mehrheit der Flexion aus irregulären Verben besteht.

#### 5.4. Modell eines past-tense - Erwerbs

Taatgen und Anderson (2002) entwickelten ein Modell des past-tense - Erwerbs auf Basis der dual-representation, in dem sie Übergeneralisierungen der Kinder anhand von Lernen ohne Feedback erklären. Sie unterscheiden 3 Phasen, die auf einen Graph umgelegt die Form eines „Us“ ergeben. Diese U-förmige Kurve tritt auch beim Pluralerwerb in Erscheinung, da dieser fast die gleichen Erwerbsstadien durchläuft. In der ersten Phase beginnt das Kind die past-tense zu lernen, irreguläre Verben werden korrekt flektiert. In der zweiten Phase merkt das Kind, dass gewisse Verben einer Regularität unterliegen, es entwickelt nun ein Gespür für die Markierung der Vergangenheit, doch produziert es nun past-tense auf die immer gleiche Art und Weise mithilfe der –ed - Regel, es übergeneralisiert. Erst in der dritten Phase verringern sich diese Übergeneralisierungen wieder, da es nun wieder immer öfter die irregulären Verben korrekt flektiert. Erst in der zweiten Phase des Erwerbs lässt sich eine deutliche Verschlechterung der Flexion beobachten. Wird nun die Regel erworben und der Blockierungs-Mechanismus setzt ein, kann die reguläre Regel bei der Generierung von irregulären Verben erfolgreich unterdrückt werden. Dieser Mechanismus fördert die Suche nach Ausnahmen, in diesem Fall die Suche nach irregulären Formen.

Anhand der single-representation Theorie wird der Erwerb folgendermaßen erklärt: Diese Phasen sind an die Größe des Vokabelwissens gebunden. Mit Wachstum des mentalen Lexikons wird nun eine Regel benötigt, um mit den Gedächtniseinträgen Operationen durchführen zu können. Doch dieser Versuch einer Erklärung lässt viele Aspekte offen, wie z.B. Umwelteinflüsse, die Kapazität des Lexikons etc.

#### 5.5. Das ACT-R – Modell

Anderson (1990) entwickelte eine Erweiterung des ACT-R („Adaptive Control of Thought, Rational“) - Modells, um schnelle Gedächtnisvorgänge erklären zu können. Menschliche Kognition und das Lernen an sich soll so besser verständlich gemacht werden. Im Zentrum dieser Theorie steht die Frage, ob menschliche Kognition rational ist. Anderson (1990) meint dazu, dass dieses Modell keine herkömmlichen Aspekte der kognitiven Psychologie wie z.B. Entscheidungen treffen etc. behandelt, sondern im Speziellen die Domänen, die beim Adaptieren (wie z.B. beim Lexikonerwerb) in Kraft treten. Es werden also verschiedene

Lernmechanismen erklärt, von denen angenommen werden, dass sie auf rationaler Basis entstehen. Anderson (1990) setzt auch voraus, dass das ACT-R - Modell nur nicht-beobachtbare Strukturen der Kognition behandelt und dabei (fast) keine äußeren Einflüsse wie Feedback berücksichtigt. Außerdem unterliegt der Lernvorgang eines Menschen keinen starren Regeln. Neu Erworbenes wird immer wieder neu analysiert und auf verschiedenste Umstände und Situationen angepasst. Anderson (1990) analysiert das Gedächtnis in drei Schritten: 1. Zuerst muss ein Ziel gefunden werden, denn der Abrufungsmechanismus allein kann noch kein Ziel sein, er dient nur dem Zweck, eine gewünschte Aktion durchzuführen. 2. Verschiedene Situationen verlangen unterschiedliche Ausführungen, z.B. ist es kontraproduktiv, an eine bestimmte mathematische Formel zu denken und sie herbeiführen zu wollen, wenn in der Situation das Bedienen einer bestimmten Maschine gefragt ist. Der Einfluss der Umwelt spielt also nur indirekt eine Rolle. 3. Bei Durchführungen kognitiver Operationen existieren gewisse Kosten/ Nutzen – Rechnungen: Es muss etwas erreicht werden, ein Ziel kann gewisse Kosten entschuldigen.

Hauptkomponente in diesem Modell sind das deklarative Gedächtnis und ein Produktionsgedächtnis. Anderson (1990) postulierte in Bezug auf die Produktion von past-tense Strategien, um den Erwerb zu erklären: die Abrufstrategie, die Analogiestrategie und die Nullstrategie, später eine 4., nämlich die reguläre Regel. Die Abrufstrategie generiert past-tense mittels Flexion, die Analogiestrategie hingegen ruft ein arbiträres Verb, sucht also Analogien. Die Nullstrategie benötigt weder Flexion noch Abrufung, sie setzt das im Präsens befindliche Verb einfach eins zu eins in die Vergangenheit. Diese Strategie weist demnach die höchste Fehlerquote auf. Erst später wird nun die Regel erlernt, basierend auf der Analogiestrategie. Die Items (oder Chunks) können verschiedene Level der Aktivierung besitzen. Chunks, die sich öfter als andere Chunks im Einsatz befinden, haben hohe Aktivierungsraten, die jedoch wieder gesenkt werden, wenn der chunk nicht verwendet wird. Im Lernvorgang wird der Chunk mit der höchsten Aktivierung bevorzugt, die Abrufungszeit beträgt demnach weniger als bei Chunks, die eine niedrige Aktivierung aufweisen. Im Beispiel der past-tense - Generierung ist das gewünschte Ziel die Produktion einer past-tense - Form, die sofort danach ins deklarative Gedächtnis abgespeichert wird. Regeln werden aufgrund von bereits existierenden Regeln gelernt, somit können diese Mechanismen immer wieder neu modifiziert werden. Anderson (2002) versucht diesen Mechanismus anhand des Beispiels „walk“ zu veranschaulichen: „walk“ soll in die past-tense gesetzt werden:

PAST- TENSE – GOAL23

ISA PAST

OF WALK

STEM NIL

SUFFIX NIL

Das Verb „walk“ ist ein Chunk und um die past-tense herstellen zu können, müssen der Stamm und das Suffix beigefügt werden. Erst dann kann „walk“ als produzierte past-tense - Form im Gedächtnis gespeichert werden. Erfolgt nun der Erwerb einer neuen irregulären Form, wird der Wert des Suffix-Moduls auf Null gesetzt.

PAST-TENSE – GOAL23

ISA PAST

OF WALK

STEM WALK

SUFFIX ED

Ist diese Operation erfolgreich, werden die Analogie- und die Nullstrategie nicht mehr verwendet, falls nicht wird der Mechanismus erneut durchlaufen.

## 5.6. Erwerb von past-tense in Bezug auf phonotaktische Unterschiede der Verben

Auch Marshall und van der Lely (2006) wollen der Frage nachgehen, ob phonologisch unterschiedliche Formen in einem „Word and Rules“ - Modell oder in einem „Single-Mechanismus“ gespeichert werden. Das „Single - Mechanismus“ - Modell unterscheidet keinerlei Unterscheidungs-Kriterien: Reguläre und irreguläre Formen werden gleich behandelt.

Marshall und van der Lely (2006) unterscheiden zwischen monomorphemisch legalen Cluster (MLC), wie sie bei irregulären Verben: „slept, built, lost etc.“. Doch irreguläre past-tense - Formen tendieren eher zu einer clusterlosen Form wie „took, got etc.“ Die zweite Kategorie stellen die monomorphemisch illegalen Cluster (MIC) dar, wie sie bei regulären Formen vorkommen: „slammed“ oder „changed“. Doch auch hier existieren reguläre past-tense –

Formen, die legal sein können, wie beim Beispiel „crossed“. MLCs weisen eine höhere Type-Frequenz auf als MICs.

Beispiele:

monomorphemische Wörter, die auf /t/ oder /d/ enden: Clusters mit stimmhaften Obstruenten +/d/ sind illegal.

Cluster mit stimmlosen Obstruenten +/t/ sind legal, wenn der vorangegangene Nukleus kurz ist, es ist nur /st/ legal, wenn vorheriger Nukleus lang ist.

Irreguläre Formen: Wenn ein Verbende in einer monomorphemischen Form nicht legal ist, wird es in einem irregulären Verb nicht vorkommen.

/t/ ist nach einem Sonorant nicht zulässig.

/d/ ist nach einem Obstruent/ Obstruentcluster nicht zulässig (z.B. /ask/ \*/azg/)

Bei der Generierung der regulären Regel wird die phonologische Komponente nicht so stark berücksichtigt, denn es wird einfach „-ed“ suffigiert. Marshall und van der Lely (2006) gehen der Frage nach, welches Modell die Performanz der past-tense - Generierung besser beschreibt. Van der Lely und Ullmann (2001) führen zu diesem Zweck Experimente durch. Sie vergleichen normal entwickelte Kinder mit SLI (Spezifische Sprachentwicklungsstörung) – Kindern. SLIs weisen ein Defizit bei der grammatischen Komponente auf, sind aber nicht anderweitig kognitiv beeinträchtigt, z.B. haben diese Kinder starke Probleme bei Aktiv- und Passivkonstruktionen. Dies wird mittels eines past-tense – Elicitationstests durchgeführt. 11 Kinder mit SLI (Durchschnittsalter: 11, 3) stellen die Hauptgruppe dar, Kontrollgruppen sind drei Gruppen von normal entwickelten Kindern. Es war ein Satz gegeben, z.B. „Every day I play with my dolls.“, der Elicitationssatz lautete: “Yesterday, just like every day, I ...”. Es wurden 60 Verben, reguläre und irreguläre, sowie reale und Nonsense-Verben, untersucht. Van der Lely und Ullmann (2001) gingen davon aus, dass bei normal entwickelten Kindern phonologische Faktoren in Bezug auf das „Word and Rules“ – Modell keine Auffälligkeiten ergeben sollten. Für das „Single-Mechanism“ – Modell wären diese Faktoren sehr wohl relevant, es sollten MLCs besser verarbeitet und produziert werden. Die SLI- Kinder wiesen bei diesem Experiment Fehler bei der Generierung von regelmäßiger past- tense auf, was impliziert, dass diese Kinder Probleme beim Erwerb einer Regel haben, und so auch diese Formen aus dem mentalen Lexikon abrufen. Mit irregulären Verben haben sie nicht mehr

Probleme als die normal entwickelten Kinder. In Bezug auf das „Word and Rules“ – Modell bedeutet das, dass die Gruppen verschiedene Performanz zeigen sollten. Im 1. Experiment wurden 16 reguläre Verben gebraucht, die bei drei Gruppen von normal entwickelten Kinder (N=35) und 11 Kindern mit SLI (Durchschnittsalter: 11,3) untersucht wurden. Die Verben bestanden aus MLCs sowie auch aus MICs. Die Flexion von MICs und MLCs bei normal entwickelten Kindern wies jedoch bei den Analysen der Ergebnisse keine Signifikanz auf, MICs waren für normal entwickelte Kinder einfacher zu flektieren als MLCs. Die SLI-Kinder wiesen stärkere Probleme bei der Flexion von MICs auf, was zeigen könnte, dass sich einzelne Cluster der Verben zwar auf die Performanz von SLI-Kinder auswirken könne, nicht aber bei normal entwickelten Kindern. Van der Lely und Ullmann (2001) unterlassen aber jegliche Generalisierungen dieses Experiments, da sie meinen, dass das Stimulusset einfach zu gering wäre. Anhand des 2. Experiments, das wie das 1. aufgebaut war, gelangte man zu ähnlichen Ergebnissen. Die Verben wurden um 8 erweitert. Die Theorie des „Single – Mechanism“ – Modells konnte nicht bestätigt werden. In einem anderen Experiment wurden eine Gruppe von Kindern mit Williams-Beuren-Syndrom (WBS) und drei Kontrollgruppen mit normal entwickelten Kindern untersucht. Clahsen und Almazan (1988) gehen davon aus, dass beim WBS eine Beeinträchtigung der irregulären Flexion bestehe, die reguläre Komponente keinerlei Beeinträchtigung zeige. Diese Studie wurde von Thomas et al. (2001) mit 18 WBS-Leuten (Durchschnittsalter: 22;8) durchgeführt, die Kontrollgruppen stellten wieder 3 Gruppen von normal entwickelte Kindern dar. Zur Analyse untersuchte man nur die Ergebnisse der jüngsten Kontrollgruppe (Durchschnittsalter: 6;0), die Methodik war die gleiche wie in Experiment 1. Bei den Ergebnissen fällt auf, dass es wieder keinen signifikanten Unterschied zwischen MLCs und MICs gibt, es existiert nur eine etwas schlechtere Performanz der WBS-Leute bezüglich der MLCs. Die Theorie des „Word and Rules“ – Modell konnte in diesem Experiment bestätigt werden, denn in einer atypischen Sprachentwicklung (wie das WBS), wo keine morphologischen Beeinträchtigungen vorherrschen, lassen sich keine Auswirkungen der Performanz bezüglich des Verbende-Clusters beobachten.

#### 5.7. Primärer regulärer oder irregulärer Flexions-Erwerb?

Kuczaj (1977) analysierte Datenmaterial anhand der Spontansprache von 15 Kindern. Er gelang zu dem Ergebnis, dass irreguläre Verben vor dem Erwerb der regulären Regel erworben werden. Außerdem postulierte er zwei Arten der Übergeneralisierungen: Irreguläre

Verben können als solche ebenfalls übergeneralisiert werden („wented“) und Übergeneralisierungen der Stammformen („goed“). Kuczaj (1977) sah in Ersteren die Bestätigung, dass Kinder die irreguläre Flexion eher als die reguläre lernen, und erst später die Regel, die die Bildung von Irregularitäten blockt. Außerdem behauptete er auch, dass Übergeneralisierungen der Stammform öfter produziert würde als Übergeneralisierungen der irregulären Form. Diese These konnte er aber nicht exakt belegen.

Schon Brown (1973) meinte, dass der Erwerb der irregulären Flexion bei Kindern viel früher als die reguläre Regel beobachtet werden kann. Doch die Generierung der irregulären past-tense erfolgt schließlich nicht immer auf dieselbe Art und Weise, sie besteht aus der Produktion vieler Formen. Sollte sich diese Annahme bewahrheiten, fiel es Kindern leichter, vor dem Erwerb der regulären Regel einfach unterschiedliche irreguläre Formen zu lernen und letzten Endes auch zu produzieren. Doch Brown (1973) führte seine Untersuchungen mit nur drei Kindern durch, wovon nur zwei tatsächlich die Bildung irregulärer Formen bevorzugten.

Doch wie kann man Formen wie „wented“ erklären? Diese Übergeneralisierungen unterscheiden sich grundlegend von Übergeneralisierungen der Form „goed“, denn hier werden schon produzierte past-tense - Formen übergeneralisiert. Wird der These, dass Kinder zuerst irreguläre Flexion erlernen Glauben geschenkt, gelangt man zu folgendem Schluss: Irreguläre Formen werden einfach auswendig gelernt und so aus dem Gedächtnis abgerufen. Später, nämlich mit dem Erwerb der Regel, können diese Formen, die sich schon im past-tense befinden, ebenfalls übergeneralisiert werden, da sie mit keinerlei Operationen produziert wurden. Schon Slobin (1971) zeigte, dass 5 Typen von irregulären Verben existieren:

1. Verben, die beim Wechsel zur past-tense eine Vokaländerung erfahren („bite-bit), 2. Verben mit Vokaländerung und einer Hinzufügung eines dentalen Konsonanten im Ablaut („lose-lost“), 3. Verben, bei denen der Ablaut in einen dentalen Laut geändert wird („have-had“), 4. Verben, die die gleiche Form wie der Präsens besitzen („hurt-hurt“) und 5. Verben, die zu einem anderen Wort werden („go-went“). Slobin (1971) bezeichnet die ersten drei Fälle als partielle Regularitäten. Gleichzeitig meint er auch, dass Verben wie in Fall 2 nicht so anfällig für Übergeneralisierungen wären. Kuczak (1977) führte zur Überprüfung dieser These eine Studie durch, in der er 15 Kinder testete. 14 Kinder (5 Mädchen und 9 Buben) im Alter von 2;6 bis 5;6 bildeten die Hauptgruppe (2;9, 4;6, 4;0, 5;0, 4;6, 4;0, 5;1, 3;6, 3;0, 4;2, 4;2, 4;5, 4;9, 4;9), das 15. Kind (5;6) war der älteste Sohn von Kuczak, den er mithilfe von schon vorliegenden Langzeit-Beobachtungen der Spontansprache (von 2;4 bis 5;1) in die Studie mit einschloss. Von jedem Kind wurde ein Zeitraum von mehreren Wochen auf

Tonband aufgenommen und transkribiert, meist betrug die Aufnahme eine Stunde pro Woche. Um mit dem Datenmaterial arbeiten zu können, untersuchte Kuczaj (1977) zwei unterschiedliche past-tense - Aspekte: 1. Wie von einem Geschehnis oder einer Aktion berichtet wurde, das schon vorbei war und 2. mögliche Geschehnisse, z.B. „If a frog ate a big banana, he would die.“ Kuczaj (1977) legte das Augenmerk auf 6 Kategorien, um die produzierten Verben zu analysieren: 1) reguläre Verbformen, die ohne „-ed“ geäußert wurden („walk“ statt „walked“) 2) reguläre Formen mit „-ed“ („walked“) 3) irreguläre Formen, die nicht in die past-tense gesetzt wurden („eat“ statt „ate“) 4) irreguläre Formen, die mit der regulären Regel übergeneralisiert wurden („eated“) 5) irreguläre Formen („ate“) 6) Übergeneralisierungen von irregulären Formen („wented“)

Kuczaj (1977) berechnete einen 90%igen Schwellenwert des Gebrauchs von regulärer und irregulärer past-tense mithilfe der untersuchten Verben. In dieser Untersuchung zeigten 14 Kinder mit einem durchschnittlichen MLU von 3.00 bis 4.00, dass sie die reguläre Regel bereits erworben hatten. Ein Kind (2;9) besaß einen MLU von 2.94, hatte also noch nicht wie die anderen Kinder die korrekten 90% in der Produktion von regulären Verben erreicht. Doch die korrekten 90% in der Äußerung von irregulärer past-tense schafften hingegen nur drei Kinder (4;9, 5;1, 4;9). Kuczajs Sohn konnte die 90%-Marke für reguläre Formen nicht vor 4;5 knacken. Alle Kinder äußerten reguläre und auch irreguläre Übergeneralisierungen, auch wenn sie noch keine korrekten 90% der regulären Verben geschafft hatten. Es zeigt sich außerdem, dass die jüngeren Kinder dieser Studie eher Übergeneralisierungen bei der Stammform tätigten („eated“), erst später wurde die irreguläre Form übergeneralisiert. 4 der ältesten Kinder zeigten eine Tendenz, irreguläre Formen als solche zu übergeneralisieren („ated“), jedoch wurden insgesamt Stammformen mit der „ed - Regel“ gebraucht („eated“). Somit zeigt sich, dass die Art der Übergeneralisierung zwar altersabhängig sein kann, doch die Kinder haben wahrscheinlich noch nicht die semantische past-tense - Analyse erworben, somit produzieren sie einfach Formen mit der Stammform. Folglich ist es möglich, dass Kinder die Stammform öfter rezipieren als die irreguläre Form, somit verbinden sie diese (noch) nicht mit Vergangenheits-Markierung. Ältere Kinder könnten somit bei der past-tense - Produktion „Übereifer“ zeigen, da sie die Regel bereits durchschauen und auch semantische Verbindungen zu einer irregulären Form herstellen können, doch trotzdem die bereits im past-tense befindende Form übergeneralisieren. Die Verben mit partiellen Regularitäten wurden tatsächlich weniger übergeneralisiert als Verben mit einer Vokaländerung bei der past-tense, hingegen wurden oft die Verben mit einem finalen Dentalen öfters falsch generiert. Wenige Übergeneralisierungen traten bei den Verben auf, die in der past-tense und im Präsens die

gleiche Form aufweisen. Doch partielle Regularitäten blockieren dennoch keine Übergeneralisierungen, denn sonst dürfte man keine Formen wie „maded“ beobachten, wie es aber in dieser Untersuchung geschah.

Diese Studie ist also kongruent mit den drei Phasen des Erwerbs (z.B. Andersson, 2000): Anfänglich korrekt verwendete (irreguläre) Formen werden übergeneralisiert, sobald die Regel erworben wird. Es ist hier nicht relevant, auf welche Art und Weise übergeneralisiert wird („goed“ oder „wented“), da die auch unterschiedliche lexikalische oder semantische Gründe haben kann. Ein Grund wäre, dass ein Kind die Vergangenheitsform „went“ nicht als Hinweis für past-tense deuten kann, somit das Verb anstelle von „go“ abgespeichert wurde.

### 5.8. Die Regel der regulären Flexion

Als Regeln sind Operationen zu verstehen, durch die Wörter, oder in diesem Fall Verben modifiziert werden können. Somit lassen sich mit einer schon erworbenen Regel alle Verben beliebig flektieren, auch, wenn in bestimmten Fällen (nämlich bei irregulären Verben) gar kein Bedarf besteht. Normalerweise kommt in solchen Fällen das sogenannte Blockierungsprinzip zum Einsatz, auf das ich später eingehen werde. Eine Regel benötigt somit keine Liste im mentalen Lexikon, sie kann also einfach past-tense - Formen produzieren, auch, wenn es sich um ein neues Verb handelt.

Wie genau kommt es nun zu Fehlern wie „singed“? Wie schon erwähnt, verwenden Kinder ab ca. 18 Monaten Mikrosätze bestehend aus zwei Wörtern. Schon in dieser Phase kann es, wie Pinker (2000: 290) beschreibt, zu vielen Missverständnissen und äußerst kreativen Fehlern seitens der Kinder kommen, wie z.B.: „Circle toast“, wo ein rundes Brötchen gemeint war. Mit ca. zwei Jahren benutzen Kinder grammatische Morpheme (im Englischen: „-ing“, „-ed“, „-s“), wobei hier schon die ersten Übergeneralisierungen entstehen. Zu dieser Zeit werden auch die meisten Übergeneralisierungen in Bezug auf den Plural produziert, wie „mans“ oder „foots“, oder auch Superlativformen werden falsch gebraucht wie „powerfullest“ oder „gooder“. Kinder weisen in dieser Phase des Spracherwerbs eine hohe Kreativität auf, wie Pinker (2000: 292) belegt: Er dokumentierte einen Fall, in dem ein deutsches Kind einen Kreis als „Nulleck“ titulierte. Diese sprachlichen Neologismen entstehen durch den impliziten Vorgang, wo das Kind schon erlernte Konzepte auf neue anwendet. Die Analysen der Suffixe hat noch nicht voll eingesetzt, so kommt es gelegentlich zu Rückbildungen wie „a gra“, das als Singularform zu „grass“ verstanden wurde. Dies erklärt auch die zweite Phase beim Erwerb der past-tense: Kinder wenden die past-tense übergeneralisiert an, da sie eine Technik

entwickeln, die Wörter nach der Regel zu formen. Pinker (2000: 293) schreibt dazu: „Das Kind wird gewissermaßen schlechter, bevor es besser wird.“ Mit Erwerb der kognitiven Phase wird das Kind merken, dass beispielsweise ein „-ed“ nur dann an ein Verb angefügt wird, wenn über eine abgeschlossene Handlung berichtet wird, somit stellt „-ed“ den Vergangenheits-Marker dar. Doch im Englischen existieren past-tense - Formen, die sich nicht von Präsens-Formen unterscheiden, wie z.B. „cut“. Kinder kennen nun noch nicht den Unterschied zu der Präteritumsform, da sie, wenn sie auf die Vergangenheit referieren wollen, die produktive Regel anwenden.

Studien mit Pseudowörtern beweisen, dass Kinder (sowie auch Erwachsene) nicht explizit auf das, was sie hören angewiesen sind, sondern einfach die reguläre Regel anwenden. Erst wenn die irregulären Formen als solche abgespeichert wurden, werden sie als Alternative verwendet, was als Blockierungsprinzip bezeichnet wird. Dies geschieht meist ohne Feedback, also spielt es keine Rolle, ob Kinder beim Produzieren diverser Fehler ausgebessert werden. Es ist hier also eine Überlappung mit Chomskys Universalgrammatik zu erkennen, denn Kinder erwerben nach einem gewissen Zeitraum von alleine dieses Blockierungsprinzip. Mit dem Erwerb der Regel sind Kinder nun in der Lage Verben zu flektieren. Dennoch durchlaufen Kinder eine Phase, in der sie Übergeneralisierungen wie „singed“ bilden, da die irreguläre past-tense - Form noch nicht oft verwendet wurde und somit noch nicht fix im Gedächtnis abgespeichert wurde. Übrig bleibt demnach die Verbwurzel „sing-“, um mit der regulären Regel Präteritum zu markieren. Somit lässt sich schlussfolgern, dass der past-tense - Erwerb von Wiederholungen profitiert, verschiedene irreguläre Formen können somit auch nicht gespeichert werden, wenn sie noch nie rezipiert wurden.

Um diese These zu stützen, durchsuchte Pinker (2000) Transkripte von 83 Kindern. Er untersuchte 11500 Sätze mit irregulären Formen und berechnete die Fehlerquote, die tatsächlich nur 4% betrug, sich also mit dieser Theorie deckte. Ebenfalls konform mit dieser Theorie ist die Tatsache, dass ein irreguläres Verb, das zu einem früheren Zeitpunkt schon einmal richtig verwendet wurde, später übergeneralisiert werden kann, was der 2. Phase des past-tense-Erwerbs entspricht. Pinker (2000) postuliert auch, dass Kinder auch schon in dieser Phase wissen könnten, dass ihre produzierten Übergeneralisierungen nicht korrekt sind, die korrekten Verben aufgrund ihrer fehlenden Gedächtnisspuren nicht in der Spontansprache äußern könnten. Evidenz dafür findet sich in der Erwachsenensprache, wo ebenfalls Übergeneralisierungen entstehen können, besonders bei irregulären Verben mit niedriger Token-Frequenz. Das Blockierungsprinzip scheint in diesen Fällen zu versagen, da die Gedächtnisspuren nicht existent sind. Erwerben Kinder also nun die reguläre Regel, neigen

sie zu Übergeneralisierungen, doch gleichzeitig sind sie auch in der Lage, die regulären Formen richtig zu verwenden. Vor diesem Erwerb lassen sich Sätze wie „Yesterday I play.“ beobachten, danach wird Präteritum explizit markiert: „Yesterday I played.“

Eine andere Theorie, die nicht auf dem regelbasierten Erwerb beruht, besagt, dass Kinder Analogien bilden, um past-tense - Formen zu generieren. Das konnektionistische Modell von Rumelhart und McClelland (1986) nutzt diese Theorie, um ihre Erwerbsstadien zu definieren. Obwohl die reguläre Regel in diesem Modell zwar eine gewisse Rolle spielt, wird sie dennoch nicht gebraucht, da es im Prinzip keine Distinktion zwischen regulärer und irregulärer Systeme gibt. Die (irregulären) Verben, die häufiger rezipiert werden, werden auf seltener gehörte Verben angewendet, somit kommt es hier ebenfalls zur Übergeneralisierungen.

Im Gehirn existieren keine prototypischen Areale für reguläre oder irreguläre Flexion. Verschiedenste Bereiche sind an diesen Prozessen beteiligt. Mithilfe von Techniken wie Computertomographie, Positronen-Emissions-Tomographie (PET) oder funktioneller Kernspintomographie (fMRI) lassen sich die Gehirnareale, die an solchen Prozessen beteiligt sind, erschließen. In der Neuropsychologie beruhen viele Tatsachen, die über Wörter- und Regel-Systeme bekannt sind, auf der Aphasieforschung. Erst wenn Komponenten des menschlichen Gehirns gestört sind, kann man Rückschlüsse auf die Funktionsweise festlegen. Die Tatsache, dass die menschliche Sprachfähigkeit kein homogenes System umfasst, erschwert das Finden der „regelbasierten Hirnareale“ zusätzlich. Im Falle der konnektionistischen Netzwerke werden Hirnschäden jeglicher Art so simuliert, indem man einzelne Verbindungen zwischen Knoten entfernt. Damit können keine irregulären Formen mehr generiert werden. Weil reguläre Formen meist viel mehr Verbindungen besitzen, können sie auch hier noch viel leichter gebildet werden. Doch auch der gegenteilige Effekt kann auftreten, nämlich dann, wenn einzelne Links zu einem Ganzen verschmelzen. In verschiedenen Testphasen treten demnach Probleme bei regulären als auch bei irregulären Verben auf.

## 5.9. Irreguläre Verben

Kinder generieren, wenngleich sehr selten, auch irreguläre Fehler wie z.B. „bat (bit)“, „shuck (shook)“, „sot (sat)“ (Pinker 2000: 111). Dies lässt also darauf schließen, dass die Liste der irregulären Formen kein abgeschlossenes System ist, sondern dass Kinder so wie bei

regulären Formen ebenfalls dazu tendieren, bereits gespeicherte Verben auf neue zu übertragen. An dieser Tatsache scheiden sich die Geister: Einerseits versucht die generative Phonologie all diese sprachlichen Phänomene anhand von Regeln zu erklären, während der Konnektionismus auf die Tatsache der Assoziationen und auf die Kapazität des Gedächtnisses hinweist, ähnlich dem Wettstreit zwischen Rationalismus und Empirismus.

Pinker (2000: 118) nennt drei verschiedene Aspekte der irregulären Verben im Englischen: 1. Ähnlichkeit zwischen Stamm und Präteritum, wie z.B. „drink-drank“: Präsens und Präteritum unterscheiden sich nur durch einen einzigen Laut. 2. Ähnlichkeit zwischen Änderungen, wie z.B. das „i-a-u“-Muster bei „drink – drank – drunk“ und „sing – sang – sung“ oder „teach – taught“ und „fight – fought“. 3. Ähnlichkeit zwischen Stämmen, wie z.B. Verben, die auf „-ew“ enden, wie „blow, grow“ etc. weisen die ähnliche Konsonantencluster auf. Dies lässt sich nun auf Chomskys Tiefenstruktur zurückführen. Durch diverse Regeln gelangen diese Analysen an die Oberflächenstruktur, wobei Tiefenstrukturen nicht einzeln gelernt werden müssen, sondern so wie bei Pinkers oben genannten drei Aspekten durch Regeln zusammengefasst und generalisiert werden können. Doch Kritiker dieser Theorie meinen, dass diese Hypothesen oft anhand geschichtlicher Aspekte erklärt werden (z.B. wie es zu diversen Konsonantencluster bezüglich irregulärer Formen kam), doch man dürfe nicht außer Acht lassen, dass Kinder nur das Endprodukt eines Verbs wahrnehmen und es auch deshalb möglich sein könnte, dass sie die Formen einfach auswendig lernen.

### 5.10. Unübliche Übergeneralisierungen

Im ACT-R - Modell sind Übergeneralisierungen der einzige Fehler, der beim Erwerb von past-tense auftreten darf. Nach Xu und Pinker (1995) können folgende Übergeneralisierungen unterschieden werden:

- ) „Over-applications“ wie z.B. bei „bring - \*brang“; diese werden aus Ähnlichkeitsgründen mit anderen Verben produziert;
- ) „Blenders“: Die Vergangenheitsform wird übergeneralisiert: „sing - \*sanged“
- ) „Gross distortions“: Die Vergangenheitsform unterscheidet sich gänzlich und fälschlicherweise von der richtigen Form: „mail - \*membled“

„Gross distortions“ treten allerdings sehr selten auf, die anderen Möglichkeiten wurden von Xu und Pinker (1995) öfters beobachtet.

Die dual-representation – Theorie spricht sich für eine separate Speicherung von past-tense - Formen aus, allerdings nur so lange, bis die reguläre Regel erworben wird. So werden gängigere Übergeneralisierungen (wie „\*broke“) erklärt. Single-representation - Theorien (wie konnektionistische Netzwerke) besagen hingegen, dass nur Assoziationen in Hinsicht auf Netzwerke für den Erwerb von past-tense nötig wären. Übergeneralisierungen sind demnach das Produkt aus einem wachsenden Wortschatz. So tätigen diese Netzwerke aber nicht nur gängige (kindliche) Übergeneralisierungen, sondern auch andere wie z.B. „Blends“.

Im ACT-R - Modell funktioniert Lernen durch Verbinden zweier (oder eventuell auch mehrerer) bereits existierenden Regeln. Mithilfe der Analogie wird nun nach einer möglichen Lösung für eine zu generierende past-tense - Form gesucht. Es wird also eine schon ins Gedächtnis eingetragene Form auf eine Neue angewendet. Dieser Vorgang selbst stellt die bereits existierende Regel dar, somit kann diese immer wieder neu modifiziert werden. Wenn die Produktion der neuen Form als richtig eingestuft wird, wird sie generalisiert. Irreguläre Verben können also nach dem ACT-R - Modell gleich gut wie reguläre erlernt werden, da diese hoch-frequenter sind. Doch da die Analogiestrategie (wie auch die Abrufstrategie und die Nullstrategie) nicht immer automatisch den richtigen Output erzeugt, muss es noch andere Wege geben, wie z.B. die Verbindung komplexerer Regeln. Doch gerade mit der Analogiestrategie lassen sich Übergeneralisierungen im ACT-R - Modell gut erklären: Es wird nicht nur ein Item als solches abgerufen, sondern auch nur einzelne Muster einer bestimmten Form. In diesem Prozess sind immer mehrere Regeln involviert, denn bei einer regulären Form, bei der z.B. eine Vokaländerung für die Vergangenheit benötigt wird, kann diese Regel auch unter mehreren existieren und so falsch eingesetzt werden. Ähnliche Formen mit beispielsweise gleichem Anlaut werden so fälschlicherweise verwechselt oder adaptiert. So sind unüblichere Übergeneralisierungen wie „make - \*mook“ erklärbar. Erst durch den Erwerb weiterer Regeln, wie in diesem Fall bei der Vokaländerung, ist die Analogiestrategie wieder erfolgreicher. „Blends“ hingegen können in diesem Modell durch die Möglichkeit erklärt werden, dass ein Kind eventuell nicht die past-tense - Form als Ausgangsform erkannt hat, so nimmt es vielleicht an, dass „sang“ die present-tense darstellt und produziert mithilfe der regulären Regel „\*sanged“.

#### 5.11. past-tense - Erwerb in konnektionistischen Netzwerken

Der Musterassoziationsspeicher eines konnektionistischen Modells und die regelbasierte Hypothese teilen dennoch einige Gemeinsamkeiten: Erst durch den Verbstamm kann auf

verschiedene Präteritums-Möglichkeiten geschlossen werden. Man tendiert dazu, ähnliche Stämme gleich zu analysieren und zu behandeln. Und das konnektionistische Netzwerk besitzt schließlich auch Links, die mit Morphologie-Regeln gleichzusetzen sind. Diese „Morphologie-Verbindung“ stellt den Link zwischen Semantik und Phonologie eines Wortes dar, es unterscheidet z.B. zwischen Plosiven, Nasalen, unterschiedlichen Konsonantencluster, etc. im Output und unterschiedlichen Lauten im Input. Außerdem wird bei beiden Theorien davon ausgegangen, dass Merkmalsbündel gespeichert werden. Im konnektionistischen Netzwerk wird beim past-tense - Erwerb von Vergleichen ausgegangen, die Kinder zwischen unterschiedlichen Formen bewerkstelligen und dann auf die korrekte Form zurückzugreifen vermögen. Die fortdauernde Wiederholung unterschiedlicher Verben, seien sie regulär oder irregulär, ermöglicht eine entweder verstärkende oder unterdrückende Wirkung einzelner korrekter und auch falscher Formen. Die Trainingsintensität spielt dabei eine große Rolle: Rumelhart und McClelland (1986) benutzten als Input für ihr System 420 Verben, die 200mal eingegeben und generiert wurden. Schließlich wurde das Netzwerk mit neuen Verben gefüttert, die auf die bereits bekannten Verben angewendet werden sollten. Die Folgen waren Übergeneralisierungen wie beim kindlichen past-tense - Erwerb, da das System irreguläre Formen wie bereits bekannte reguläre behandelte. Doch auch reguläre Verben wurden ab und an fälschlicherweise zu irregulären gemacht, was mit Ähnlichkeiten der Stämme zu erklären ist, wie z.B. „slip – slept“ (anstatt „slip – slipped“). Das Blockierungsprinzip ist auch in diesem Modell zu finden, hier wird die falsche Form ebenfalls unterdrückt und die richtige durch Verstärken der Verbindung aktiviert, so wird z.B. „shrink“ mit den Merkmalen von „drink“ verglichen.

Pinker und Prince (1988) kritisierten das konnektionistische Modell, indem sie meinten, dass dieses Modell niemals mit dem echten menschlichen Erwerb gleichzusetzen wäre, da quasi immer nach dem gleichen Schema gelernt wird, dem Menschen aber komplexere kognitive Fähigkeiten gegeben wären. Das Modell kann kein metasprachliches Bewusstsein entwickeln wie Menschen es vermögen. Und wie bereits erwähnt, kann es auch nicht zwischen verschiedenen Kontexten bei ein und demselben Verb unterscheiden.

Pinker (2000) weist in „Wörter und Regeln“ auch auf die modifizierte Regel-Theorie hin. Diese Theorie stellt eine Überschneidung zwischen der Assoziations-Theorie wie in konnektionistischen Netzwerken und der Wort -und Regeltheorie dar. Der einzige Unterschied zur simplen Regeltheorie besteht darin, dass die irregulären Formen nicht bloß eine Liste mit unterschiedlichen Formen sind, sondern Merkmale assoziiert werden. Die irregulären Formen orientieren sich also an Ähnlichkeiten im Stamm, Anlaut, etc. und können

so generiert werden, nicht nur durch bloßes Auswendig-Lernen, was mit dem Prinzip des konnektionistischen Netzwerkes gleichzusetzen ist. Diese Theorie existiert schon lange und geht unter anderem auf Linguisten wie Mark Aronoff, Joan Bresnan, Andrew Spencer und nicht zuletzt auf Chomsky und Halle (1968) generative Phonologie zurück und wurden von Pinker und Prince (1988) neu adaptiert.

#### 5.12. Speicherung unterschiedlicher past-tense - Formen im Gedächtnis

Das Gedächtnis profitiert von häufigen Wiederholungen, umso öfter ein irreguläres Verb verwendet und rezipiert wird, umso stärker kann die Gedächtnisspur werden. „Be“ ist ein Verb mit einer hohen Token-Frequenz, wird also demnach schneller behalten als ein reguläres Verb mit einer niedrigen Token-Frequenz. Doch man hört oft nur bestimmte Präsens- oder Präteritumsformen eines niedrig-frequenten Verbs, und behält demnach nur diese eine gehörte Form. Die gehörte Form wird dann unter Umständen separat gespeichert und kann nicht mehr mit einer Präteritums- oder manchmal auch Präsensform in Zusammenhang gebracht werden, wie z.B. bei den Verben „forgo“ oder „smitten“. Werden also Präsens- und Präteritumsformen unterschiedlich und nicht zusammenhängend gespeichert? Nicht unbedingt, denn es gilt zu bedenken, dass der Mensch mit immer neuen Worten in einer Sprache konfrontiert wird, und so kann es auch vorkommen, dass man Verben in nur einem Kontext wahrnimmt, wie z.B. bei Sprichwörtern: Pinker (2000: 166) nennt bezüglich des Verbs „forgo“ ein Beispiel: „to forgo the pleasure of“; Das Präteritum wird in diesem Fall niemals rezipiert werden, somit besteht keinerlei Verbindung zu einer möglichen Vergangenheitsform, es kann mit keiner Regel oder Assoziation generiert werden. Der Frage nach dem exakten Speicherort kann also mit dem Fakt begegnet werden, dass eventuell ein fließender Übergang zwischen Regel und Assoziationsmustern existiert.

Kommt es zum Versagen des Blockierungsprinzips, bleibt also noch immer die reguläre Regel. Ausnahmen können ebenfalls auftreten: Beim Baseball wird der Ausdruck „fled-out“ benutzt, anstatt „fly – flew – flown“. Dieser Baseball-Kontext stellt ein zusätzliches semantisches Merkmal dar, das separat zu analysieren gilt. Kiparsky, Williams, Lieber und Selkirk (1982) postulierten bezüglich solcher Ausnahmen (wie „fled-out“) eine Wurzel, die die Speicherung des jeweiligen Wortes ohne jegliche Affixe darstellt, und außerdem einen Kopf, der Schema-bildende Regeln bezeichnet. Irreguläre Wurzeln wären demnach durch ihre Merkmale miteinander assoziiert. Wird keine passende Wurzel gefunden, bleibt die reguläre Regel zur Generierung der past-tense, wie bei Pseudowörtern, aber auch bei Onomatopoeika

wie z.B. „peep“ oder „oink“. Es können keine irregulären Analogien gefunden werden, da diese Wörter keine vergleichbaren irregulären Wurzeln zulassen. Es können zwar past-tense - Formen bezüglich Onomatopoetika produziert werden, sie wären folglich meist regulär („peeped“ oder „oinked“). Auch Lehnwörter stellen so eine Ausnahme dar, denn der Plural wird auch hier mit der regulären Regel gebildet. Dies erklärt also den Fall von „flied-out“, da das Verb „fly“ nicht mit dem Kontext eines Baseballspieles assoziiert werden kann, somit entsteht die neue Form, die regulär ist, in diesem Fall gar nicht irregulär sein kann, da zur Produktion der past-tense nur die Regel bleibt. Doch auch der umgekehrte Fall kann in Erscheinung treten: Fehlt der Kopf eines Wortes, was meist bei Komposita der Fall ist, wird das Wort als Ganzes abgespeichert, also mit keinem Assoziationsmuster verknüpft, wie z.B. bei „Mickey Mouses“ (nicht „Mickey Mice“). Spaltet man das Wort auf, so müsste das rechte Wort in der Struktur den Plural angeben, wie „workmen“. Doch dieses Wort wird semantisch anders analysiert, da es eine eigene Bedeutung besitzt. Anders bei „Mickey Mouses“, das wiederum eine eigene semantische Referenz erhält. Dieser Effekt tritt aber nur dann auf, wenn wirklich keine vergleichbare (semantische) Analogie im Gedächtnis gefunden werden kann. Auch anhand eines Pluraliatantum kann man erkennen, dass die jeweilige Form separat gespeichert sein muss, denn es fehlt gänzlich die Referenz zu einem Singular. Somit sind regelgeleitete Formen also meist das Endprodukt eines Wortes, aber irreguläre können weiter modifiziert werden.

Obwohl das Deutsche in Bezug auf irreguläre Verben weit mehr als das Englische besitzt, sind sich diese Sprachen bei der Flexion dennoch sehr ähnlich. Der Trend einer gesprochenen Sprache geht nicht immer automatisch Richtung regulärer Regel, auch der umgekehrte Fall tritt oft auf, wie Pinker (2000: 274) beschreibt: Irreguläre Verben können z.B. entstehen, wenn eine Wurzel, die noch nicht erworben wurde, Ähnlichkeit mit einer anderen aufweist, sei es nun ein Lehnwort oder ein schon mehrmals aufgetretenes Verb. Außerdem kann sich die Aussprache ändern, was den Einsatz der Regel hemmt und eine neue irreguläre Form wird kreiert, wie z.B. bei „make“, das früher als „maked“ realisiert wurde.

Aber es können auch reguläre Formen entstehen, die zuvor irreguläre waren, wie man bei Pseudowörter - Experimenten sehen kann. Die Wurzel wurde in der Analyse noch keiner anderen Wurzel zugewiesen. Außerdem können irreguläre Formen veraltet sein, weshalb sie zu regulären gemacht werden. Auch die oben genannten Beispiele der Onomatopoetika müssen an dieser Stelle erwähnt werden. Der semantische Kontext oder auch die Wortart spielt hier eine wichtige Rolle wie bei „flied-out“, also bei Wörtern, die noch keinen Kopf

erhielten. Da Deutsch und Englisch miteinander eng verwandt sind, lassen sich ähnliche Sprachentwicklungsmerkmale bei deutschen und englischen Kindern finden. Auch im Deutschen tendiert man dazu, an Novum-Wörter die reguläre Regel („-t“) hinzuzufügen, genauso wie im Englischen. Erwähnenswert ist aber, dass diese Fakten keineswegs den menschlichen Spracherwerb erklären, sondern dass dies ein genereller Fakt verwandter Sprachen sein könnte, auch wenn Übergeneralisierungen in Sprachen entstehen, die anderen Sprachgruppen angehören.

Ein Mensch kann also nun mithilfe des Gedächtnisspeichers Wörter abrufen, er muss sie nur immer wieder wiederholen und der typische Effekt des Lernens tritt auf. Darüber hinaus verfügen wir allerdings auch über Mechanismen, wie die reguläre Regel, die uns ermöglichen, mit fremden oder ungebräuchlichen Wörtern Operationen zu generieren. Gesprochene Sprachen unterliegen stetigen Veränderungen, so sind die heutigen englischen irregulären Formen Überreste von früheren eventuellen regelgeleiteten Verben, wie im Beispiel von „know – knew“, das früher einen anderen Anlaut besessen hatte. Diese Erkenntnisse mögen vermitteln, dass der Mensch generell seine Welt um sich kategorisiert, da er so bessere Inferenzen ziehen kann. Wir unterscheiden Nomen, Verben, aber auch einzelne Kategorien wie Pflanzen oder Tiere, um besser darauf referieren oder uns schlicht und einfach besser mitteilen zu können. Im Falle der regulären und irregulären Verben kann man von Ähnlichem ausgehen, da wir ohne Regelsysteme mit einem unendlichen Gedächtnisspeicher ausgestattet sein müssten, um alle past-tense - Formen korrekt zu verwenden.

## **6. Exkurs: Problemlösen**

Ein Mensch lernt sein ganzes Leben lang. Lernen ist essentiell für verschiedenste Verhaltensweisen, Denkvorgänge und Prozesse. Einen weiteren Schritt zur komplexen Kognition stellt das Problemlösen dar.

Ein Problem wird meist als der Zustand definiert, der eintritt, bevor ein Ziel erreicht ist. Der Weg dorthin scheint unklar zu sein. Kintsch (1982) beschreibt zwei Oberbegriffe von Problemen: Probleme mit gut definierter Lösung und Probleme mit schlecht definierter Lösung. Zweite umfassen komplexere Verhaltens- und Denkweisen und sind (genauso wie Probleme mit gut definierter Lösung) in hierarchische Teilprobleme zerlegbar.

Lösungsversuche, die zum gewünschten Ziel führen sollen, sind immer zielgerichtet, bestehen also nicht nur aus Versuchsverhaltens-Mustern. Auf dem Weg zu einer möglichen Lösung

werden heuristische Prinzipien angewendet, die das Problemlösungs-Verhalten einschränken. Kintsch (1982:365) schreibt: „Diese heuristischen Prinzipien können die Form einer „Mittel-Ziel-Analyse“ annehmen: Wende beim vorliegenden Problemstand und dem gewünschten Ziel nur solche Operationen an, die den Unterschied zwischen dem gegenwärtigen und dem gewünschten Zustand verringern.“

Das Problemlösungs-Verhalten wird unter anderem durch vergangene Erfahrungen determiniert. Egan und Greeno (1974) beschreiben drei Arten von Strategien:

1. vergangenheitsorientierte Problemlösungsstrategie: Die Methoden und Operationen, die benötigt werden, wurden schon einmal in Anspruch genommen, ähnliches Verhalten wurde schon einmal gelernt.
2. gegenwartsorientierte Problemlösungsstrategie: Ein Problem wird mit einer Lösung verknüpft, ähnlich dem Paarassoziationslernen.
3. zukunftsorientierte Problemlösungsstrategie: Hier ist noch keine Erfahrung vorhanden, das Ziel bestimmt das Lösungsverhalten.

Bei einfachen, meist mathematischen Problemen sollte das Problem zunächst definiert werden, um schließlich den besten Weg zum Ziel zu finden.

Ein großes Problem stellt auch die Frage nach Einsicht oder „Bewusst-Werdung“ einer Verhaltenform oder Denkweise dar: Um diesem Punkt nachzugehen, landet man möglicherweise wieder bei der Thorndike'schen Box: Die Katze, die einen Hebel betätigen soll, um an Belohnung zu gelangen, lernt mit der Zeit und mit positiver Verstärkung ihrem Ziel näher zu kommen. Erfahrungswerte sind nötig. Doch ob hier auch Einsicht im Spiel war, bleibt ungeklärt, denn messbar ist schlussendlich nur das tatsächliche Verhalten, das die Katze zu Tage legt. Kintsch (1982: 378) zitiert in diesem Bezug treffend Platon: „Und auf welche Weise willst Du denn dasjenige suchen,..., wovon Du überhaupt gar nicht weißt, was es ist? Denn als welches Besondere von allem, was Du nicht weißt, willst Du es Dir denn vorlegen und so suchen? Oder wenn Du es auch noch so gut träfest, wie willst Du denn erkennen, dass es dieses ist, was Du nicht wusstest?“ (Platon Ausg. 1957: 21).

## **7. Konklusion**

Lange Zeit wurde eine exakte Teilung des Gedächtnisses postuliert. Das Gedächtnis wurde mehr oder weniger streng in Kurz- und Langzeitgedächtnis unterteilt, wobei die Information in verschiedenen (älteren) Modellen zuerst das Kurzzeitgedächtnis passieren musste, um dann ins Langzeitgedächtnis zu gelangen, wie z.B. die Levels of Processing nahelegen. Man

befürwortete ein Ein-Speicher-System, das erst später in Mehrspeicher-Systeme umgewandelt wurde. In späteren Analysen und Forschungen wurden diese Modelle immer weiter ausgebaut und durch Experimente an gesunden aber auch an aphasischen Menschen konnten diese Thesen adaptiert und auf die jetzigen Daten angeglichen werden.

Dank der ausführlichen Erforschung des past-tense - Erwerbs gewann man gute Einblicke in die Funktionen verschiedener Lernprozesse. Anhand von Experimenten an Kindern (seien sie normal entwickelt oder sprachgeschädigt) konnte man den ungefähren Prozess des Erlernens verfolgen und dokumentieren. Gerade die Forschung im Bereich der Flexion ist relevant für diese Analysen, da sie einen eigenen kleinen und in sich abgeschlossenen (Grammatik-) Bereich darstellt. Dank dieser Studien-Ergebnisse konnte man verschiedene Computersimulationen Ähnliches beibringen: Auch wenn Ein-Speicher-Systeme wie konnektionistische Netzwerke nicht mit dem tatsächlichen Erstpracherwerb vergleichbar sind, liefern sie dennoch wichtige Erkenntnisse, die im Flexions-Erwerb relevant sind. Somit können diese Modelle neu überdacht und konzipiert werden.

Zu Beginn der Forschung z.B. durch Ebbinghaus, wurden simple Studien meist im Selbstversuch durchgeführt, um eine mögliche Annäherung zur komplexen menschlichen Kognition zu erhalten. Nicht zuletzt spielen neueste linguistische Erkenntnisse eine wesentliche Rolle, da verbales Lernen ein komplexer Prozess ist, den man in unterschiedliche Teilbereiche zu gliedern vermag.

Noch ist man weit davon entfernt, (Computer-) Programme zu erschaffen, die eins zu eins auf den Menschen umlegbar sind, doch in einiger Zeit ist dies dank der Gedächtnis- und Lernforschung denkbar.

Experimente, die in dieser Arbeit beschrieben wurden, liefern Evidenzen für ein menschliches Mehrspeicher-System, das eine Assoziation- sowie auch eine Regelkomponente beinhaltet.

Bei SLI - Kindern scheint diese Regelkomponente gestört zu sein, was wiederum neue Einsichten in das Grammatik-Lernen zulässt.

Die Erforschung des verbalen Lernens und des Gedächtnisses schlechthin scheint noch lange nicht abgeschlossen zu sein, denn seit Jahren werden Modelle erweitert. Und nicht zuletzt ist dieser Punkt enorm wichtig, um sprachgeschädigten Menschen spezifisch helfen zu können und um genau verstehen zu können, was im Gehirn bei unterschiedlichen Tasks vorstatten geht. Wäre die menschliche Kognition bis in jedes kleinste Detail bekannt, könnte man Kinder, die sich sprachauffällig entwickeln, immer früher in verschiedenen Erwerbsstadien unterstützen und ihnen so ein individuelles „Hilfsprogramm“ ermöglichen.

## 8. Bibliografie

Anderson, J.R. (1990): *The Adaptive Character of Thought*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

Anderson, J.R. (1993): *Rules of the mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

Anderson, John R. (2000): *Learning and Memory. An Integrated Approach*. New York: John Wiley & Sons.

Atkinson, R.C., Shiffrin, R.M. (1968): Human memory: A Proposed system and its control processes. In K.W. Spence & J.T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation* (Vol.2). New York: Academic Press.

Baddeley, A.D., Warrington, E.K. (1970): Amnesia and the distinction between long- and short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 9, 176-189.

Baddeley, A.D. (1986): *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.

Baddeley, A.D. (1997): *Human Memory: Theory and Practice*. Psychology Press: UK Erlbaum.

Baddeley, A.D., Wilson, B. (1988): Frontal amnesia and the dysexecutive syndrome. *Brain and Cognition*, 7, 212-230.

Barrett, M.D. (1986): Early semantic representations and early word usage. In S.A. Kuczaj & M.D. Barrett (eds.) *The development of word meaning*, 39-67. New York: Springer.

Barrett, M.D. (1995): Early lexical development. In P. Fletcher & B. MacWhinney (eds.), *The handbook of child language*, 362-392. Oxford, UK: Blackwell.

Barrett, Martyn (1999): *The Development of Language*. Psychology Press.

Bloom, L., Lahey, M. (1978): *Language Development and Language Disorders*. New York: John Wiley & Sons.

Bloom, Paul (1993): *Language Acquisition: Core Readings*. MIT Press, Cambridge, MA.

Bowerman, M. (1978): The acquisition of word meaning: An investigation into some current conflicts. In N. Waterson & C. Snow (eds.) *Development of communication*, 263-287. New York: John Wiley.

Brown, R. (1957): Linguistic determinism and the part of speech. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 55, 1-5.

Brown, R. (1973): *A first language*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Brown, R., Kulik, J. (1977): Flashbulb memories. *Cognition*, 5, 73-99.

Bruner, J.S., Goodnow, J.J., Austin, G.A. (1956): *A study of thinking*. New York: Wiley.

Brunswick, E. (1957): Scope and aspect of the cognitive problem. In R. Jessor & K. Hammond (eds.), *Cognition: The Colorado Symposium*, 1-27. Chicago: University of Chicago Press.

Bugelski, B.R., Kidd, E., Segmen, J. (1968): Image as a mediator in one-trial paired-associate learning. *Journal of Experimental Psychology*, 76, 69-73.

Broadbent, D.E. (1958): *Perception and communication*. Pergamon Press, New York.

Broadbent, D.E. (1963): Flow of information within the organism. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 2, 34-39.

Chomsky, N., Halle, M. (1968): *The sound pattern of English*. Cambridge, MA: MIT Press.

Clahsen, H., Almazan, M. (1998): Syntax morphology in Williams Syndrome. *Cognition*, 68, 167-198.

Clark, H.H., Clark, E.V. (1977): *Psychology and language*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.

Coltheart, M. (1999): Modularity and cognition. *Trends in Cognitive Science*, 3, 115-120.

Craik, F.I.M., Lockhart, R.S. (1972) Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.

Crowder, R.G., Morton, J. (1969): Precategorical acoustic storage (PAS). *Perception and Psychophysics*, 5, 365-373.

Daneman, M., Carpenter, P.A. (1983): Individual differences in integrating information between and within sentences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 9, 561-584.

Dromi, E. (1993): The mysteries of early lexical development. In E. Dromi (ed.) *Language and cognition: A developmental perspective*, 32-60. Norwood, NJ: Ablex.

Ebbinghaus, H. (1885): *Über das Gedächtnis*. Leipzig: Dunker.

Egedi, D.M, Sproat, R.W. (1991): Connectionist networks and natural language morphology. Unpublished manuscript, AT&T Bell Laboratories, Linguistics Research Department, Murray Hill, NJ.

Ellis, N.C., Hennelly, R.A. (1980): A bilingual word-length effect: Implications for intelligence testing and the relative ease of mental calculation in Welsh and English. *British Journal of Psychology*, 71, 43-52.

Eysenck, Michael W & Keane, Mark T. (2005): *Cognitive Psychology. A student's handbook*. 5. Auflage. Psychology Press.

- Fuster, J.M. (1995): *Memory in the Cerebral Cortex: An Empirical Approach to Neural Networks in the Human and Nonhuman Primate*. Cambridge: MIT Press.
- Fodor, J.A. (1983): *The modularity of mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Galton, F. (1883): *Inquiries into human faculty and its development*. Everyman Edition, London: Dent.
- Gibson, J.J. (1979): *The ecological approach to visual perception*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Godden, D., Baddeley, A.D. (1975): Context-dependent memory in two natural environments: On land and under water. *British Journal of Psychology*, 66, 325-331.
- Goggin, J., Wickens, D.D. (1971): Proactive interference and language change in short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 10, 453-458.
- Goodwin, D.W., Powell, B., Bremer, D., Hoine, H., Stern, J. (1969): Alcohol and recall: State-dependent effects in man. *Science*, 163, 1358-1360.
- Hull, C.L. (1920): Quantitative aspects of the evolution of concepts. *Psychological Monographs* 123.
- Hull, C.L. (1952): *A behaviour system: An introduction to behaviour theory concerning the individual organism*. New Haven, CT: Yale University Press.
- James, W. (1890): *Principles of Psychology*. New York: Holt.
- Kintsch, W. (1982): *Gedächtnis und Kognition*. Springer-Verlag: Berlin.
- Kiparsky, P. (1982): Lexical phonology and morphology. In: Yang, I.S. (Hrsg.) *Linguistics in the Morning Calm*. Seoul: Hansin.

Kuczaj, S. (1977): The Acquisition of Regular and Irregular Past Tense Forms. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 16, 589-600.

Larsen, J.D., Baddeley, A.D., Andrade, J. (2000): Phonological similarity and the irrelevant speech effect: Implications for models of short-term memory. *Memory*, 8, 145-157.

Logie, R.H. (1995): *Visuo-spatial working memory*. Hove, UK: Psychology Press.

Marcus, G.F. (2000): Children's Overregularization and its Implications for Cognition. In P. Broeder, J. Murre (eds.) *Models of Language Acquisition: Inductive and deductive approaches*. Oxford: Oxford University Press, 154 – 176.

Marcus, G. F., Brinkmann, U., Clahsen, H., Wiese, R., Pinker, S. (1995): German Inflection: The Exeption That Proves the Rule. *Cognitive Psychology* 29, 189-256.

Markman, E.M. (1989): *Categorization and naming in children: Problems of induction*. Cambridge, MA: MIT Press.

Markman, E.M. (1992): The whole object, taxonomic, and mutual exclusivity assumptions as initial constraints on word meanings. In: J.P. Byrnes & S.A. Gelman (eds.), *Perspectives on language and thought: Interrelations in development*, 72-106, Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Markman, E.M. (1993): Ways in which children constrain word meanings. In E. Dromi (ed.) *Language and cognition: A developmental perspective*, 61-87. Norwood, NJ: Ablex.

Marshall, C. R, Van der Lely, H. K.J. (2006): A challenge to current models of past tense inflection: The impact of phonotactics. *Cognition* 100, 302-320.

Massaro, D.W. (1970): Preperceptual auditory images. *J. Exp. Psychology* 85, 411-417.

McClelland, J.L., Rumelhart, D.E. (eds.) (1986): *Parallel Distributed Processing*. Cambridge, MA: MIT Press.

McCloskey, M.E., Glucksberg, S. (1978): Natural categories. Well-defined or fuzzy sets? *Memory and Cognition*, 6, 462-472.

Melton, A.W. (1963): Implications of short-term memory for a general theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 2, 1-21.

Miller, G.A. (1956): The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.

Moray, N., Bates, A., Barnett, T. (1965): Experiments of the four-eared man. *Journal of Acoustical Society of America*, 38, 196-201.

Nairne, J.S. (2002): Remembering over the short-term: The case against the standard model. *Annual Review of Psychology*, 53, 53-81.

Neisser, U. (1967): *Cognitive psychology*. New York: Appleton.

Neisser, U. (1976): *Cognition and reality*. San Francisco: W.H. Freeman.

Neisser, U. (1982): *Memory observed*. San Francisco: Freeman.

Nelson, K. (1985): *Making sense: The acquisition of shared meaning*. New York: Academic Press.

Newell, A., Simon, H.A. (1961): GPS, a program that simulates human thought. In H. Billing (ed.), *Lernende Automaten*, 109-124. Munich: R. Oldenbourg.

Nickerson, R.S. (1965): Short-term memory for complex meaningful visual configurations: A demonstration of capacity. *Canadian Journal of Psychology*, 19, 155-160.

Nickerson, R.S., Adams, M.J. (1979): Long-term memory for a common object. *Cognitive Psychology*, 11, 287-307.

Nicolson, R. (1981): The relationship between memory span and processing speed. In M. Friedman, J.P. Das, & N. O'Connor (eds.) *Intelligence and learning*, 179-184. New York: Plenum Press.

Nilsson, L.G. (1987): Motivated memory: Dissociation between performance data and subjective reports. *Psychological Research*, 49, 183-188.

Norman, D.A. (1968): Toward a theory of memory and attention. *Psychology Rev.* 75, 522-536.

Norman, D.A., Shallice, T. (1986): Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R.J. Davidson, G.E. Schwartz, & D. Shapiro (eds.) *Consciousness and self-regulation. Advances in research and theory*, 4, 1-18. New York: Plenum Press.

Paivio, A. (1969): Mental imagery in associative learning and memory. *Psychological Review*, 76, 241-363.

Pavlov, I.P. (1927): *Conditioned reflexes*. Oxford: Oxford University Press.

Penney, C.G. (1989): Modality effects and the structure of short-term verbal memory. *Memory and Cognition*, 17, 398-422.

Peterson, L.R., Peterson, M.J. (1959): Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 193-198.

Phillips, W.A., Baddeley, A.D. (1971): Reaction time and short-term visual memory. *Psychonomic Science*, 22, 73-74.

Pinker, S., Prince, A. (1988): On language and connectionism: Analysis of a parallel distributed processing model of language acquisition. *Cognition*, 28, 73-193.

Pinker, S. (2000): *Wörter und Regeln: Die Natur der Sprache*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Plunkett, K., Marchman, V. (1991): U-shaped learning and frequency effects in a multi-layered perceptron: implications for child language acquisition. *Cognition*, 38, 43-102.

Plunkett, K., Marchman, V. (1993): From rate learning to system building: acquiring verb morphology in children and connectionist nets. *Cognition*, 48, 21-69.

Plomp, R. (1964): Decay of auditory sensation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 36, 277-282.

Popper, K. (1959): *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson.

Posner, M.I., Boies, S.J., Eichelman, W.H., Taylor, R.L. (1969): Retention of visual and name codes of single letters. *Journal of Experimental Psychology*, 79, 1-16.

Posner, M.I., Rossman, E. (1965): Effect of size and location of information transforms upon short-term retention. *Journal of Exp. Psychology*, 70, 496-505.

Prasada, S., Pinker, S., Snyder, W. (1990): Some evidence that irregular forms are retrieved from memory but regular forms are rule generated. Paper presented at the Annual Meeting of the Psychonomic Society, New Orleans, November 23-25.

Reddy, V. (1991): Playing with others' expectations: Teasing and mucking about in the first year. In A. Whiten (ed.) *Natural theories of mind* 8, 143-158. Oxford, UK: Blackwell.

Reddy, V., Hay, D., Murray, L. & Trevarthen, C. (1997): Communication in infancy: Mutual regulation of affect and attention. In G.J. Bremner, A. Slater, & G. Butterworth (eds.), *Infant development: Recent advances*, 247-273. Hove, UK: Psychology Press.

Rock, I., Engelstein, P. (1959): A study of memory for visual form. *American Journal of Psychology*, 72, 221-229.

Rumelhart, D.E., McClelland, J.L. (1986): *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition* 1. Cambridge, MA: MIT Press/ Bradford Books.

Shallice, T., Warrington, E.K. (1970): Independent functioning of verbal memory stores: A neuropsychological study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22, 261-273.

Skinner, B.F. (1957): *Verbal behaviour*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Slak, S. (1970): Phonemic recoding of digital information. *Journal of Experimental Psychology*, 86, 398-406.

Slamecka, N.J., Graf, P. (1978): The generation effect: Delineation of a phenomenon. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 4, 592-604.

Slobin, D. (1971): Data for the symposium. In D. Slobin (ed.) *The ontogenesis of grammar*. New York: Academic Press.

Slobin, D. (1973): Cognitive prerequisites for the development of grammar. In C. Ferguson & D. Slobin (eds.), *Studies of child language development*. New York: Holt, Rinehart, & Winston.

Sperling, G. (1960): The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs: General and Applied*, 74, 1-29.

Sternberg, S. (1969): The discovery of processing stages: Extensions of Donder's method. *Acta Psychol. (Amst.)*, 30, 276-315.

Taatgen, N. A., Anderson, J. R. (2002): Why do children learn to say 'Broke'? A model of learning the past tense without feedback. *Cognition* 86, 123-155.

Taatgen, N.A. (2003): Learning rules and productions. In: L. Nadel (ed.), *Encyclopedia of Cognitive Science* 2, 822-830. London: MacMillan.

Taatgen, N.A., Dijkstra, M. (2003): Constraints on Generalisation: Why are past-tense irregularization errors so rare? *Proceedings of the 25<sup>th</sup> annual conference of the cognitive science society*, 1146-1151. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Thomas, M.S.C., Grant, J., Barham, Z., Gsodl, M., Laing, E., Lakusta, L. et al. (2001): Past tense formation in Williams Syndrome. *Language and Cognitive Processes*, 16, 143-176.

Treisman, A.M., Geffen, G. (1967): Selective attention: Perception or response? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 19, 1-18.

Trevarthen, C. (1977): Descriptive studies in infant behaviour. In H.R. Schaffer (ed.) *Studies in mother-infant interaction*, 227-270. London: Academic Press.

Tulving, E. (1983): *Elements of episodic memory*. Oxford: OUP.

Tulving, E. (1987): Multiple memory systems and consciousness. *Human Neurobiology* 6, 67-80.

Tulving, E., Patterson, R.D. (1968): Functional units and retrieval processes in free recall. *Journal of Experimental Psychology*, 77, 239-248.

Tulving, E., Schacter, D.L., McLachlan, D.R., Moscovitch, M: (1988): Priming of semantic autobiographical knowledge: a case study of retrograde amnesia. *Brain Cognition* 8, 3-20.

Turvey, M.T. (1973): On peripheral and central processes in vision: Inferences from an information-processing analysis of masking with patterned stimuli. *Psychological Review*, 80, 1-52.

Vallar, G., Baddeley, A.D. (1984): Phonological short-term store, phonological processing and sentence comprehension: A neuropsychological case study. *Cognitive Neuropsychology*, 1, 121-141.

Van der Lely, H.K.J, Ullman, M. (1996): The computation and representation of past-tense morphology in normally developing and specifically language impaired children. In A. Stringfellow, D. Cahana – Amitay, E. Hughes, A. Zukowski (eds.) *Proceedings of the 20 annual Boston University conference on language development*, 2, 792-803. Somerville, MA: Cascadilla Press.

Waugh, N.C., Norman, D.A. (1965): Primary memory. *Psychological Review*, 72, 89-104.

Wickelgren, W.A. (1964): Size of rehearsal group and short-term memory. *Journal of Experimental Psychology*, 68, 413-419.

Wickelgren, W.A. (1975): The long and the short of memory. In *Short-Term Memory*, edited by D. Deutsch and J.A. Deutsch. New York: Academic, 41-63.

Xu, F., Pinker, S. (1995): Weird past tense forms. *Journal of child language*, 22, 531-556.

## **9. Anhang**

### **Zusammenfassung**

Die Gedächtnisforschung ist Gegenstand der kognitiven Psychologie, doch ein Gedächtnis ist essentiell für den Spracherwerb und das Erlernen einer Grammatik. Die Untersuchung eines spezifischen Grammatikbereichs, wie der des past-tense - Erwerbs, ermöglicht eine „isolierte“ Untersuchung, um festzustellen, wie Kinder die past-tense lernen und anwenden. Außerdem lassen diese Einblicke wiederum Rückschlüsse auf Funktionalitäten des Gedächtnisses zu, somit ergänzen sich diese Bereiche, um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen.

Diese Arbeit gliedert sich in vier große Bereiche: Im ersten Teil werden die Grundlagen erörtert, die ein Gedächtnis erst ermöglichen. Außerdem wird ein geschichtlicher Überblick bezüglich der Gedächtnisforschung gegeben, ebenso wird auf Lernarten in diversen Studien eingegangen. Der zweite Bereich der Arbeit widmet sich verschiedenen Gedächtnismodellen und Lernprozessen, um einen Überblick bezüglich der gängigsten Theorien zu schaffen. In diesem Kapitel wird unter anderem Baddeleys (1997) Modell des Arbeitsgedächtnisses vorgestellt, sowie auch andere Ansätze und Hypothesen, wie die der konnektionistischen Netzwerke (Rumelhart und McClelland, 1986). Diese Thesen standen lange im Mittelpunkt der Gedächtnisforschung, somit wurden viele Studien durchgeführt, um etwaige Modelle modifizieren und weiterentwickeln zu können.

Mit (kindlichen) Lernprozessen beschäftigt sich der dritte Bereich: Wie und warum ist es einem Kind überhaupt möglich, Wörter und somit auch eine Sprache zu erlernen? Diese und auch andere Fragen werden mithilfe verschiedener Thesen behandelt, die die frühe lexikalische Entwicklung von Kindern betreffen. In Bezug auf die Grammatik lernen Kinder Regeln zu entdecken, um diese später auch anwenden zu können. Doch natürlich dürfen auch Gedächtnisfehleistungen wie das Vergessen nicht außer Acht gelassen werden, was ebenfalls in dieser Arbeit erklärt wird.

Und schließlich wird im letzten großen Teil der Arbeit der past-tense - Erwerb analysiert: Um diesen Bereich untersuchen zu können, müssen zuerst reguläre und irreguläre Verben durchleuchtet werden, um zu verstehen, wie diese Verben gelernt und gespeichert werden. Dies ist wichtig, um herauszufinden, wann (und ob) eine reguläre Regel notwendig ist, mit der sich die Vergangenheitsformen regulärer Verben bilden lassen oder ob es nicht einfacher wäre, alle Verbformen auswendig zu lernen. Gängige Erwerbs-Modelle wie z.B. das ACT-R - Modell von Anderson (1990), aber auch alternative Modelle wie z.B. der past-tense - Erwerb in konnektionistischen Netzwerken werden erklärt. In diesem Zusammenhang stellen

Übergeneralisierungen verschiedener past-tense - Formen von Kindern einen reichhaltigen Forschungsgegenstand dar, um das Gedächtnis besser verstehen zu können.

## Abstract

Memory research is part of cognitive psychology, so a memory is necessary for the acquisition of language and grammatical aspects. The investigation of a specific grammatical area like the past-tense acquisition offers the possibility of an “isolated” research to see how children learn and apply past tense. This point gives an insight into conclusions of memory functionality, so these areas complement one another to come to new views in research. This work is divided into four big sections: In the first section the basics of memory are explained. Furthermore a historical view is given and also different kinds of learning in studies are discussed.

The second section is about different memory models to give an overview of common memory theories. In this chapter among other things Baddeley’s (1997) model of working memory is presented and also other points of views and hypotheses like the connectionist networks (Rumelhart and McClelland, 1986). For a long time these hypotheses were focus of memory research and so a lot of studies were run to modify and develop new models of memory.

The third section of this work explains the processes of child - learning: How and why is it possible that a child is able to learn new words and especially a language? This and other questions are discussed by using different hypothesis, which concern the early lexical development of children. Referring to the grammatical area children have to detect specific rules to apply them later in speech. But also memory failures like forgetting have to be mentioned to show how memory works.

Finally in the last section of this work the past tense acquisition of children gets analyzed. Regular and irregular verb forms have to be defined to find out if a rule to build past tense forms is essential or if it is more effective to list the verbs in memory through learning by heart. Models of past tense acquisition like the ACT-R - model by Anderson (1990) are explained but also alternative models such as the acquisition in connectionist networks get researched. In this context overregularizations of children’s past tense forms offer a wide range for memory research to understand how memory systems work.

## Lebenslauf

|            |                                                      |
|------------|------------------------------------------------------|
| 1983:      | geboren am 15.10.1983 in Mistelbach                  |
| 1990-1994: | Volkschule Mistelbach                                |
| 1994-1998: | Hauptschule Mistelbach                               |
| 1998-2001: | BORG Mistelbach                                      |
| 2001-2004: | BORG mit Instrumentalunterricht Hegelgasse 12 Wien I |
| 2004:      | Matura (vertiefend Philosophie und Psychologie)      |
| 2006-2011: | Studium Linguistik                                   |